

Versión
marzo de 2016

Programa

RFEM 5

**Modelos espaciales calculados según
el método de elementos finitos**

Descripción del programa

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.

© **Dlubal Software GmbH**
Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach

Teléfono: +49 9673 9203-0
Fax: +49 9673 9203-51
Correo electrónico: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.com

Contenido

Contenido		Página	Contenido		Página
1.	Introducción	8	4.7	Apoyos en nudos	100
1.1	Novedades en RFEM 5	8	4.8	Apoyos en línea	107
1.2	Capacidades del programa	9	4.9	Apoyos en superficie	111
1.3	La empresa	9	4.10	Articulaciones lineales	117
1.4	El equipo de RFEM	10	4.11	Espesor variable	119
1.5	Uso del manual	11	4.12	Superficies ortótropas	120
2.	Instalación	12	4.13	Secciones	125
2.1	Requisitos del sistema	12	4.14	Articulaciones en barras	138
2.2	Proceso de instalación	12	4.15	Excentricidades de barra	145
2.2.1	Instalación desde DVD	13	4.16	Divisiones de barra	147
2.2.2	Instalación en red	14	4.17	Barras	148
2.2.3	Instalación de actualizaciones y otros módulos	14	4.18	Nervios	161
2.2.4	Instalación en paralelo de versiones de RFEM	15	4.19	Apoyos elásticos en barra	164
3.	Interfaz gráfica de usuario	16	4.20	No linealidades de barra	167
3.1	Información general	16	4.21	Conjuntos de barras	170
3.2	Terminología	17	4.22	Intersecciones	172
3.3	Términos especiales en RFEM	20	4.23	Refinamientos de malla de EF	176
3.4	Interfaz de usuario de RFEM	21	5.	Casos y combinaciones de carga	181
3.4.1	Barra de menús	21	5.1	Casos de carga	181
3.4.2	Barras de herramientas	21	5.2	Acciones	186
3.4.3	Navegador de proyectos	24	5.3	Expresiones de combinación	188
3.4.4	Tablas	27	5.4	Combinaciones de acciones	203
3.4.5	Barra de estado	28	5.5	Combinaciones de carga	207
3.4.6	Panel de control	30	5.5.1	Combinaciones definidas por el usuario	208
3.4.7	Botones predeterminados	34	5.5.2	Combinaciones generadas	213
3.4.8	Funciones del teclado	35	5.6	Combinaciones de resultados	216
3.4.9	Funciones del ratón	36	5.6.1	Combinaciones definidas por el usuario	216
3.4.10	Administrador de configuración	37	5.6.2	Combinaciones generadas	223
4.	Datos del modelo	39	5.7	Esquema de combinaciones	225
4.1	Nudos	44	6.	Cargas	226
4.2	Líneas	50	6.1	Cargas en nudos	230
4.3	Materiales	62	6.2	Cargas en barra	233
4.4	Superficies	79	6.3	Cargas lineales	240
4.5	Sólidos	92	6.4	Cargas superficiales	244
4.6	Huecos	98	6.5	Cargas en sólido	250
			6.6	Cargas puntuales libres	252
			6.7	Cargas lineales libres	254

Contenido

Contenido		Página	Contenido		Página
6.8	Cargas rectangulares libres	256	8.8	Barras - Coeficientes de barra para pandeo	323
6.9	Cargas circulares libres	258	8.9	Esbelteces de barra	324
6.10	Cargas poligonales libres	260	8.10	Conjuntos de barras - Esfuerzos internos	325
6.11	Deformaciones impuestas en nudos	262	8.11	Secciones - Esfuerzos internos	326
6.12	Desplazamientos impuestos lineales	263	8.12	Superficies - Deformaciones locales	327
6.13	Imperfecciones	265	8.13	Superficies - Deformaciones globales	330
6.14	Cargas generadas	269	8.14	Superficies - Esfuerzos internos básicos	331
7.	Cálculo	270	8.15	Superficies - Esfuerzos internos principales	334
7.1	Comprobar los datos de entrada	270	8.16	Superficies - Esfuerzos internos de cálculo	336
7.1.1	Comprobación plausible	270	8.17	Superficies - Tensiones básicas	340
7.1.2	Comprobación del modelo	271	8.18	Superficies - Tensiones principales	342
7.1.3	Regenerar modelo	275	8.19	Superficies - Otras tensiones	344
7.1.4	Eliminar cargas no usadas	276	8.20	Superficies - Tensiones de contacto	345
7.2	Malla de EF	276	8.21	Superficies - Tensiones equivalentes - von Mises	348
7.2.1	Conceptos básicos de elementos finitos en RFEM	276	8.22	Superficies - Tensiones equivalentes - Tresca	350
7.2.2	Configuración de malla de EF	279	8.23	Superficies - Tensiones equivalentes - Rankine	351
7.2.3	Refinamientos de malla de EF	281	8.24	Superficies - Tensiones equivalentes - Bach	352
7.2.4	Generación de malla de EF	282	8.25	Superficies - Deformaciones básicas	353
7.3	Parámetros de cálculo	283	8.26	Superficies - Deformaciones principales	355
7.3.1	Casos de carga y combinaciones de carga	284	8.27	Superficies - Deformaciones máximas	357
7.3.1.1	Pestaña de diálogo <i>Parámetros de cálculo</i>	284	8.28	Superficies - Deformaciones - von Mises	358
7.3.1.2	Pestaña de diálogo <i>Modificar rigidez</i>	288	8.29	Superficies - Deformaciones - Tresca	359
7.3.1.3	Pestaña de diálogo <i>Opciones extra</i>	289	8.30	Superficies - Deformaciones - Rankine	360
7.3.2	Combinaciones de resultados	292	8.31	Superficies - Deformaciones - Bach	361
7.3.3	Parámetros de cálculo global	293	8.32	Sólidos - Deformaciones	362
7.4	Iniciar cálculo	300	8.33	Sólidos - Tensiones	363
8.	Resultados	304	8.34	Sólidos - Deformaciones	366
8.0	Resumen de resultados	304	8.35	Sólidos - Presión del gas	368
8.1	Nudos - Esfuerzos en apoyos	306	9.	Evaluación de resultados	369
8.2	Nudos - Deformaciones	310	9.1	Resultados disponibles	369
8.3	Líneas - Esfuerzos en apoyos	311	9.2	Selección de resultados	370
8.4	Barras - Deformaciones	315	9.3	Representación de resultados	371
8.5	Barras - Deformaciones globales	317			
8.6	Barras - Esfuerzos internos	318			
8.7	Barras - Fuerzas de contacto	321			

Contenido

Contenido		Página	Contenido		Página
9.3.1	Resultados de barras	372	10.1.7	Plantilla de informe	425
9.3.2	Resultados de superficies y sólidos	372	10.1.8	Ajustar la disposición	427
9.4	Representación de valores	375	10.1.9	Crear portada	428
9.4.1	Valores resultantes	375	10.1.10	Imprimir el informe	430
9.4.2	Configuración	377	10.1.11	Exportar el informe	431
9.4.3	Valores resultantes definidos por el usuario	378	10.1.12	Configuración de idiomas	432
9.4.4	Información sobre objeto	381	10.2	Informe gráfico directo	435
9.5	Diagramas de resultados	382	10.2.1	General	435
9.6	Secciones	384	10.2.2	Opciones	439
9.6.1	Sección a través de la superficie	385	10.2.3	Escala de colores	441
9.6.2	Sección a través del sólido	388	10.2.4	Impresión en serie	442
9.7	Suavizar resultados	389	10.2.5	Notas para el trazador	444
9.7.1	Ventana de trabajo	389	11. Herramientas	448	
9.7.2	Diagramas de resultados	394	11.1	Funciones generales	448
9.7.3	Región media	395	11.1.1	Configuración de idiomas	448
9.8	Vista de ventanas múltiples	396	11.1.2	Propiedades de visualización	449
9.9	Filtrar resultados	397	11.1.3	Unidades y decimales	451
9.9.1	Vistas	397	11.1.4	Comentarios	453
9.9.1.1	Navegador Vistas	397	11.1.5	Funciones de medición	455
9.9.1.2	Botones y menú de visibilidad	401	11.1.6	Buscar funciones	456
9.9.2	Plano de recorte	403	11.1.7	Punto de vista y Ángulo de visión	457
9.9.3	Funciones de filtro	405	11.1.8	Determinación del centro de gravedad	458
9.10	Animación de deformaciones	406	11.1.9	Renderizado	459
10. Informe	408		11.1.10	Iluminación	461
10.1	Informe	408	11.2	Selección	462
10.1.1	Crear o abrir un informe	408	11.2.1	Seleccionar objetos gráficamente	462
10.1.2	Funcionamiento del informe	410	11.2.2	Seleccionar objetos por criterio	465
10.1.3	Definir contenidos del informe	412	11.3	Ventana de trabajo	467
10.1.3.1	Seleccionar datos del modelo	413	11.3.1	Planos de trabajo	467
10.1.3.2	Seleccionar datos de carga	414	11.3.2	Rejilla	470
10.1.3.3	Seleccionar datos de resultados	415	11.3.3	Referencia a objetos	471
10.1.3.4	Seleccionar datos de módulos adicionales	417	11.3.4	Sistema de coordenadas	477
10.1.4	Ajustar el encabezado del informe	418	11.3.5	Acotaciones	479
10.1.5	Insertar gráficos de RFEM	421	11.3.6	Comentarios	481
10.1.6	Insertar gráficos y textos	423	11.3.7	Líneas auxiliares	483
			11.3.8	Rejilla de líneas	487
			11.3.9	Objetos visuales	489

Contenido

	Contenido	Página		Contenido	Página
11.3.10	Capas de fondo	491	11.7.1.2	Extruir líneas y barras	539
11.3.11	Márgenes y factores de estiramiento	494	11.7.1.3	Extruir superficies	540
11.4	Editar funciones	495	11.7.1.4	Generar sólidos	542
11.4.1	Mover y copiar	495	11.7.1.5	Descomponer barra en superficies	544
11.4.2	Girar	499	11.7.2	Generadores de modelos	546
11.4.3	Simetría	500	11.7.2.1	Barras	547
11.4.4	Proyectar	501	11.7.2.2	Superficies	560
11.4.5	Escala	502	11.8	Generadores de carga	562
11.4.6	Modificar pendiente	504	11.8.1	Funciones generales	562
11.4.7	Dividir líneas y barras	505	11.8.2	Cargas en barra/lineales desde cargas superficiales	566
11.4.8	Conectar líneas y barras	507	11.8.2.1	Cargas en barra desde cargas superficiales por plano	566
11.4.9	Fusionar líneas y barras	508	11.8.2.2	Cargas en barra desde cargas superficiales por celdas	570
11.4.10	Alargar líneas y barras	509	11.8.2.3	Cargas lineales desde cargas superficiales en huecos	571
11.4.11	Unir barras	510	11.8.3	Otras cargas	572
11.4.12	Insertar un nudo	511	11.8.3.1	Cargas en barras desde carga lineal libre	572
11.4.13	Insertar una barra	511	11.8.3.2	Cargas en barra desde capa	573
11.4.14	Asignar propiedades de barra a barras gráficamente	512	11.8.3.3	Cargas desde movimiento acelerado	573
11.4.15	Achaflanar esquinas	513	11.8.4	Cargas de nieve	574
11.4.16	Dividir superficie	515	11.8.4.1	Cubierta plana/a un agua	574
11.4.17	Aplicar tangente a círculos	516	11.8.4.2	Cubierta a dos aguas	576
11.4.18	Cambiar numeración	516	11.8.5	Cargas de viento	577
11.5	Funciones de tabla	519	11.8.5.1	Muros verticales	577
11.5.1	Funciones de edición	519	11.8.5.2	Cubierta plana	579
11.5.2	Funciones de selección	521	11.8.5.3	Cubierta a un agua	580
11.5.3	Funciones de vista	524	11.8.5.4	Cubierta/doble cubierta a dos aguas	581
11.5.4	Configuración de tablas	526	11.8.5.5	Muros verticales con cubierta	583
11.5.5	Funciones de filtro	527	12.	Administración de archivos	584
11.5.6	Importación y exportación de tablas	528	12.1	Administrador de proyectos	584
11.6	Entrada parametrizada	531	12.1.1	Administrador de proyectos	586
11.6.1	Concepto	531	12.1.2	Administración de modelos	590
11.6.2	Lista de parámetros	531	12.1.3	Copia de seguridad de datos	593
11.6.3	Editor de fórmulas	534	12.1.4	Configuración	594
11.6.4	Fórmulas en tablas y cuadros de diálogo	537	12.1.4.1	Ver	594
11.7	Generadores de modelos	538	12.1.4.2	Papelera de reciclaje	595
11.7.1	Copias y extrusiones	538			
11.7.1.1	Desfase paralelo de líneas y barras	538			

Contenido

Contenido		Página	Contenido		Página
12.1.4.3	Directorios	597	12.5.1	Intercambio directo de datos	612
12.2	Crear un Nuevo modelo	598	12.5.2	Formatos de archivos para intercambio de datos	613
12.2.1	General	599	12.5.3	Importación de RF-LINK *.step, *.iges, *.sat	620
12.2.2	Historial	605	A	Bibliografía	622
12.3	Administración de la red	606	B	Índice	624
12.4	Administrador de bloques	607			
12.4.1	Crear un bloque	608			
12.4.2	Importar un bloque	609			
12.4.3	Eliminar un bloque	611			
12.5	Interfaces	612			

1. Introducción

1.1 Novedades en RFEM 5

RFEM, el programa de análisis de elementos finitos (AEF) usado para calcular láminas, muros, paredes, membranas, sólidos y entramados, es una herramienta potente para satisfacer los diferentes retos que supone la ingeniería civil moderna. El programa representa las bases para el software de análisis de DLUBAL que está compuesto de varios modelos de cálculo: RFEM determina esfuerzos internos, deformaciones y reacciones en apoyos de modelos de láminas y membranas generales con o sin elementos de barra o sólido.

La versión del programa RFEM 5 ofrece varias características y opciones útiles para un manejo más cómodo y fácil al trabajar en proyectos de análisis estructural. Una vez más queremos darle las gracias por sus ideas y sugerencias.

Las innovaciones más importantes de RFEM 5 se enumeran a continuación:

- Interfaz gráfica de usuario en español, francés, italiano, portugués, polaco y ruso
- Configuración directa para diferentes tipos de huecos
- Excentricidades de barra de las dimensiones de la sección
- Diagramas de trabajo y criterios extendidos para apoyos y articulaciones en nudos no lineales
- Propiedades ortótropas para superficies cuadrangulares y de membrana, así como sólidos
- Opción de entrada para secciones híbridas de madera
- Filtro en la biblioteca de secciones con favoritos
- Modelo de sólido debido a la extrusión de superficies en relación al plano o punto, también con lados de sección variable
- Intersección de sólidos con operadores booleanos
- Inserción de una barra a una barra existente
- Importación de archivos de Bentley ISM, Ansys Apdl y Scia Engineer
- Importación de objetos 3D
- Asignación gráfica de propiedades de barra
- Símbolos de colores en tabla para secciones, superficies, sólidos, tipos de superficies y barras
- Selección con elipse, anillo o línea de intersección
- Planos de trabajo definidos por tres puntos o ejes de línea, barra y superficie
- Administrador de colores para tipos de superficies, barras y sólidos
- Entrada de verticalidad y curvatura en valores absolutos
- Especificación de tamaño de superficie y peso en la tabla de entrada
- Creación automática de combinaciones de carga y resultados según el requisito de la norma
- Refinamiento gradual de malla de EF en áreas de contorno de superficies
- Análisis de grandes deformaciones calculado según NEWTON-RAPHSON, PICARD o como relajación dinámica
- Salida de distribución de carga, deformaciones, coeficientes de barra y esbelteces de barra
- Intervalos suaves para evaluación de singularidades
- Configuración definida por el usuario para iluminación
- Evaluación de resultados por medio de un plano de recorte
- Navegador *Vistas* para visibilidades y ángulos de vista generados y definidos por el usuario

- Administrador de configuración para propiedades de representación, barras de herramientas, encabezados de informes etc.
- Combinación de correspondencia de gráficos
- Exportación del informe a PDF

Esperamos que disfrute trabajando con RFEM 5.

El equipo de DLUBAL SOFTWARE GMBH

1.2 Capacidades del programa

Los siguientes valores representan los límites máximos de la estructura de datos de RFEM. Tenga en cuenta que estructuras muy complejas requieren el empleo de un hardware potente.

Datos del modelo

99 999 objetos de cada categoría (nudos, líneas, superficies, secciones, etc.)

Datos de carga

99 999 objetos de cada tipo de carga por cada caso de carga

Casos y combinaciones de carga

Casos de carga (cálculo lineal)	9 999
Combinaciones de carga (cálculo no lineal)	9 999
Combinaciones de resultados	9 999

Tabla 1.1: Límites del programa RFEM

1.3 La empresa

Desde sus comienzos en 1987, DLUBAL SOFTWARE GMBH ha estado involucrado en el desarrollo de nuestros programas para análisis estructural y dinámico, potentes y fáciles de usar. En 1990, la empresa se traslada a su localización actual en Tiefenbach, en la Bavaria oriental. Una filial local existe desde 2010 en Leipzig.

Cuando miramos a nuestros programas, se puede sentir el entusiasmo de todas las personas involucradas en el desarrollo del software, y se puede apreciar la filosofía subyacente de todas nuestras aplicaciones, que puede ser resumida en una expresión: facilidad de uso. Estos dos puntos, junto con nuestra experiencia en ingeniería, constituyen la base para el éxito creciente de nuestros productos.

El programa está diseñado de manera que incluso usuarios con aptitudes básicas en informática puedan manejar el programa satisfactoriamente después de un corto período de tiempo. Con orgullo considerable, podemos decir que más de 7 000 oficinas de ingeniería, empresas de construcción de una gran variedad de campos y centros de educación superior se encuentran entre nuestros clientes satisfechos por todo el mundo. Para remarcar la veracidad de nuestros objetivos, somos más de 150 empleados internos y externos trabajando continuamente en el desarrollo y mejora de las aplicaciones DLUBAL. Para consultas generales y problemas, nuestros clientes pueden confiar en nuestro soporte técnico cualificado por correo electrónico o fax.

El equilibrio perfecto entre precio y rendimiento, combinado con el excelente servicio de cliente proporcionado por los ingenieros civiles expertos convierten a los programas DLUBAL en una

herramienta esencial para cualquiera que trabaje en las áreas de ingeniería, dinámica y cálculo estructural.

1.4 El equipo de RFEM

Las siguientes personas se involucraron en el desarrollo de RFEM 5:

Coordinación del programa

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
 Ing. Pavel Bartoš
 Ing. Pavol Červeňák

Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem
 Dipl.-Ing. Frank Faulstich
 M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler

Programación

RNDr. Miroslav Šejna, CSc
 Ing. Radek Brettschneider
 Jan Brnušák
 Ing. Martin Budáč
 Ing. Michal Búzik
 Dipl.-Ing. Georg Dlubal
 Jan Fenár
 Ing. Jan Gregor
 Ing. Jiří Kubíček
 Dr.-Ing. Jaroslav Lain
 Ing. Jan Miléř
 Ing. Daniel Molnár
 Ing. Petr Novák
 Ing. Jan Otradovec
 Mgr. Petr Oulehle

Mgr. Jiří Patrák
 Mgr. Andor Patho
 Mgr. Petr Pitka
 Bc. Ondřej Planý
 Ing. Jan Rybín, Ph.D.
 Ing. Fatjon Sakiqi
 Ing. Pavel Spilka
 Ing. Roman Svoboda
 RNDr. Stanislav Škovran
 Dis. Jiří Šmerák
 Ing. Jan Štalmach
 Lukáš Tůma
 RNDr. Miroslav Valeček
 Ing. Vítězslav Zajíc
 Michal Zelenka

Programación - Núcleo de análisis

Doc. Ing. Ivan Němec, CSc.
 Ing. Jiří Buček
 Ing. Jiří Doležal
 Ing. Petr Horák
 Ing. Jaromir Kabeláč

Ing. Radoslav Rusina, Ph.D.
 Ing. Ivan Ševčík, CSc.
 Ing. Zbyněk Vlk, CSc.
 Ing. Lukáš Weis
 RNDr. Milan Zeiner

Diseño del programa, gráficos de diálogos e iconos

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
 MgA. Robert Kolouch

Zdeněk Ballák
 Ing. Jan Miléř

Bloques

Ing. Tommy Brtek
 Ing. Dmitry Bystrov

Ing. Evžen Haluzík

Supervisión del programa

Ing. Alexandra Bayrak
 Marian Bocek
 Ing. Tommy Brtek
 Ing. Ondřej Šašinka
 Ing. Tomáš Ferencz
 Ing. Vladimír Gajdoš
 Ing. Jakub Harazín
 Ing. Martin Hlavačká
 Ing. Iva Horčíčková
 Karel Kolář

Ing. František Knobloch
 Ing. Ctirad Martinec
 Ing. Vladimír Pátý
 Ing. Evgeni Pirianov
 Ing. Václav Rek
 Ing. Jan Rybín, Ph.D.
 Mgr. Vítězslav Stembera, Ph.D.
 Ing. Ondřej Šupčík
 Ing. Martin Vasek
 Marek Ženuch

Localización y manual

Enrico Appollonio
 Ing. Fabio Borriello
 Ing. Dmitry Bystrov
 Ing. Lara Caballero Freyer
 Eng.º Rafael Duarte
 Ing. Jana Duníková
 Bc. Markéta Fišerová
 Ing. Alessandra Grosso, Ph.D.
 Ing. Ladislav Kábrt
 Mgr. Michaela Kryšková
 Eng.º Nilton Lopes Fernandes

Mgr. Ing. Hana Macková
 Ing. Téc. José Martínez Hernández
 Melanie Most
 Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker
 Mgr. Jagoda Podgórna
 Mgr. Petra Pokorná
 BSc. Eng. Chelsea Prokop
 Ing. Michaela Prokopová
 Ing. Zoja Rendlová
 Ing. Marcela Svitáková
 Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Soporte técnico y gestión de calidad

M.Eng. Cosme Asseya
 Ing. Manuel Ballesta
 Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel
 Dipl.-Ing. Moritz Bertram
 M.Sc. Sonja von Bloh
 Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß
 Dipl.-Ing. Frank Faulstich
 Dipl.-Ing. (FH) René Flori
 Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel
 Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich
 Dipl.-Ing. Wieland Götzler
 Dipl.-Ing. (FH) Andreas Hörold
 Dipl.-Ing. (FH) Paul Kieloch

Mgr inż. Aleksandra Kociołek
 Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
 Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Lex
 Dipl.-Ing. (BA) Sandy Matula
 Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer
 M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier
 Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Rehm
 M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
 M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag
 Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner
 Dipl.-Ing. (FH) Lukas Sühnel
 Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

1.5 Uso del manual

Todos los caminos conducen a Roma – esta política también se aplica al trabajo con RFEM: gráficos, tablas y navegadores están en pie de igualdad. Las descripciones en este manual siguen una secuencia y estructura de las tablas proporcionadas para los datos del modelo, carga y resultados. Las tablas individuales se describen en detalle columna por columna. En vez de presentar características generales de las ventanas, el manual se centra con frecuencia en sugerencias e indicaciones prácticas.



Si es nuevo con el programa, debería trabajar primero con el ejemplo introductorio, que describe paso a paso cómo introducir los datos. Encuentre el documento PDF disponible para descarga en nuestro sitio web www.dlubal.com/es/downloading-manuals.aspx. De esta manera, usted se familiarizará rápidamente con las características más importantes de RFEM. Los usuarios del programa avanzados pueden probar el tutorial detallado también disponible para descarga. Ambos ejemplos se pueden también realizar dentro de las restricciones de las versiones de demostración.



El texto del manual muestra los **botones** descritos entre corchetes, por ejemplo [Aplicar]. Al mismo tiempo, se muestran en el margen izquierdo. Además, las **expresiones** usadas en los cuadros de diálogo, tablas y menús se establecen en *cursiva* para clarificar las explicaciones.

El índice al final del manual le ayuda a encontrar términos y temas específicos. Sin embargo, en caso de no encontrar lo que está buscando, visite nuestro sitio web www.dlubal.com.

2. Instalación

2.1 Requisitos del sistema

Para poder utilizar RFEM sin dificultades, se recomiendan los siguientes requisitos del sistema:

- Sistema operativo Windows Vista/7/8/10
- x86 CPU con 2 GHz
- 2 GB RAM
- Unidad de disco DVD-ROM para instalación (alternativamente es posible una instalación desde internet)
- 10 GB de capacidad de disco duro, incluyendo aproximadamente 2 GB requeridos para la instalación
- Tarjeta gráfica con aceleración OpenGL y una resolución de 1024 x 768 píxeles. Incorporar soluciones y tecnologías de memoria compartida no se recomienda.



RFEM no es compatible con Windows 95/98/Me/NT/2000/XP, Linux, Mac OS o sistemas operativos de servidores.

No se hace ninguna recomendación de productos, a excepción del sistema operativo, básicamente por funcionar RFEM en todos los sistemas que cumplen los requisitos mencionados anteriormente. Si se emplea RFEM para cálculos intensivos, puede aplicarse el principio “cuanto más mejor”.

Cuando se trabaja en sistemas estructurales complejos se producen cantidades enormes de datos. En cuanto la memoria principal no es suficiente para gestionar los datos, el disco duro se hace cargo. Esto puede ralentizar el equipo considerablemente. Por lo tanto, un incremento en la memoria principal permite mayor rapidez de cálculo que el empleo de un procesador más rápido.



Como el núcleo de análisis de RFEM es compatible con varios núcleos de procesador, puede sacarle el máximo potencial al sistema operativo de 64 bits. Para sistemas operativos de 32 bits el tamaño de la memoria empleada por el procesador se reduce a 2 gigabytes. En cambio, con la tecnología de 64 bits se puede emplear mucha más memoria. Si dispone de un equipo con suficiente memoria RAM y un sistema operativo de 64 bits, el método rápido y directo de resolución de ecuaciones se puede aplicar también para modelos mayores.

Para calcular sistemas estructurales complejos, se recomienda la siguiente configuración:

- Procesador de cuatro núcleos
- Windows 7/8/10 64 bits
- 8 GB RAM

2.2 Proceso de instalación

La familia de programas **RFEM** se entrega en DVD. Este DVD contiene no sólo el programa principal RFEM sino también módulos adicionales que pertenecen a la familia de programas de RFEM, por ejemplo **RF-CONCRETE**, **RF-STEEL**, **RF-STABILITY** etc.

Antes de instalar RFEM, cierre todas las aplicaciones que se estén ejecutando en segundo plano.



Asegúrese de haber iniciado sesión como administrador o tener derechos de administrador para instalar los programas. Al trabajar con RFEM, será suficiente con los derechos de usuario. Puede encontrar instrucciones detalladas que se muestran en el [video de derechos de usuario](#).

2.2.1 Instalación desde DVD

En la parte de atrás de la cubierta del DVD puede encontrar instrucciones para la instalación.

- Insertar el DVD en su unidad de disco DVD-ROM.
- El proceso de instalación se inicia automáticamente. En caso de no iniciarse, es posible que la función *autorun* esté inactiva. En ese caso, inicie el archivo *setup.exe* desde el DVD o en el Explorador introduciendo el comando 'D':\setup.exe en el campo de entrada del menú Inicio ('D' hace referencia a la letra de la unidad de disco de su DVD).
- En el cuadro de diálogo de inicio, seleccionar el idioma.



Figura 2.1: Seleccionar el idioma

- En el cuadro de diálogo siguiente, definir la versión del programa (64 bits o 32 bits).
- Seguir las instrucciones del *Asistente para instalación*.

Conectar la llave a un puerto USB de su equipo una vez la instalación se haya completado. El controlador de la llave se instalará automáticamente.

El DVD contiene también las instrucciones para instalación y el manual de RFEM en formato PDF. Para ver el manual, necesita Acrobat Reader, que puede instalar desde el DVD.

RFEM como versión completa o versión de prueba

Al iniciar el programa por primera vez una vez se haya completado la instalación con éxito, tiene que decidir si desea usar RFEM como una versión completa o como una versión de prueba de 30 días.

Para ejecutar el programa como una versión completa, necesita una llave (hardlock) y un archivo de autorización (*Author.ini*). La llave es un complemento para conectar en un puerto USB de su equipo. El archivo de autorización contiene información codificada acerca de su(s) licencia(s). Normalmente, le enviamos el archivo *Author.ini* por correo electrónico. Así mismo la Extranet en la cual puede iniciar sesión en nuestro sitio web www.dlubal.com le proporciona acceso a su archivo de autorización. Guarde el archivo *Author.ini* en su equipo, una unidad flash USB o en la red.



Seleccionar la instalación

Cada estación de trabajo requiere el archivo de autorización. El archivo se puede copiar tantas veces como desee. Sin embargo, si se modifica su contenido ya no se podrá utilizar más para la autorización.



También es posible ejecutar la versión completa de RFEM con una *Licencia de Software* sin llave.

2.2.2 Instalación en red

Licencias locales

La instalación se puede iniciar desde cualquier unidad de su equipo o servidor. En primer lugar, copie los contenidos del DVD en la carpeta relevante. Luego, inicie el archivo *setup.exe* desde el cliente. Los siguientes pasos no difieren de la instalación desde el DVD.

Licencias en red

Cuando tenga licencias en red, instale el programa en las estaciones de trabajo tal y como se describe. Luego, las licencias serán aprobadas por la llave de red SRM. Encuentre información detallada sobre la instalación de la llave de red en las [instrucciones](#) disponibles en nuestro sitio web.

2.2.3 Instalación de actualizaciones y otros módulos

El DVD contiene el paquete del programa completo incluyendo todos los módulos adicionales. Al adquirir un nuevo módulo adicional, no será necesario que reciba un nuevo DVD pero sí siempre un nuevo archivo de autorización *Author.ini*. Para actualizar la autorización sin instalar de nuevo, seleccione *Cargar archivo de autorización* en el menú *Ayuda* en RFEM.

Los archivos de programa antiguos se eliminan y reemplazan por los nuevos al actualizar el programa dentro de una serie de una versión (por ejemplo 5.02.xxxx). ¡Por supuesto, los datos de su proyecto se conservan! Al actualizar el programa para las series siguientes (por ejemplo 5.03.xxxx), la versión nueva se instalará paralelamente a la versión antigua (ver a continuación).



Si utiliza encabezados de informes que ha definido usted mismo, guárdelos antes de proceder a la instalación de la actualización. Los encabezados se encuentran almacenados normalmente en el archivo **DlubalProtocolConfigNew.cfg** que puede encontrar en la carpeta de datos maestros principales *C:\ProgramData\Dlubal\Global\General Data*. El archivo no será sobrescrito durante la actualización. Sin embargo, puede ser de utilidad guardar un archivo de copia de seguridad.

También le recomendamos que guarde sus plantillas de informe antes de instalar la actualización. Se encuentran almacenadas en el archivo **RfemProtocolConfig.cfg** en la carpeta *C:\ProgramData\Dlubal\RFEM 5.xx\General Data*.

Los proyectos enlazados al administrador de proyectos se administran en el archivo ASCII **PRO.DLP** el cual se puede normalmente encontrar en la carpeta *C:\ProgramData\Dlubal\Global\Project Manager* (ver Figura 12.21, página 597).

Si desea instalar RFEM antes de instalar la actualización, debería también guardar este archivo.

2.2.4 Instalación en paralelo de versiones de RFEM

RFEM 4 y las series individuales de la versión RFEM 5 se pueden ejecutar en paralelo en el equipo siempre que los archivos del programa se almacenen en directorios distintos. Las carpetas predeterminadas para un sistema operativo de 64 bits son las siguientes:

- RFEM 4: C:\Archivos de programa (x86)\Dlubal\RFEM4
- RFEM 5.01: C:\Archivos de programa\Dlubal\RFEM 5.01
- RFEM 5.02: C:\Archivos de programa\Dlubal\RFEM 5.02
- RFEM 5.03: C:\Archivos de programa\Dlubal\RFEM 5.03 etc.

Todos los modelos que se crean con una versión anterior a RFEM 4 se pueden abrir y editar en RFEM 5.

Los modelos de RFEM 4 no se sobrescriben al guardarlos en RFEM 5, ya que ambos programas usan diferentes terminaciones de archivo: RFEM 4 guarda los datos del modelo en el formato ***.rf4**, RFEM 5 en ***.rf5**.

Los archivos del modelo de RFEM 5 son de compatibilidad descendiente con ciertas restricciones. Cuando abra un archivo de modelo de RFEM 5 en una versión anterior, un mensaje aparece diciéndole que por ejemplo pueden aparecer problemas de compatibilidad para barras con secciones asimétricas.

3. Interfaz gráfica de usuario

3.1 Información general

Al abrir uno de los ejemplos incluidos en RFEM, la pantalla debería parecerse a la figura siguiente (Figura 3.1). La interfaz gráfica de usuario corresponde a la usual estándar de Windows.

La siguiente figura muestra las áreas más importantes de la interfaz del programa.

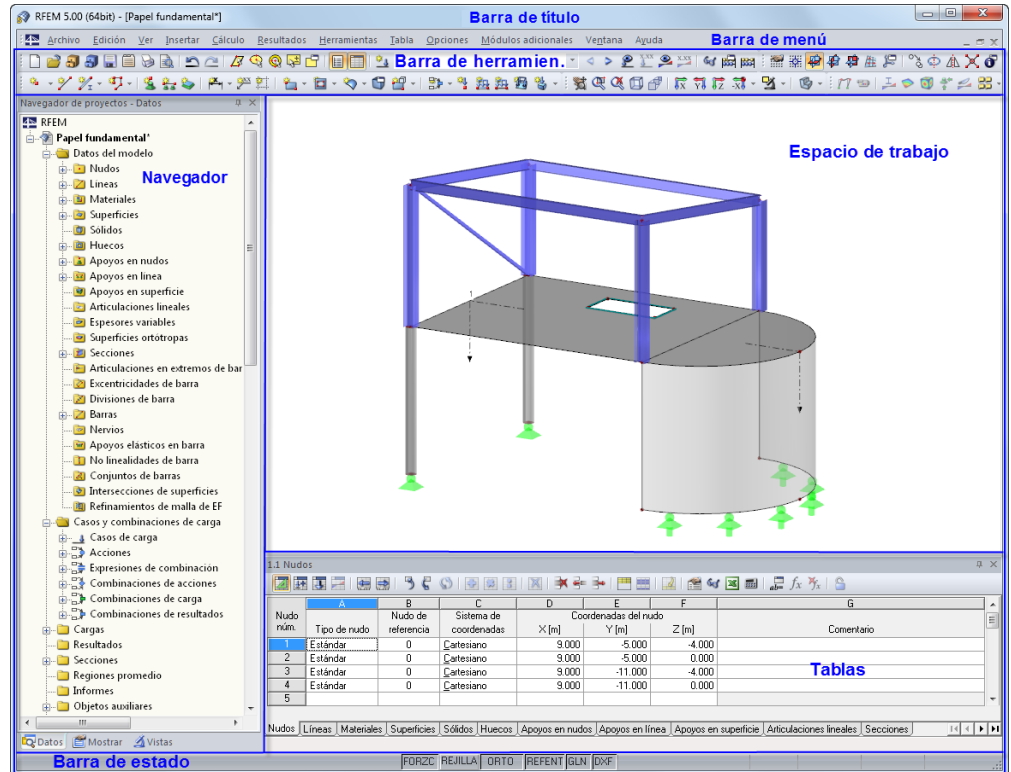


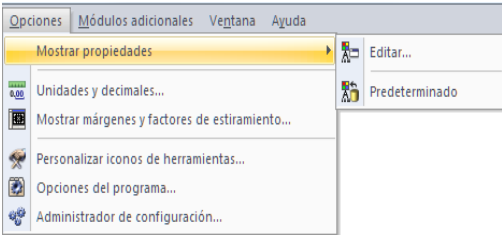
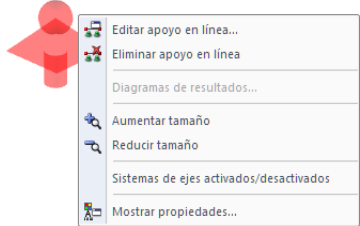

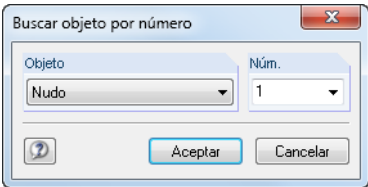
Figura 3.1: Interfaz de usuario de RFEM

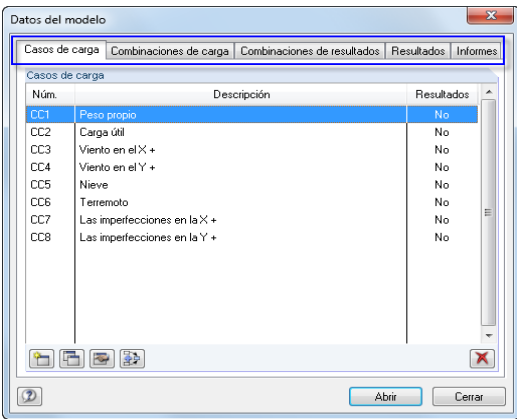
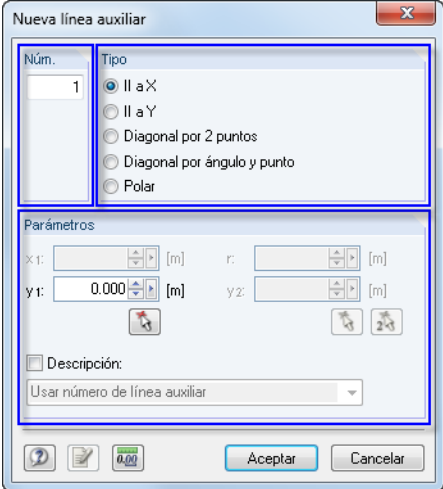
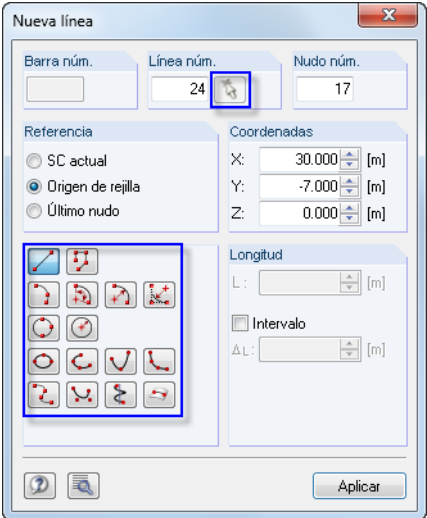
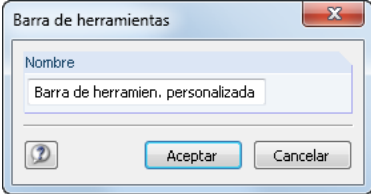
3.2 Terminología

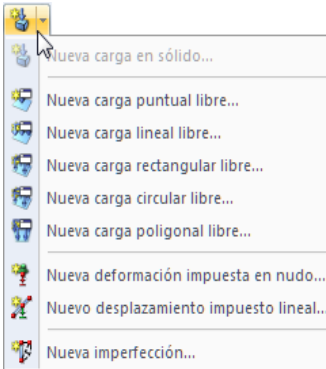
Este capítulo explica términos importantes usados en este manual relacionados con la interfaz de usuario provista por Windows.

Para describir los elementos de la interfaz de usuario se utilizan diferentes términos. Este manual emplea con frecuencia expresiones en inglés que se refieren al Microsoft Manual of Style for Technical Publications. Algunos términos se abrevian si su diferenciación no es esencial para el funcionamiento de RFEM.

La siguiente tabla describe términos que se utilizan a menudo.

Término	Figura	Sinónimo	Aclaración
Menú		Menú desplegable	Comandos y funciones debajo de la barra de título
Menú contextual		Menú emergente	Abre el menú contextual haciendo clic en un objeto con el botón secundario del ratón. Contiene comando y funciones útiles para el objeto seleccionado.
Barra de herramientas		Barra de botones	Colección de botones barra de menús
Cuadro de diálogo			Ventana usada para la entrada de datos en la ventana principal

<p>Pestañas</p>		<p>Registro</p>	<p>Los cuadros de diálogo grandes se subdividen en varias pestañas.</p> <p>Haga clic en una pestaña para abrir la ficha correspondiente.</p>
<p>Sección</p>		<p>Grupo, marco</p>	<p>Elementos en un cuadro de diálogo que mantienen una misma lógica</p>
<p>Botón</p>		<p>Icono</p>	<p>Haga clic en un botón para iniciar una acción (por ejemplo para abrir un cuadro de diálogo o cambiar datos).</p> <p>La barra de herramientas contiene <i>botones lista</i>: Haga clic en [▼] para abrir una lista con funciones similares. El botón recién seleccionado se muestra arriba.</p>
<p>Campo de entrada</p>		<p>Cuadro de texto, cuadro de entrada</p>	<p>Campo para introducir texto o valores numéricos</p>



Botón lista de barra de herramientas

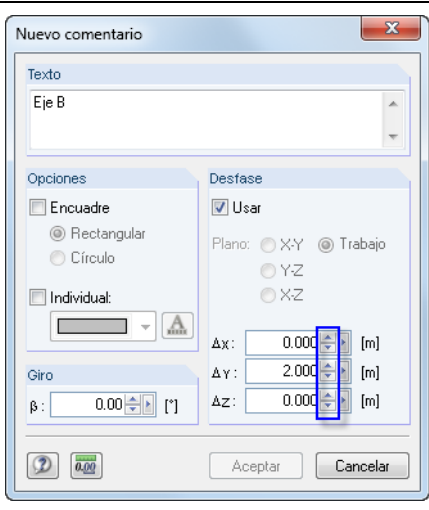
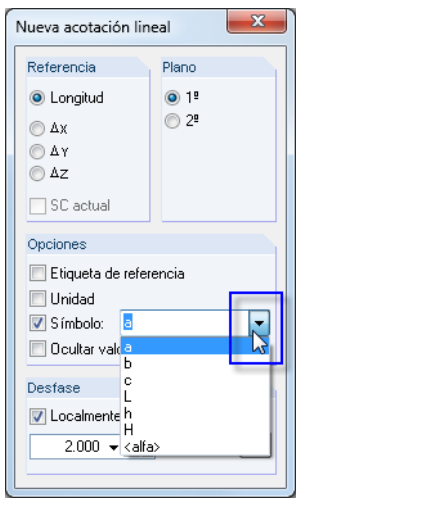
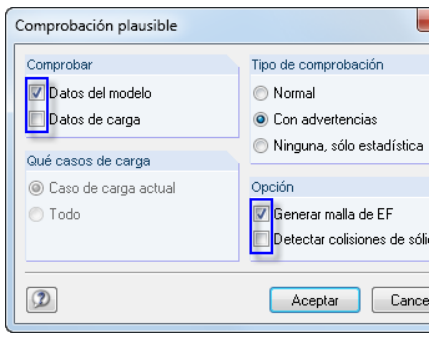
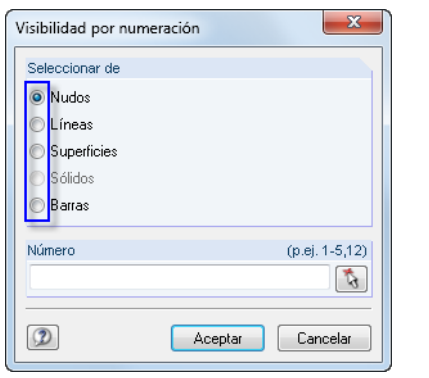
<p>Cuadro de número</p>		<p>Botón de número</p>	<p>Dos botones pequeños junto al campo de entrada</p> <p>Es posible cambiar gradualmente los valores numéricos.</p>
<p>Lista</p>		<p>Cuadro de lista, cuadro combinado</p>	<p>Opciones para campos de entrada</p> <p>A veces es posible añadir requisitos definidos por el usuario.</p>
<p>Casilla de verificación</p>		<p>Casilla de verificación</p>	<p>Decisión afirmativa/negativa marcando o desmarcando la casilla de verificación.</p>
<p>Campo de selección</p>		<p>Botón de opción</p>	<p>Sólo es posible seleccionar una de las opciones.</p>

Tabla 3.1: Términos de la interfaz de usuario

3.3 Términos especiales en RFEM

Este capítulo explica algunos términos específicos importantes para RFEM.

Término	Explicación
Nudo	En el modelo 3D, un nudo se define mediante sus coordenadas (X/Y/Z). Los nudos se usan para modelar la geometría de una estructura.
Línea	Los nudos se conectan mediante líneas. Las líneas pueden ser rectas, curvas o definidas por el usuario, por ejemplo arcos y splines.
Barra	Una barra representa la propiedad de una línea. A la barra se le asigna una cierta rigidez conforme a las propiedades para el material y la sección. Una barra es un elemento 1D.
Conjunto de barras	Las barras se pueden combinar en un conjunto de barras. Las barras continuas unen a las barras sin interrupción como una viga continua. Un grupo de barras , consiste en barras conectadas, puede unir más de dos barras en un único nudo.
Superficie	Una superficie está limitada por líneas de contorno. A la superficie se le asigna una cierta rigidez conforme a sus propiedades de material y espesor. Las superficies son elementos 2D.
Sólido	Un sólido se encuentra rodeado por superficies de contorno (normalmente de tipo <i>Nulo</i>). La rigidez se define por sus propiedades de material. Los sólidos son elementos 3D.
Apoyo en nudo	Los grados de libertad están limitados para el nudo.
Apoyo en línea	Los grados de libertad están limitados para todos los nudos en la línea.
Carga en nudo	Fuerza o momento aplicado a un nudo.
Carga lineal	Una línea está cargada mediante una carga puntual, una carga variable linealmente o uniforme. La carga actúa como fuerza o momento.
Carga en barra	Una barra está cargada mediante una carga lineal o simple. El diagrama de carga puede ser o bien uniforme o trapezoidal. Además de fuerzas y momentos, son también posibles acciones por temperatura y pretensado.
Carga superficial	Una superficie está cargada mediante una carga variable linealmente o uniforme. Además de fuerzas y momentos, también pueden actuar sobre la superficie cargas de temperatura y deformaciones impuestas.
Carga en sólido	Un sólido está cargado por efectos de temperatura y deformaciones impuestas.
Caso de carga CC	Las cargas de una acción se administran en un caso de carga, por ejemplo el "peso propio" o "viento". Las cargas se deberían definir como cargas características (por consiguiente sin coeficientes). Los coeficientes parciales de seguridad se pueden considerar en las combinaciones de carga o de resultados. Normalmente, un caso de carga se calcula según el análisis estático lineal, pero también es posible un cálculo según el análisis de segundo orden o de grandes deformaciones.

Combinación de carga CO	Una combinación de carga se usa para superimponer casos de carga, lo que significa que sintetiza todas las cargas de los casos de carga en cuestión. Normalmente, una combinación de carga se calcula según el análisis de segundo orden o de grandes deformaciones, pero también es posible un cálculo según el análisis estático lineal.
Combinación de resultados CR	Una combinación de resultados sintetiza los resultados de los casos de carga contenidos. También es posible determinar los esfuerzos internos y deformaciones extremos de diferentes casos de carga, combinaciones de carga o resultados mediante una combinación O. Sin embargo, el principio adicional de superposición no se aplica a los resultados calculados según el análisis de segundo orden.

Tabla 3.2: Términos específicos de RFEM

3.4 Interfaz de usuario de RFEM

Este capítulo describe los elementos de funcionamiento individuales de RFEM (ver Figura 3.1, página 16). El programa sigue los estándares generales para aplicaciones de Windows.

3.4.1 Barra de menús

Puede ver la barra de menús bajo la barra de título. Es posible acceder a todas las funciones de RFEM en la barra de menús. Las funciones se organizan en bloques lógicos.

Abra un menú con un simple clic de botón primario del ratón. También puede usar el teclado manteniendo pulsada la tecla [Alt] en combinación con la letra subrayada del título de menú. Entonces, el menú se abre y puede ver sus elementos de menú. Seleccione las entradas con un clic de ratón presionando la letra subrayada. Puede también seleccionar un elemento usando las teclas de dirección [↑] y [↓] y finalmente presionando la tecla [↵].

Cuando se abre una lista de menú, puede conmutar entre los menús o subentradas usando las teclas [→] y [←].

Para algunos elementos de menú se muestra adicionalmente un acceso directo de teclado. Estas combinaciones de tecla siguen los estándares de Windows. Use accesos directos para iniciar las funciones directamente con las teclas (por ejemplo [Ctrl] + [S] guarda los datos).

3.4.2 Barras de herramientas

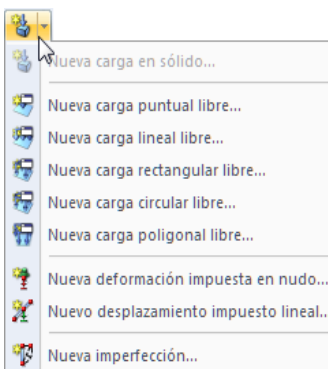
Bajo la barra de menús puede ver barras de herramientas con varios botones. Use estos botones para acceder a las funciones más importantes directamente con un clic de ratón. Una información breve de la función del botón aparece cuando señala un botón usando el puntero del ratón (*información sobre herramientas, información en pantalla*).

Algunos botones le proporcionan subentradas como un menú: Estos *botones Lista* contienen funciones de temas relacionados. Haga clic en [▼] junto al símbolo del botón para acceder a las funciones. El botón seleccionado recientemente se preestablece en la parte superior de la lista.

Para cambiar la posición de una barra de herramientas, arrastre la barra en su área frontal con el botón primario de ratón. Luego muévelo a la posición deseada.



Figura 3.2: Posición acoplada de la barra de herramientas Ver



Botón lista de barra de herramientas

Cuando arrastra la barra de herramientas hacia el espacio de trabajo, se vuelve una barra de herramientas "flotante".



Figura 3.3: Posición flotante de la barra de herramientas *Ver*

Para volver a acoplar la barra de herramientas flotante, muévala hacia el marco de la ventana con el botón del ratón. También puede hacer doble clic en su encabezado.

En el menú **Ver**, haga clic en **Organizar barras de herramientas personalizadas** para abrir un cuadro de diálogo y cambiar el contenido y apariencia de las barras de herramientas. Personalizar barras de herramientas sigue los estándares de Windows.

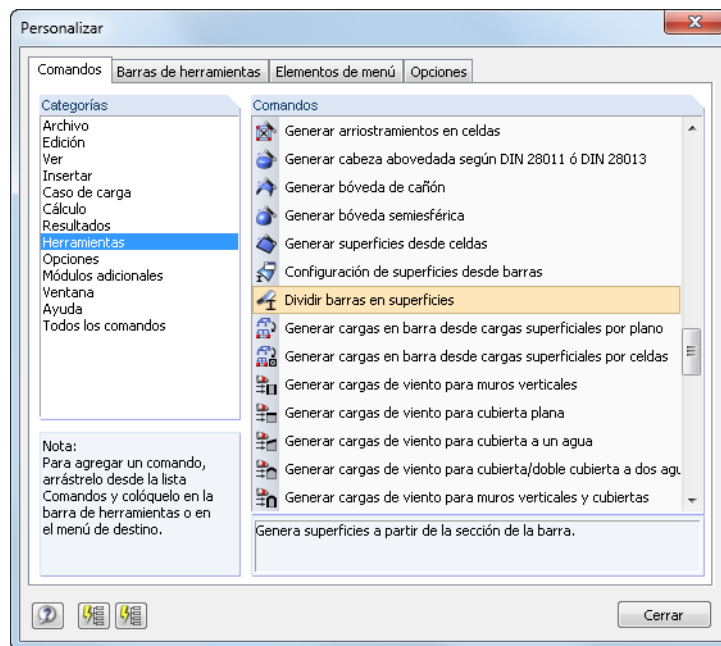
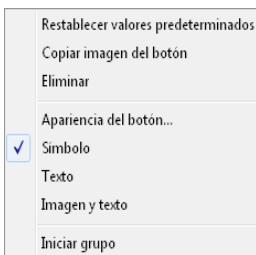


Figura 3.4: Cuadro de diálogo *Personalizar*, pestaña *Comandos*

Todos los comandos de RFEM se organizan en *Categorías*. Seleccione una entrada de la lista para ver los botones de todos los *comandos* asociados a la derecha. Haga clic en un botón para obtener una explicación de la función del botón que se muestra en la sección del diálogo inferior. Todos los botones se pueden desplazar a cualquier lugar de la barra de herramientas usando la función arrastrar y soltar. Se recomienda integrar estos botones adicionales a la barra de herramientas nueva (ver Figura 3.6) ya que las barra de herramientas restantes se pueden restablecer a las entradas predeterminadas al instalar actualizaciones.

Para quitar un botón de la barra de herramientas, debe abrir el cuadro de diálogo *Personalizar*. Luego, puede arrastrar y soltar el botón desde la barra de herramientas hasta el espacio de trabajo. También es posible usar el menú contextual que se muestra a la izquierda para *Eliminar* el botón.

Además de arrastrar comandos a la barra de herramientas, puede moverlos a los menús. De este modo, puede crear menús definidos por el usuario. Los elementos de menú se pueden eliminar o ajustar mediante los requisitos de usuario, tal y como se describe para las barras de herramientas.



Menú contextual de un botón o elemento de menú

La opción *Apariencia del botón* disponible en el menú contextual abre el cuadro de diálogo:

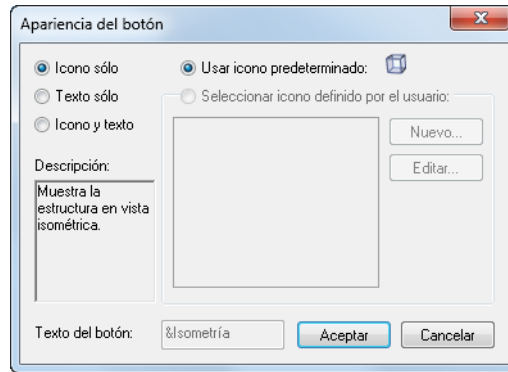


Figura 3.5: Cuadro de diálogo *Apariencia del botón*

El cuadro de diálogo le ayuda a cambiar el *Texto* del botón o elemento de menú. Además, puede reemplazar el símbolo predeterminado por un *icono definido por el usuario*.



Todas las barras de herramientas disponibles aparecen en la pestaña *Barras de herramientas* del cuadro de diálogo *Personalizar*. Puede desconectar barras de herramientas o crear nuevas usando el botón [Nuevo].

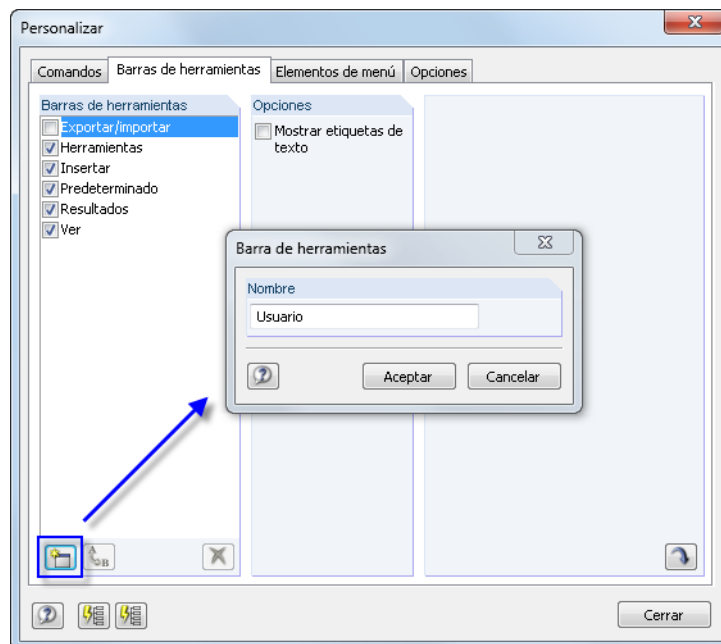


Figura 3.6: Crear una nueva barra de herramientas

Introduzca el *Nombre* de la nueva barra de herramientas en el cuadro de diálogo *Barra de herramientas* y haga clic en [Aceptar]. La nueva barra aparecerá en una posición flotante en la pantalla. Puede mover la barra de herramientas a una posición apropiada y rellenarla con botones usando la pestaña *Comandos* (véase más arriba).



El botón [Restablecer todas las barras de herramientas definidas por el usuario] restablece el estado inicial de la barra de herramientas. Cuando la lista contiene una barra de herramientas personalizada, la barra de herramientas se eliminará. Las barras de herramientas predeterminadas de RFEM no se pueden eliminar, solamente desconectarse.



En la pestaña *Elementos de menú*, puede crear menús desplegables definidos por el usuario. Se procede tal y como se describe para crear nuevas barras de herramientas (véase más arriba).

Use la última pestaña de diálogo *Opciones* para cambiar la apariencia de la interfaz de usuario de RFEM.

Es posible seleccionar uno de los *Diseños* que se muestran a continuación:

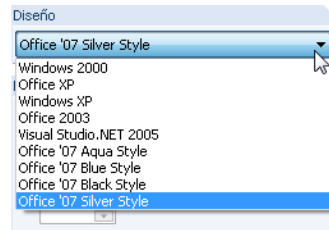


Figura 3.7: Diseños disponibles para la interfaz de usuario

La nueva configuración se activará inmediatamente.

3.4.3 Navegador de proyectos



A la izquierda de la ventana de trabajo puede ver un navegador parecido al del Explorador de Windows. Para mostrar u ocultar el *Navegador de proyectos*, abra el menú **Ver** y seleccione **Navegador**, o use el botón de la barra de herramientas correspondiente.

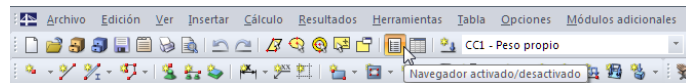


Figura 3.8: Botón *Navegador* en la barra de herramientas *Predefinido*

El navegador muestra los datos del modelo de los archivos abiertos en una estructura de árbol. Haga clic en [+] para abrir una rama del árbol, haga clic en [-] para cerrarla. También puede hacer doble clic sobre la entrada.



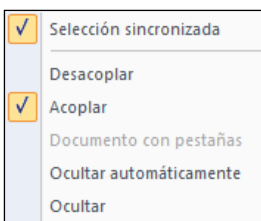
De forma similar a las barras de herramientas, puede usar el ratón para "arrastrar" el navegador en su barra de título y moverlo al espacio de trabajo. Para anclarlo de nuevo, haga doble clic en la barra de título o mueva el navegador hacia el marco de la ventana. Al mover el navegador, los botones direccionales que se muestran a la izquierda aparecerán adicionalmente, facilitando el anclaje de uno de los cuatro lados de la ventana de trabajo. Arrastre el navegador hacia el botón de flecha de su elección y suelte el botón primario del ratón tan pronto como el puntero se sitúe sobre el botón.

Si no desea que el navegador esté anclado en el marco de la ventana, desactive la selección correspondiente en el menú contextual del navegador.

Cuando el elemento de menú *Selección sincronizada* está marcado, un objeto marcado en el navegador se resaltarán con colores también en el gráfico del modelo.

La opción del menú contextual *Ocultar automáticamente* le permite minimizar un navegador anclado: tan pronto como hace clic en una ventana de trabajo, el navegador se desliza hacia el borde y se convierte en una barra delgada (ver Figura 3.9). También puede usar el botón de anclaje de la parte superior derecha del navegador para seleccionar esta función (ver Figura 3.10, página 25).

El navegador se abre a tamaño completo cuando desplaza el puntero a través del campo del *Navegador de proyectos* resaltado en la barra anclada del navegador.



Menú contextual del navegador

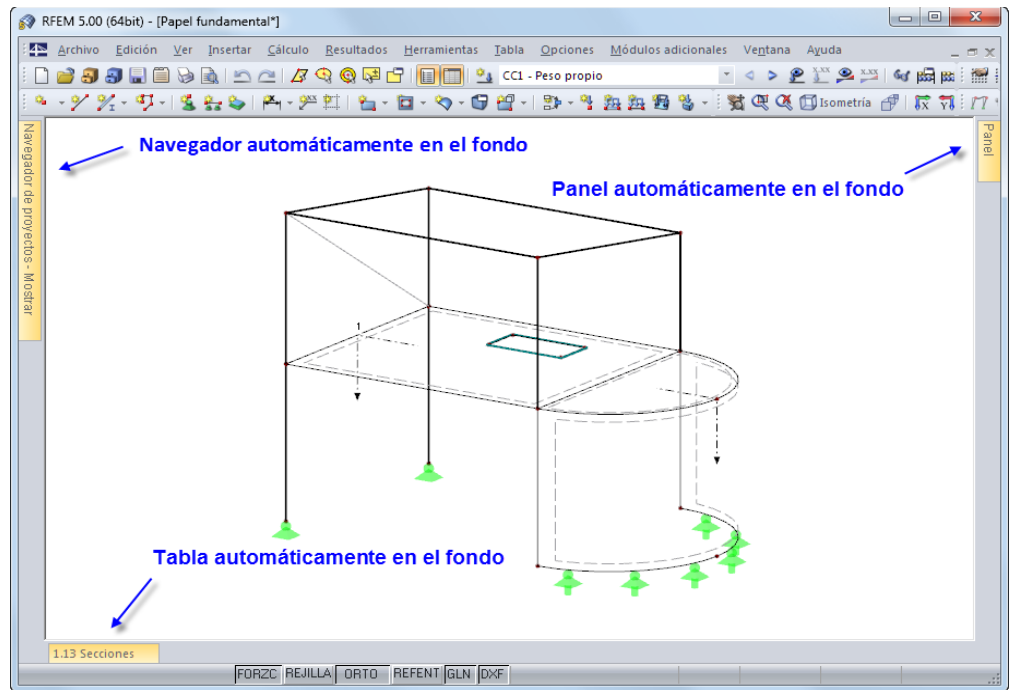


Figura 3.9: Navegador, tablas y panel en modo ocultar automáticamente

En el borde inferior del navegador puede ver tres pestañas (4 tras el cálculo). Use las pestañas para conmutar entre los navegadores *Datos*, *Mostrar*, *Vistas* y *Resultados*.

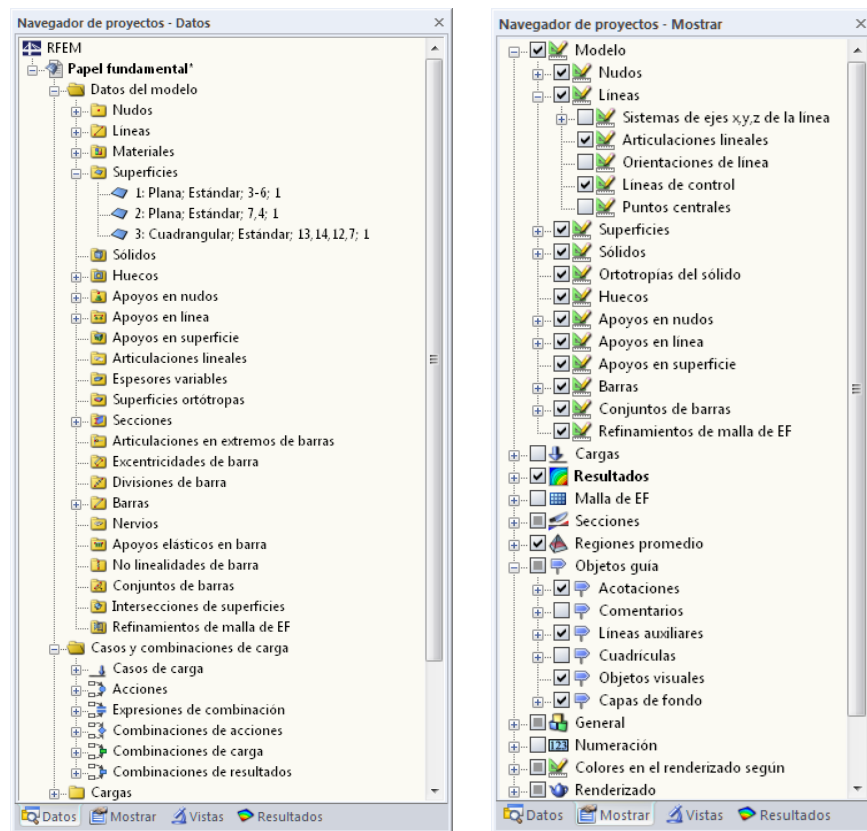


Figura 3.10: Pestañas para *Datos* y *Mostrar* en el Navegador de proyectos

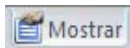
Navegador Datos



Este navegador administra el modelo y los datos de carga así como los resultados calculados. Haga doble clic en una entrada (una "hoja" de la estructura de árbol) para abrir un cuadro de diálogo para cambiar el objeto seleccionado. Cuando hace clic en una entrada, un menú contextual aparece con funciones útiles para crear o modificar el objeto.

Los objetos definidos incorrectamente se muestran en rojo, los objetos sin usar se representan en letras azules.

Navegador Mostrar



Este navegador controla la representación gráfica en la ventana de trabajo. Cuando desmarca la casilla de verificación de una entrada, el objeto correspondiente se ocultará en el gráfico.

Use el menú contextual del navegador que se muestra a la izquierda para guardar o importar la configuración definida por el usuario. También puede aplicar la configuración guardada como predeterminada para nuevos modelos.

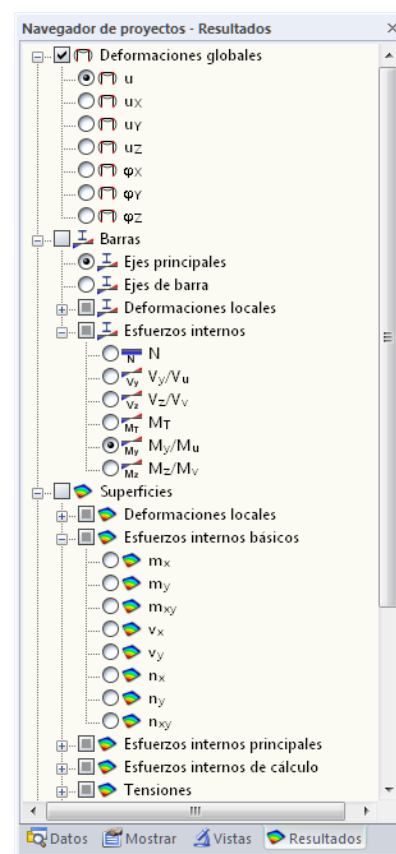
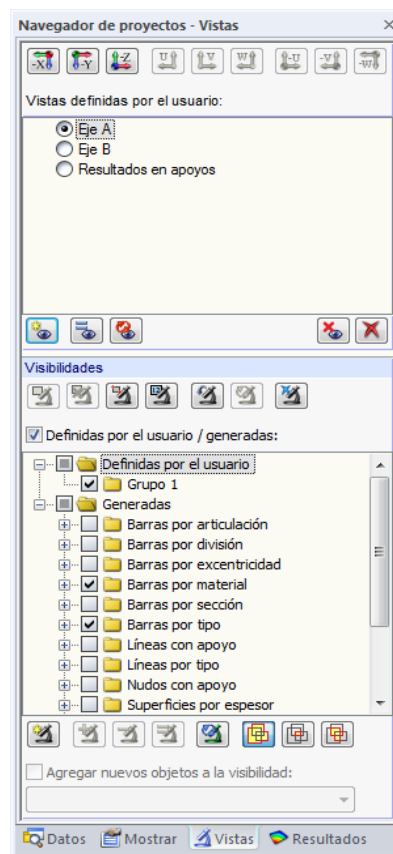
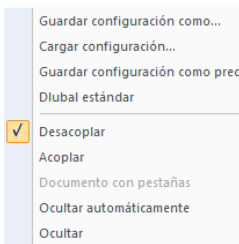


Figura 3.11: Pestañas para *Vistas* y *Resultados* en el Navegador de proyectos

Navegador Vistas



El navegador administra vistas definidas por el usuario así como visibilidades de objetos creadas automáticamente y definidas por el usuario (usada para "vistas parciales" y "grupos" en RFEM 4). Los botones están disponibles para crear vistas definidas por el usuario, para establecer visibilidades, para integrar objetos en visibilidades definidas por el usuario etc.

El trabajo con vistas y visibilidades se describe en el capítulo 9.9.1 en la página 397.



Navegador Resultados

Con el último navegador puede controlar los resultados que se representan en el gráfico. Las entradas disponibles dependen de si se representan los resultados de RFEM o de un módulo adicional.

3.4.4 Tablas



En el borde inferior de la ventana de RFEM puede ver tablas. Para activar y desactivar las tablas, haga clic en **Mostrar** en el menú **Tabla**, o use el botón correspondiente.

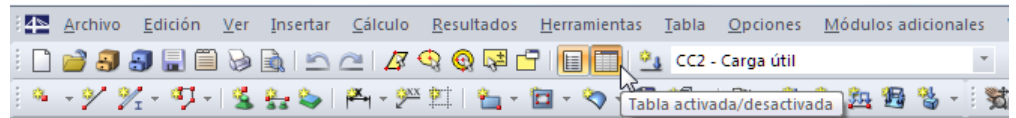


Figura 3.12: Botón *Tabla activada/desactivada* en la barra de herramientas *Predeterminado*

Hay cuatro grupos de tablas. Para cambiar entre ellas, use los primeros cuatro botones que se muestran en la barra de herramientas de la tabla, o señale **Ir a** en el menú **Tabla**.



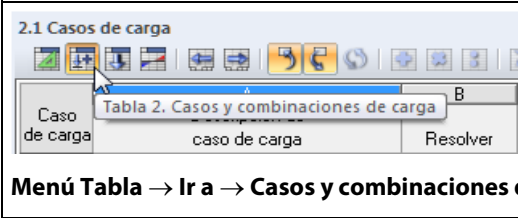
 <p>Menú Tabla → Ir a → Datos del modelo</p>	Tablas para datos del modelo
 <p>Menú Tabla → Ir a → Casos y combinaciones de carga</p>	Tablas para casos y combinaciones de carga
 <p>Menú Tabla → Ir a → Cargas</p>	Tablas para cargas
 <p>Menú Tabla → Ir a → Resultados</p>	Tablas para resultados

Tabla 3.3: Botones para el control de grupos de tablas

Las tablas administran todos los datos del modelo y de carga numéricamente. Varias funciones potentes permiten una entrada de datos eficiente (ver capítulo 11.5 en la página 519).

Al trabajar mediante las tablas sucesivamente, RFEM asegura que todos los datos se capturen. Las tablas representan la organización de datos internos de RFEM. Las descripciones de entrada y salida que se encuentran en los capítulos 4, 5, 6 y 8 se basan en la estructura de estas tablas.



Similar a las barras de herramientas, puede usar el ratón para "captar" tablas en su barra de título y moverlas en el espacio de trabajo. Para acoplar una tabla, haga clic en su barra de título, o mueva la tabla hacia el marco de la ventana o en uno de los botones direccionales que se muestra a la izquierda.

Las tablas ancladas se pueden minimizar cuando se establece la opción de menú contextual *Ocultar automáticamente*. Tan pronto como hace clic en la ventana de trabajo, se desliza hacia el borde (ver Figura 3.9, página 25). También puede usar el botón de anclaje de la parte superior derecha de la tabla para seleccionar la función de minimizar. Las tablas se abren en tamaño completo una vez mueve el puntero sobre la barra anclada.

Al seleccionar una fila de la tabla con un clic de ratón, los objetos relacionados se resaltan con colores en el gráfico. Recíprocamente, cuando un objeto se selecciona en la ventana de trabajo, la fila de la tabla correspondiente se muestra y se resalta también. Para controlar la configuración para la llamada "sincronización de selección", señale **Configuración** en el menú **Tabla**. También puede usar los botones de la barra de herramientas de la tabla que se muestra a la izquierda (ver capítulo 11.5.4, página 526).

3.4.5 Barra de estado

En la parte inferior de la ventana de trabajo de RFEM puede ver la barra de estado. Para activar o desactivar la barra, haga clic en **Barra de estado** en el menú **Ver**.

La barra de estado consiste en tres áreas.

Área izquierda

Carga lineal núm. 2 en la línea núm. 24

Figura 3.13: Área izquierda de la barra de estado

El texto que se muestra varía dependiendo de la función del programa que esté activa. Cuando el puntero se mueve por la ventana de trabajo, aparece información acerca del objeto que indica el puntero.

Si está empezando con RFEM, échele un vistazo a esta sección de la barra de estado: Puede encontrar útil las sugerencias y descripciones para los botones de la barra de herramientas y cuadros de diálogo.

Área central

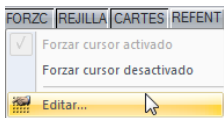
FORZC REJILLA ORTO REFENT GLN DXF

Figura 3.14: Área central de la barra de estado

Su funcionalidad es similar a la de una barra de herramientas, controlar la pantalla de la ventana de trabajo.

FORZC

El botón habilita o deshabilita la función forzar cursor de la rejilla. Use el menú contextual para acceder al cuadro de diálogo con una configuración específica para parámetros de rejilla (ver capítulo 11.3.2, página 470).



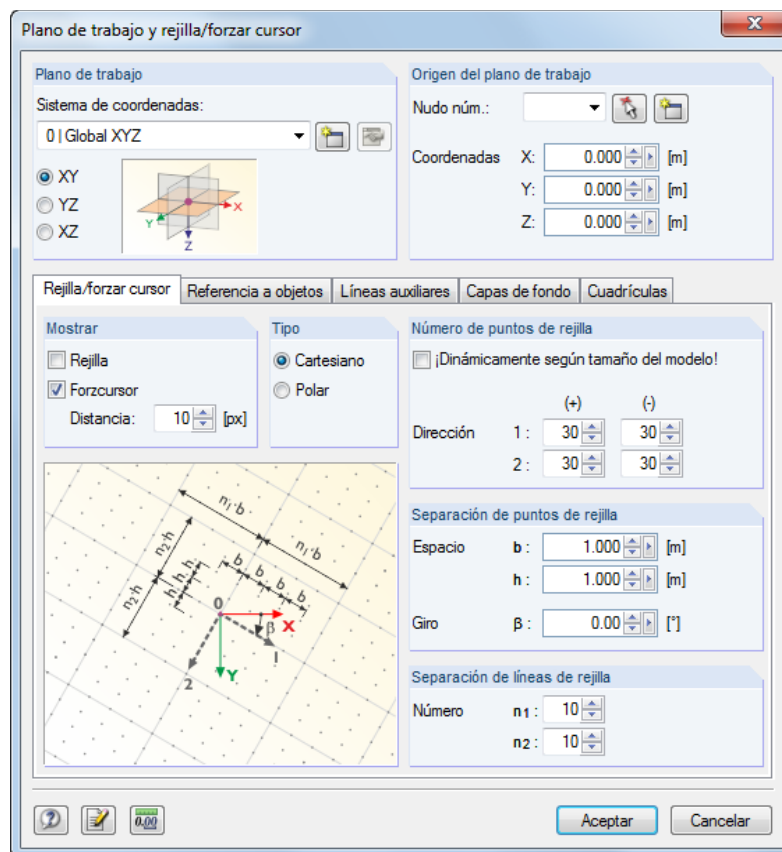


Figura 3.15: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo y rejilla/forzar cursor*

REJILLA

Haga clic en el botón para activar y desactivar la rejilla. Seleccione *Editar* en el menú contextual para abrir el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 3.15.

Además, el menú contextual ofrece la posibilidad de maximizar o minimizar las separaciones de rejilla gradualmente.

ORTO / CARTES / POLAR

Use este botón para seleccionar la rejilla ortogonal, cartesiana o polar. Con el menú contextual puede abrir el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 3.15. Además, puede aumentar o reducir las separaciones de rejilla gradualmente.

REFENT

El botón activa o desactiva la referencia a objetos (ver capítulo 11.3.3, página 471).

GLN

El botón controla la representación de líneas auxiliares (ver capítulo 11.3.7, página 483).

DXF

Use este botón para activar y desactivar la representación de las capas de fondo (ver capítulo 11.3.10, página 491).

Área derecha

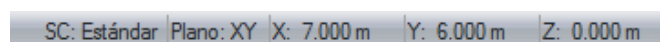
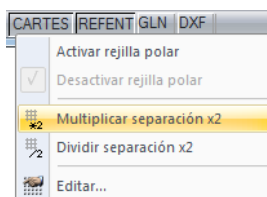
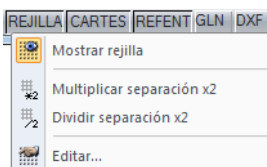


Figura 3.16: Área derecha de la barra de estado

El área derecha de la barra de estado muestra la siguiente información acerca de los datos introducidos gráficamente:



- Modo de visibilidad (si está activo)
- Sistema de coordenadas SC
- Plano de trabajo
- Coordenadas de la posición actual del puntero

3.4.6 Panel de control



Tan pronto como los esfuerzos internos o deformaciones se representen gráficamente, el **panel** aparece en la ventana de trabajo, ofreciendo diversas posibilidades para representación y control. Para activar y desactivar el panel,

seleccione **Panel de control (espectro de colores, factores, filtro)** en el menú **Ver** o use el botón que se muestra a la izquierda.



Similar a la barra de herramientas, puede usar el ratón para "captar" el panel en su barra de título y desplazarlo en el espacio de trabajo. Para anclar el panel, haga doble clic en su barra de título, o muévelo hacia el marco de la ventana o uno de sus botones direccionales que se muestra a la izquierda.

El panel anclado se puede minimizar cuando se establece la opción del menú contextual *Ocultar automáticamente*. Tan pronto como hace clic en la ventana de trabajo, se desliza hacia el borde (ver Figura 3.9, página 25). Puede también usar el botón de anclaje en la parte superior derecha del panel para seleccionar la función de minimizar. El panel se abre a tamaño completo de nuevo cuando mueve el puntero sobre la barra anclada.

El panel de control consta de las siguientes pestañas: *Espectro de colores*, *Factores*, *Filtro* y *Espesores*, si está disponible.

Espectro de colores

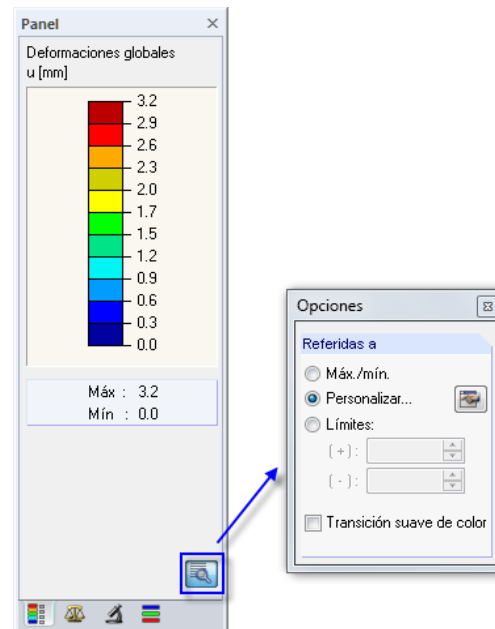


Figura 3.17: Panel de control, pestaña *Espectro de colores* con el cuadro de diálogo *Opciones* activo

Cuando se establece la pantalla de resultados multicolor, la primera pestaña muestra el espectro de colores con intervalos de valores. Once zonas de colores se establecen de forma predefinida, cubriendo el intervalo entre valores extremos en intervalos separados equitativamente.



Para ajustar el espectro de colores, haga doble clic en uno de los colores. También puede usar el botón [Opciones] disponible en el panel. El cuadro de diálogo *Opciones* se abre (Figura 3.17), donde puede hacer clic en el botón [Editar] para acceder a otro cuadro de diálogo para cambiar los intervalos de colores y valores.

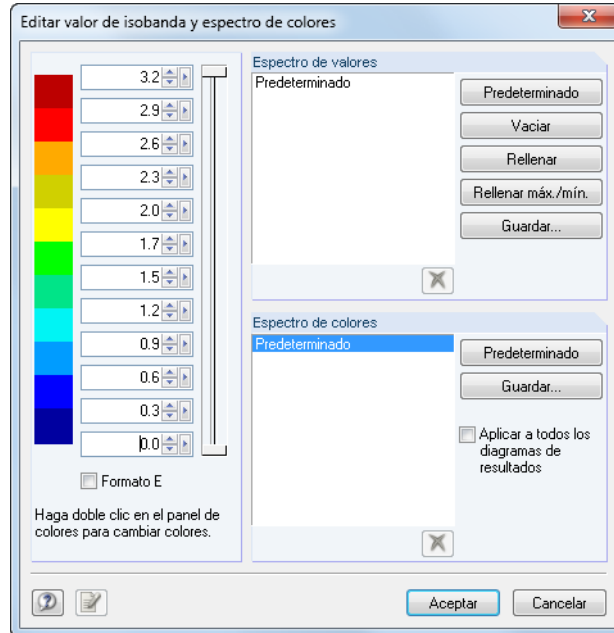


Figura 3.18: Cuadro de diálogo *Editar valor de isobanda y espectro de colores*

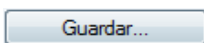
Use los controles deslizantes verticales, a la derecha de los valores, para reducir el número de intervalos de colores en ambos extremos del espectro de colores.

Puede modificar los colores individualmente haciendo doble clic en el campo de color.

Es más, puede ajustar los valores del espectro manualmente. Por favor, cuidado de seguir estrictamente un orden ascendente o descendente. Use los botones en la sección del diálogo *Espectro de valores* para asignar valores. Los botones se definen como sigue:

Botón	Función
Predeterminado	Las once zonas de colores se establecen a la forma predeterminada.
Vaciar	Todos los valores en los campos de entrada se eliminan.
Rellenar	Los valores se intercalan equidistantemente entre el máximo y el mínimo dependiendo del número de zonas de colores.
Rellenar máx./mín.	Para un espectro de colores reducido, los valores interpolados se calculan en relación a los valores extremos absolutos o introducidos manualmente.
Guardar	El espectro de valores se guarda como una muestra global.

Tabla 3.4: Botones en la sección del diálogo *Espectro de valores*



Marque la casilla de verificación delante de *Aplicar a todos los diagramas de resultados* para usar el color actual para la representación de resultados de casos de carga, combinaciones de carga y de resultados. El espectro de valores no experimenta ningún cambio debido a la complejidad de una asignación global para deformaciones, fuerzas, momentos y tensiones. Haga clic en [Guardar] para guardar el espectro de colores modificado como definido por el usuario.



Use el botón [Opciones] como se muestra en la Figura 3.17 para seleccionar más opciones en el cuadro de diálogo *Opciones*.

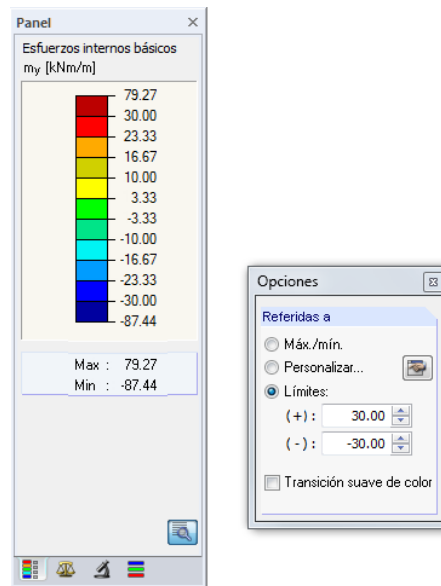


Figura 3.19: Cuadro de diálogo *Opciones*, opción *Límites +/-*

La referencia para valores límite le permite evaluar resultados con exactitud dentro de una zona definida. Diferentes colores representan a los excesos de los límites superior e inferior. Con los valores que se establecen en la Figura 3.19 puede ver los momentos m_y representados en una gradación fina de intervalos de ± 30 kNm/m. Los valores por encima de la zona definida aparecen en color rojo o azul.

Marque la casilla de verificación para *Transición suave de color* en el cuadro de diálogo *Opciones* para hacer desaparecer las zonas de color diferentes. El espectro de colores suave se puede establecer independientemente, sin importar cuál de las tres opciones de referencia está seleccionada para los valores de resultados.

Factores

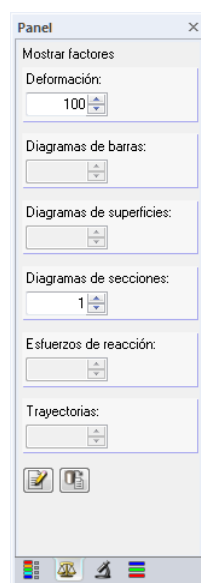


Figura 3.20: Panel de control, pestaña *Factores*

Use la segunda pestaña del panel para controlar los factores de escala para la representación gráfica. Dependiendo de cómo esté establecido actualmente el gráfico de resultados, puede acceder a los campos de entrada para escalar la *Deformación*, los *Diagramas de barras*, los *Diagramas de superficies*, los *Diagramas de secciones*, los *Esfuerzos de reacción* y las *Trayectorias*.

Filtro

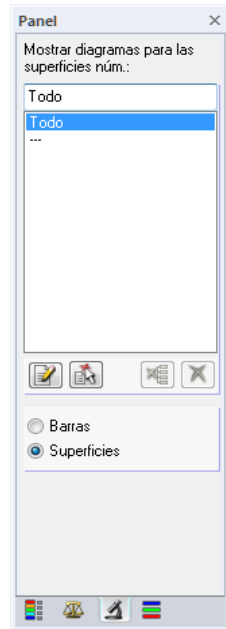


Figura 3.21: Panel de control, pestaña *Filtro*

Con la pestaña *Espectro de colores* puede filtrar valores de resultados en general. Use la pestaña *Filtro* para seleccionar diferentes representaciones de resultados para superficies, barras o sólidos particulares



Los campos de selección bajo la fila del botón representan las tres categorías de objetos para las cuales puede representar diagramas de resultados. Tiene que introducir números de barras, superficies o sólidos relevantes en los campos de entrada *Mostrar diagramas para*. Entonces, con un clic en el botón [Aplicar], puede establecer el filtro en el gráfico.



También es posible tomar números de objetos del gráfico: Primero, seleccione las barras, superficies o sólidos (selección múltiple por ventana o manteniendo presionada la tecla [Ctrl]). Luego, haga clic en el botón [Importar de la selección].
























La configuración del filtro del panel también afecta a los objetos en las tablas de resultados: Cuando limita la representación de resultados en el panel para por ejemplo dos barras, tabla 4.6 *Barras - Esfuerzos internos* se listarán sólo los resultados de aquellas dos barras.

3.4.7 Botones predeterminados

Los botones se usan en muchos cuadros de diálogo. Cuando sitúa el puntero sobre un botón, su función se muestra como una descripción breve después de un momento.

La siguiente información general describe los botones predeterminados que se usan con más frecuencia

Botón	Nombre	Función
	Nuevo	Abre el cuadro de diálogo para definir un objeto
	Editar	Abre un cuadro de diálogo para modificar un objeto
	Eliminar	Elimina un objeto o entrada
	Seleccionar	Selección gráfica
	Aplicar	Importa desde la selección actual
	Biblioteca	Abre una colección de datos almacenados
	Ayuda	Abre la función de ayuda
	Usar	Aplica los cambios sin cerrar el cuadro de diálogo
	Configuración	Abre el cuadro de diálogo para una configuración detallada
	Comentarios	Accede a los módulos de texto predeterminados → capítulo 11.1.4, página 453
	Unidades y decimales	Configuración para unidades y decimales → capítulo 11.1.3, página 451
	Predeterminado	Restaura la configuración del diálogo predeterminada
	Establece como predeterminado	Guarda la configuración actual como predeterminada
	Fuente	Opción para establecer fuentes y los tamaños de las fuentes
	Colores	Opción para establecer colores
	Información	Muestra información sobre un objeto
	Transferir selección	Transfiere los elementos seleccionados desde una lista a otra
	Transferir todo	Transfiere todos los elementos desde una lista a otra
	Guardar	Almacena las entradas definidas por el usuario
	Importar	Importa las entradas almacenadas
	Seleccionar	Selecciona algunos o todos los objetos


	Anular selección	Elimina o cancela todas las entradas
---	------------------	--------------------------------------

Tabla 3.5: Botones predeterminados

3.4.8 Funciones del teclado

Con frecuencia es posible acceder a las funciones requeridas en tablas de interfaz gráfica de usuario con el teclado.

[F1]	Ayuda
[F2]	Tabla siguiente
[F3]	Tabla anterior
[F4]	Comprobación plausible para la tabla actual
[F5]	Comprobación plausible para todas las tablas
[F7]	Función de selección en tablas
[F8]	Copia la celda de la tabla anterior, o muestra todo el modelo en pantalla
[F9]	Calculadora
[F10]	Barra de menú
[F12]	Guarda el modelo con un nombre nuevo
[Alt]	Barra de menú
[Ctrl]+[2]	Copia una fila de la tabla en la siguiente fila
[Ctrl]+[A]	Función <i>Restaurar</i>
[Ctrl]+[C]	Copia al portapapeles
[Ctrl]+[E]	Exporta datos
[Ctrl]+[F]	Busca dentro de la tabla
[Ctrl]+[G]	Genera entradas en la tabla
[Ctrl]+[H]	Encuentra entradas en la tabla y las reemplaza
[Ctrl]+[I]	Inserta una fila en la tabla, o importa datos
[Ctrl]+[L]	Salta al número de fila específico en la tabla
[Ctrl]+[N]	Crea un modelo nuevo
[Ctrl]+[O]	Abre un modelo existente
[Ctrl]+[P]	Imprime el gráfico
[Ctrl]+[R]	Elimina una fila en la tabla
[Ctrl]+[S]	Guarda datos
[Ctrl]+[U]	Borra la selección en la tabla
[Ctrl]+[V]	Inserta desde el portapapeles
[Ctrl]+[X]	Corta elementos en la tabla
[Ctrl]+[Y]	Elimina el contenido de una fila en la tabla
[Ctrl]+[Z]	Función <i>Deshacer</i>

[+] [-] NumPad	Zoom
----------------	------

Tabla 3.6: Funciones de teclado



En caso de que no haya abierto ningún cuadro de diálogo, la tecla [Intro] llama a la última función usada. Por consiguiente, la nueva aplicación de datos es más fácil, por ejemplo colocando los objetos del modelo o carga de nuevo en la ventana de trabajo.

3.4.9 Funciones del ratón

Las funciones del ratón siguen los estándares generales para las aplicaciones de Windows. Para seleccionar un objeto para edición, simplemente haga clic sobre el mismo con el botón **primario** del ratón. Haga doble clic en el objeto cuando desee abrir el cuadro de diálogo para edición. Puede aplicar estas funciones a objetos de la ventana de trabajo así como a las entradas en el navegador *Datos*.

Los objetos del modelo y de carga se pueden cambiar en la ventana de trabajo mediante arrastrar y soltar. Para copiar objetos, mantenga además presionada la tecla [Ctrl]. La función arrastrar y soltar se puede activar y desactivar en el menú contextual general (ver Figura 11.53, página 481).

Cuando hace clic en un objeto con el botón **secundario** del ratón, su menú contextual aparece, ofreciéndole comandos y funciones de objetos relacionados.

Los menús contextuales están disponibles en el gráfico, navegador y tablas.

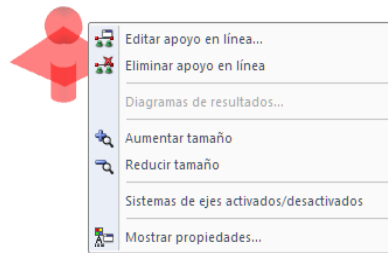


Figura 3.22: Menú contextual del apoyo en nudo en el gráfico



Desplazando el **botón de rueda** puede maximizar o minimizar la representación del modelo actual. La posición del puntero se asume siempre como el centro del área de zoom.



Presione el botón de rueda para desplazar el modelo directamente dentro del espacio de trabajo, lo que significa sin activar previamente el botón de la barra de herramientas [Mover, Aplicar zoom]. Si además presiona la tecla [Ctrl], puede girar el modelo. Girar el modelo es también posible usando el botón de rueda y manteniendo presionado el botón secundario del ratón. Los símbolos del puntero que se muestran a la izquierda indican la función seleccionada.

Para girar la representación alrededor de un nudo particular, seleccione primero el nudo. Ahora, mantenga presionada la tecla [Alt] y presione además el botón de rueda para girar el modelo respecto al nudo seleccionado.



Las opciones ofrecidas por un ratón 3D se pueden también usar para trabajar con una interfaz gráfica de usuario de RFEM.



Es más, RFEM le ofrece una función útil para representar los objetos seleccionados rápidamente en una vista maximizada: primero, seleccione los objetos en la ventana de trabajo. Ahora, mantenga presionada la tecla Mayúsculas [⇧] y haga clic en uno de los botones disponibles en la barra de herramientas *Ver* que se muestra a la izquierda. La ventana de trabajo le mostrará una vista parcial maximizada del objeto en la dirección de visualización seleccionada.

3.4.10 Administrador de configuración



El Administrador de configuración le ofrece acceso a todas las configuraciones disponibles para mostrar propiedades, fuentes, barras de herramientas, encabezados de impresión etc. Para abrir el Administrador de configuración, seleccione **Administrador de configuración** en el menú **Opciones**, o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

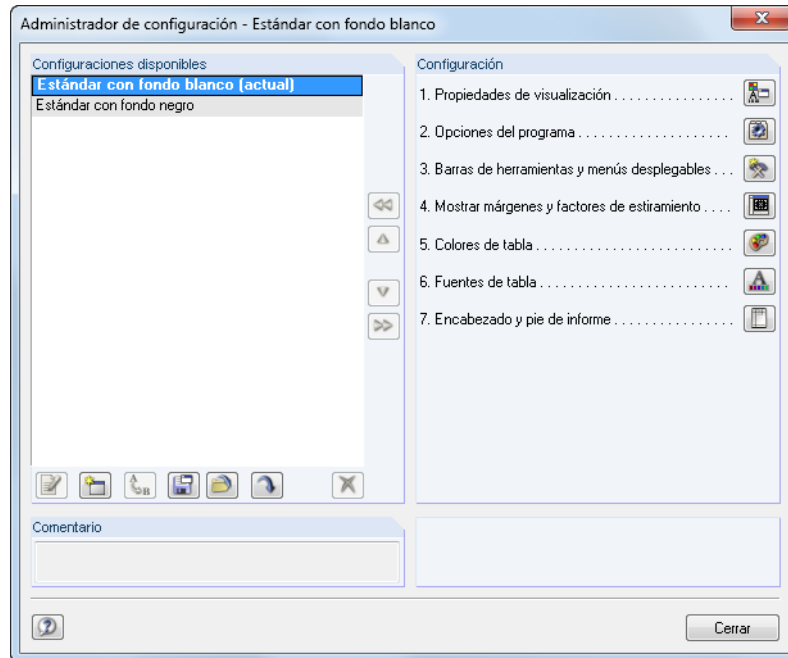


Figura 3.23: Cuadro de diálogo *Administrador de configuración*

Configuraciones disponibles

La sección del diálogo enumera todas las configuraciones definidas por el usuario o creadas durante la instalación. La configuración actualmente usada por el programa se muestra en negrita e indica que es la *actual*.

La configuración *Estándar* se preestablece, no se puede eliminar.

Los botones abajo en la sección del diálogo tienen las siguientes funciones:








Botón	Función
	Establece la entrada seleccionada arriba como la configuración nueva <i>actual</i>
	Crea una configuración nueva de la configuración actual (→ Figura 3.24)
	Cambia el nombre de la configuración seleccionada
	Exporta la configuración seleccionada a un archivo
	Importa una configuración desde un archivo
	Restablece los valores predeterminados
	Elimina la configuración seleccionada (no disponible para la <i>Estándar</i> y <i>actual</i>)

Tabla 3.7: Botones para *Configuraciones disponibles*



Use el botón [Nuevo] para guardar la configuración actual como una configuración nueva. Un cuadro de diálogo se abre, donde tiene que introducir una *Descripción*. Un *Comentario* opcional le facilita más tarde la selección entre varias configuraciones definidas por el usuario.

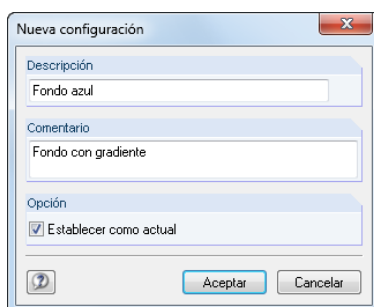


Figura 3.24: Cuadro de diálogo *Nueva configuración*

Configuración

Los botones disponibles en la sección del diálogo *Configuración* le proporcionan acceso a diferentes cuadros de diálogo con parámetros de configuración. Se describen en la siguiente tabla.








Botón	Descripción	Función
	Propiedades de visualización	Abre el cuadro de diálogo <i>Propiedades de visualización</i> → capítulo 11.1.2, página 449
	Opciones del programa	Abre el cuadro de diálogo de pestañas múltiples <i>Opciones del programa</i> → capítulo 7.3.3, página 297 → capítulo 9.10, página 407 → capítulo 11.1.1, página 448 → capítulo 11.1.4, página 454
	Barras de herramientas y menús	Abre el cuadro de diálogo <i>Personalizar</i> → capítulo 3.4.2, página 22
	Márgenes y factores de estiramiento	Abre el cuadro de diálogo <i>Mostrar márgenes y factores de estiramiento</i> → capítulo 11.3.11, página 494
	Colores de tabla	Abre el cuadro de diálogo <i>Colores</i> para los colores de tabla → capítulo 11.5.4, página 526
	Fuentes de tabla	Abre el cuadro de diálogo <i>Fuente</i> para las fuentes de tabla → capítulo 11.5.4, página 526
	Encabezado y pie de informe	Abre el cuadro de diálogo <i>Encabezado de informe</i> → capítulo 10.1.4, página 418

Tabla 3.8: Función de los botones en la sección del diálogo *Configuración*

4. Datos del modelo



Iniciar RFEM

Para iniciar el programa, use el menú Inicio de Windows o el icono de Dlubal en el escritorio.

Para introducir datos, debe crear o abrir un modelo (ver capítulo 12.2, página 598).

RFEM ofrece diferentes opciones para introducir datos: puede definir objetos en un **cuadro de diálogo**, una **tabla** y con frecuencia directamente en el **gráfico**. Toda la entrada es interactiva, lo que significa que la entrada gráfica se refleja inmediatamente en la tabla y viceversa.

Para los primeros pasos con RFEM le recomendamos que intente el ejemplo introductorio, que puede servir de ayuda para principiantes. Puede encontrar el manual correspondiente disponible para descargar en nuestro sitio web: www.dlubal.com/es/downloading-manuals.aspx

Abrir el cuadro de diálogo de entrada

Es posible acceder a los cuadros de diálogo de entrada y a la entrada gráfica de diferentes maneras.

Menú *Insertar*

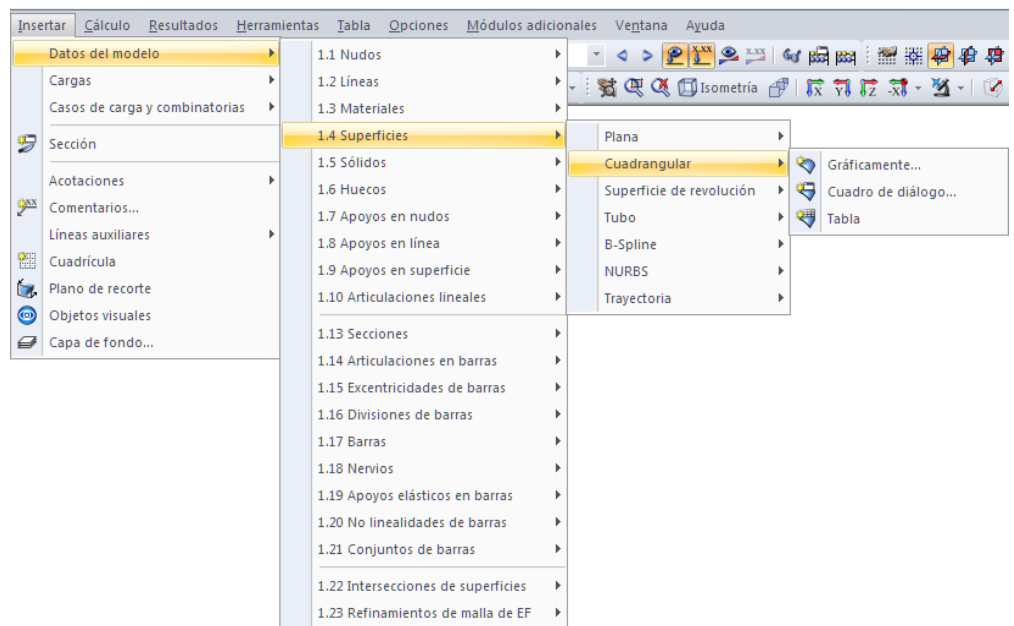


Figura 4.1: Menú *Insertar* → *Datos del modelo*

Barra de herramientas *Insertar*



Figura 4.2: Barra de herramientas *Insertar*

Menú contextual en el navegador *Datos*

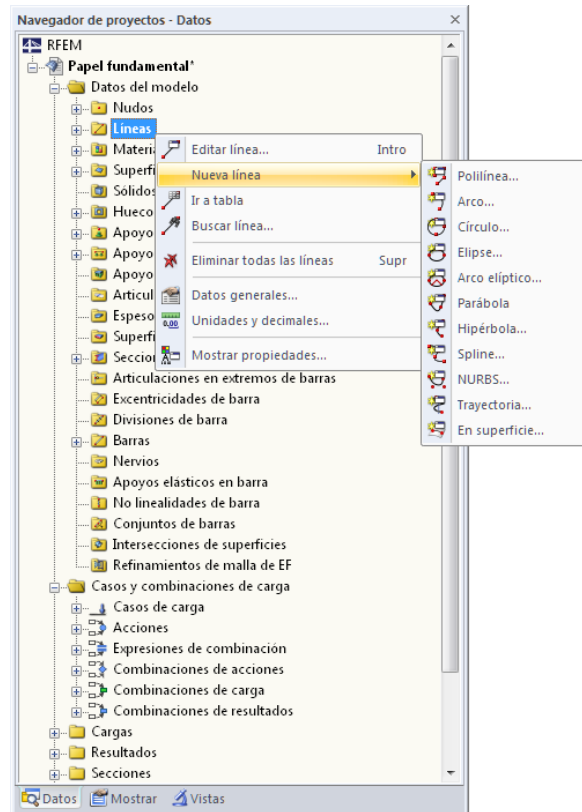


Figura 4.3: Menú contextual de los objetos de datos del modelo en el navegador *Datos*

Menú contextual o doble clic en la tabla

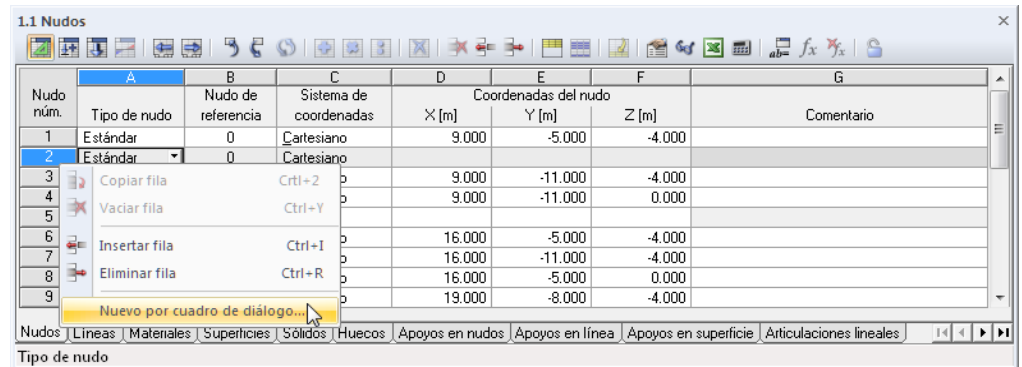


Figura 4.4: Menú contextual en las tablas de datos del modelo

Al cuadro de diálogo de entrada se puede acceder a través del menú contextual (o mediante doble clic) del número de fila.

Abrir el cuadro de diálogo de edición

RFEM ofrece distintas posibilidades para abrir un cuadro de diálogo para editar objetos del modelo.

Menú Edición

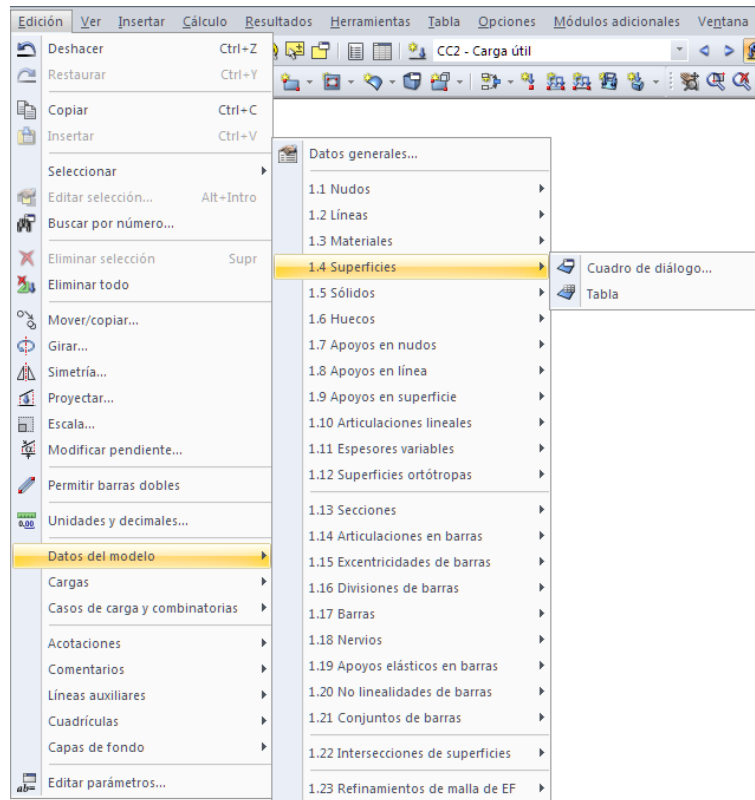


Figura 4.5: Menú Edición → Datos del modelo

Menú contextual o doble clic en el gráfico

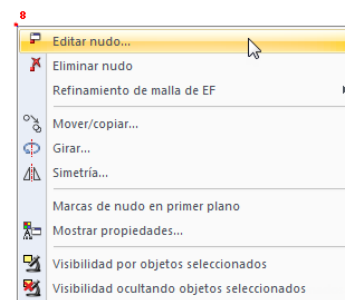


Figura 4.6: Menú contextual de un nudo en la ventana de trabajo

Menú contextual o doble clic en el navegador *Datos*

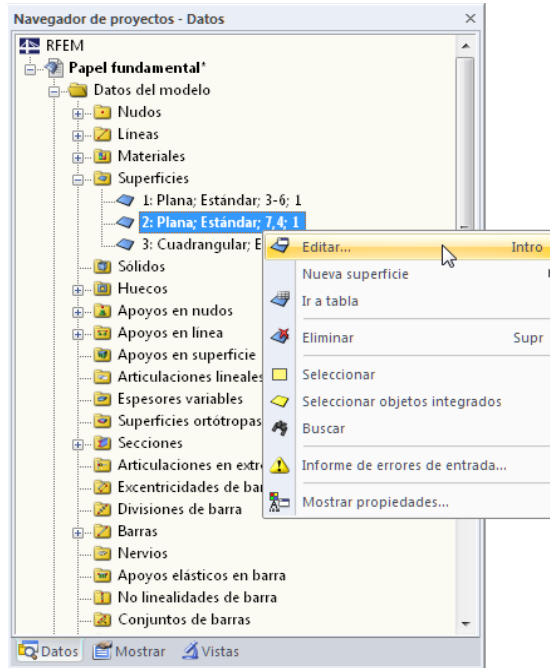


Figura 4.7: Menú contextual de los objetos de datos del modelo en el navegador *Datos*

Menú contextual o doble clic en la tabla

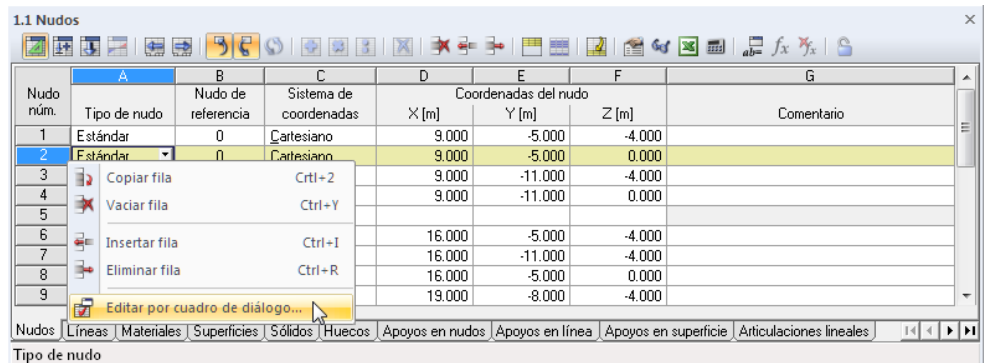


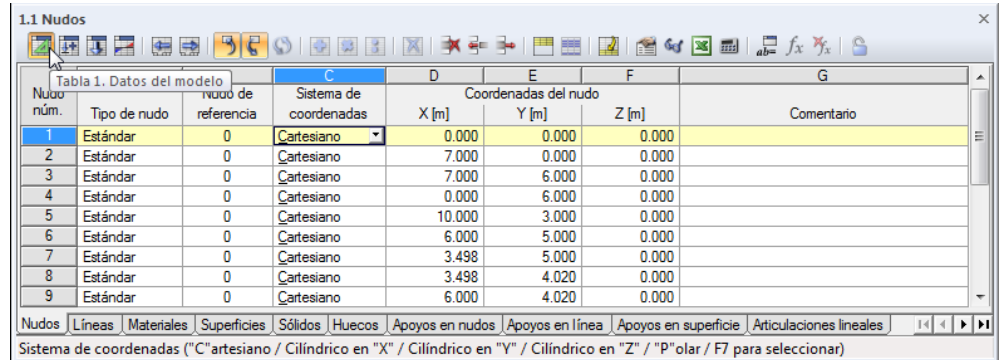
Figura 4.8: Menú contextual en las tablas de datos del modelo

Al cuadro de diálogo de edición se puede acceder a través del menú contextual (o mediante doble clic) del número de fila.

Entrada en tabla



La entrada y modificaciones que se realizan en la interfaz gráfica de usuario se muestran inmediatamente en las tablas, y viceversa. Para abrir las tablas de datos del modelo, use el botón que está a la izquierda del todo en la barra de herramientas de la tabla que se muestra a la izquierda.



Nudo número	Tipo de nudo	nudo de referencia	Sistema de coordenadas	Coordenadas del nudo			Comentario
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Estándar	0	Cartesiano	0.000	0.000	0.000	
2	Estándar	0	Cartesiano	7.000	0.000	0.000	
3	Estándar	0	Cartesiano	7.000	6.000	0.000	
4	Estándar	0	Cartesiano	0.000	6.000	0.000	
5	Estándar	0	Cartesiano	10.000	3.000	0.000	
6	Estándar	0	Cartesiano	6.000	5.000	0.000	
7	Estándar	0	Cartesiano	3.498	5.000	0.000	
8	Estándar	0	Cartesiano	3.498	4.020	0.000	
9	Estándar	0	Cartesiano	6.000	4.020	0.000	

Figura 4.9: Botón [Tabla 1. Datos del modelo]

La entrada en la forma de datos de hoja de cálculo introducida en tablas se pueden editar e importar rápidamente (ver capítulo 11.5, página 519).



Los objetos no usados se resaltan en azul en las tablas y en el navegador *Datos*.

En cada cuadro de diálogo y tabla, es posible añadir un *Comentario* especificando el objeto. También puede usar comentarios predefinidos (ver capítulo 11.1.4, página 453). Además, los comentarios son parte de las informaciones en pantalla para los objetos gráficos.

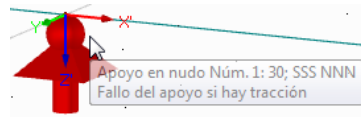


Figura 4.10: Información en pantalla de un apoyo en nudo

4.1 Nudos

Descripción general

La geometría del modelo se define por nudos. Son esenciales para crear líneas, y por tanto barras, superficies y sólidos. Cada nudo se especifica por sus coordenadas (X,Y,Z). Las coordenadas normalmente se refieren al origen del sistema de coordenadas global, pero es también posible definir las en relación a otro nudo.

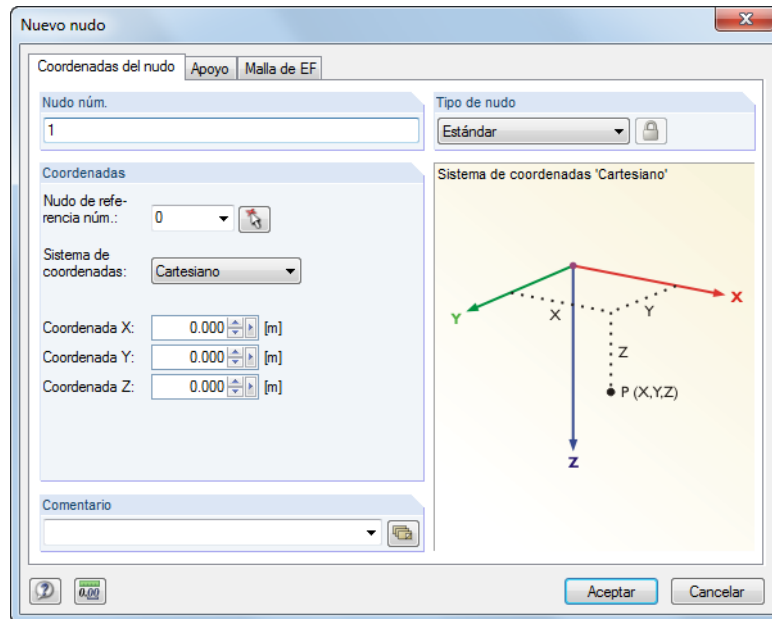


Figura 4.11: Cuadro de diálogo *Nuevo nudo*

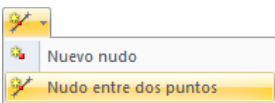
Nudo núm.	A			D			G
	Tipo de nudo	Nudo de referencia	Sistema de coordenadas	X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Estándar	0	Cartesiano	9.000	-5.000	-4.000	
2	Estándar	0	Cartesiano	9.000	-5.000	0.000	
3	Estándar	0	Cartesiano	9.000	-11.000	-4.000	
4	Estándar	0	Cartesiano	9.000	-11.000	0.000	
5	Estándar	0	Cartesiano	2.000	1.000	2.000	
6	Estándar	0	Cartesiano	16.000	-5.000	-4.000	
7	Estándar	0	Cartesiano	16.000	-11.000	-4.000	
8	Estándar	0	Cartesiano	16.000	-5.000	0.000	
9	Estándar	0	Cartesiano	19.000	-8.000	-4.000	

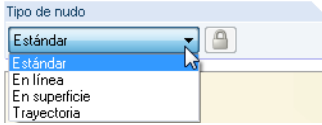
Figura 4.12: Tabla 1.1 *Nudos*

El número del nudo se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nuevo nudo*, pero es posible modificarlo en el campo de entrada. El orden de la numeración del nudo no es importante y se permiten los espacios.

Para ajustar el orden de los números de nudo subsecuentemente, seleccione **Cambiar numeración** en el menú **Herramientas** (ver capítulo 11.4.18, página 516).

Es más, RFEM ofrece una función especial para crear un nudo en la línea de conexión de dos nudos que ya existen (ver capítulo 11.4.12, página 511).





Tipo de nudo

Estándar

Este tipo de nudo es el que se usa con más frecuencia. Los nudos Estándar se pueden colocar gráficamente en el plano de trabajo o en cualquier parte del espacio de trabajo especificando las coordenadas. Cuando introduce líneas o superficies de revolución gráficamente, se crean nudos estándar.

Los nudos Estándar se representan en rojo en el gráfico.

En línea

Use este tipo de nudo para evitar que una línea se divida en dos líneas. Toda la línea permanece sin variaciones. El parámetro del nudo δ describe la distancia relativa respecto al nudo inicial de la línea.

Creando nudos en líneas es posible aplicar cargas en nudo en cualquier parte en la línea o para forzar un nudo de EF.

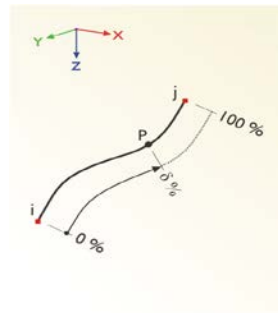


Figura 4.13: Nudo en línea

Los nudos en líneas se representan en azul claro de forma predeterminada.

En superficie

Es difícil para superficies cuadrangulares determinar las coordenadas de nudos que se colocan sobre la superficie curva. Con el tipo de nudo *Nudo en superficie* puede colocar un nudo directamente sobre una superficie cuadrangular representada en el gráfico. Los parámetros del nudo δ_1 y δ_2 se refieren a los cuatro nudos de esquina de la superficie.

Creando nudos en superficies es posible aplicar cargas en nudo en cualquier parte sobre la superficie curva o para forzar un nudo de EF.

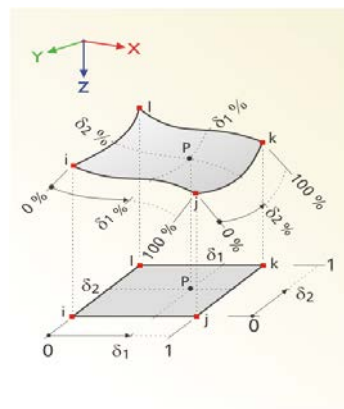


Figura 4.14: Nudo en superficie

Las coordenadas en la tabla se almacenan en el sistema de coordenadas Cartesiano. Los nudos en superficies se representan gráficamente en azul claro de forma predeterminada.

Si trabaja con superficies planas, use nudos Estándar.

Trayectoria

Este tipo de nudo se crea cuando define una curva de trayectoria espiral (ver capítulo 4.2, página 60). El parámetro del nudo δ describe la distancia relativa respecto al nudo inicial de la línea.

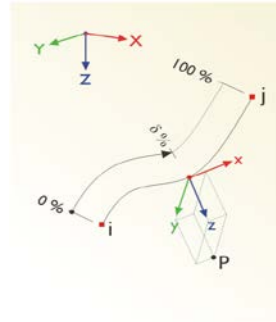


Figura 4.15: Trayectoria

Los nudos Trayectoria se representan en el gráfico en verde oscuro de forma predeterminada.

Nudo de referencia

En general, las coordenadas de un nudo se refieren al origen del sistema de coordenadas global. No necesita definir el nudo (0/0/0), ya que RFEM reconoce el origen automáticamente.

Cualquier nudo le puede servir de nudo de referencia. Incluso un nudo con un número elevado se admite para usarlo como nudo de referencia. La referencia a otro nudo puede resultar útil para definir por ejemplo un nudo nuevo a una cierta distancia a una posición ya conocida. La lista de la tabla con su opción "nudo Anterior" es especialmente útil en este caso.



En el cuadro de diálogo *Nuevo nudo*, puede introducir el nudo de referencia directamente, selecciónelo de la lista o defínalo gráficamente usando el botón [\wedge].

Sistema de coordenadas

Las coordenadas de un nudo siempre se refieren al sistema de coordenadas que describe la posición de un nudo en el espacio de trabajo. Dependiendo de la geometría del modelo puede seleccionar sistemas de coordenadas diferentes. Todos los sistemas de coordenadas están orientados en sentido horario.

Cartesiano

Los ejes X, Y y Z global describen una expansión traslacional (lineal). Todas las direcciones de coordenadas están en una misma base.

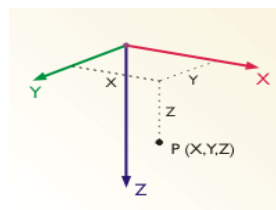


Figura 4.16: Sistema de coordenadas Cartesiano

En la mayoría de los casos, los nudos se pueden definir en el sistema de coordenadas Cartesiano.

Cilíndrico en X

El eje X describe una expansión translacional. El radio R define la distancia del nudo respecto al eje X. El ángulo θ define el giro de las coordenadas respecto al eje X.

El sistema de coordenadas cilíndrico en X se aplica por ejemplo para representar modelos tubulares cuyo eje central es el eje X.

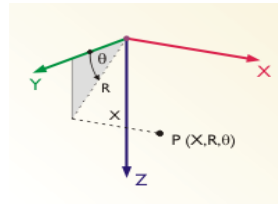


Figura 4.17: Sistema de coordenadas cilíndrico en X

Cilíndrico en Y

Este sistema de coordenadas es similar al sistema Cilíndrico en X, pero ahora el eje longitudinal se representa por el eje Y.

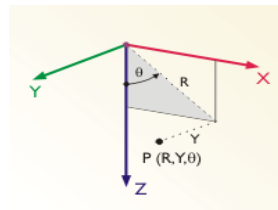


Figura 4.18: Sistema de coordenadas cilíndrico en Y

Cilíndrico en Z

El sistema de coordenadas es similar al sistema Cilíndrico en X, pero ahora el eje longitudinal se representa por el eje Z.

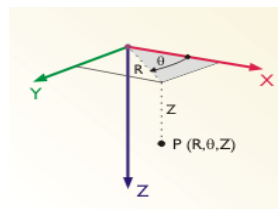


Figura 4.19: Sistema de coordenadas cilíndrico en Z

Polar

En el sistema de coordenadas polar, la posición del nudo se describe por un radio que define la distancia al punto de origen y los ángulos θ y Φ .

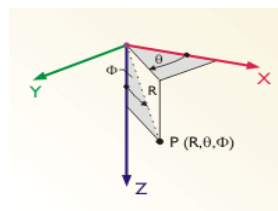


Figura 4.20: Sistema de coordenadas polar



Si es posible, organice la entrada del modelo respecto al sistema de coordenadas global de tal forma que los ejes X, Y y Z del sistema de coordenadas estén en una línea con las direcciones principales del entramado modelado. Esto permite que la definición de coordenadas, condiciones y cargas sea más sencilla.



Para definir nudos directamente en el espacio de trabajo, abra el cuadro de diálogo flotante *Nuevo nudo* para la entrada gráfica. Normalmente, los nudos se fuerzan en los puntos de rejilla, los cuales están alineados con el sistema de coordenadas definido por el usuario o un sistema de coordenadas global activo (SC).

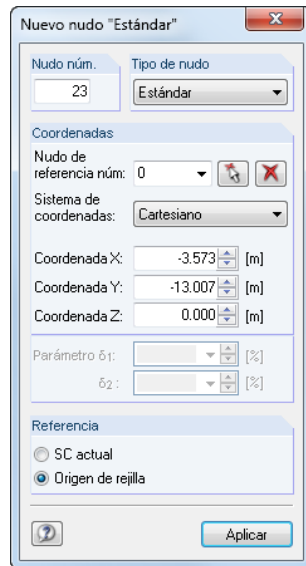


Figura 4.21: Cuadro de diálogo flotante *Nuevo nudo*

Para más información acerca de los sistemas de coordenadas definidos por el usuario, ver capítulo 11.3.4 página 477.

Cuando el sistema de coordenadas se modifica en la tabla, es posible convertir las coordenadas del nudo automáticamente al nuevo sistema. La siguiente pregunta se muestra.

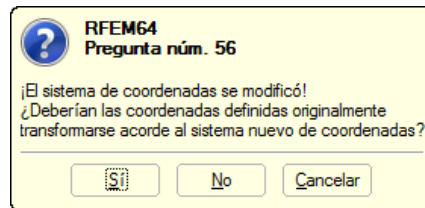


Figura 4.22: Pregunta de RFEM

De la misma forma, puede convertir las coordenadas del nudo con el nudo de referencia *Anterior* en relación al origen.

Coordenadas del nudo

Las coordenadas del nudo se definen en el sistema de coordenadas que estableció anteriormente. Cuando modela una estructura 3D, el nudo se define claramente mediante las coordenadas X, Y y Z o el radio y ángulos. Los parámetros de coordenadas y los títulos de columna de la tabla cambian en función del sistema de coordenadas.

Cuando el tipo de modelo está limitado por una placa o muro en 2D, no es posible acceder a los tres campos de entrada o columnas.



Para ajustar *Longitudes* y *Ángulos*, seleccione **Unidades y decimales** en el menú **Edición**, o use el botón correspondiente en el cuadro de diálogo.



Con el siguiente procedimiento puede comprobar si todos los nudos de una superficie están posicionados en un mismo plano: Seleccione los nudos relevantes y haga doble clic en uno de ellos para abrir el cuadro de diálogo *Editar nudo*. Los datos de coordenadas se rellenan en aquellos campos de entrada cuyos valores estén conformes con todos los nudos seleccionados. Si éste no es el caso, puede asignar una coordenada de plano uniforme para los nudos ahora seleccionados.

Es posible importar coordenadas de nudo desde hojas de cálculo de Excel (ver capítulo 11.5.6, página 528). Es más, puede determinar coordenadas del nudo con el editor de fórmulas de RFEM (ver capítulo 11.6, página 531). Además, puede sacarle provecho a los diversos generadores de modelos que facilitan la entrada (ver capítulo 11.7.2, página 546).

Para introducir coordenadas precisas, sin redondear, seleccione *Precisión total* en el cuadro de diálogo *Nuevo nudo*.

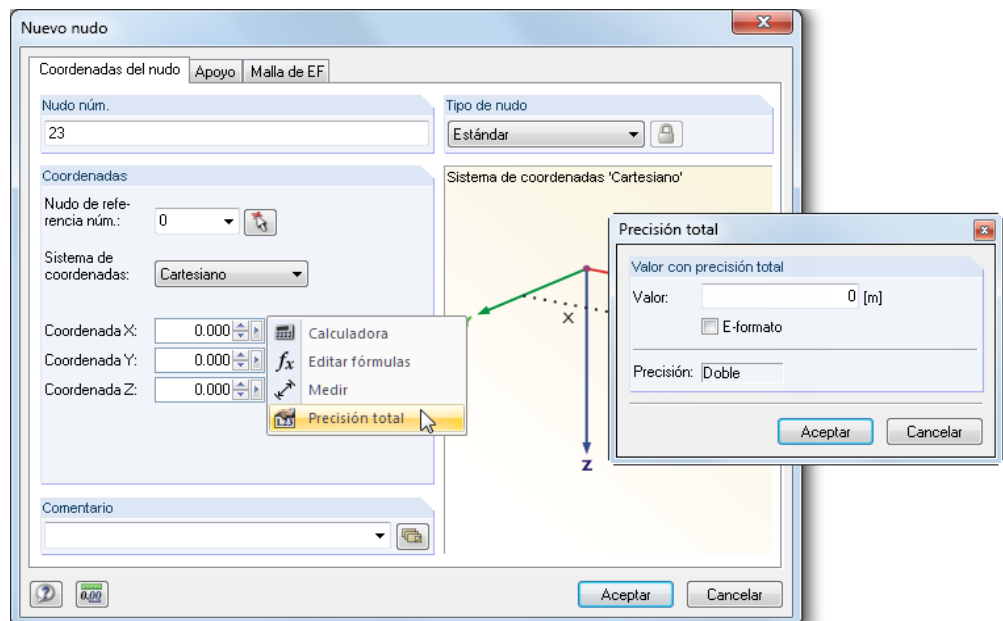


Figura 4.23: Menú contextual en el cuadro de diálogo *Nuevo nudo* y cuadro de diálogo *Precisión total*

Comentario



Puede introducir notas definidas por el usuario. Use el botón [Aplicar comentario] para importar comentarios guardados (ver capítulo 11.1.4, página 453).



El comentario *Generado* se representa para nudos generados por RFEM al crear una intersección o una superficie de revolución. Haga clic en el botón que se muestra a la izquierda, disponible en el cuadro de diálogo y tabla, para "desbloquear" los nudos generados, para hacerlos accesibles para modificaciones.

4.2 Líneas

Descripción general

La geometría del modelo se define por líneas. Son esenciales para crear barras, superficies y sólidos. Cada línea se define mediante un nudo inicial y un nudo final. Para definir tipos complejos de líneas, adicionalmente se requieren nudos intermedios.

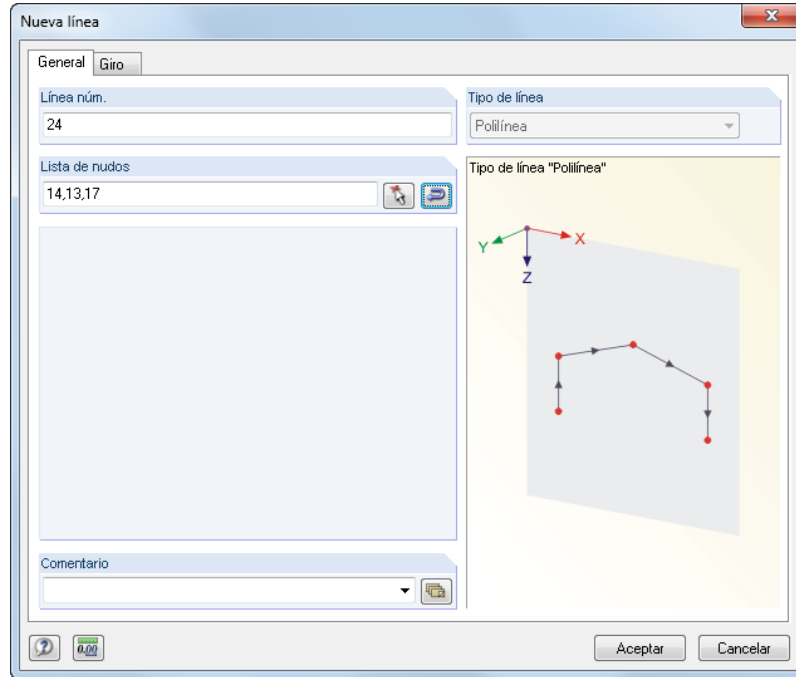


Figura 4.24: Cuadro de diálogo *Nueva línea*

Línea núm.	Tipo de línea	Nudos núm.	Longitud de línea L [m]		Comentario
1	Polilínea	1,2	4,000	Z	
2	Polilínea	3,4	4,000	Z	
3	Polilínea	1,6	7,000	X	
4	Polilínea	6,7	6,000	Y	
5	Polilínea	7,3	7,000	X	
6	Polilínea	3,1	6,000	Y	
7	Arco	6,9,7	9,425	XY	
8	Polilínea	10,11	1,000	Y	
9	Polilínea	11,12	2,000	X	

Figura 4.25: Tabla 1.2 *Líneas*

El número de línea se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva línea* pero se puede cambiar en el campo de entrada. El orden de la numeración de línea no es importante.

Para ajustar el orden de los números de línea subsecuentemente, seleccione **Cambiar numeración** en el menú **Herramientas** (ver capítulo 11.4.18, página 516).

Tipo de línea

Los siguientes tipos de línea están disponibles para selección en el menú así como en la lista de la tabla.

- Línea
- Polilínea
- Arco
- Círculo
- Elipse
- Arco elíptico
- Parábola
- Hipérbola
- Spline
- NURBS
- Trayectoria
- En superficie

En las próximas páginas se describen los diferentes tipos de líneas:

Nudos

Cada línea se define geoméricamente por un nudo inicial y un nudo final. Definen la orientación de una línea que también afecta a la posición del sistema de coordenadas de la línea. Los nudos se pueden introducir manualmente, seleccionados gráficamente o redefinidos (ver capítulo 4.1, página 44). Si una línea requiere puntos de control o nudos intermedios, también se incluyen en la lista de nudos.

La representación de orientaciones de línea se puede activar en el navegador *Mostrar*.

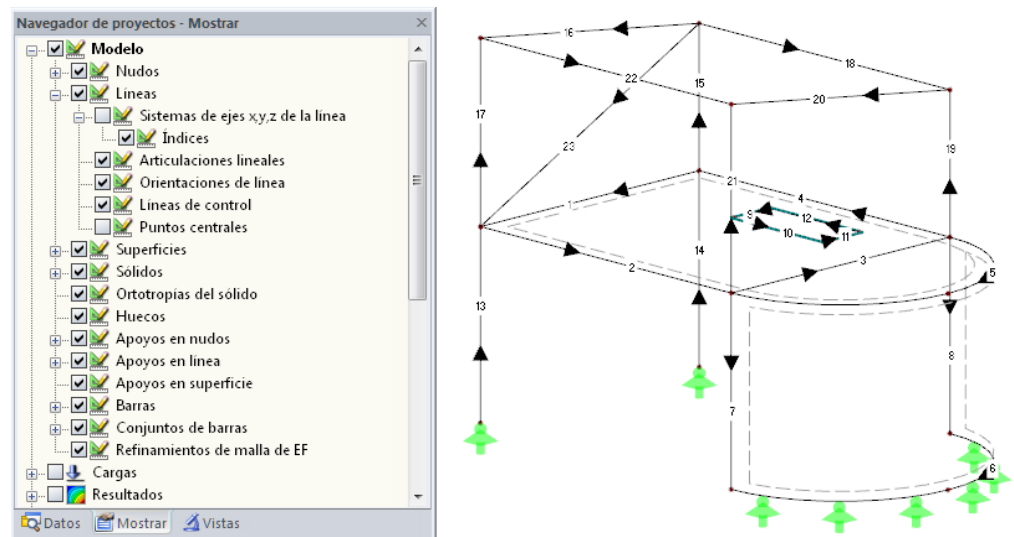


Figura 4.26: Activación de *Orientaciones de línea* en el navegador *Mostrar*



La orientación de línea se puede cambiar rápidamente en el gráfico: haga clic con el botón secundario en la línea y seleccione *Invertir orientación de línea* en el menú contextual. Los números del nudo inicial y final se intercambiarán.

Los sistemas de coordenadas de líneas se pueden activar en el navegador *Mostrar*: seleccione *Modelo* y *Lineas*, y marque *Sistemas de ejes x, y, z de la línea* incluyendo *Índices* (ver Figura 4.96, página 108).

Longitud de línea

Esta columna de tabla muestra la longitud total de la línea.

Posición

La columna de tabla **D** le informa acerca del eje global que va paralelo a la línea o indica el plano que abarca los ejes globales donde descansa la línea. Si no hay ninguna entrada, la línea está en una posición espacial arbitraria.

Comentario

Puede introducir notas definidas por el usuario. Use el botón [Aplicar comentario] para importar comentarios almacenados (ver capítulo 11.1.4, página 453). El comentario *Generado* aparece para líneas creadas por RFEM (por ejemplo una tubería).



Línea / Polilínea

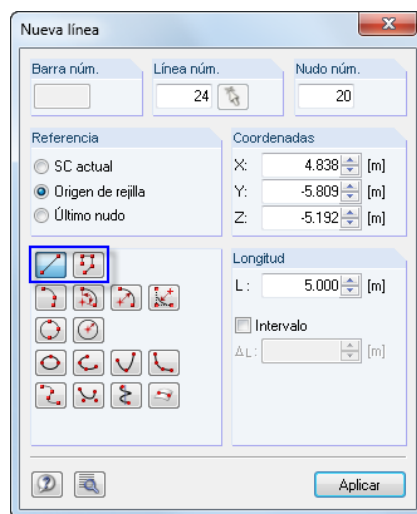


Figura 4.27: Cuadro de diálogo de la entrada gráfica *Nueva línea*

Seleccionando la entrada de línea en el menú desplegable, se abre el cuadro de diálogo *Nueva línea* que se muestra en la Figura 4.24 en la página 50. La figura anterior muestra el cuadro de diálogo general para introducir líneas gráficamente. Use el botón lista en la barra de herramientas para abrirlo.



Una **línea** "real" se define por un sólo nudo inicial y final. Una línea como ésta representa una conexión directa entre ambos nudos.



Una **polilínea** es una cadena poligonal que consiste en varias secciones de línea recta. Por lo tanto, los nudos intermedios se enumeran en el cuadro de diálogo (ver Figura 4.24) junto a los números de los nudos inicial y final. Debido a razones de administración de línea simplificada, las líneas "reales" se manejan como polilíneas.

Al introducir polilíneas gráficamente, es posible seleccionar como nudos de definición nudos ya existentes, puntos de rejilla u objetos forzados. También es posible establecer nudos libres en el plano de trabajo.



Por ejemplo, si las cargas lineales o apoyos en línea son eficaces sólo para secciones de una polilínea, puede dividir la polilínea en líneas "reales" subsecuentemente: haga clic con el botón secundario en la polilínea y seleccione *Descomponer polilínea* en el menú contextual. También puede abrir el menú *Edición* donde señala *Datos del modelo y Líneas*, y luego selecciona *Descomponer polilínea*.

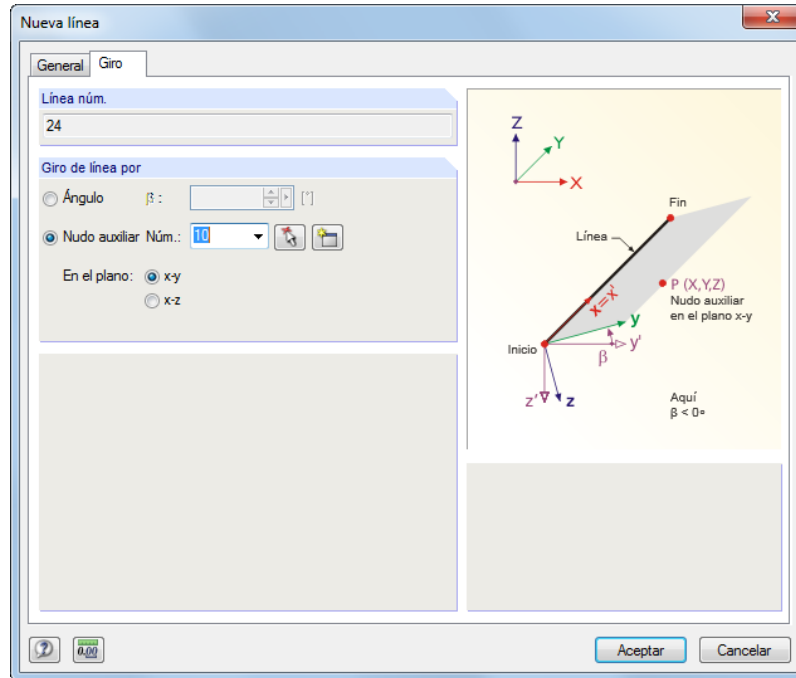


Figura 4.28: Cuadro de diálogo *Nueva línea*, pestaña *Giro*



En la segunda pestaña del cuadro de diálogo puede definir un *Giro* de línea. Especifique o bien un *Ángulo* β o un *Nudo auxiliar* para el cual se encuentra alineado el eje y o z de la línea. El nudo auxiliar se puede seleccionar en la lista o definir gráficamente. También es posible crear un nuevo nudo.

Un giro de línea puede facilitar la entrada de cargas lineales actuando en dirección de la línea local. Los giros de línea no afectan a las superficies o barras porque tienen su propio sistema de coordenadas.

Los sistemas de ejes locales de línea se representan en la Figura 4.96 en la página 108.

Arco

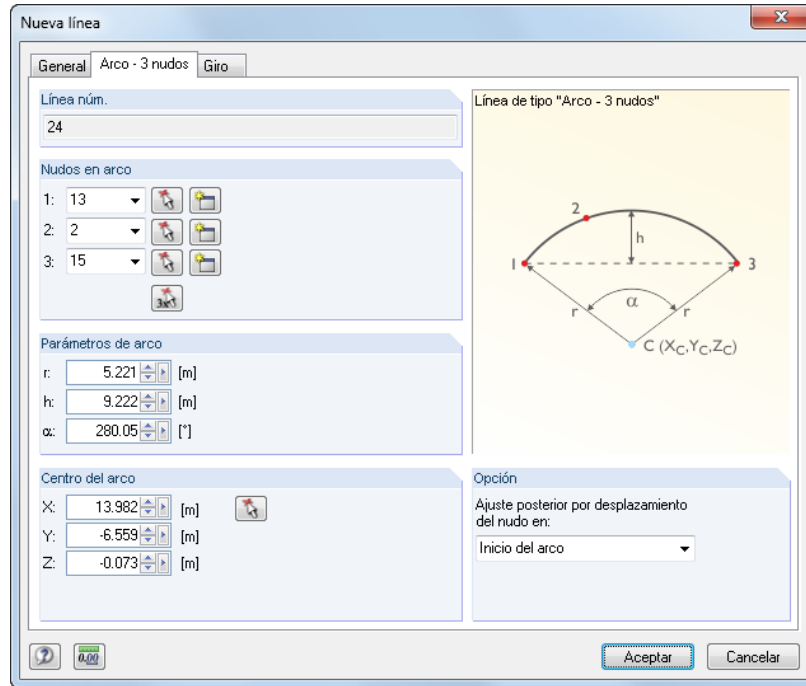
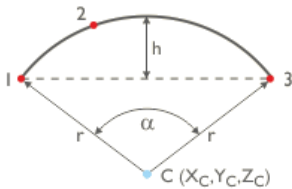


Figura 4.29: Cuadro de diálogo Nueva línea, pestaña Arco



Un arco se puede definir mediante los siguientes parámetros:

- tres nudos
- centro, fin y ángulo
- inicio, fin y radio, ángulo o altura
- tangentes y radio



En la sección del diálogo *Nudos en arco* puede definir el nudo inicial, intermedio y final directamente o seleccionarlos gráficamente. También puede crear nuevos nudos. El orden del nudo se muestra en el pequeño gráfico del diálogo.

Basado en estos tres nudos, RFEM determina los *Parámetros de arco* especificados en la sección del diálogo inferior. Es posible cambiar el radio r , la altura h y el ángulo α . Las coordenadas del nudo se ajustan en consecuencia.

Las coordenadas del centro del arco, resultantes de los nudos o parámetros del arco se representan en la sección del diálogo *Centro del arco*. Cuando cambia datos manualmente o selecciona nudos gráficamente con el botón [↖], las coordenadas de nudos se ajustan también.

En la lista *Ajuste posterior por desplazamiento del nudo en* puede definir el nudo para el cual desea cambiar las coordenadas.

Cuando defina el arco gráficamente usando el botón de la barra de herramientas *Arco por tres nudos*, puede seleccionar o crear nudos directamente en el gráfico.

Si selecciona cualquiera de las otras opciones de entrada que se muestran en la Figura 4.30 y Figura 4.31 a la izquierda, tiene que seleccionar dos nudos primero. Luego, cuando el segundo nudo se define, otro cuadro de diálogo aparece (se muestra a la derecha) donde define los parámetros del arco.

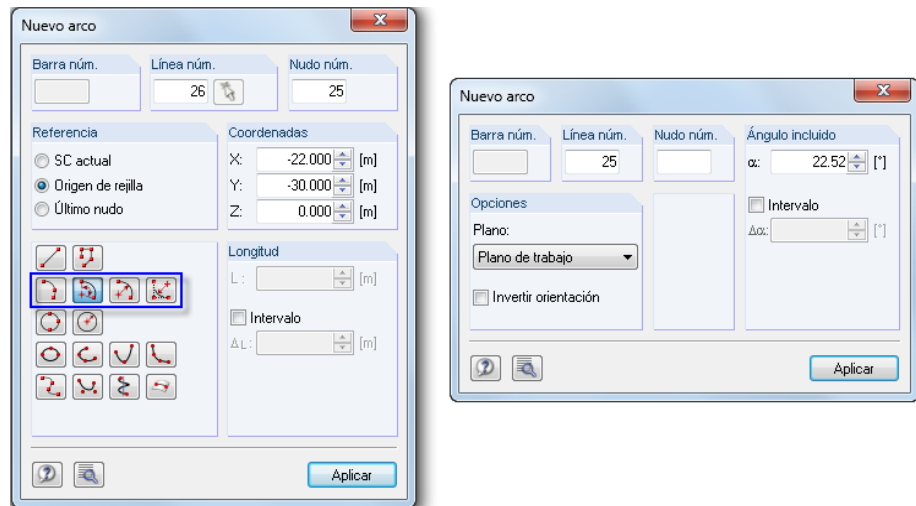
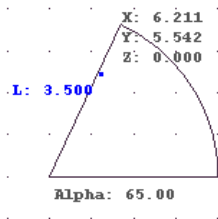


Figura 4.30: Cuadro de diálogo *Nuevo arco*, Tipo de definición *Arco por centro, fin y ángulo*



En la sección del diálogo *Opciones* (en la Figura 4.30 y Figura 4.31 a la derecha), puede seleccionar el plano del arco de la lista. Defina el *Ángulo incluido* α directamente en el gráfico o introduzca el ángulo manualmente y luego haga clic en el botón [Aplicar].

Para ajustar un arco ya definido, haga doble clic en su línea de arco. El cuadro de diálogo *Editar línea* se abre, donde puede modificar entradas en la pestaña del diálogo *Arco - 3 nudos* (ver Figura 4.29, página 54).

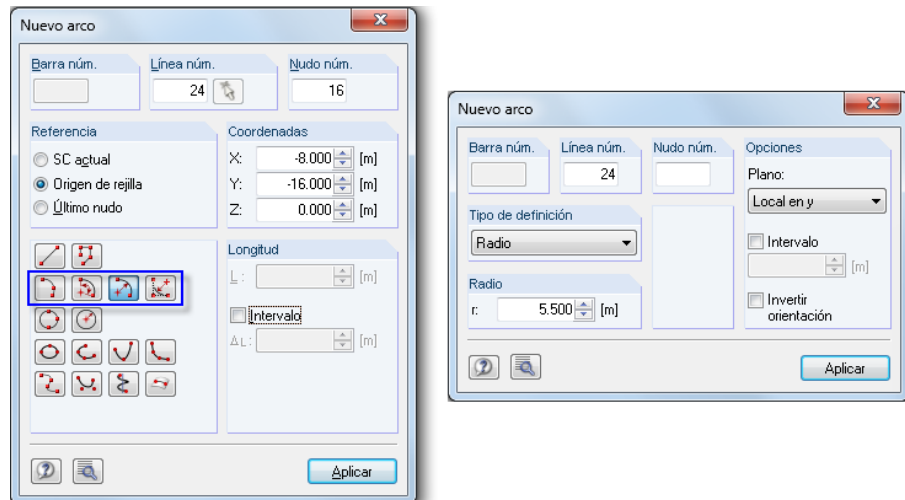
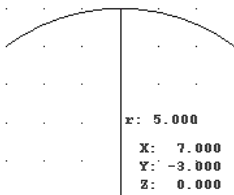


Figura 4.31: Cuadro de diálogo *Nuevo arco*, tipo de definición *Arco por inicio, fin y radio, ángulo o altura*



En la sección del diálogo *Tipo de definición* (cuadro de la derecha), seleccione el parámetro de arco apropiado de la lista. Luego, establezca el arco directamente en el gráfico, o introdúzcalo manualmente y haga clic en el botón [Aplicar].

En el campo de entrada *Intervalo* puede introducir la separación para la cual se acopla el puntero cuando se arrastra el radio del arco, ángulo o altura.

La orientación del arco circular se puede ajustar marcando la casilla de verificación *Invertir orientación*, determinando si el arco se coloca a la "derecha" o "izquierda" de ambos nudos.

Círculo

Un círculo se puede definir mediante los siguientes parámetros:

- tres nudos
- centro y radio.

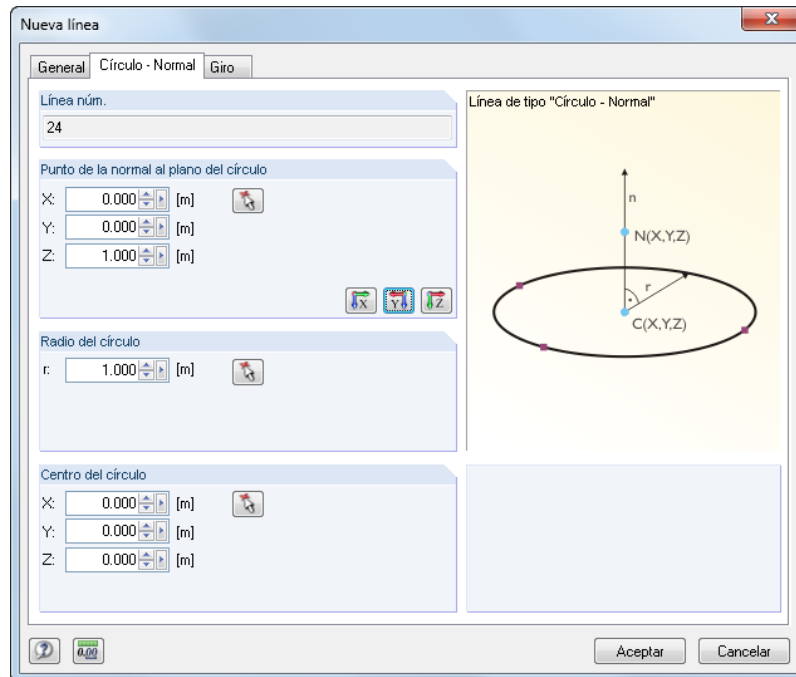


Figura 4.32: Cuadro de diálogo Nueva línea, pestaña Círculo - Normal

Puede introducir el *Radio del círculo* y las coordenadas para el *Centro del círculo* manualmente o gráficamente usando el botón [↖]. El *punto de la normal al plano del círculo* determina el plano en el cual se genera el círculo. Use los tres botones de la sección del diálogo para seleccionar uno de los ejes globales.

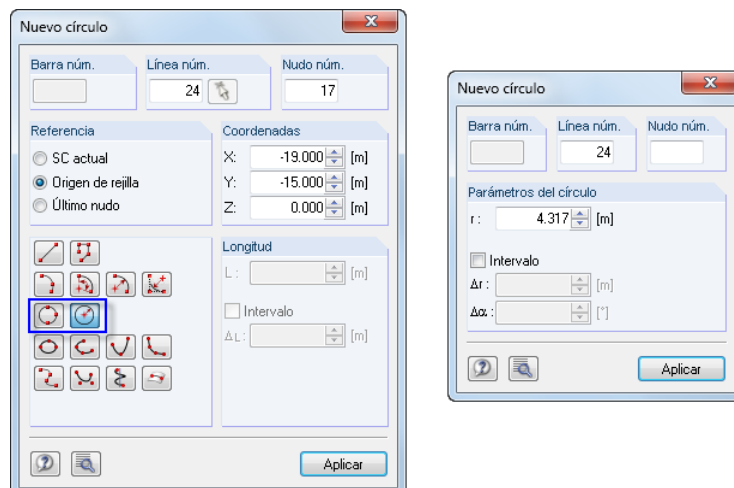
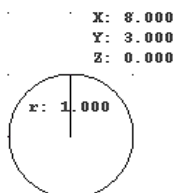


Figura 4.33: Cuadro de diálogo Nuevo círculo, tipo de definición Centro y radio



Cuando define el círculo gráficamente usando uno de los botones de la barra de herramientas, puede seleccionar o crear los tres nudos así como también el centro y radio directamente en el gráfico.

Elipse

Para definir una elipse, se requieren tres nudos.

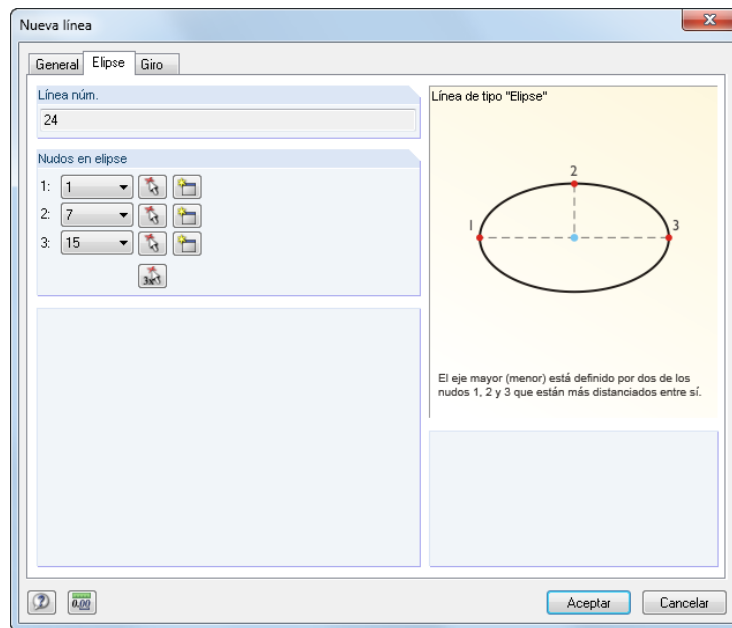
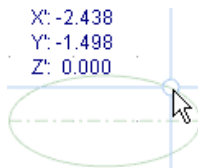


Figura 4.34: Cuadro de diálogo Nueva línea, pestaña Elipse



La elipse se genera mediante los *Nudos en elipse*: la distancia mayor entre los tres nudos introducidos se asume como el eje principal de la elipse.

Cuando use el botón de la barra de herramientas para definir la elipse gráficamente, puede establecerla directamente seleccionando tres nudos en el plano de trabajo.

Arco elíptico / parábola / hipérbola

Es posible definir las siguientes curvas de secciones cónicas:

- Arco elíptico
- Parábola
- Hipérbola

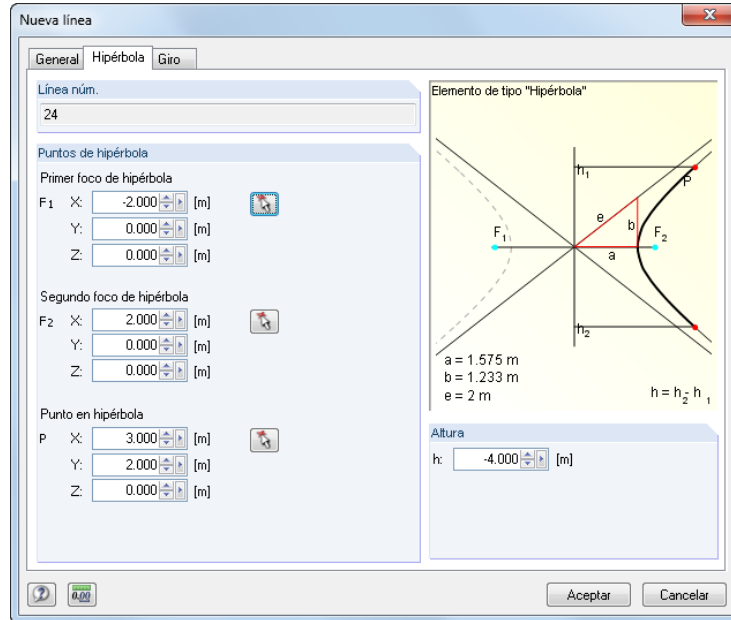
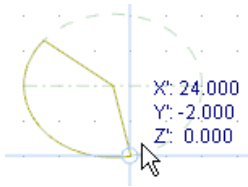


Figura 4.35: Cuadro de diálogo *Nueva línea*, pestaña *Hipérbola*



Introduzca los parámetros de la curva (foco, ángulo, eje de giro, etc.) manualmente en la pestaña correspondiente del cuadro de diálogo *Nueva línea*. Puede también definirlos gráficamente.

Cuando introduzca los datos de la línea usando uno de los botones de la barra de herramientas, puede definir los parámetros de la curva directamente en el gráfico.

Spline



Las splines se usan para modelar cualquier tipo de curva. Introduzca una línea spline gráficamente seleccionando los nudos determinantes de la línea curva uno tras otro, o cree nudos mediante un clic de ratón.

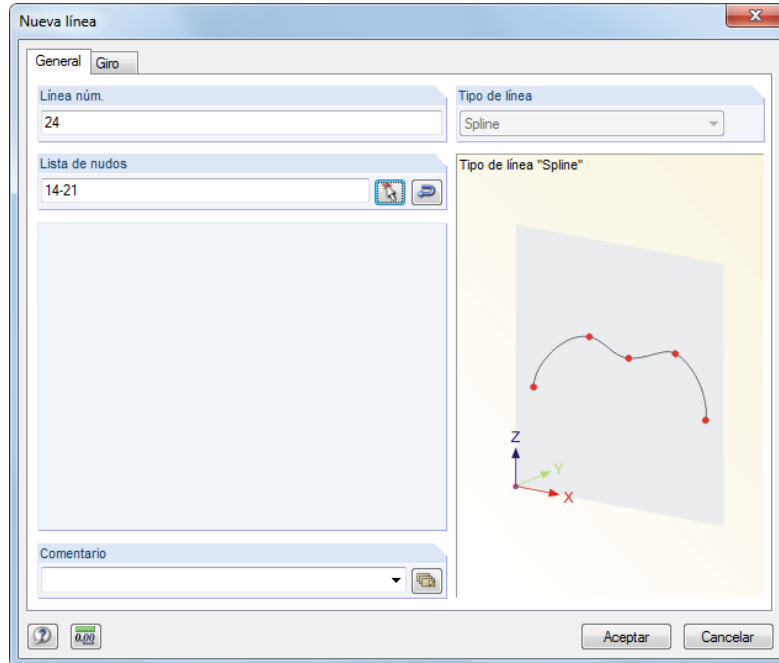


Figura 4.36: Cuadro de diálogo *Nueva línea* - tipo de línea *Spline*

NURBS



NURBS (*B-splines de revolución no uniforme*) se requieren para el modelado de superficies de forma libre. Las NURBS son splines cuyos puntos de control no están ubicados en la propia curva. Normalmente, estas líneas se introducen gráficamente seleccionando puntos de control uno tras otro o generando puntos mediante un clic de ratón.

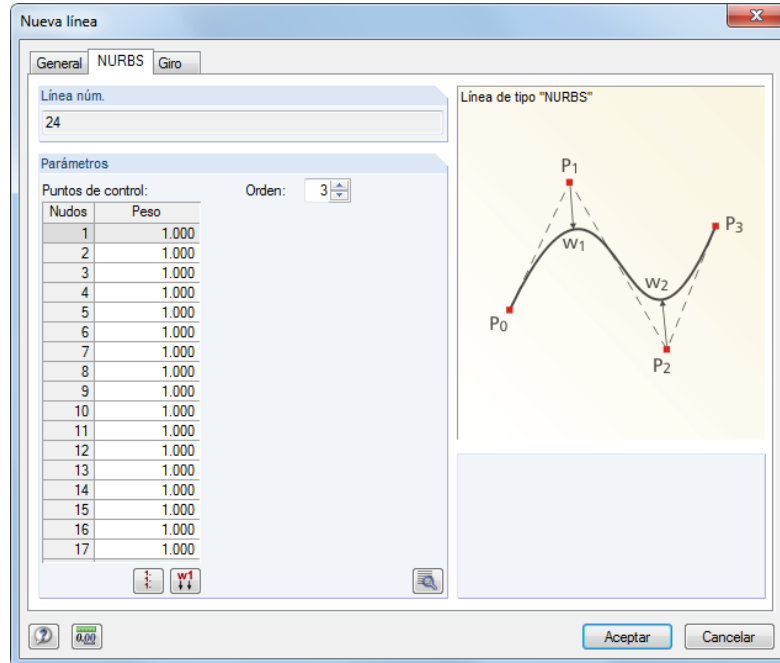


Figura 4.37: Cuadro de diálogo Nueva línea - tipo de línea NURBS

Curva de trayectoria



Use curvas de trayectoria para crear líneas helicoidales. Normalmente, se introducen gráficamente usando el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. El siguiente cuadro de diálogo aparece:

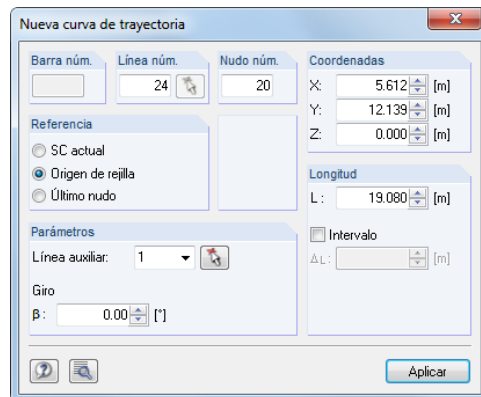
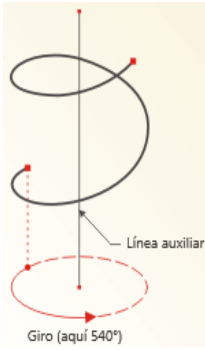


Figura 4.38: Cuadro de diálogo Nueva curva de trayectoria



Primero, defina las *Coordenadas* del inicio de línea. Luego, la sección del diálogo *Parámetros* se habilita, donde puede especificar el *Giro* total de la hélice.

Defina las *Coordenadas* del extremo de línea gráficamente, o introdúzcalas manualmente y haga clic en el botón [Aplicar]. Alternativamente, puede usar el campo de entrada *Longitud*. Finalmente, las coordenadas del extremo de línea se determinan considerando el giro especificado en el plano de trabajo.

Para ajustar una curva de trayectoria, haga doble clic en su línea de trayectoria. El cuadro de diálogo *Editar línea* se abre, donde puede modificar las entradas en la pestaña *Trayectoria* del diálogo.

Línea en superficie

En general, las líneas en las superficies del plano se reconocen automáticamente como objetos integrados de forma que normalmente es suficiente el tipo de línea *Polilínea*. Sin embargo, para establecer una línea sobre una superficie curva, use el tipo de línea *Línea en superficie*. Puede también usar esta opción para insertar líneas en superficies planas que no estén definidas paralelas a los ejes globales - sin crear un nuevo sistema de coordenadas definido por el usuario.

El cuadro de diálogo de entrada es similar al cuadro de una polilínea (ver Figura 4.24, página 50).

Introduzca los nudos inicial y final de la línea en el cuadro de diálogo o selecciónelos gráficamente. Para establecer nudos directamente en una superficie curva, use el cuadro de diálogo flotante *Nueva línea* del tipo "En superficie", pero considere que la superficie se haya seleccionado previamente y la opción *Mostrar modelo de sólido* o *sólido transparente* esté activa. RFEM genera nudos del tipo *En superficie*.

La superficie donde se integra la línea se define en la segunda pestaña *En superficie* del cuadro de diálogo *Nueva línea*. También puede comprobar los parámetros δ_1 y δ_2 del nudo inicial y final (ver Figura 4.14, página 45), pero no es posible cambiarlos.

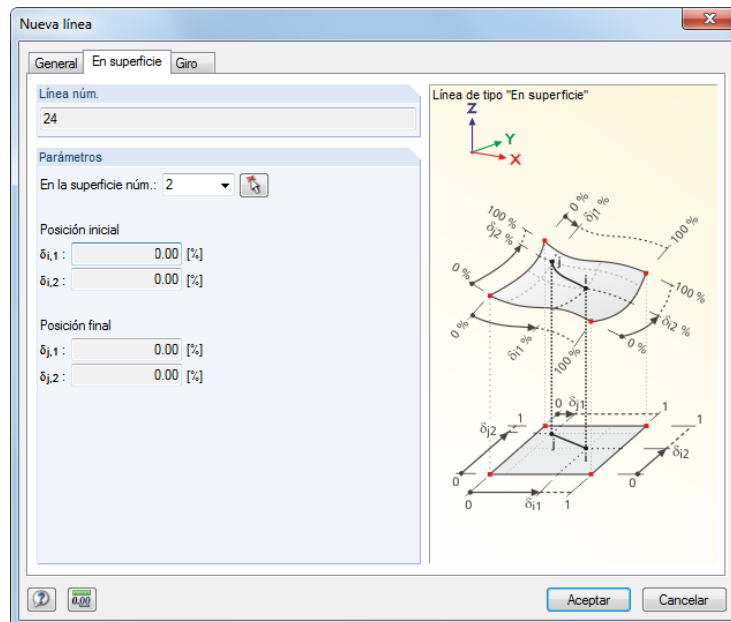
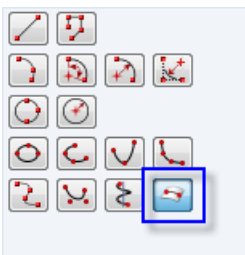


Figura 4.39: Cuadro de diálogo *Nueva línea*, pestaña *En superficie*

Si elige la entrada de línea gráfica, usando el botón de la barra de herramientas [Línea en superficie], puede posicionar los nudos directamente sobre las superficies curvas. Tenga en cuenta que la opción *Mostrar modelo de alambre* no es apropiada para la entrada.



4.3 Materiales

Descripción general

Los materiales son necesarios para definir superficies, secciones y sólidos. Las propiedades del material afectan a las rigideces de los objetos del modelo.

Un *color* se asigna a cada material. Los colores se usan de forma predeterminada en el modelo de renderizado para la representación de objetos (ver capítulo 11.1.9, página 459).

Para nuevos modelos de RFEM se prestablecen los dos materiales que se usaron por último.

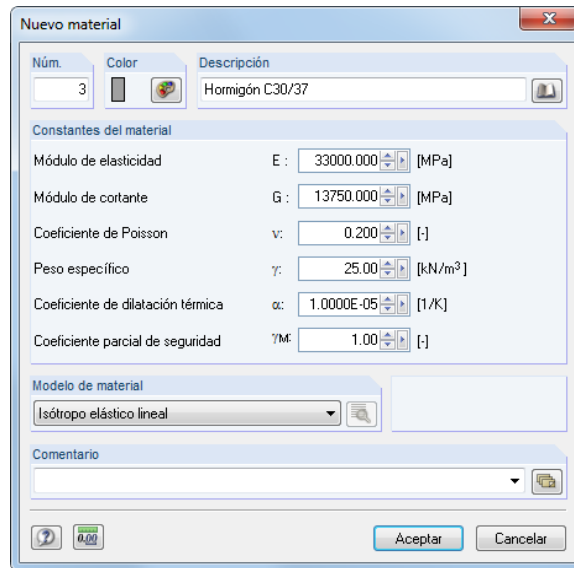


Figura 4.40: Cuadro de diálogo *Nuevo material*

Material n.º	Descripción del material	Módulo de elasticidad E [MPa]	Módulo de cortante G [MPa]	Coef. de Poisson ν [-]	Peso específico γ [kN/m³]	Coef. de dilat. térm. α [1/K]	Coefficiente par. γM [-]
1	Hormigón C30/37 DIN 1045-1:2008-08	28300.000	11791.667	0.200	25.00	1.00E-05	1.
2	Acero S 235 EN 10025-2:2004-11	210000.000	80769.231	0.300	78.50	1.20E-05	1.
3	Madera laminada encolada GL24h DIN 1	11600.000	720.000	0.000	5.00	5.00E-06	1.
4							
5							

Figura 4.41: Tabla 1.2 *Materiales*

Descripción del material

Es posible elegir cualquier nombre para la *Descripción* del material. Cuando el nombre de entrada corresponde a una entrada de la biblioteca, RFEM importa las propiedades del material. La importación de materiales desde la biblioteca se describe más adelante.

Módulo de elasticidad E

El módulo de elasticidad describe la razón entre la tensión normal y la deformación.



Para ajustar la configuración para los *Materiales*, haga clic en **Unidades y decimales** en el menú **Edición**, o use el botón correspondiente.

Módulo de cortante G

El módulo de cortante G es el segundo parámetro que se usa para describir el comportamiento elástico de un material lineal, isótropo y homogéneo.



El módulo de cortante de los materiales que aparece en la biblioteca se calcula según la Ecuación 4.1 del módulo de elasticidad E y del coeficiente de Poisson ν . Así, se asegura una matriz de rigidez simétrica para materiales isótropos. Es posible que los valores del módulo de cortante que se determinan de esta manera se desvíen ligeramente de los requisitos de los Eurocódigos.

Coeficiente de Poisson ν

La relación siguiente existe entre el módulo elástico y de cortante y el coeficiente de Poisson ν .

$$E = 2G(1 + \nu)$$

Ecuación 4.1



Quando define las propiedades de un material isótropo manualmente, RFEM determina automáticamente el coeficiente de Poisson a partir de los valores de los módulos elástico y de cortante (respectivamente el módulo de cortante a partir del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson).

Generalmente, el coeficiente de Poisson de los materiales isótropos está entre 0,0 y 0,5. Por lo tanto, para un valor superior a 0,5 (por ejemplo la goma) se asume que el material no es isótropo. Antes de que el cálculo se inicie, una pregunta aparece formulando si desea usar un modelo de material ortótropo.

Peso específico γ

El peso específico γ describe el peso del material por volumen unitario.

Los requisitos son especialmente importantes para el tipo de carga "peso propio". El peso propio automático del modelo se determina mediante el peso específico y las áreas de la sección de las barras o superficies y sólidos usados.

Coeficiente de dilatación térmica α

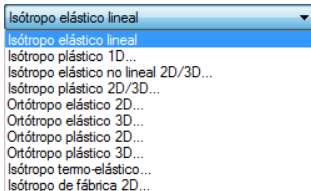
El coeficiente describe la correlación entre los cambios en deformaciones térmicas y deformaciones axiales (alargamiento debido al calor, retracción debido al frío).

El valor es importante para los tipos de carga "variación de temperatura" y "diferencial de temperatura".

Coeficiente parcial de seguridad γ_M

El valor describe el coeficiente de seguridad para la resistencia del material. Por lo tanto se usa el índice M . Use el coeficiente γ_M para reducir la rigidez para los cálculos según el análisis de segundo orden o de grandes deformaciones (ver capítulo 7.3.1, página 288).

No confunda el coeficiente γ_M con los coeficientes de seguridad para la determinación de los esfuerzos internos de cálculo. Los coeficientes de seguridad parcial γ en el lado de la acción toman parte en la combinación de los casos para la carga y las combinaciones de resultados.



Modelo de material

Se encuentran disponibles en la lista para selección nueve modelos de materiales. Use el botón [Detalles] en el cuadro de diálogo o tabla para acceder a los cuadros de diálogo donde puede definir los parámetros del modelo seleccionado.

Si no tiene licencia para el módulo adicional **RF-MAT NL**, puede usar sólo los modelos de material *Isótropo elástico lineal* y *Ortótropo elástico 2D/3D*.

Isótropo elástico lineal

Las propiedades de rigidez elástico-lineal del material no dependen de las direcciones. Es posible describirlas según la Ecuación 4.1. Se aplican las siguientes condiciones:

- $E > 0$
- $G > 0$
- $-1 \leq \nu < 0.5$ (sólo para superficies y sólidos, sin contornos por encima para barras)

La matriz de elasticidad (inversa de la matriz de rigidez) para superficies es la siguiente:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & & & \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & & & \\ & & \frac{1}{G} & & \\ & & & \frac{1}{G} & \\ & & & & \frac{1}{G} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}$$

Ecuación 4.2

Isótropo plástico 1D

Si tiene que establecer el tipo de modelo *3D* (ver Figura 12.23, página 598), puede definir las propiedades plásticas del material isótropo en un cuadro de diálogo. RFEM considera estas propiedades para los elementos de barra, por ejemplo para cálculos plásticos de una cadena cinemática.



Sólo si un número suficiente de nudos de EF se crea sobre la barra, el comportamiento del material no lineal se determina correctamente en el cálculo. Están disponibles las siguientes posibilidades:

- Cuadro de diálogo *Dividir barra usando n nudos intermedios* (ver Figura 11.91, página 506), método de división: *sin dividirla*
- Cuadro de diálogo *Configuración de malla de EF* (ver Figura 7.10, página 279), opción *Usar división para barras rectas con un Número mínimo de divisiones de barra* de 10

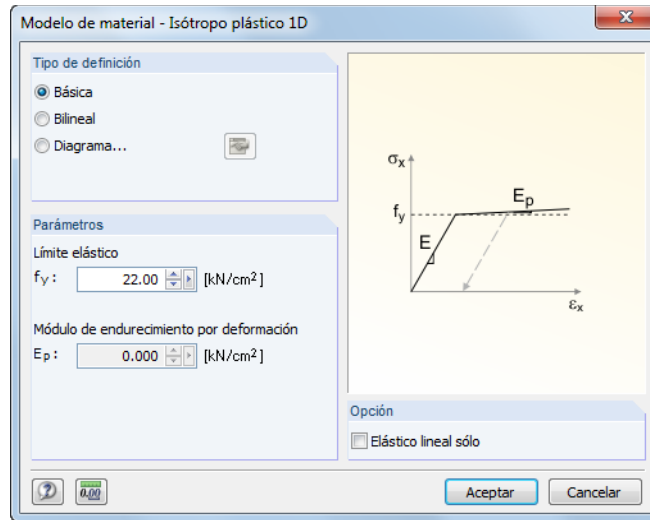


Figura 4.42: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Isótropo plástico 1D*

Defina los parámetros del material plásticamente idealmente o bilinealmente. También puede definir un *Diagrama* tensión-deformación para representar el comportamiento del material próximo a la realidad.

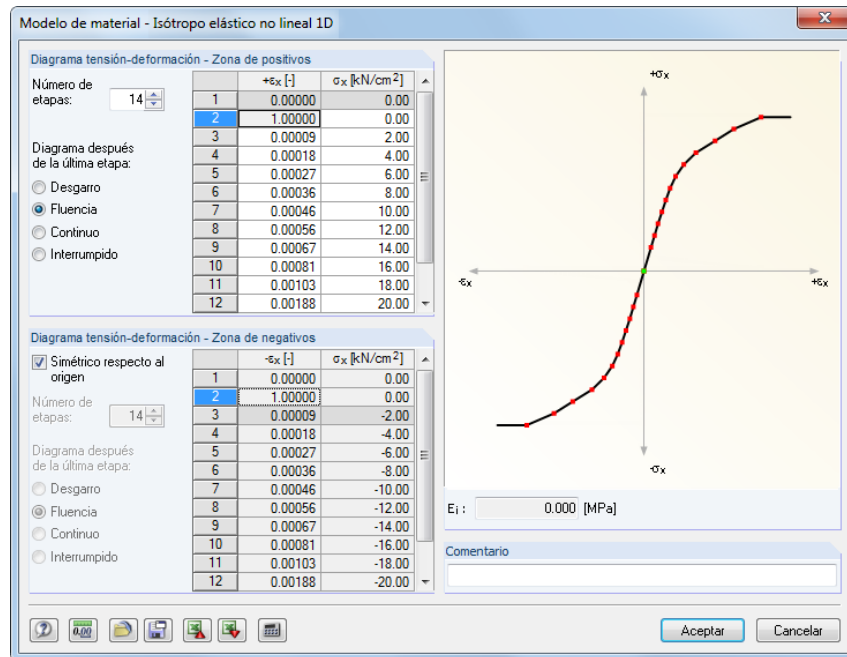


Figura 4.43: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Isótropo plástico 1D*, diagrama tensión-deformación

Las propiedades del material se pueden definir por separado para la *Zona de positivos* y la *Zona de negativos*. El *Número de etapas* determina el número de puntos de definición disponibles respectivamente. Introduzca las deformaciones ϵ y las tensiones normales σ correspondientes en las dos listas.

Tiene varias opciones para el *Diagrama después de la última etapa*: *Desgarro* para el fallo del material cuando exceda una cierta tensión, *Fluencia* para limitar la transferencia de una tensión máxima, *Continuo* como en la última etapa o *Interrupción* para limitar a una deformación máxima disponible.

También es posible importar parámetros de la hoja de cálculo [Excel].



Observe el gráfico dinámico de la derecha para comprobar las propiedades del material. El campo del diálogo E_i debajo del gráfico muestra el módulo de elasticidad para el punto de definición actual.



Use el botón [Guardar como] en el cuadro de diálogo para almacenar el diagrama tensión-deformación de forma que pueda aplicarlo a distintos modelos. Para importar diagramas definidos por el usuario, haga clic en el botón [Cargar] (ver figura abajo).

La casilla de verificación *Activar rigidez a cortante de barras (áreas de sección A_y, A_z)* en el cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver Figura 7.22, página 293) no tiene efecto para las barras con propiedades de material isótropo elástico-plástico. Este modelo de material usa la teoría de la viga según EULER BERNOULLI, donde las distorsiones de cortante no se cumplen.

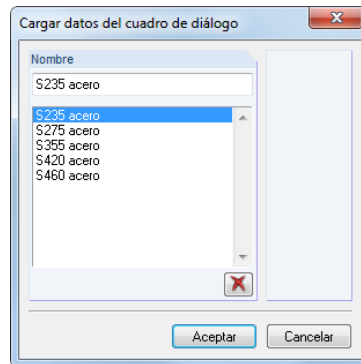


Figura 4.44: Cuadro de diálogo *Cargar datos del cuadro de diálogo*

Isótropo plástico 2D/3D

El modelo de material muestra un comportamiento de material isótropo en la zona elástica. La zona plástica está basada en la fluencia según VON MISES (plasticidad J2) con un *Límite elástico* de la tensión equivalente para superficies y sólidos.

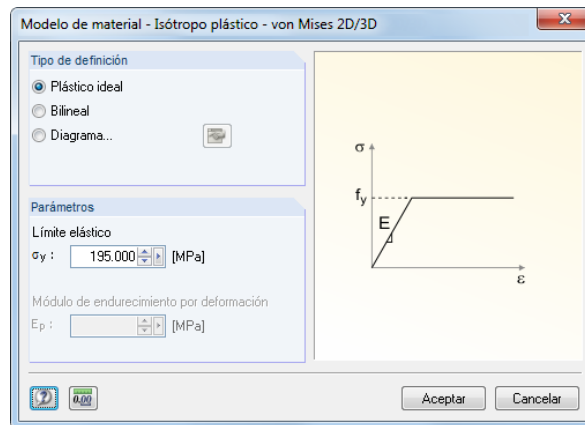


Figura 4.45: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Isótropo plástico - von Mises 2D/3D*

Defina los parámetros del material plásticamente o bilinealmente. Puede también definir un *Diagrama* tensión-deformación para representar el comportamiento del material próximo a la realidad (ver Figura 4.43). Las mismas relaciones se aplican para tracción y compresión.

La fluencia es la siguiente:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

para elementos 2D

Ecuación 4.3

$$\sigma_v = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

para elementos 3D

Ecuación 4.4



Para propiedades de material plástico, los cálculos se realizan iterativamente y con incrementos de carga (ver capítulo 7.3, página 297). Si la tensión se sobrepasa en un elemento finito, el módulo de elasticidad se reduce ahí y se inicia una nueva ejecución de cálculo. El proceso se repite hasta que se alcance la convergencia. Cuando termina el cálculo, es posible comprobar las reducciones de rigidez también gráficamente (ver capítulo 9.3.2, página 374).



Cuando se evalúan los resultados, se recomienda usar la opción de suavizado *Constante en elementos* (ver Figura 9.31, página 390). La configuración le asegura que el límite de tensión definido se muestre como máximo en el panel de resultados. Los efectos plásticos se pueden considerar sólo elemento por elemento en el cálculo. Para las opciones de suavizado restantes, sin embargo, RFEM interpola o extrapola los resultados. Esto puede conllevar a distorsiones más o menos distintas en función de la malla.

Isótropo elástico no lineal 2D/3D

Este modelo de material es similar al modelo *Isótropo plástico 2D/3D* descrito arriba, pero al modelo no le llega ninguna energía (análisis conservativo). Debido a que se aplican las mismas relaciones tensión-deformación para carga y descarga, se encuentran disponibles distorsiones plásticas permanentes después de un alivio.

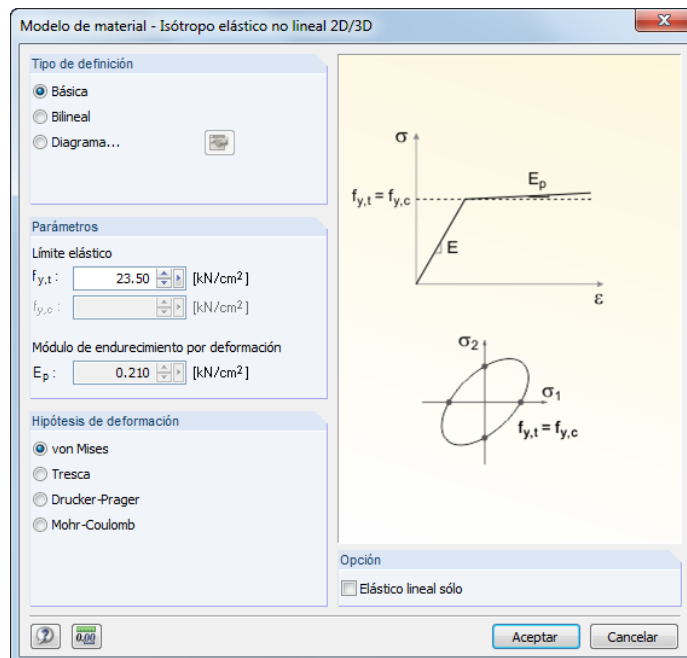


Figura 4.46: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Isótropo elástico no lineal 2D/3D*

La matriz de elasticidad está amortiguada isotrópicamente de forma que las relaciones tensión-deformación de las tensiones equivalentes y distorsiones según VON MISES se cumplan. Están definidas por las siguientes condiciones:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\varepsilon_v = \frac{\sigma_v}{E}$$

Ecuación 4.5

En el *Diagrama*, es posible definir las relaciones tensión-deformación por separado para la zona traccionada y la zona comprimida (ver Figura 4.43).



Generalmente, muchas iteraciones se requieren para este modelo de material hasta que se alcance la convergencia. Por lo tanto, se recomienda especificar un valor mínimo de 300 como número *Máximo de iteraciones* dentro de los parámetros de cálculo (ver capítulo 7.3.3, página 293).

Ortótropo elástico 2D

Puede definir propiedades de rigidez que aparecen de forma diferente en ambas direcciones de superficie x e y.

De esta manera, puede modelar por ejemplo forjados con nervios o direcciones de tensión de forjados armados. Los ejes de superficie x e y son perpendiculares entre sí en el plano de superficie (ver Figura 4.73, página 90).



Los modelos de material de RFEM 4 *Ortótropo* y *Ortótropo extra* se convierten en este modelo.

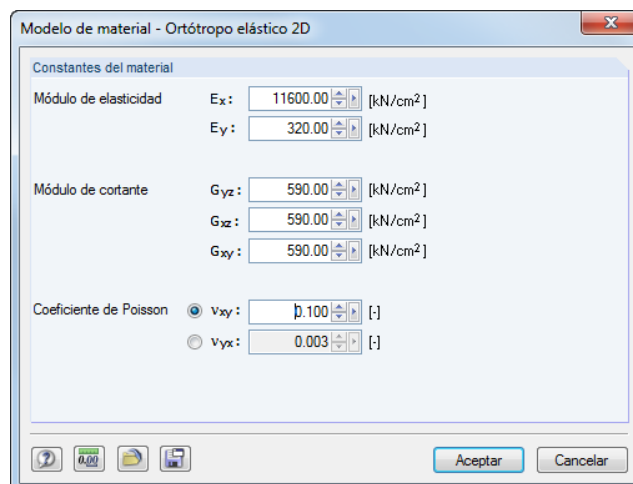


Figura 4.47: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Ortótropo Elástico 2D*

Con este modelo de material puede asignar una propiedad ortótropa global para todas las superficies que consisten en un material particular. Alternativamente, es posible definir los parámetros para cada superficie por separado (ver capítulo 4.12 *Superficies ortotropas* página 120).

Un material ortótropo elástico se caracteriza por el módulo de elasticidad E_x y E_y , el módulo de cortante G_{yz} , G_{xz} y G_{xy} así como los coeficientes de Poisson ν_{xy} y ν_{yx} . La matriz de elasticidad (inversa de la matriz de rigidez) se define de la siguiente manera:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_x} & & & \\ -\frac{\nu_{yx}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & & & \\ & & \frac{1}{G_{xy}} & & \\ & & & \frac{1}{G_{yz}} & \\ & & & & \frac{1}{G_{xz}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}$$

Ecuación 4.6

La correlación siguiente existe entre el coeficiente de Poisson principal ν_{xy} y el coeficiente de Poisson secundario ν_{yx} :

$$\frac{\nu_{yx}}{E_y} = \frac{\nu_{xy}}{E_x}$$

Ecuación 4.7

Las siguientes condiciones se deben encontrar para una matriz de rigidez definida positivamente:

- $E_x > 0$; $E_y > 0$
- $G_{yz} > 0$; $G_{xz} > 0$; $G_{xy} > 0$
- $|\nu_{xy}| < \sqrt{\frac{E_x}{E_y}}$

Ortótropo elástico 3D

En un modelo de material tridimensional, puede definir las rigideces elásticas por separado en todas las direcciones del sólido. De esta manera, puede representar por ejemplo propiedades de resistencia de materiales derivados de la madera.

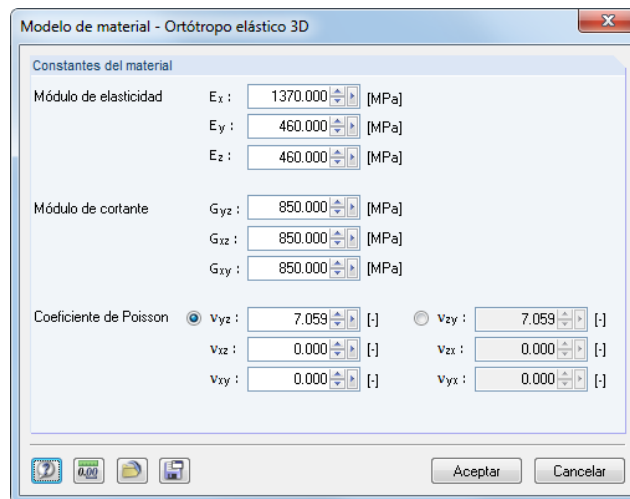


Figura 4.48: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Ortótropo elástico 3D*

La matriz de elasticidad se define de la siguiente manera:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_x} & -\frac{\nu_{xz}}{E_x} \\ -\frac{\nu_{yx}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & -\frac{\nu_{yz}}{E_y} \\ -\frac{\nu_{zx}}{E_z} & -\frac{\nu_{zy}}{E_z} & \frac{1}{E_z} \\ & & & \frac{1}{G_{yz}} \\ & & & & \frac{1}{G_{xz}} \\ & & & & & \frac{1}{G_{xy}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}$$

Ecuación 4.8

Las correlaciones siguientes existen entre los coeficientes de Poisson principales ν_{yz} , ν_{xz} , ν_{xy} y los coeficientes de Poisson secundarios ν_{zy} , ν_{zx} , ν_{yx} :

$$\frac{\nu_{zy}}{E_z} = \frac{\nu_{yz}}{E_y}; \quad \frac{\nu_{zx}}{E_z} = \frac{\nu_{xz}}{E_x}; \quad \frac{\nu_{yx}}{E_y} = \frac{\nu_{xy}}{E_x}$$

Ecuación 4.9

Las siguientes condiciones se deben encontrar para una matriz de rigidez definida positivamente:

- $E_x > 0$; $E_y > 0$; $E_z > 0$
- $G_{yz} > 0$; $G_{xz} > 0$; $G_{xy} > 0$
- $|\nu_{yz}| < \sqrt{\frac{E_y}{E_z}}$; $|\nu_{xz}| < \sqrt{\frac{E_x}{E_z}}$; $|\nu_{xy}| < \sqrt{\frac{E_x}{E_y}}$
- $1 - \nu_{yz}^2 \frac{E_z}{E_y} - \nu_{xz}^2 \frac{E_z}{E_x} - \nu_{xy}^2 \frac{E_y}{E_x} - 2 \frac{E_z}{E_x} \nu_{yz} \nu_{xz} \nu_{xy} > 0$

Ortótropo plástico 3D

El modelo de material según TSAI-WU unifica la propiedad plástica con ortotropía. De esta manera, puede introducir modelados especiales de materiales con características anisótropas como plásticos o madera. Cuando el material tiene fluencia, las tensiones permanecen constantes. Se produce una redistribución según las rigideces disponibles en las direcciones individuales.

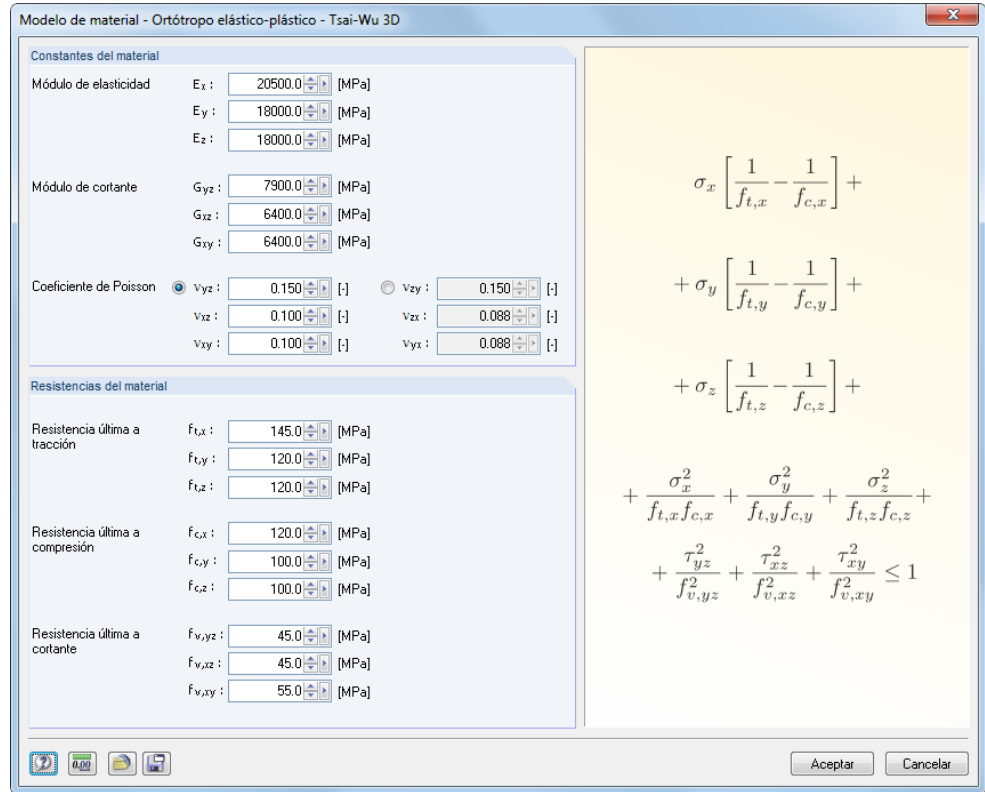


Figura 4.49: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Ortótropo plástico - Tsai-Wu 3D*

La zona elástica corresponde al modelo de material *Ortótropo elástico 3D* (véase más arriba). Para la zona plástica, se aplica la fluencia según TSAI-WU:

$$f_y(\sigma) = \sigma_x \left(\frac{1}{f_{t,x}} - \frac{1}{f_{c,x}} \right) + \sigma_y \left(\frac{1}{f_{t,y}} - \frac{1}{f_{c,y}} \right) + \sigma_z \left(\frac{1}{f_{t,z}} - \frac{1}{f_{c,z}} \right) + \frac{\sigma_x^2}{f_{t,x}f_{c,x}} + \frac{\sigma_y^2}{f_{t,y}f_{c,y}} + \frac{\sigma_z^2}{f_{t,z}f_{c,z}} + \frac{\tau_{yz}^2}{f_{v,yz}^2} + \frac{\tau_{xz}^2}{f_{v,xz}^2} + \frac{\tau_{xy}^2}{f_{v,xy}^2}$$

- donde $f_{t,x}, f_{t,y}, f_{t,z}$ Resistencia última a tracción plástica en dirección x, y o z
- $f_{c,x}, f_{c,y}, f_{c,z}$ Resistencia última a compresión plástica en dirección x, y o z
- $f_{v,yz}, f_{v,xz}, f_{v,xy}$ Resistencia a cortante plástica en dirección yz, xz o xy

Ecuación 4.10

Todas las resistencias se deben definir positivamente.

El criterio de tensiones se puede imaginar como una superficie en forma de elipse dentro de un espacio de tensiones en 6 dimensiones. Si uno de los tres componentes de tensiones se aplica como valor constante, la superficie se puede proyectar como un espacio de tensiones tridimensional (ver figura siguiente):

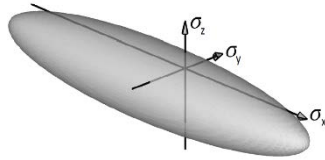


Figura 4.50: Proyección de superficies de fluencia para tensiones normales según TSAI-WU

Cuando el valor para $f_y(\sigma)$ según la Ecuación 4.10 es inferior a 1, las tensiones yacen en la zona elástica. La zona plástica se alcanza tan pronto como $f_y(\sigma) = 1$. Los valores superiores a 1 no se admiten. El comportamiento del modelo es plástico ideal, lo que significa que no se producen esfuerzos.



La Ecuación 4.10 es sólo válida para el sistema de coordenadas local de EF. Si no está conforme con el sistema de coordenadas del sólido usado para la salida de tensiones en RFEM, los valores se deben transformar en consecuencia.

Isótropo termo-elástico

Las propiedades tensión-deformación dependientes de la temperatura de un material isótropo elástico se pueden definir en un diagrama o importar desde [Excel]. Estas propiedades se consideran para los elementos de barra y superficie sujetos a carga térmica (cambios o diferencias en temperatura).

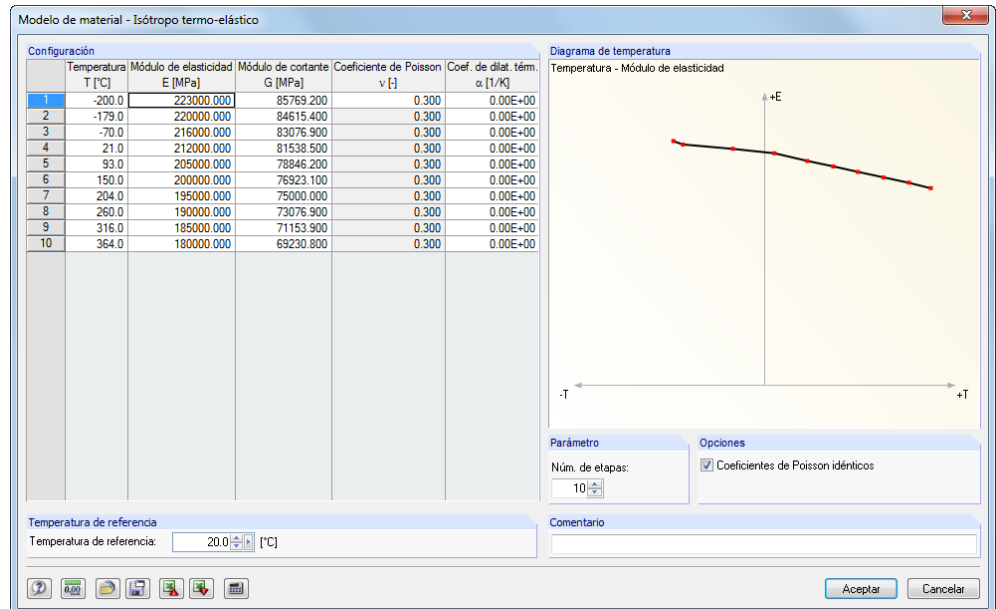


Figura 4.51: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Isótropo termo-elástico*

La *temperatura de referencia* define rigideces para las barras o superficies que no tienen cargas de temperatura. Por ejemplo, cuando se establece una temperatura de referencia de 300 °C, RFEM aplica un módulo reducido elástico de este punto de la curva de temperatura para todas las barras y superficies.

Con la configuración en la sección del diálogo *Opciones* decide si se aplican *coeficientes de Poisson idénticos* al diagrama de temperatura total. Quite la marca de la casilla de verificación para acceder a la columna de la tabla *Coefficiente de Poisson* cuando desee introducir entradas individuales.

Use el botón [Cargar] para importar diagramas de temperatura predefinidos para diferentes aleaciones férricas (ver Figura 4.44, página 66).

Haga clic en el botón [Guardar] para guardar los diagramas de temperatura definidos por el usuario de manera que pueda usarlos para otros modelos.

Isótopo de fábrica 2D

Use este modelo de material para considerar paredes de fábrica no capaces de soportar esfuerzos de tracción pero que reaccionan con formación de fisuras.

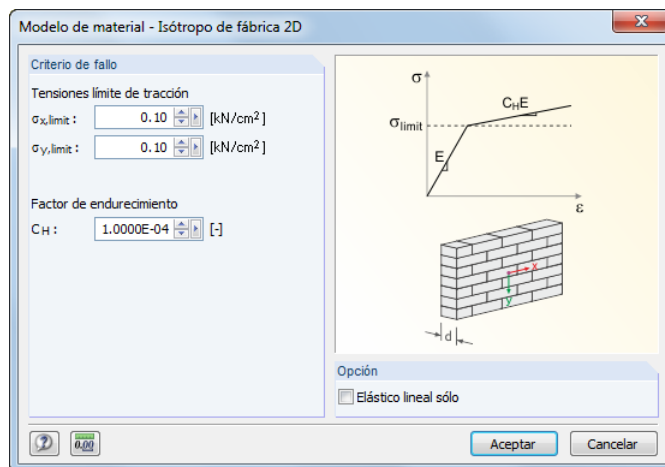


Figura 4.52: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Isótopo de fábrica 2D*

El cuadro de diálogo permite la definición de *Tensiones límite de tracción* en dirección de los ejes x e y de la superficie, lo que significa paralela y perpendicular a los intersticios del apoyo. Luego, al calcular los datos, RFEM encuentra mediante varias iteraciones cuáles elementos finitos se vuelven libres de tensión debido al criterio de fallo.



Cuando la tensión límite de tracción se establece en cero, RFEM aplica un valor límite de 10^{-11} N/mm² en los cálculos por razones de estabilidad. De este modo, las tensiones menores de tracción no se excluyen completamente.

Si ocurren problemas numéricos durante el cálculo, puede intentar alcanzar la convergencia aumentando el *Factor de endurecimiento* C_H

Si el material de fábrica ya se ha definido en la biblioteca antes de abrir el cuadro de diálogo *Modelo de material*, los siguientes valores límite se prestablecen:

Estándar	$\sigma_{x,limit}$	$\sigma_{y,limit}$
DIN 1053-100	f_{x2} resistencia a tracción paralela al intersticio del apoyo	0
EN 1996-1-1	f_{xk2} resistencia a tracción paralela al intersticio del apoyo	f_{xk1} resistencia a tracción perpendicular al intersticio del apoyo

Tabla 4.1: Tensiones límite de tracción según las normas de fábrica

Biblioteca de materiales

Las propiedades de muchos materiales se almacenan en una base de datos exhaustiva que se puede extender.

Abrir la biblioteca

Para acceder a la biblioteca, haga clic en el botón [Biblioteca de materiales] (Figura 4.40, página 62) en el cuadro de diálogo *Nuevo material*. Puede abrir también la base de datos en la tabla 1.3 *Materiales* (Figura 4.41, página 62): sitúe el cursor en la columna A de la tabla y haga clic en el botón [...] que se muestra a la izquierda, o use la tecla de función [F7] en el teclado.

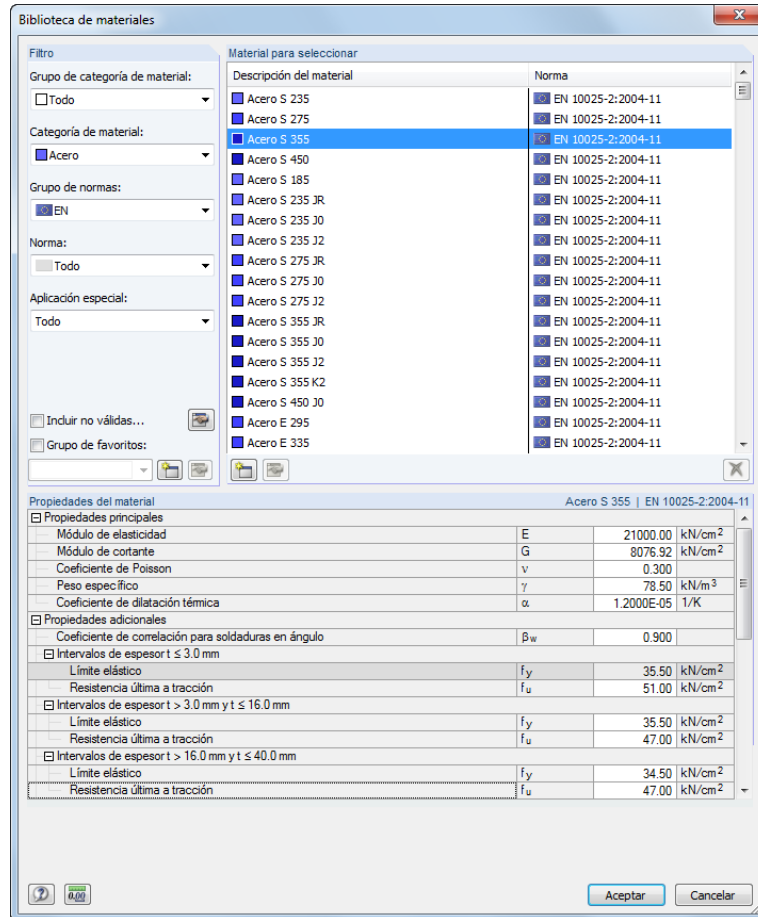


Figura 4.53: Cuadro de diálogo *Biblioteca de materiales*

Seleccione un material de la lista *Material para seleccionar* y compruebe los parámetros correspondientes en la parte inferior del cuadro de diálogo. Para el cuadro de diálogo o tabla anterior haga clic en [Aceptar] o [-] para aceptarlo.

Filtro de la biblioteca

Debido a que la biblioteca de materiales es muy extensa, puede encontrar varias opciones de selección disponibles en la sección del diálogo *Filtro*. Puede filtrar la lista de materiales según el *Grupo de categoría de material*, *Categoría de material*, *Grupo de norma* y *Norma*. De esta forma, puede reducir los datos ofrecidos.

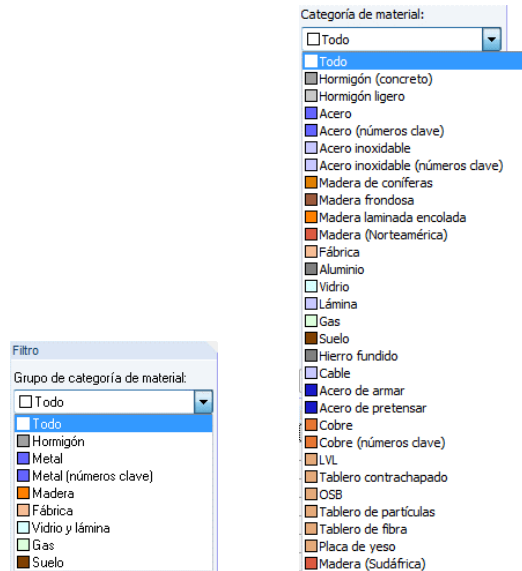


Figure 4.54: Filtro para *Grupo de categoría de material* y *Categoría de material*

Crear favoritos

Con frecuencia, el uso de unos pocos materiales ya es suficiente para el trabajo diario de ingeniería. Puede marcar estos materiales como sus favoritos. Use el botón [Editar favoritos] (ver Figura 4.56) para abrir el cuadro de diálogo para definir los materiales preferidos.

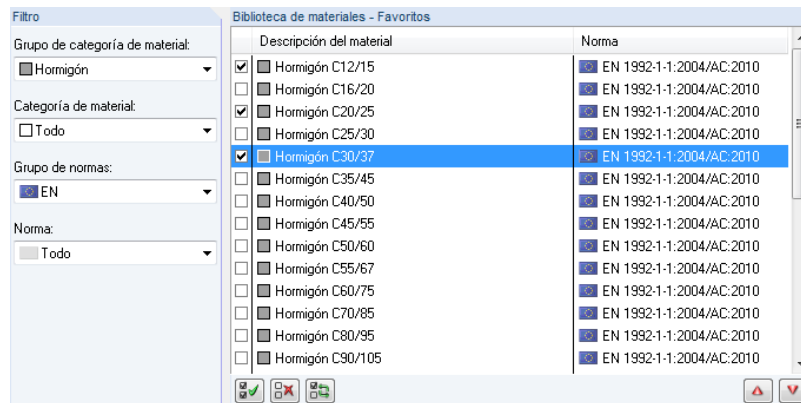


Figure 4.55: Cuadro de diálogo *Biblioteca de materiales - Favoritos* (sección del diálogo)



El cuadro de diálogo se parece al de la biblioteca de materiales. Puede usar las opciones de filtro descritas anteriormente. En la sección del diálogo *Biblioteca de materiales - Favoritos*, puede seleccionar sus materiales preferidos marcando sus casillas de verificación. Para cambiar la secuencia de materiales, use los botones [▲] y [▼].

Tras cerrar el cuadro de diálogo, la biblioteca de materiales le presenta información general clara de los favoritos tan pronto como active la opción *Grupo de favoritos*.

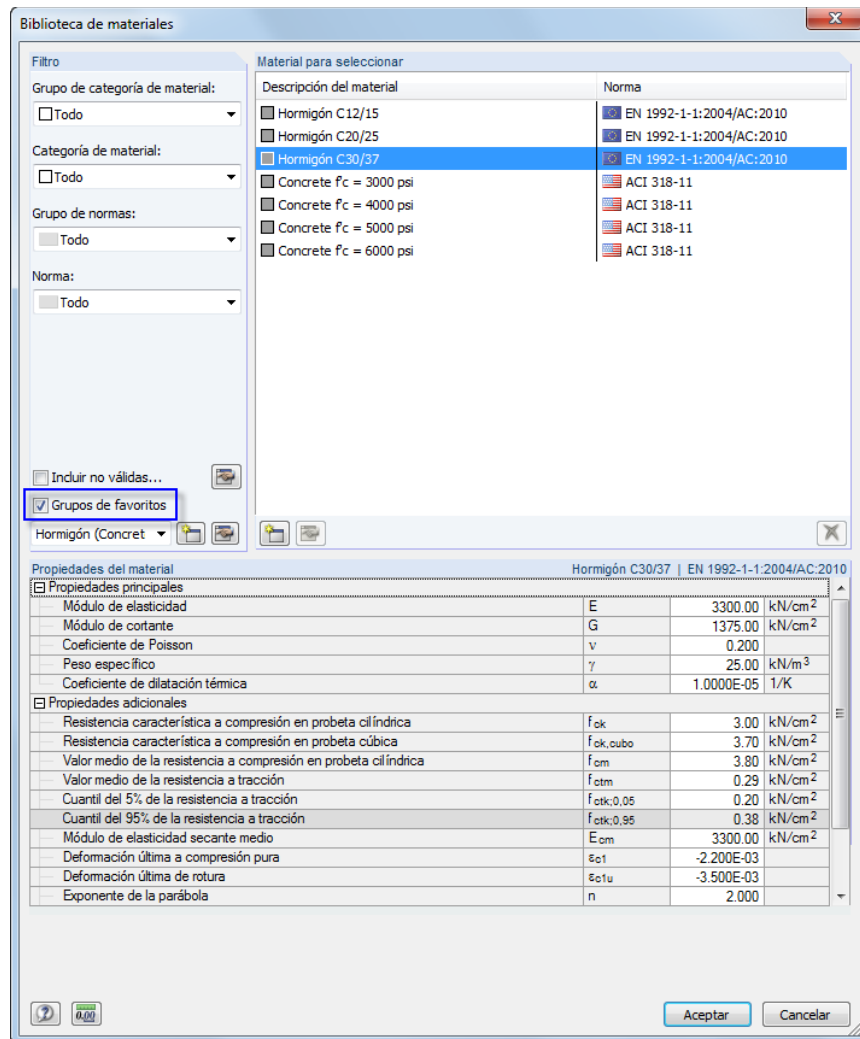


Figura 4.56: Cuadro de diálogo *Biblioteca de materiales* con la opción *Grupo de favoritos*

Con la opción *Incluir no válidas* en la sección del diálogo *Filtro*, puede integrar también materiales de normas "antiguas" en la biblioteca.

Completar la biblioteca

La *Biblioteca de materiales* se puede ampliar. Cuando se añade un nuevo material, se puede usar para todos los modelos disponibles.



Haga clic en el botón [Nuevo] en la biblioteca (a la derecha del botón [Favoritos], ver Figura 4.56). El cuadro de diálogo *Nuevo material* se abre. Puede ver que los parámetros de la entrada seleccionada en la lista *Material para seleccionar* se prestablecen. Por lo que crear un nuevo material es más sencillo cuando elige un material con propiedades similares antes de acceder al cuadro de diálogo.

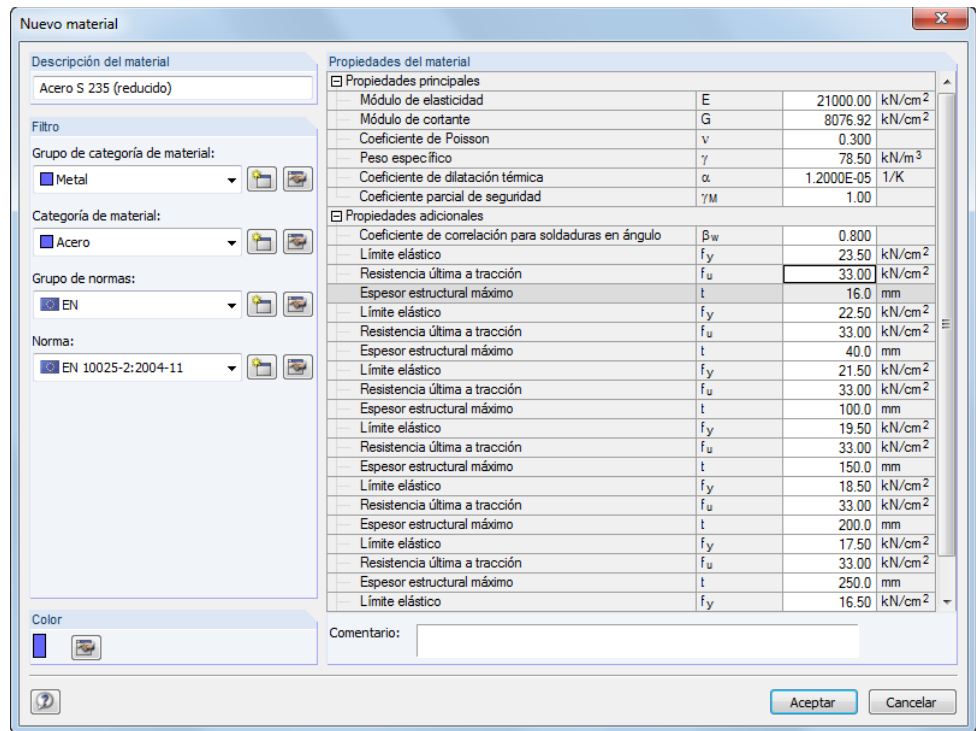


Figura 4.57: Cuadro de diálogo *Nuevo material*

Introduzca la *Descripción del material*, defina las *Propiedades del material*, y asigne el material a la categoría apropiada para las funciones de *Filtro*.



Use los botones que se muestran a la izquierda para crear y editar categorías.

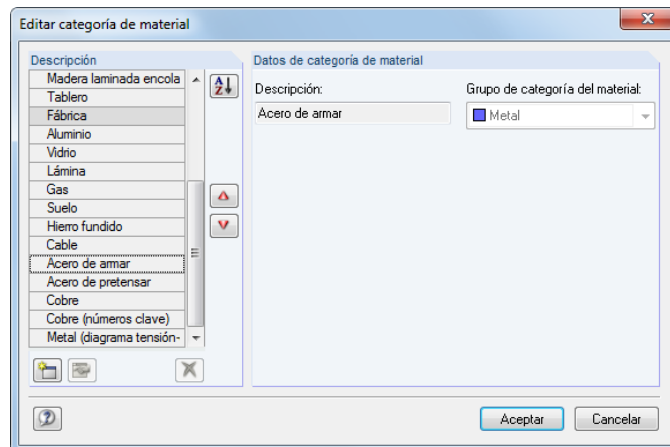


Figura 4.58: Cuadro de diálogo *Editar categoría de material*



Para ajustar la secuencia de entradas, use los botones [▲] y [▼].

Guardar materiales definidos por el usuario

Si usa materiales personalizados, debería guardar el archivo **Materialien_User.dbd** antes de instalar una actualización. El archivo se puede buscar en la carpeta principal de datos de RFEM 5 C:\ProgramData\Dlubal\RFEM 5.xx\General Data.

4.4 Superficies

Descripción general

Además de la geometría de la estructura, las superficies describen la rigidez resultante de las propiedades del material y espesor. Al generar una malla de EF, se crean sobre las superficies elementos 2D. Para información detallada sobre los elementos usados, ver capítulo 7.2.1 en la página 276.

El tipo de rigidez *Nula* se usa para las descripciones de geometría de sólidos.

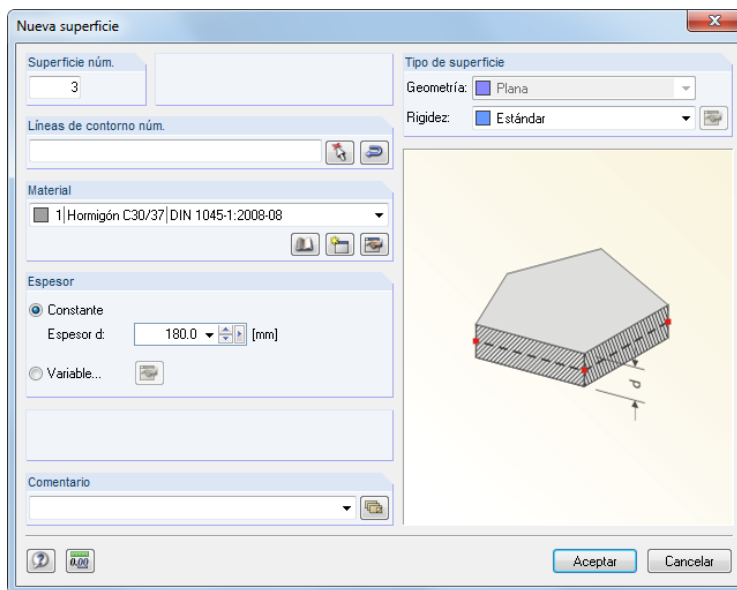


Figura 4.59: Cuadro de diálogo Nueva superficie

Superf. núm.	Tipo de superficie		Líneas de contorno núm.	Material núm.	Tipo	Espesor d [mm]	Excentricidad e _z [mm]	Objetos integrados	
	Geometría	Rigidez						Nudos núm.	Líneas núm.
1	Plana	Estándar	5,1,4,3	1	Constante	180.0	0.0	23	1
2	Cuadrangular	Estándar	20,22,21,5	1	Constante	180.0	0.0		
3	Plana	Vidrio	24	1	Constante	180.0	0.0		
4	Plana	Laminada	26	1	Constante		0.0		2
5	Plana								

Figura 4.60: Tabla 1.4 Superficies

Distintas *Geometría* y propiedades de *Rigidez* están disponibles para el modelado de la estructura. Es posible combinar entradas de ambas listas de *Tipo de superficie* o columnas de tabla – dentro de límites de tipo específico y condiciones.

Los símbolos le ayudan a asignar varios tipos de *Geometría* y *Rigidez*. Puede usar los colores en el modelo para representar tipos de superficies individuales. Los colores se controlan en el navegador *Mostrar* con la opción *Colores en el renderizado según* (ver capítulo 11.1.9, página 459).

Tipo de superficie	
Geometría	Rigidez
Plana	Estándar
Cuadrangular	Ortótropa
B-spline	Vidrio
De revolución	Rígida
Tubo	Membrana
Trayectoria	Nula

Tipo de superficie - Geometría

Superficie plana

Las superficies planas se pueden definir gráficamente trazando un rectángulo, paralelogramo, círculo, anillo, polígono etc. Use el menú o el botón lista en la barra de herramientas que se muestra a la izquierda para acceder a las distintas formas de superficies planas.

El cuadro de diálogo aparece cuando introduce datos de superficie usando uno de los botones de la barra de herramientas.

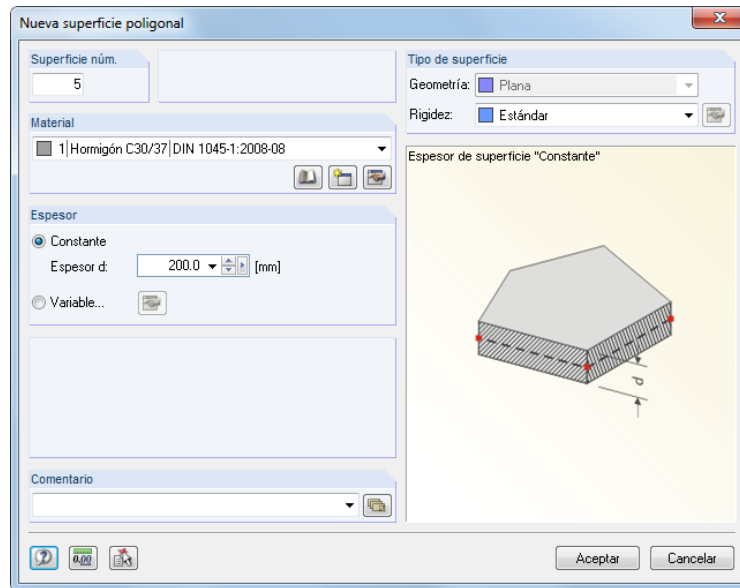
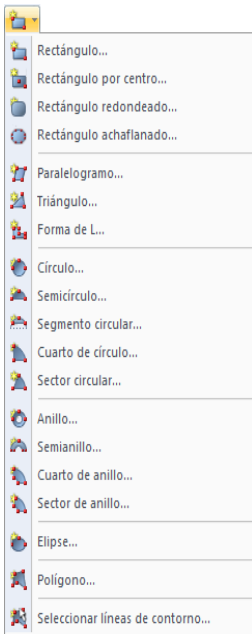


Figura 4.61: Cuadro de diálogo Nueva superficie poligonal

Primero, introduzca los parámetros para *Material*, *Espesor* y *Rigidez* además del número de superficie. Haga clic en [Aceptar], y luego defina las líneas de contorno de la superficie en la ventana de trabajo seleccionando los puntos de esquina relevantes.



Con la opción del menú [Seleccionar líneas de contorno] puede seleccionar líneas existentes gráficamente. Las líneas se deben organizar en una cadena poligonal que descansa en un plano. Los tipos de línea se describen en el capítulo 4.2, página 54.

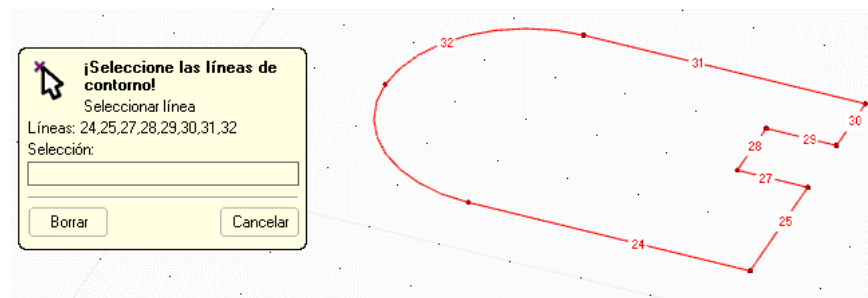


Figura 4.62: Seleccionar líneas de contorno en el gráfico

RFEM reconoce las superficies automáticamente tan pronto como se defina un número suficiente de líneas de contorno.

Superficie cuadrangular



El tipo de superficie representa una superficie cuadrilátera general. Además de líneas rectas, puede usar arcos, polilíneas y splines como líneas de contorno. Use este tipo de superficie para modelar láminas, ya que las líneas de contorno no se tienen que organizar en un plano.

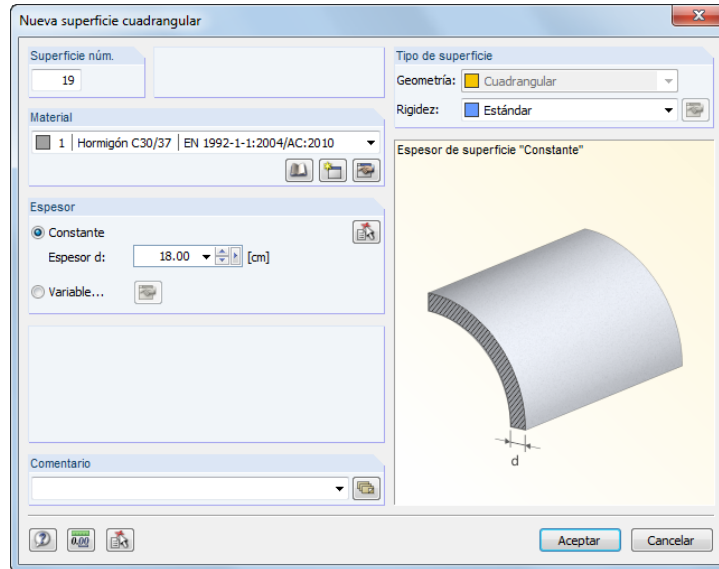


Figura 4.63: Cuadro de diálogo Nueva superficie cuadrangular

Puede seleccionar las líneas de contorno gráficamente tras hacer clic en [Aceptar].

Superficie de revolución



Una superficie de revolución se crea girando una línea alrededor de un eje fijo. La superficie resulta de la posición inicial y final de la línea así como los puntos de definición de revolución de la línea.

El cuadro de diálogo *Nueva superficie de revolución* consta de dos pestañas. Defina el *Material*, el *Espesor*, y la *Rigidez* de la superficie en la pestaña de diálogo *General* (Figura 4.64). Un espesor de superficie variable no se admite.

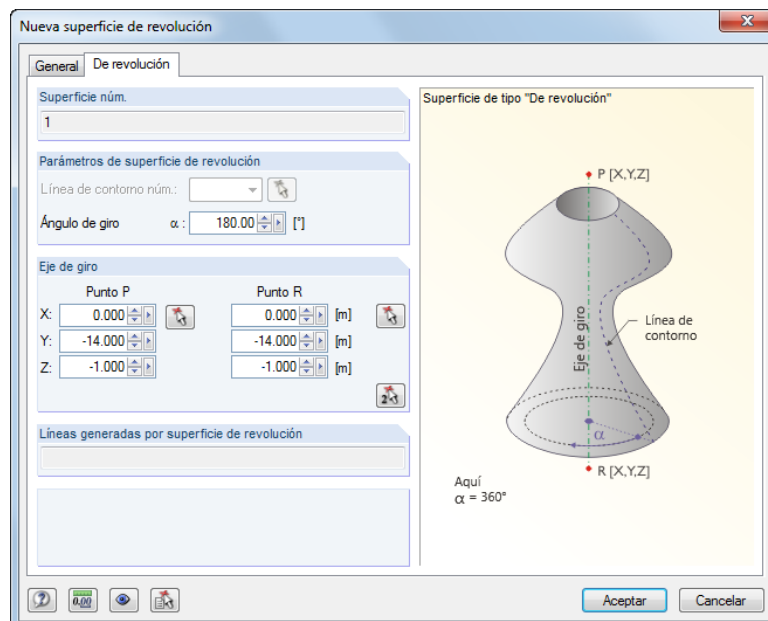


Figura 4.64: Cuadro de diálogo Nueva superficie de revolución, pestaña Superficie de revolución



En la pestaña *Superficie de revolución*, especifique el *Ángulo de giro* α . Ambos puntos del *Eje de giro* se pueden definir bien introduciendo sus coordenadas o usando la función [F8]. Haga clic en [Aceptar], y luego defina la línea de contorno para el giro en la ventana de trabajo.

Además, las superficies de revolución se pueden crear a partir de líneas generadas.

Tubo



Una superficie de tubo se crea girando la línea central del tubo alrededor del eje central en una distancia de un radio específico.

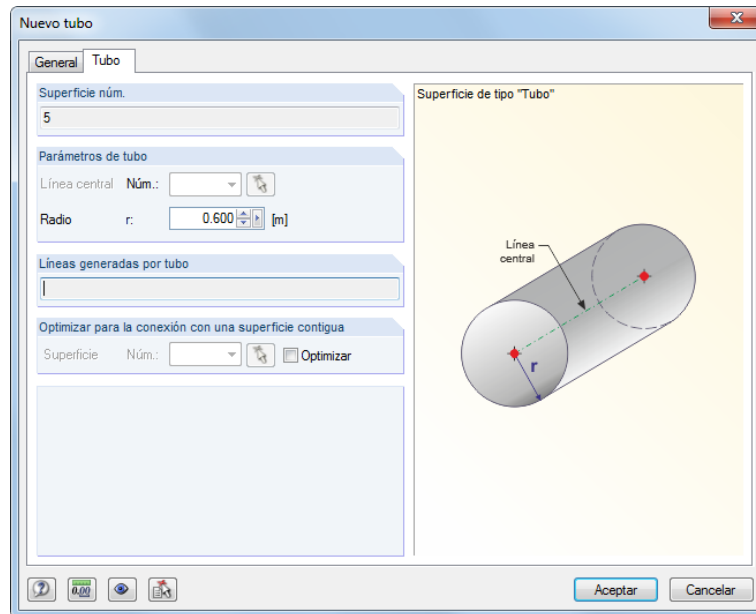


Figura 4.65: Cuadro de diálogo *Nuevo tubo*, pestaña *Tubo*



El cuadro de diálogo *Nuevo tubo* tiene dos pestañas. En la pestaña *General*, puede introducir los parámetros para *Material*, *Espesor* y *Rigidez* de la superficie. En la pestaña *Tubo*, especifique la *Línea central* y *Radio r*. Puede definir la línea central también gráficamente.

Use este tipo de superficie para crear dos círculos y una polilínea que sea paralela al eje del tubo.



Superficie B-Spline

Una superficie B-Spline es similar a una superficie cuadrangular (ver Figura 4.63) salvo que se crean nudos auxiliares adicionales sobre la superficie. La forma de la superficie se puede influenciar ajustando las coordenadas de los nudos auxiliares subsecuentemente.

El cuadro de diálogo tiene dos pestañas. En la pestaña *General*, defina los parámetros para *Material*, *Espesor* y *Rigidez* de la superficie. Un espesor de superficie variable no se admite.

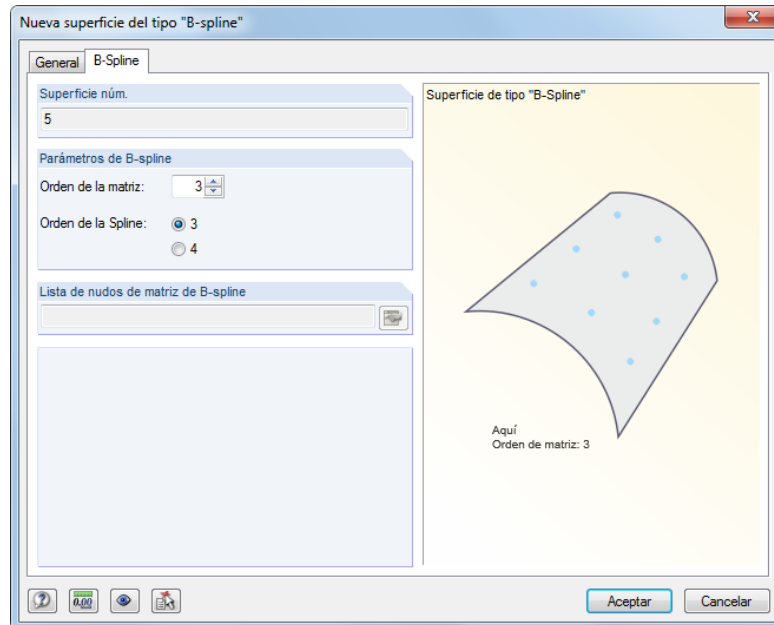


Figura 4.66: El cuadro de diálogo *Nueva superficie de tipo "B-Spline"*, pestaña *B-Spline*

En la pestaña *B-Spline*, introduzca el número de nudos auxiliares en el campo de entrada *Orden de la matriz*: por ejemplo, si introduce "3", crea una rejilla de 3 x 3 nudos auxiliares situados a lo largo de la superficie. El campo de selección *Orden de la Spline* especifica si se usa un polinomio de tercer o cuarto grado para el cálculo de la superficie.

Superficie NURBS



Las superficies NURBS se definen mediante cuatro líneas NURBS conectadas (ver capítulo 4.2, página 60). Usando superficies NURBS puede modelar casi cualquier superficie de forma libre.

Al introducir líneas de contorno, asegúrese de que las parejas opuestas de líneas NURBS son "compatibles" entre sí. Sólo en caso de que el número de puntos de control sea igual, las líneas opuestas de NURBS se organizan en el mismo orden.

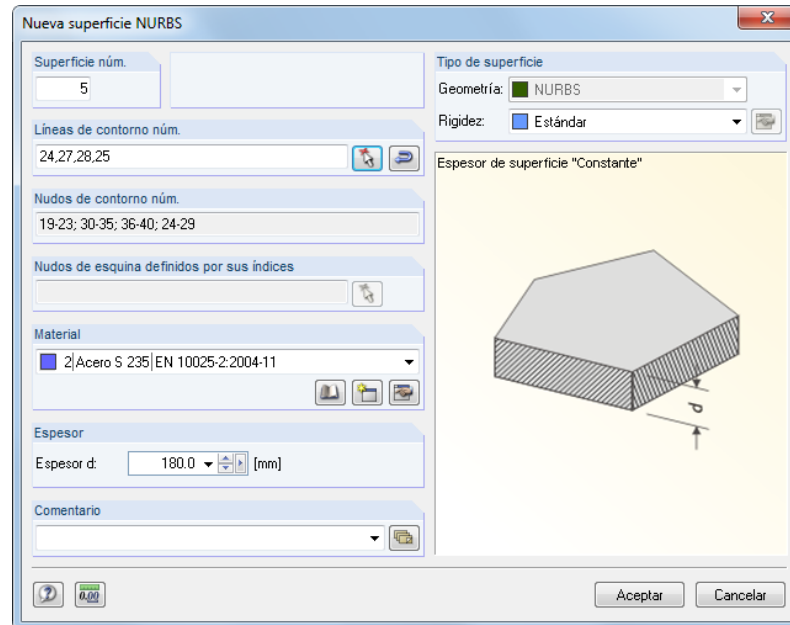


Figura 4.67: Cuadro de diálogo *Nueva superficie NURBS*



Superficie de trayectoria

Use este tipo de superficie para crear una superficie curva espacialmente a partir de un cierto perfil de inicio en relación a cualquier trayectoria.

El cuadro de diálogo *Nueva superficie de trayectoria* tiene dos pestañas. En la pestaña *General*, defina los parámetros para *Material*, *Espesor* y *Rigidez* de la superficie.

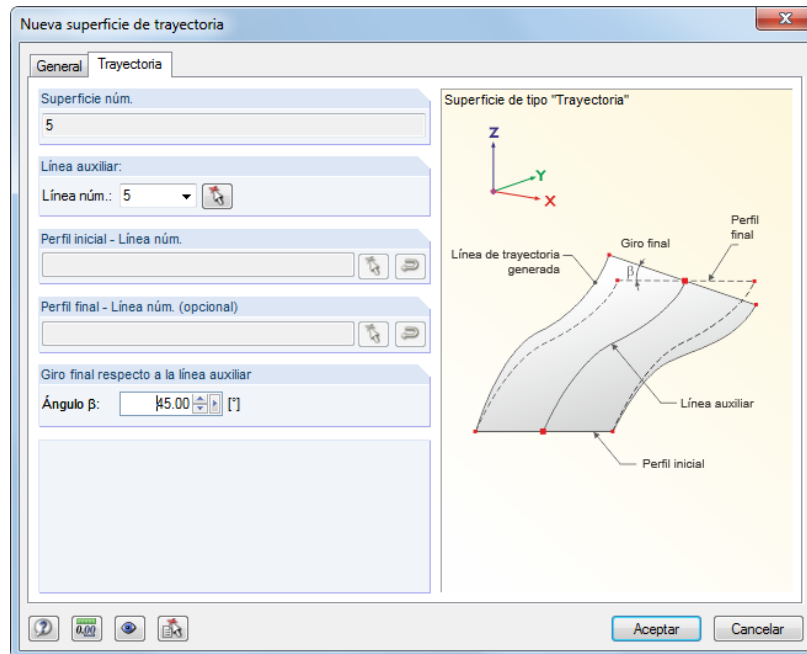


Figura 4.68: Cuadro de diálogo *Nueva superficie de trayectoria*, pestaña *Traectoria*



En la pestaña *Traectoria*, introduzca el número de la *Línea auxiliar* que representa la línea de referencia de la superficie. Puede seleccionarla también gráficamente. Luego, determine el *Perfil inicial* en el gráfico. Si es necesario, defina una segunda línea como *Perfil final*. El *Ángulo β* describe el giro de la línea de contorno paralela generada en relación a la trayectoria.

Componente

Esta entrada aparece en la columna de la tabla y navegador sólo si se crea una intersección de superficies (ver capítulo 4.22, página 172). Las funciones de edición para componentes de superficies de intersección dadas por RFEM son las mismas que para superficies "normales". Así que es posible modificar propiedades de componentes de superficie rápidamente sin crear una intersección de nuevo.

La superficie original de un componente se indica en la pestaña *Componente* del cuadro de diálogo *Editar superficie*.

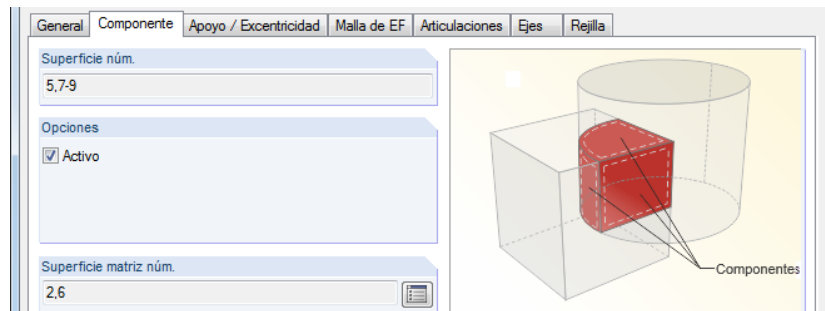
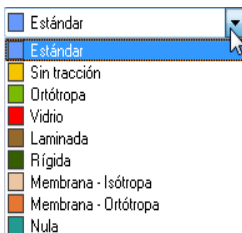


Figura 4.69: Cuadro de diálogo *Editar superficie*, pestaña *Componente*



Use el botón [Ir a la superficie matriz] para acceder al cuadro de diálogo de edición de la superficie original.



Tipo de superficie - Rigidez

La lista disponible en el cuadro de diálogo y tabla le proporciona varios modelos de rigidez que puede seleccionar para modelar la estructura más próxima a la realidad.

Estándar

La superficie transfiere momentos y esfuerzos axiales. La aproximación describe un comportamiento general de un material homogéneo e isótropo. Las propiedades de rigidez de la superficie no dependen de las direcciones.

Sin tracción

Los momentos y esfuerzos de membrana se transfieren. Para los esfuerzos axiales que causan tracción, sin embargo, se produce un fallo de los elementos de la superficie afectada (ejemplo: aplastamiento de agujero).

Ortótropo

Establezca este tipo de rigidez para superficies con diferentes rigideces en ambas direcciones de superficie (ver capítulo 4.12, página 120). Use el botón [Editar] para definir los parámetros.

Alternativamente, puede asignar una propiedad ortótropa al material (ver capítulo 4.3, página 68). De esta forma, puede evitar la definición de propiedades para cada superficie singular.

Vidrio

Este tipo de rigidez se requiere para el módulo adicional RF-GLASS. Momentos y esfuerzos de membrana se transfieren, pero las tensiones no se determinan en RFEM. El cálculo de la tensión actual se realiza en el módulo adicional RF-GLASS.



Laminada

El tipo de rigidez transfiere momentos y esfuerzos axiales. El módulo adicional RF-LAMINATE se requiere para calcular el modelo laminado. Las tensiones correspondientes no se incluyen en la salida de resultados de RFEM, necesita el módulo para el cálculo de tensiones.

Rígida

Use este tipo de rigidez para generar superficies muy rígidas creando una conexión rígida entre objetos contiguos.

Membrana

La superficie tiene una rigidez uniforme en todas las direcciones. Sólo se transfieren los esfuerzos de membrana.

Membrana ortótropa

Sólo se transfieren los esfuerzos de membrana. Las rigideces son distintas en ambas direcciones de superficie (capítulo 4.12, página 120). Use el botón [Editar] para definir los parámetros.

Nula

Las superficies nulas se requieren para la definición de sólidos (ver capítulo 4.5, página 92).

Líneas de contorno núm.

Las líneas de contorno de una superficie se listan en el campo de entrada correspondiente o columna de tabla. Deben formar una cadena poligonal.

Cuando se generan superficies de revolución, los parámetros de generación se representan en la columna de tabla.

Material núm.

Puede elegir una entrada de la lista de materiales que ya se han creado. Los colores de material hacen más sencilla la designación.

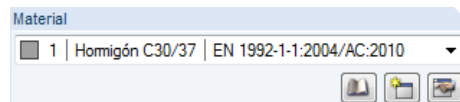


Tabla 4.70: Botones en la sección del diálogo *Material*

En el cuadro de diálogo *Nueva superficie*, puede ver tres botones bajo la lista. Use los botones para acceder a la biblioteca de materiales o para crear y editar materiales.

Para información más detallada sobre materiales, ver capítulo 4.3 en la página 62.

Espesor

Tipo

Puede seleccionar entre dos tipos de espesor de superficie.

- **Constante**
La superficie tiene el mismo espesor en todas partes.

- **Variable**
El espesor de la superficie es linealmente variable (ver capítulo 4.11, página 119). Use el botón [Editar] para definir los parámetros.

Espesor d

Especifique el espesor de superficie d a menos que se defina un espesor variable o una superficie Nula. El espesor se usa para determinar el peso propio y la rigidez para los tipos de rigidez *Estándar*, *Sin tracción*, *Vidrio* y *Membrana isótropa*. Para la rigidez *Ortótropa* se usa este valor sólo para el cálculo del peso propio (las rigideces se deben definir por separado para superficies ortótropas).



Los espesores de superficie se pueden visualizar con diferentes colores en el modelo: en el navegador *Mostrar*, seleccione *Modelo* y *Superficies*, y luego marque la casilla de verificación para *Escala de colores de los espesores en Panel* (ver figura anterior).

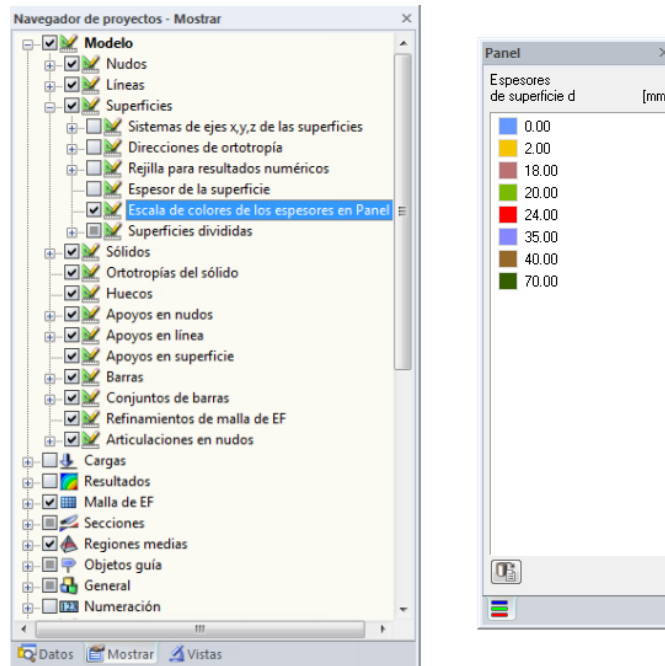


Figura 4.71: Navegador *Mostrar Superficies* → *Escala de colores de los espesores en Panel*

Excentricidad

El plano en el centro de la superficie representa la superficie de referencia para el espesor asumido igual en ambos lados del "plano centroide". Para comprobar el centro, establezca en el navegador *Mostrar* y seleccione las opciones *Renderizado*, *Modelo*, *Modelo sólido*, *Superficie* y *Relleno incl. espesor* (ver Figura 4.110, página 120).

Especificando una *Excentricidad* e_z puede definir un desfase de altura para la superficie. De esta manera, puede crear bordes uniformes superior e inferior para unir superficies que tengan diferentes espesores.

La excentricidad en la forma de momentos adicionales tiene una influencia sobre los esfuerzos internos de superficie.

Objetos integrados

En general, RFEM reconoce automáticamente todos los objetos que yacen sobre una superficie pero que no se usan para la definición de la superficie. En las columnas de tabla o campos de entrada del cuadro de diálogo, se representan todos los números de nudos, líneas y huecos.

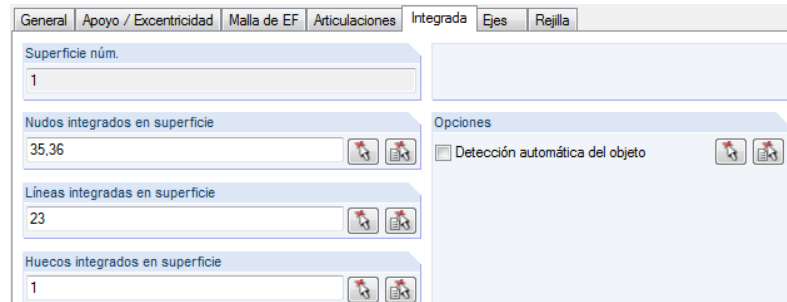


Figura 4.72: Cuadro de diálogo *Editar superficie*, pestaña *Integrada*



Si no se reconoce un objeto, es posible integrarlo manualmente: haga doble clic sobre la superficie para abrir el cuadro de diálogo *Editar superficie*. Luego, en la pestaña *Integrada*, desactive la opción *Detección automática del objeto*. Los campos de entrada de las secciones del diálogo a la izquierda se habilitan para su acceso. Use el botón [↖] para seleccionar los objetos gráficamente.

Área

El área de cada superficie se muestra en la columna de tabla de forma que pueda comprobar los datos de superficie. Las áreas de huecos no se consideran, de este modo el valor representa el área neta.

Peso

Se indica la masa de cada superficie. Se determina a partir del área y del peso específico del material.

Comentario

Introduzca una nota definida por el usuario o seleccione una entrada de la lista.

Sistema de ejes

Cada superficie tiene un sistema de coordenadas local. El sistema de ejes de la superficie es significativo para varios parámetros de entrada tales como propiedades de ortotropía y cimentación o direcciones de cargas superficiales. Los esfuerzos internos base están también relacionados a un sistema de ejes de superficie.

RFEM le muestra los sistemas de coordenadas tan pronto como desplaza el puntero a través de una superficie.

Puede también usar el menú contextual de una superficie para activarlas o desactivarlas.

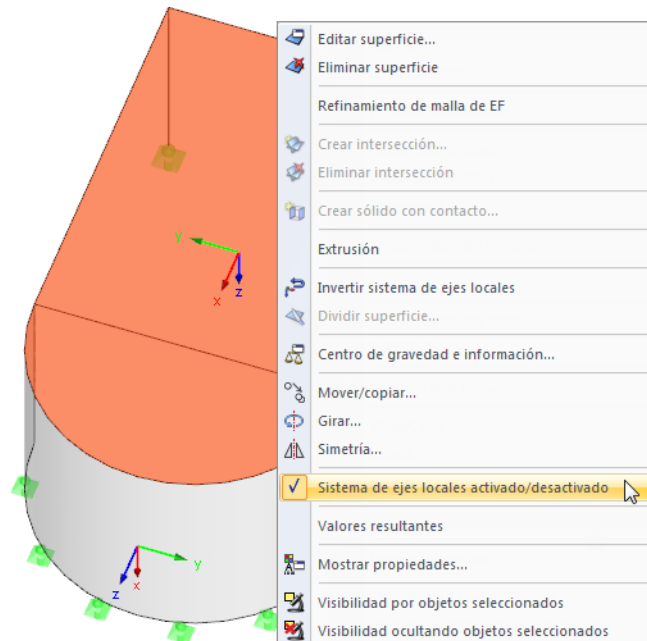


Figura 4.73: Menú contextual de superficie

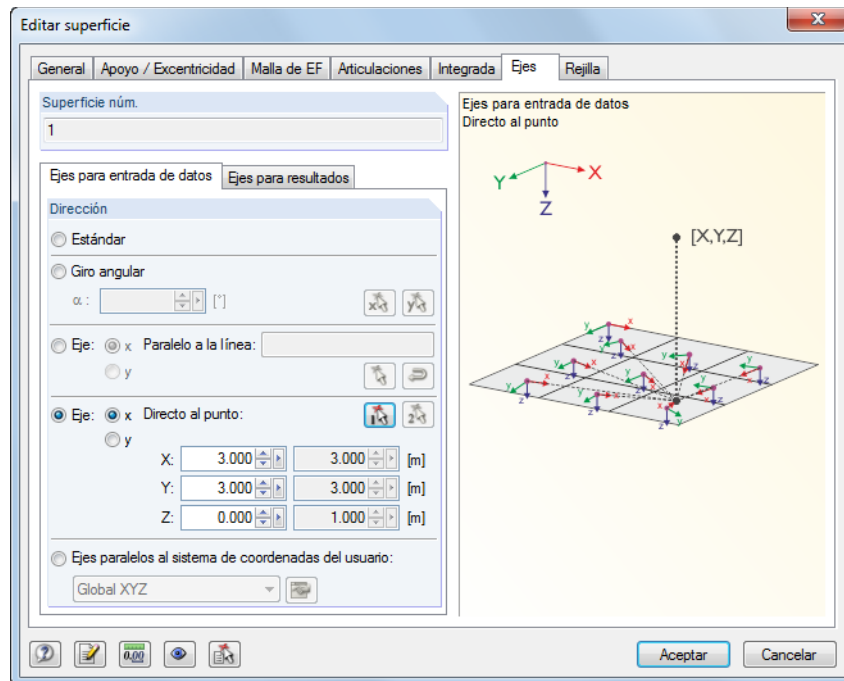
Si es necesario, puede ajustar los ejes locales de la superficie:

- Opción del menú contextual *Invertir sistema de ejes local*

La orientación del eje local z es inversa, los ejes restantes se alinean según la regla de la mano derecha. Como resultado, los apoyos se colocan al otro lado de la superficie, o las capas de armadura "superior" e "inferior" para el cálculo de hormigón armado cambian los lados de la superficie.

- Cuadro de diálogo *Editar superficie*

Para abrir el cuadro de diálogo *Editar superficie*, haga doble clic en la superficie. En la pestaña *Ejes*, puede ajustar los *Ejes para entrada* de superficie local así como *para Resultados* (ver figura siguiente).

Figura 4.74: Cuadro de diálogo *Editar superficie*, pestaña *Ejes*

En las dos subpestañas es posible dirigir el eje x o y local de superficie hacia una *línea*, un *punto* o un *sistema de coordenadas del usuario* (ver capítulo 11.3.4, página 478).

4.5 Sólidos

Descripción general



En RFEM, los objetos 3D se describen mediante sólidos. Al generar la malla de EF, se crean elementos 3D. Puede usar sólidos para modelar también propiedades ortótropas o problemas de contacto entre superficies. Además, los sólidos pueden tener propiedades de gas.

En general, las superficies de contacto de sólidos se definen con el tipo de rigidez *Nula* (ver capítulo 4.4, página 87). Sin embargo, si ningún sólido está conectado a un modelo representando el contacto entre dos superficies, ambas superficies de contacto tienen que estar caracterizadas con una rigidez.



En el gráfico, los sólidos se pueden crear rápidamente a partir de superficies. Las funciones de generación correspondientes se describen en los capítulos 11.7.1.3 y 11.7.1.4 en la página 540.

Los refinamientos de malla de EF para elementos 3D se pueden especificar también.



Los cálculos de hormigón armado no se encuentran actualmente implementados para sólidos.

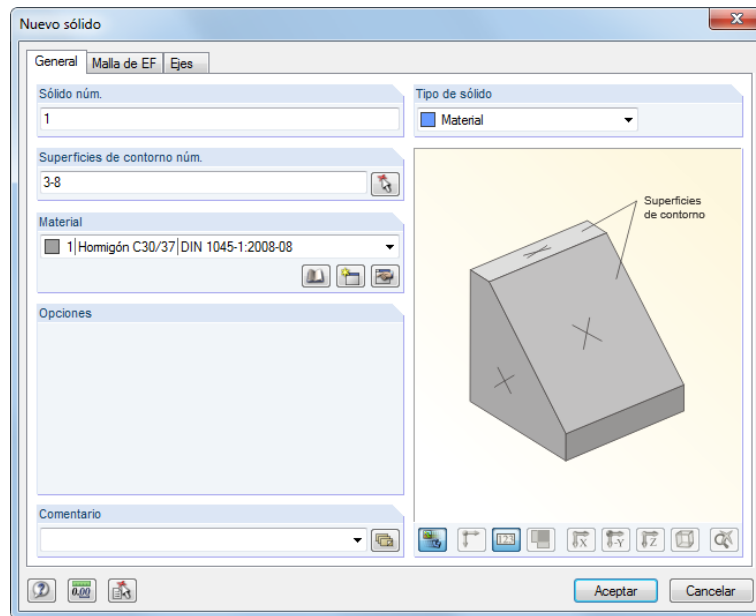


Figura 4.75: Cuadro de diálogo *Nuevo sólido*

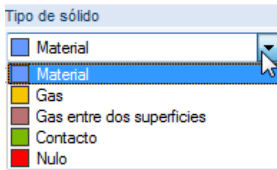
1.5 Sólidos

Sólido núm.	A	B	C	D		E	F	G	H	I
	Tipo de sólido	Superficies de contorno núm.	Material núm.	Presión p [bar]	Temperatura T [°C]	Sólidos compuestos	Volumen V [m³]	Peso W [kg]	Comentario	
1	Material	1-6	3			<input type="checkbox"/>	6.000	15000.0		
2	Contacto	9-14	2			<input type="checkbox"/>				
3	Gas	15-20	1	1.00	20.0	<input type="checkbox"/>			Helio	
4										
5										
6										

Nudos | Líneas | Materiales | Superficies | Sólidos | Huecos | Apoyos en nudos | Apoyos en línea | Apoyos en superficie | Articulaciones lineales | Secciones

Tipo de sólido

Figura 4.76: Tabla 1.5 *Sólidos*



Tipo de sólido

En la tabla, así como en la lista disponible en el cuadro de diálogo, se pueden seleccionar varios tipos de rigidez para modelar estructuras más cercanas a la realidad. Cada tipo tiene su propio color que se puede usar en el modelo para diferenciar los sólidos. Los colores se controlan en el navegador *Mostrar* con la opción *Colores en el renderizado según* (ver capítulo 11.1.9, página 459).

Material

El modelo estándar se representa mediante un objeto 3D con las propiedades específicas de sólido de un material homogéneo e isotrópico. Por lo tanto, las superficies de contorno se deben definir mediante el tipo de rigidez *Nula*.

Si el sólido tiene propiedades ortótropas, las rigideces se derivan también a partir de las características del material. Defina las rigideces elásticas del modelo de material tridimensional en el cuadro de diálogo *Modelo de material - Ortótropo elástico 3D* (ver Figura 4.48, página 69).

Gas

Use esta opción para modelar sólidos con propiedades de un gas ideal. Los parámetros del gas se tienen que definir en una pestaña diferente del cuadro de diálogo (ver Figura 4.79).

Gas entre dos superficies

Se recomienda formar un sólido con propiedades de un gas ideal que sea relativamente delgado (por ejemplo capa de gas en vidrio aislante). Con esta opción RFEM crea exactamente dos elementos finitos entre el área de cubierta y el área base de forma que los cálculos se converjan más rápido que para el tipo *Gas*. Los parámetros se tienen que definir en una pestaña del cuadro de diálogo diferente (ver Figura 4.79). Sin embargo, use el tipo *Gas* para situaciones generales (por ejemplo contenedor, castillo robusto).

Contacto

Este tipo de sólido es apropiado para modelar propiedades de contacto entre dos superficies. Los parámetros se tienen que definir en una pestaña diferente del cuadro de diálogo (ver Figura 4.80).

Nula

Ni un sólido nulo ni sus cargas se consideran para el cálculo. Los sólidos nulos se usan para analizar por ejemplo cambios en el comportamiento de la estructura del modelo si un sólido no es eficaz. No necesita eliminar el sólido, la carga también se mantiene.

Superficies de contorno

Un sólido se define mediante superficies que cercan completamente un espacio determinado. Introduzca los números de las superficies en el campo de entrada, o selecciónelos en el gráfico usando la función [^].

Quando define todas las superficies de contorno en el cuadro de diálogo *Nuevo sólido*, puede hacer clic en el botón [Mostrar figura o renderizado] bajo el gráfico para ver una vista previa del sólido.

Material

Puede elegir una entrada de la lista de materiales que ya se han creado. Los colores de material hacen más sencilla la designación.

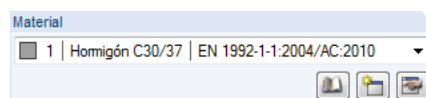


Tabla 4.77: Botones en la sección del diálogo *Material*





En el cuadro de diálogo *Nuevo sólido*, puede ver tres botones bajo la lista. Use los botones para acceder a la biblioteca de materiales o para crear y editar materiales.

Para información más detallada sobre materiales, ver capítulo 4.3, página 62.

Sólidos compuestos

Cuando se crea una intersección de sólidos, puede ver esta columna representada en la tabla.

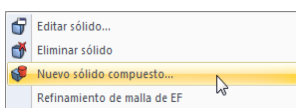
Además de para superficies, puede generar intersecciones para sólidos. RFEM determina las líneas de intersección de sólidos intersectados y crea objetos de sólido 3D como una unión, una sección o como un conjunto de intersección puro. De esta manera, se genera un nuevo sólido a partir de los dos objetos originales.



Determinar la intersección del sólido puede tardar tiempo y conllevar a un cálculo intensivo. Cada vez que se cambia el modelo, se requiere de nuevo el cálculo de la geometría.

Crear una intersección

Puede crear intersecciones de sólidos rápidamente en el gráfico: seleccione dos sólidos trazando una ventana de selección a través de los objetos, o use una selección múltiple manteniendo presionada la tecla [Ctrl]. Luego haga clic con el botón secundario del ratón para abrir el menú contextual donde



señala **Sólido** y selecciona **Nuevo sólido compuesto**.

El cuadro de diálogo *Nuevo sólido* se abre. Con la configuración en la pestaña del diálogo *Sólidos compuestos* especifique cómo se combinan ambos sólidos.

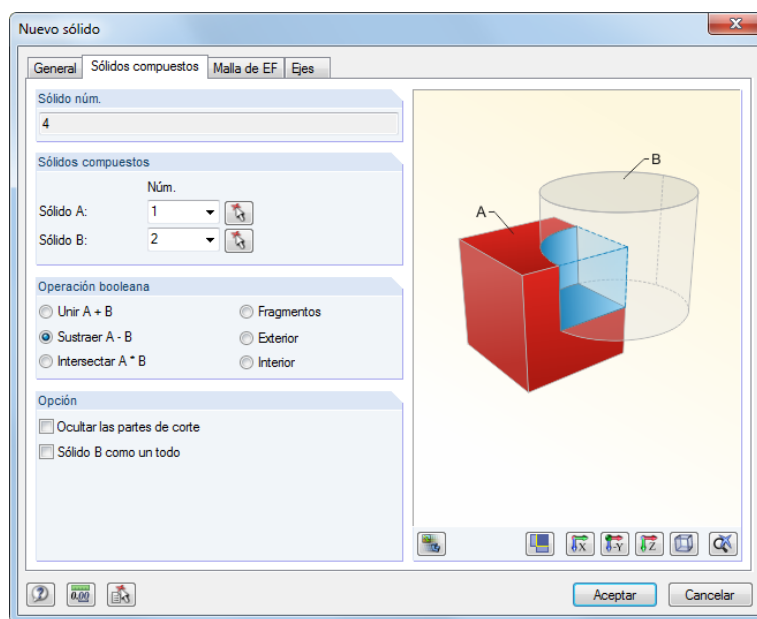


Figura 4.78: Cuadro de diálogo *Nuevo sólido*, pestaña *Sólidos compuestos*

Los números de los dos sólidos seleccionados se introducen en los campos de entrada. Use la lista o la función [^] para cambiar las entradas.

Operación booleana

Dispone de tres posibilidades para combinar sólidos en un nuevo objeto:

- *Unir*: Los sólidos A y B se funden en una unidad.
- *Sustraer*: El sólido B es cortado por el sólido A.
- *Intersectar*: RFEM determina el área compartida por los sólidos A y B.

El gráfico del diálogo a la derecha muestra el principio de combinaciones. Use el botón [Mostrar figura o renderizado] para cambiar entre esquema y representación del modelo.



En la sección del diálogo *Opción*, decida cómo las partes que se cortaron se representan en el diálogo de la ventana de trabajo.

Haga clic en [Aceptar] para crear el sólido combinado. Como resultado, las intersecciones de superficies se generan (ver capítulo 4.22, página 172) con componentes de superficie activos o inactivos (ver capítulo 4.4, página 86). Al mismo tiempo, RFEM establece los sólidos originales para el tipo *Nulo*.

Volumen V

La columna de tabla muestra el volumen de cada sólido.

Peso W

Se indica la masa de cada sólido. Se determina a partir del volumen y del peso específico del material.

Gas

La pestaña de diálogo está disponible si selecciona el tipo de sólido *Gas* en la pestaña de diálogo *General*.

Tiene que definir los *Parámetros del gas* presión p_p y temperatura T_p (ver Figura 4.79).

Gas entre dos superficies

La pestaña de diálogo está disponible si selecciona el tipo de sólido *Gas entre dos superficies* en la pestaña de diálogo *General*. Con la configuración de pestaña puede modelar sólidos de contacto con un gas específico representando el efecto de presión sobre dos superficies opuestas (por ejemplo un vidrio aislante).

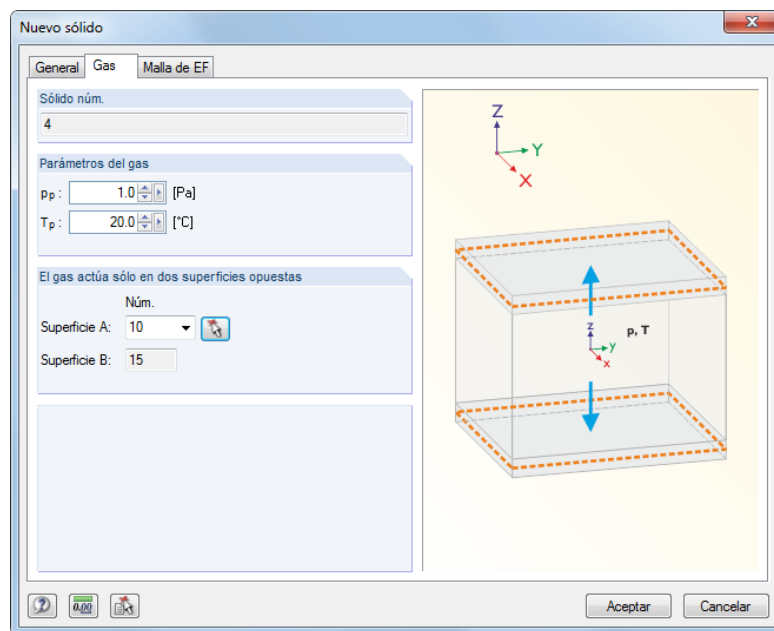
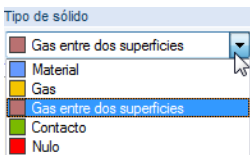
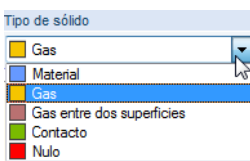


Figura 4.79: Cuadro de diálogo *Nuevo sólido*, pestaña *Gas*

Además de los *Parámetros del gas*, la presión p_p y la temperatura T_p , tiene que especificar dos superficies encerrando la capa de gas. La *Superficie A* se puede seleccionar en la lista o definir gráficamente usando la función [↖]. La *Superficie B* paralela se introducirá automáticamente.



Contacto

La pestaña del diálogo está disponible si el tipo de sólido *Contacto* se selecciona previamente en la pestaña de diálogo *General*.

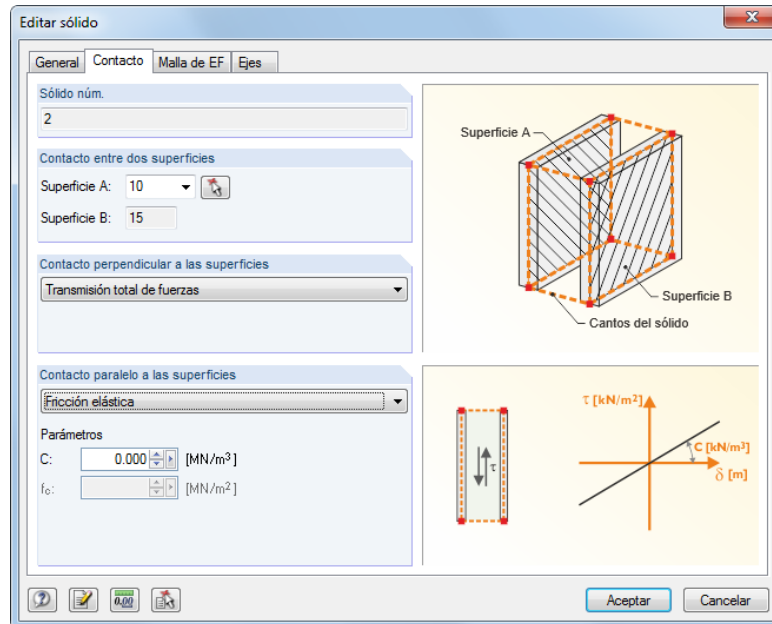
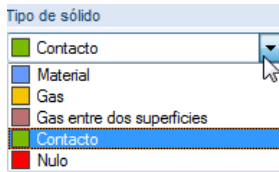


Figura 4.80: Cuadro de diálogo *Nuevo sólido*, pestaña *Contacto*



Los siguientes elementos se deben observar al introducir un sólido tipo contacto:

- Ambas superficies de contacto se deben organizar paralelas y crear idénticas. Se recomienda crear una segunda superficie de contacto por copia.
- Cada superficie de conexión lateral existente entre las superficies de contacto se debe crear como una superficie simple consistente en cuatro líneas de contorno. Dividir una superficie conectada, por ejemplo en dos componentes de superficie a media altura, no se admite.
- Al modelar superficies de contacto curvas, tiene que dividir el sólido de contacto en varias partes simples.
- RFEM genera elementos 3D sin dividirlos ("columnas" paralelas) entre elementos finitos de las superficies de contacto, creando una conexión directa. Por lo tanto, la división de EF de la superficie necesita ajustarse al espacio de las superficies de contacto.
- Los sólidos poligonales se prefieren a los sólidos triangulares.



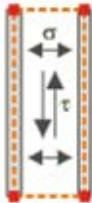
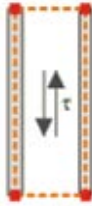
RFEM intenta encontrar las superficies de contacto automáticamente. En la sección del diálogo *Contacto entre dos superficies*, puede cambiar la *Superficie A* usando la lista. Puede usar también la función [↗] para seleccionar la superficie gráficamente. Automáticamente, RFEM introduce la *Superficie B* como una superficie sólida que es paralela a la primera.

En la sección del diálogo *Contacto perpendicular a las superficies*, puede seleccionar entre tres opciones:

- Transmisión total de fuerzas
- Fallo bajo compresión
- Fallo bajo tracción

Los criterios *Fallo bajo compresión* y *Fallo bajo tracción* se consideran en el cálculo por las deformaciones de nudos de malla de EF del sólido.

El *Contacto paralelo a las superficies* se puede definir independientemente, pese a que las propiedades de contacto actúen perpendicular a las dos superficies de contacto.



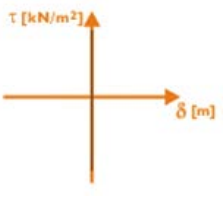
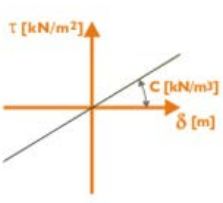
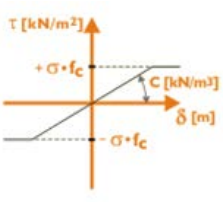
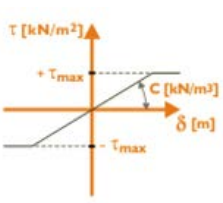
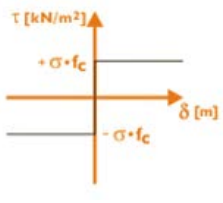
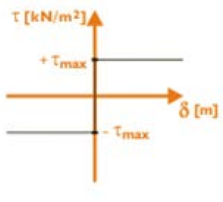
Contacto	Diagrama	Descripción
Transmisión total de fuerzas		Todas las fuerzas se transmiten.
Fricción elástica		La "fricción" representa un comportamiento elástico: el esfuerzo cortante incrementa proporcionalmente a la deformación. No hay límite para la deformación. La rigidez elástica C se debe introducir como parámetro (lo cual significa la fuerza requerida para mover una superficie de 1 m ² sobre 1 m).
Fricción de Coulomb		Este tipo de contacto es similar a una fricción elástica salvo que tiene un impacto no lineal. Cuando se alcanza una tensión tangencial de $\sigma \cdot f_c$, la tensión tangencial permanece constante incluso si la deformación aumenta. La tensión σ representa la tensión normal en el elemento finito relevante. La rigidez elástica C y el factor de fricción de Coulomb f_c se deben introducir como parámetros.
Fricción de Coulomb con límite		En contraste a la fricción elástica de Coulomb, la máxima tensión tangencial no depende de la tensión normal. Sólo es posible absorber una tensión tangencial definida. La rigidez elástica C y la tensión tangencial tau_{max} se deben introducir como parámetros.
Fricción rígida		Este tipo de no linealidad es similar a la fricción elástica de Coulomb. Como la zona elástica no se encuentra, la fricción de Coulomb es inmediatamente eficaz. El factor de fricción de Coulomb f_c se debe introducir como parámetro.
Fricción rígida con límite		Este tipo de no linealidad es similar a la fricción elástica de Coulomb con límite. Como la zona elástica no se encuentra, el límite debido a la tensión tangencial es inmediatamente eficaz. La tensión tangencial tau_{max} se debe introducir como parámetro.

Tabla 4.2: Propiedades de contacto paralelas a las superficies de contacto

Sistema de ejes

Cada sólido tiene un sistema de coordenadas local. El sistema de ejes es significativo por ejemplo para propiedades ortótropas. Las tensiones y distorsiones están también relacionadas al sistema de ejes local.

RFEM le muestra los sistemas de coordenadas tan pronto como desplaza el puntero a través de una superficie. También puede usar el menú contextual de un sólido para activarlo o desactivarlo.

En el cuadro de diálogo *Editar sólido*, puede ajustar el sistema de coordenadas del sólido. Haga doble clic en el sólido para abrir el cuadro de diálogo. La orientación de los ejes locales se administra en la pestaña de diálogo *Ejes*.

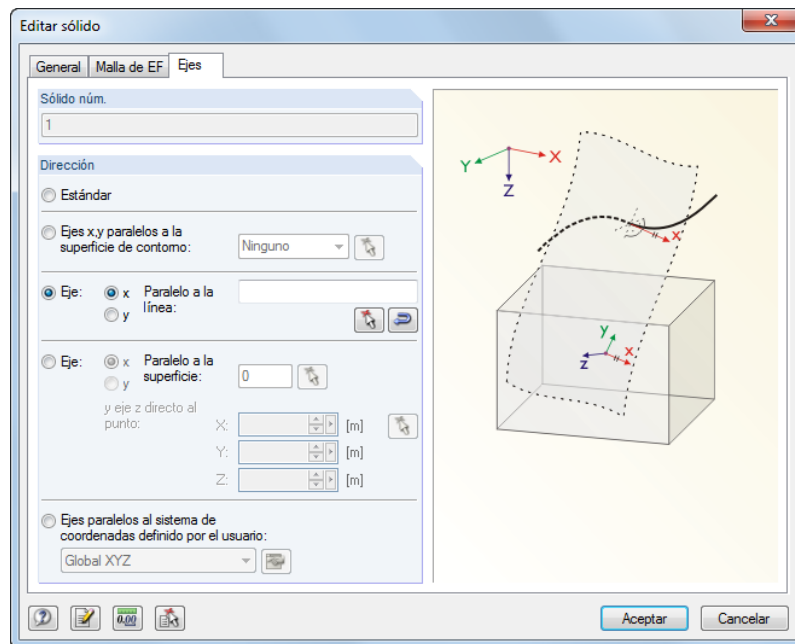


Figura 4.81: Cuadro de diálogo *Editar sólido*, pestaña *Ejes*

Los ejes locales del sólido *x* e *y* se pueden dirigir paralelamente hacia los ejes de una *superficie de contorno*, una *línea*, una *superficie* o en dirección de un *sistema de coordenadas definido por el usuario* (ver capítulo 11.3.4, página 478).

4.6 Huecos

Descripción general



Los huecos se usan para crear recortes en superficies. En áreas donde se colocan huecos no se generan elementos finitos ni tampoco se aplican cargas en superficie.

Los huecos se pueden colocar gráficamente en superficies. RFEM crea una cadena poligonal para varios tipos de huecos y los integra en la superficie.

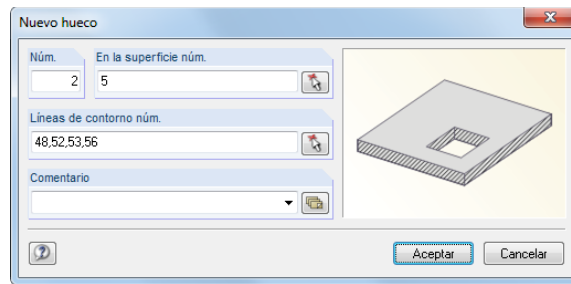


Figura 4.82: Cuadro de diálogo *Nuevo hueco*

Hueco núm.	Líneas de contorno núm.	En la superficie núm.	Área A [m²]	Comentario
1	6-9	1	2.453	Escalera
2	44		0.000	
3				
4				
5				
6				
7				

Figura 4.83: Tabla 1.6 *Huecos*

Líneas de contorno

Introduzca las líneas que encierran al hueco. Éstas se deben definir como cadena poligonal. Los huecos en el borde de una superficie también se admiten.

Al usar la selección gráfica, haga clic en las líneas de contorno del hueco una tras otra en el gráfico. RFEM reconoce el hueco automáticamente tan pronto como se defina el número suficiente de líneas de contorno.

Use el botón *Seleccionar líneas de contorno* en la lista de menú de huecos para seleccionar líneas ya definidas gráficamente. Deben formar una cadena poligonal.

Los huecos se pueden colocar directamente en una superficie que se encuentre en el plano de trabajo usando uno de los botones que se muestra a la izquierda. Los tipos de definición para huecos se basan en los tipos de línea que se describen en el capítulo 4.2, página 50 (por ejemplo un círculo, una elipse). El hueco se crea tan pronto como se hayan determinado las líneas de contorno. Con esta opción de entrada no es necesario crear con antelación las líneas para los huecos.

En superficie

Para superficies planas la integración automática se activa de forma predeterminada. Para superficies curvas tiene que integrar el hueco manualmente. En el cuadro de diálogo *Editar superficie*, seleccione la pestaña *Integrada* e introduzca el número del hueco en el campo de entrada (ver Figura 4.72, página 89).

Área

La columna de tabla muestra el área del hueco.



- Rectángulo
- Rectángulo por centro
- Rectángulo redondeado
- Rectángulo achafianado
- Paralelogramo
- Triángulo
- Forma de L
- Círculo
- Semicírculo
- Segmento circular
- Cuarto de círculo
- Sector circular
- Semianillo
- Cuarto de anillo
- Sector de anillo
- Elipse
- Polígono
- Seleccionar líneas de contorno
- Huecos por ventana

4.7 Apoyos en nudos

Descripción general

Los apoyos se usan para transferir cargas que se apliquen en un sistema estructural en las cimentaciones. Sin apoyos, todos los nudos estarían libres y podrían desplazarse o girarse. Si desea que un nudo actúe como un apoyo, al menos uno de sus grados de libertad se debe bloquear o restringir mediante un muelle. Además, el nudo debe formar parte de una superficie o barra. Las condiciones de contorno de barras se deben considerar también con el fin de excluir articulaciones dobles en los nudos apoyados.

Los apoyos en nudos son necesarios para aplicar deformaciones impuestas.

Es posible proveer apoyos en nudos con propiedades no lineales (criterio de fallo para esfuerzos de tracción o compresión, diagramas de trabajo y rigidez).

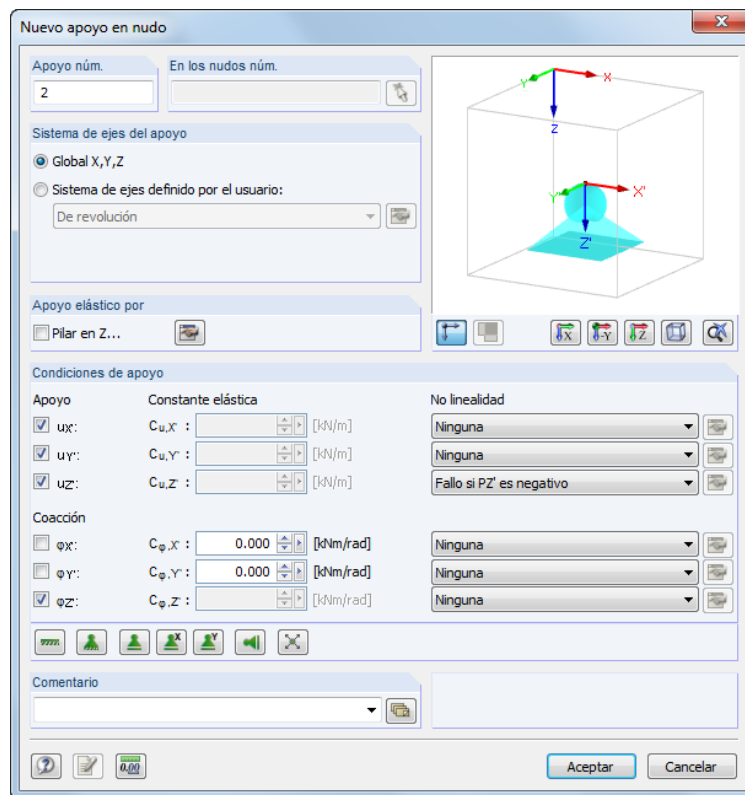


Figura 4.84: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en nudo*

1.7 Apoyos en nudos

Apoyo núm.	En los nudos núm.	Secuencia	Giro del apoyo [°]			Pilar en Z	Apoyo o muelle [MN/m]			Coacción al giro ϕ_x
			sobre X	sobre Y	sobre Z		u_x	u_y	u_z	
1	10,15-17	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	46	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1333.000	
3	4	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Figura 4.85: Tabla 1.7 *Apoyos en nudos*



Para abrir el siguiente cuadro de diálogo, abra el menú **Insertar**, señale **Datos del modelo** y **Apoyos en nudos**, y luego seleccione **Gráficamente**, o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

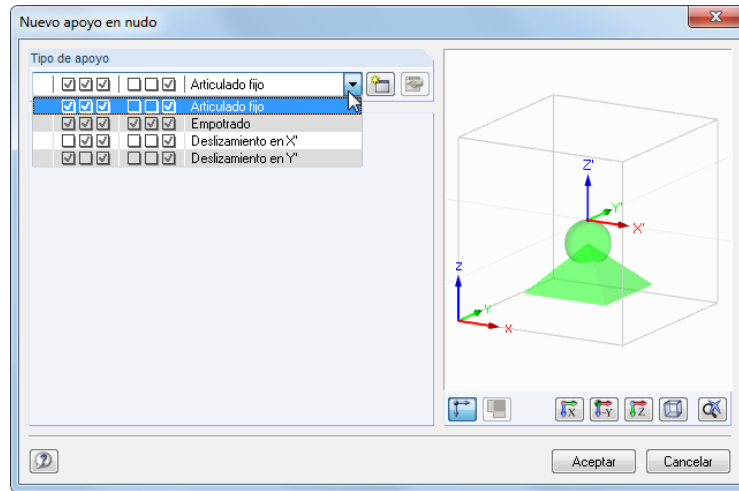


Figura 4.86: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en nudo*

Los siguientes tipos de apoyo están predefinidos y se pueden seleccionar de la lista:

- Articulado fijo (SSS NNS)
- Empotrado (SSS SSS)
- Deslizamiento en X' (NSS NNS)
- Deslizamiento en Y' (SNS NNS)

Tras hacer clic en el botón [Aceptar], puede asignar el tipo de apoyo seleccionado a nudos en el gráfico.



Use el botón [Nuevo] para crear otro tipo de apoyo. El cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 4.84 aparece.



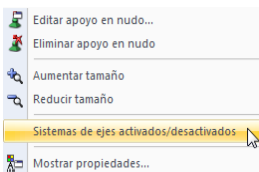
En nudos

Los apoyos singulares se pueden definir sólo en nudos. Introduzca el número de nudos en la columna de tabla o en el campo de entrada del cuadro de diálogo. Puede seleccionarlo también gráficamente.

Giro del apoyo

Cada apoyo en nudo tiene un sistema de coordenadas local que está orientado paralelo a los ejes globales X, Y y Z de forma predeterminada. Use el menú contextual del apoyo en nudo para activar la pantalla para los sistemas de coordenadas del apoyo.

Es posible girar el sistema local del eje del apoyo. Primero, seleccione la *Secuencia* que determina el orden de los ejes X', Y' y Z' locales del apoyo. Luego, introduzca el ángulo de giro para los ejes X, Y y Z globales en los campos de entrada debajo de *Girado en torno a*. Puede también usar los botones del diálogo [►] para definir el giro del apoyo gráficamente.



Menú contextual del apoyo en nudo

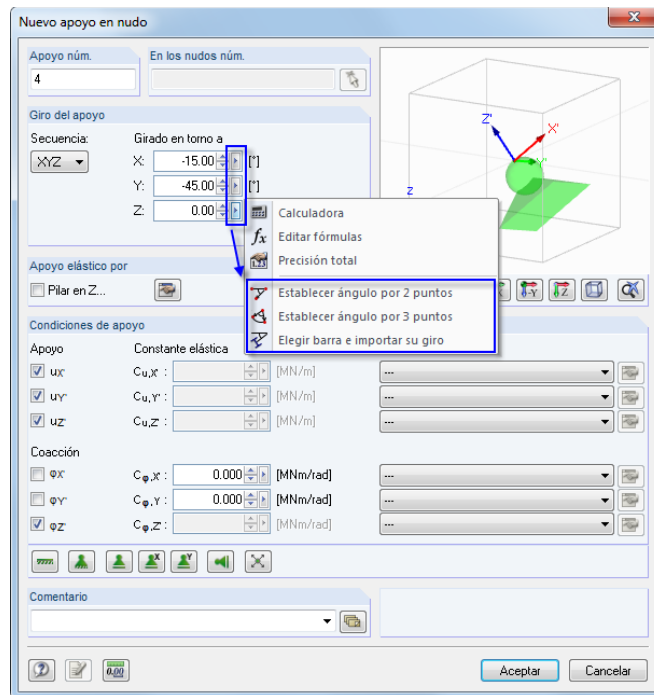


Figura 4.87: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en nudo* con opciones para giro del apoyo

El giro del apoyo introducido se muestra en el gráfico de diálogo interactivo.



Cuando el cálculo se completa, es posible evaluar las reacciones del apoyo de un apoyo en nudo girado en relación al sistema de ejes global así como local.

Pilar en Z

Con frecuencia, las condiciones estructurales reales no se representan suficientemente mediante un apoyo en nudo, por ejemplo cuando la zona del apoyo tiene dimensiones grandes. Tales condiciones de apoyo se pueden representar en RFEM mediante elementos macro de pilar especiales considerando el material y la geometría del pilar. RFEM calcula las rigideces del muelle y ajusta las condiciones de apoyo. Debido al modelado realista, es posible evitar singularidades que se producirían en un nudo individual de EF cuando se define un apoyo rígido.

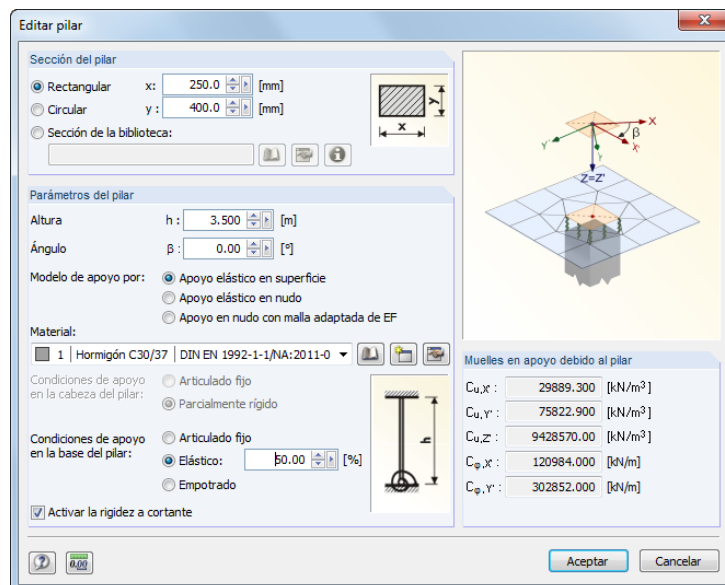


Figura 4.88: Cuadro de diálogo *Editar pilar*

Defina la sección del pilar en la sección del diálogo *Sección del pilar*. Los campos de entrada se cambian según el tipo de pilar seleccionado *Rectangular*, *Circular* o *Sección de la biblioteca*. De este modo, además de los pilares de hormigón armado, puede usar secciones de acero como secciones del pilar.

Es más, la *Altura h* del pilar afecta a las constantes de muelles a traslación y torsión. En la sección del diálogo *Parámetros del pilar*, defina cómo se modelan los pilares en la estructura:

- El *Apoyo elástico en superficie* representa una subsuperficie interna (área recortada) del área del pilar que está apoyado elásticamente. Los coeficientes de cimentación se calculan a partir de la geometría y material del pilar.
- El *Apoyo elástico en nudo* representa también una subsuperficie interna pero que está apoyada sólo en un nudo. El apoyo se modela mediante muelles a traslación y torsión que se calculan a partir de la geometría del pilar y su material. Internamente, el espesor de la superficie se duplica para considerar una rigidez de flexión superior dentro del área del pilar.
- El *Apoyo en nudo con malla adaptada de EF* corresponde al apoyo en nudo elástico, pero no se aplican muelles para los apoyos con forma de punto.



En el módulo adicional RF-CONCRETE Surfaces, las superficies recortadas no se pueden calcular para ninguna de las tres opciones de modelo. En su lugar, se usan los esfuerzos internos en las líneas de contorno del pilar.



Cuando selecciona *Apoyo elástico en superficie* o *Apoyo elástico en nudo*, tiene que introducir más datos para el pilar. Seleccione el *Material* del pilar de la lista de materiales ya definidos, o cree un material nuevo del pilar (ver capítulo 4.3, página 62).

Para determinar las rigideces de muelles, se requieren requisitos para las *Condiciones de apoyo en la cabeza del pilar y base del pilar*. Si marca la casilla de verificación para *Activar la rigidez de cortante*, las rigideces de cortante afectarán también a las constantes de los *Muelles del apoyo debidos al pilar*.

Los muelles del nudo se determinan de los parámetros introducidos que se muestran en la sección del diálogo a la derecha.

Apoyo o muelle

Para definir un apoyo, seleccione la opción correspondiente en el cuadro de diálogo o tabla. La marca de verificación indica que el grado de libertad correspondiente está bloqueado y el desplazamiento del nudo en la dirección correspondiente no es posible.

Si no desea definir apoyos, vacíe la casilla de verificación correspondiente. Luego, RFEM establece la constante del muelle translacional a cero en el cuadro de diálogo *Apoyo en nudo*. Siempre es posible modificar la constante elástica con el fin de representar un apoyo elástico del nudo. En la tabla, introduzca la constante directamente en la columna de la tabla.



Las rigideces elásticas se deben introducir como valores de cálculo.

A continuación se describe la asignación de propiedades de apoyo no lineal.

Coacción o muelle

Las coacciones se definen de una forma similar a los apoyos. De nuevo, la marca de verificación indica que el grado de libertad correspondiente está bloqueado y el desplazamiento del nudo en la dirección correspondiente no es posible. Las constantes para los muelles del giro se pueden definir tan pronto como se vacíen las casillas de verificación. En la tabla, introduzca la constante elástica directamente en la columna de tabla correspondiente.



El cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en nudo* (ver Figura 4.84, página 100) ofrece botones para tipos de apoyos diferentes, haciendo más sencilla la definición de grados de libertad.



Figura 4.89: Botones en el cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en nudo*

Los botones tienen las siguientes funciones usadas para las propiedades del apoyo:








Botón	Tipo de apoyo
	Empotrado
	Articulado fijo
	Deslizamiento en X' e Y'
	Deslizamiento en X'
	Deslizamiento en Y'
	Deslizamiento en Z'
	Articulado móvil

Tabla 4.3: Botones en el cuadro de diálogo *Apoyo en nudo*

No linealidades

Para controlar en detalle la transferencia de esfuerzos internos, es posible ofrecer apoyos en nudo con propiedades no lineales. La lista de no linealidades incluye las siguientes opciones:

- Fallo del componente si el esfuerzo del apoyo o momento es negativo o positivo
- Fallo total el apoyo si el esfuerzo del apoyo o momento es negativo o positivo
- Actividad parcial
- Diagrama
- Fricción dependiente de los esfuerzos en los apoyos restantes

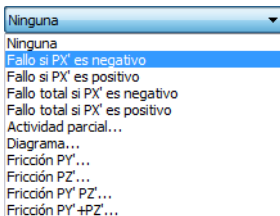
Es posible acceder a las propiedades no lineales en el cuadro de diálogo y tabla usando la lista (ver Figura 4.84 y Figura 4.85). De esta manera, puede definir para cada grado de libertad del apoyo cuales fuerzas o momentos se transfieren al nudo apoyado.

Los apoyos eficaces no lineales se representan con un color diferente en el gráfico. En la tabla, los elementos del apoyo con propiedades no lineales se indican mediante una casilla de verificación azul.

Fallo si la fuerza/momento es positivo o negativo

Ambas opciones representan un control fácil para decidir si el apoyo puede usar sólo fuerzas/momentos positivos o negativos: si el esfuerzo interno (fuerza o momento) actúa en la dirección prohibida, el componente relevante del apoyo falla. Las retenciones y coacciones restantes son aún eficaces.

Las direcciones *positivas* o *negativas* se refieren a las fuerzas o momentos que se sitúan en el apoyo en nudo respecto a los ejes respectivos (estos no se refieren a los esfuerzos de reacción del apoyo). Por lo que los signos son el resultado de la dirección de los ejes globales. Si los ejes globales Z tienen orientación descendente, el caso de carga "Peso propio" resulta ser un esfuerzo positivo en el apoyo Pz.



Fallo total si la fuerza/momento es positivo o negativo

En contraste al fallo de un componente singular descrito anteriormente, el apoyo falla completamente tan pronto como el componente sea ineficaz.



Para acceder a los cuadros de diálogo siguientes, use los botones [Editar no linealidad] o [▼] a la derecha de la lista disponible en el cuadro de diálogo y tabla.

Actividad parcial

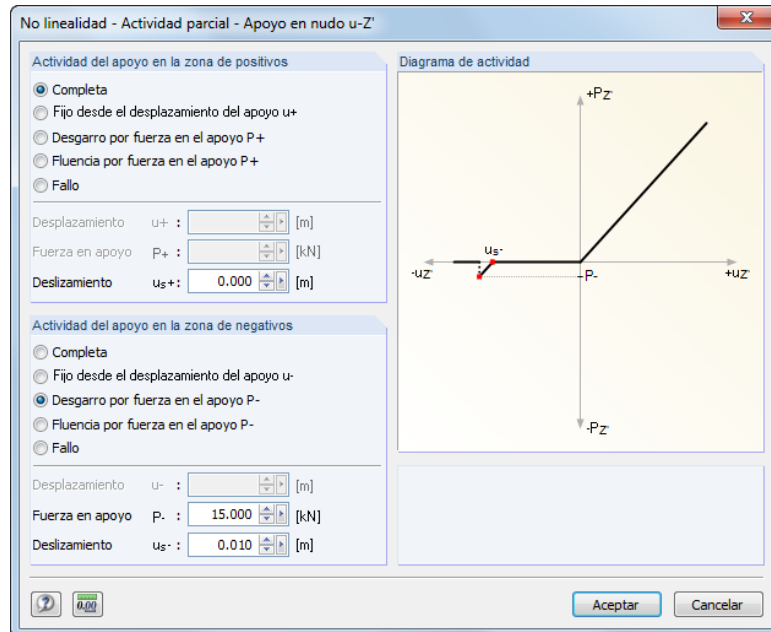


Figura 4.90: Cuadro de diálogo *No linealidad - Actividad parcial*

Los efectos del apoyo se pueden definir por separado para la *Zona de positivos* y la *Zona de negativos*. La regla del signo se describe en el párrafo anterior. Además de la actividad *Completa* o *Fallo* completo, el apoyo se puede colocar para que sea eficaz sólo en caso de ser desplazado o girado un cierto grado. En este caso, un muelle a traslación o torsión debería definirse antes.

Es más, el *Desgarro* (fallo del apoyo al sobrepasar una cierta fuerza o momento) así como la *Fluencia* (eficaz sólo hasta que se alcance la fuerza o el momento) se puede colocar en combinación con un *Deslizamiento*.

Observe el gráfico del diálogo dinámico *Diagrama de actividad* para comprobar las propiedades del apoyo.

Diagrama

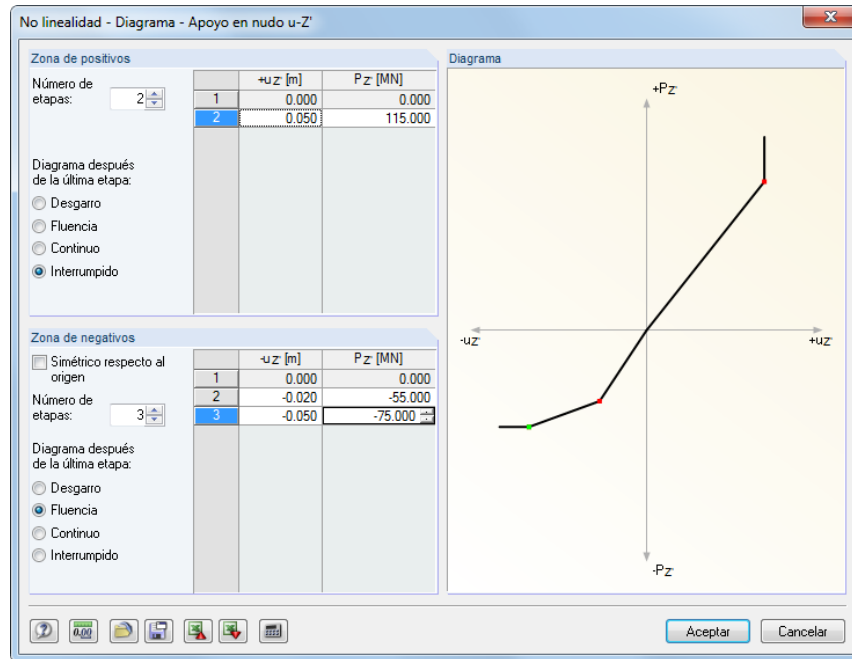


Figura 4.91: Cuadro de diálogo *No linealidad - Diagrama*

Los efectos del apoyo se pueden definir por separado para la *Zona de positivos* y la *Zona de negativos*. Primero, defina el *Número de etapas* (esto significa puntos de definición) para el diagrama de trabajo. Luego, introduzca los valores de abscisa de los desplazamientos o giros con las fuerzas o momentos en apoyos correspondientes en la lista de la derecha.

Puede encontrar varias opciones para el *Diagrama después de la última etapa*: *Desgarro* para el fallo del apoyo al exceder, *Fluencia* para restringir la transferencia a una fuerza o momento máximo disponible en el apoyo, *Continuo* como en la última etapa, o *Interrumpido* para restringir un desplazamiento o giro máximo disponible seguido de una actividad de apoyo rígido o coaccionado.

Fricción dependiente del esfuerzo en el apoyo

Use las cuatro opciones de fricción para establecer los esfuerzos en el apoyo transferidos en relación a las fuerzas de compresión que actúan en otra dirección. Dependiendo de su selección, la fricción depende de un solo esfuerzo en el apoyo o del esfuerzo total de dos esfuerzos en el apoyo actuando simultáneamente.

Haga clic en el botón del diálogo [Editar] para abrir el cuadro de diálogo donde puede definir el *Coefficiente de fricción* μ .

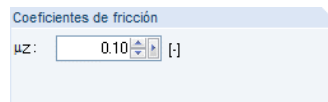
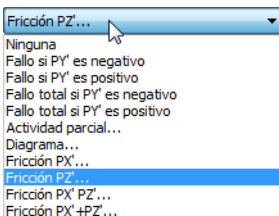


Figura 4.92: Cuadro de diálogo *Fricción en uX'* (sección del diálogo)

La siguiente relación existe entre el esfuerzo axial y el esfuerzo de fricción del apoyo:

$$P_{\text{Support}} = \mu \cdot P_{\text{Axial force}}$$

Ecuación 4.11



4.8 Apoyos en línea

Descripción general

Los apoyos en línea describen las condiciones de contorno de todos los nudos de EF disponibles a lo largo de una línea. Los desplazamientos y giros en estos nudos internos se pueden evitar o limitar mediante muelles a traslación y torsión.

Puede asignar propiedades no lineales para desplazamientos de apoyos en línea de tal manera que sea ineficaz en caso de tracción o compresión.

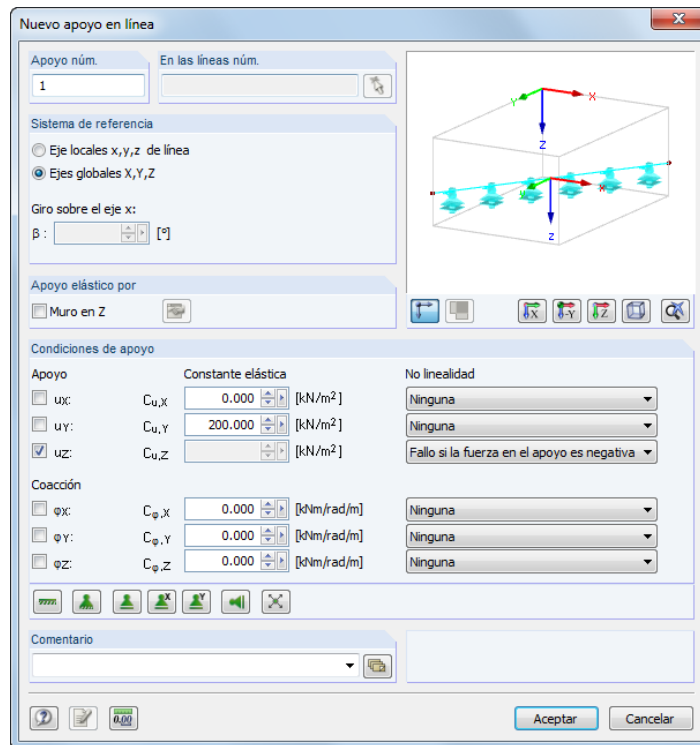


Figura 4.93: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en línea*

Apoyo núm.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	En las líneas núm.	Sistema de referencia	Giro β [°]	Muro en Z	Apoyo o muelle [MN/m ²]			Coacción al giro o muelle [MNm/rad/m]			Comentario
					ux	uy	uz	φx	φy	φz	
1	6,9,15	Global		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	4	Local	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	200.000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	3	Global		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4							Sí				
5							No				
6							Constante elástica				
7							Ineficacia...				
8											

Figura 4.94: Tabla 1.8 *Apoyos en línea*



Para abrir el siguiente cuadro de diálogo, abra el menú **Insertar**, señale **Datos del modelo** y **Apoyos en línea**, y luego seleccione **Gráficamente**, o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda:

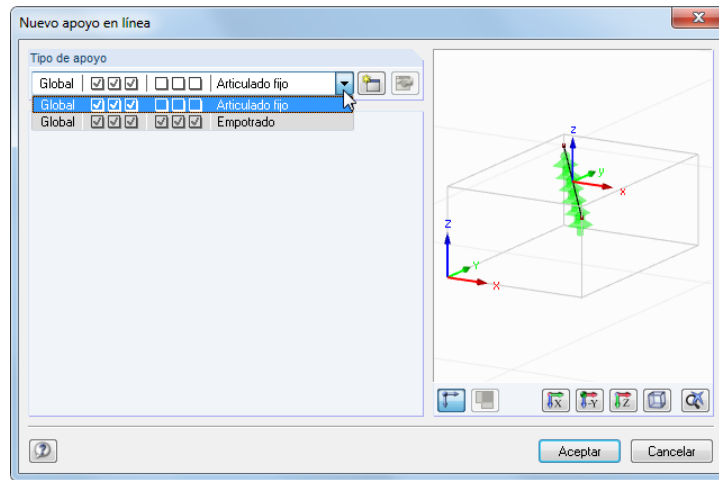


Figura 4.95: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en línea*

Los tipos de apoyos *Articulado fijo (SSS NNN)* y *Empotrado (SSS SSS)* están predefinidos y se pueden seleccionar de la lista. Tras hacer clic en el botón [Aceptar] puede asignar el tipo de apoyo seleccionado para líneas en el gráfico.



Use el botón [Nuevo] para crear otro tipo de apoyo. El cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 4.93 aparece.

En las líneas

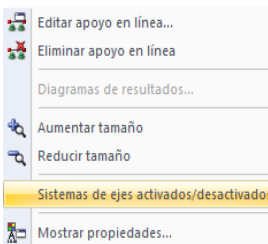
Los apoyos en línea se pueden definir sólo en las líneas que pertenezcan a una superficie o a un sólido. Introduzca un número de línea en la columna de tabla o campo de entrada del cuadro de diálogo. Puede seleccionarlo también gráficamente.



Sistema de referencia

Los parámetros del apoyo se pueden relacionar a los ejes de línea *x, y y z Local* o a los ejes *X, Y y Z Global*. Los índices en la sección del diálogo *Condiciones del apoyo* así como encabezados de columnas de tabla E a J cambian en función de la configuración seleccionada.

La representación del sistema de ejes local de las líneas incluyendo la numeración se puede establecer en el navegador *Mostrar*. También puede usar el menú contextual de un apoyo en línea.



Menú contextual del apoyo en línea

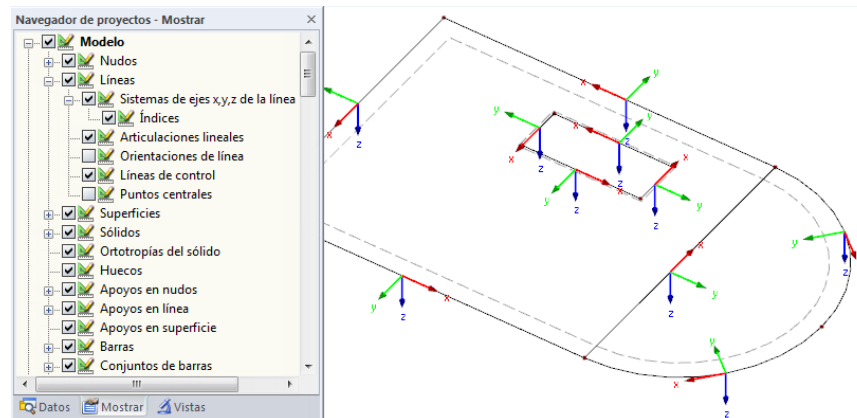


Figura 4.96: Activación del sistema de ejes local en línea *x,y,z* en el navegador *Mostrar*

Giro del apoyo

Es posible girar el sistema de ejes de un apoyo en línea local. El *Giro* respecto a un ángulo positivo β gira el apoyo en sentido horario alrededor del eje x positivo de la línea.

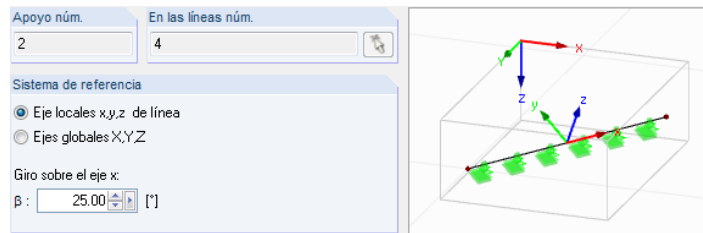


Figura 4.97: Giro del apoyo



El giro del apoyo introducido se muestra en el gráfico del diálago dinámico.

Cuando el cálculo se completa, es posible evaluar las reacciones del apoyo de un apoyo en línea girado en relación al sistema de ejes global y local.

Muro en Z

Cuando una superficie se apoya en un muro, se considera como un apoyo elástico que depende de las rigideces del muro. Un apoyo en línea fijo no representaría flexibilidad apropiadamente. Para tal tipo de apoyo puede definir un *Muro*: RFEM calcula las constantes de muelles a traslación y torsión a partir del material y la geometría del muro. Esta opción es especialmente útil para placas 2D para evitar singularidades que ocurrirían para una línea apoyada rígidamente.

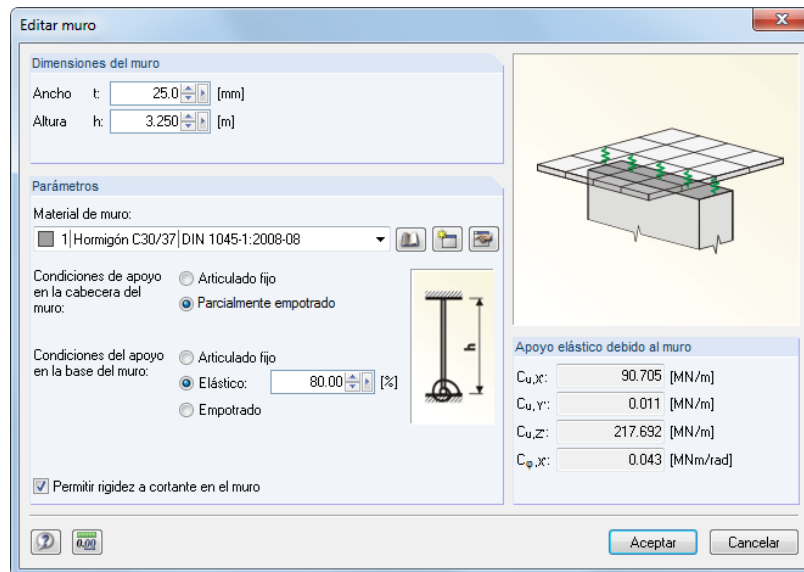


Figura 4.98: Cuadro de diálogo *Editar Muro*

En la sección del diálogo *Dimensiones del muro*, defina la geometría. Además del *Ancho t*, la *Altura h* también afecta a las constantes de los muelles a traslación y torsión.



En la sección del diálogo *Parámetros*, seleccione el *Material del muro* de la lista de materiales ya definidos. Puede también crear un material de muro nuevo (ver capítulo 4.3, página 62).

Para determinar las rigideces del muelle, se requieren requisitos para las *Condiciones de apoyo en la cabecera del muro* y *base del muro*. Si marca la casilla de verificación para *Permitir rigidez a cortante*, la rigidez a cortante afectará también a las constantes de los *Muelles del apoyo debido al muro*.

Las constantes elásticas determinadas de los parámetros introducidos se muestran en la sección del diálogo a la derecha.

Los anchos del muro se representan en la línea apoyada en el gráfico.

Apoyo o muelle

Para definir un apoyo, seleccione la opción correspondiente en el cuadro de diálogo o tabla. La marca de verificación indica que el grado relevante de libertad se bloquea y el desplazamiento de la línea en la dirección respectiva no es posible.

Si no desea definir apoyos, vacíe la casilla de verificación correspondiente. RFEM establece la constante del muelle traslacional a cero en el cuadro de diálogo *Apoyo en línea*. Siempre es posible modificar la constante elástica para representar un apoyo elástico de la línea. En la tabla, introduzca la constante directamente en la columna de tabla.



Las rigideces del muelle se consideran como valores de cálculo.

La asignación de un criterio de fallo se describe a continuación.

Coacción o muelle

Las coacciones se definen en una forma similar como apoyos. De nuevo, la marca de verificación indica que el grado relevante de libertad se bloquea y el desplazamiento de línea en la dirección respectiva no es posible. Las constantes para los muelles del giro se pueden definir tan pronto como se vacían las casillas de verificación. En la tabla, introduzca la constante elástica directamente en la columna de tabla correspondiente.



El cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en línea* (ver Figura 4.93, página 107) ofrece botones para tipos de apoyos diferentes, haciendo más fácil la definición de los grados de libertad.

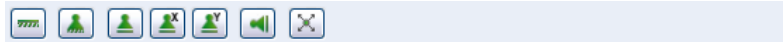


Figura 4.99: Botones en el cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en línea*

Los botones tienen las siguientes funciones usadas para las propiedades del apoyo:








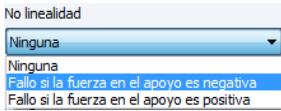
Botón	Tipo de apoyo
	Empotrado
	Articulado fijo
	Deslizamiento en X' e Y'
	Deslizamiento en X'
	Deslizamiento en Y'
	Deslizamiento en Z'
	Articulado móvil

Tabla 4.4: Botones en el cuadro de diálogo *Apoyo en línea*

No linealidades

Puede asignar las siguientes características no lineales a los apoyos o muelles a traslación de un apoyo en línea:

- Fallo si la fuerza en el apoyo es positiva
- Fallo si la fuerza en el apoyo es negativa



Es posible acceder a las propiedades no lineales en el cuadro de diálogo y tabla usando la lista (ver Figura 4.93 y Figura 4.94). Use esta configuración para definir para cada elemento del apoyo si se transfieren sólo fuerzas positivas o negativas en la línea apoyada.

Positiva o negativa se refiere a las fuerzas que se introducen en el apoyo en dirección de los ejes respectivos (no se refiere a los esfuerzos de reacción del apoyo en línea). Por lo que los signos son el resultado de la dirección de los ejes local o global. Por ejemplo, si el eje local z de una línea tiene dirección descendente, el caso de carga "Peso propio" resulta en un fuerza de apoyo positiva p_z .

Las fuerzas eficaces no lineales de líneas se representan con un color diferente en el gráfico. En la tabla, puede reconocer los elementos del apoyo con un criterio de fallo mediante una casilla de verificación azul.

4.9 Apoyos en superficie

Base teórica

Una cimentación de superficie elástica representa un apoyo elástico de todos los elementos 2D de una superficie.

En el modelo de cimentación WINKLER, el suelo se asume como un líquido ideal donde flota la losa. Este modelo se basa en las diferencias significantes entre el módulo de elasticidad para el hormigón y el suelo (linealizado), el cual habitualmente se representa a 1000:1 y más. Matemáticamente, la suposición de Winkler es la siguiente:

$$p_z = C_z \cdot w_z$$

Ecuación 4.12

En cada punto, la presión de contacto p_z se coloca en relación al desplazamiento w_z mediante la constante de cimentación C_z . Sin embargo, la suposición implica que cada punto se desplace independientemente de todos los demás nudos del plano del piso. De este modo, el suelo circundante es irrelevante para la deformación de una superficie (Figura 4.100a).

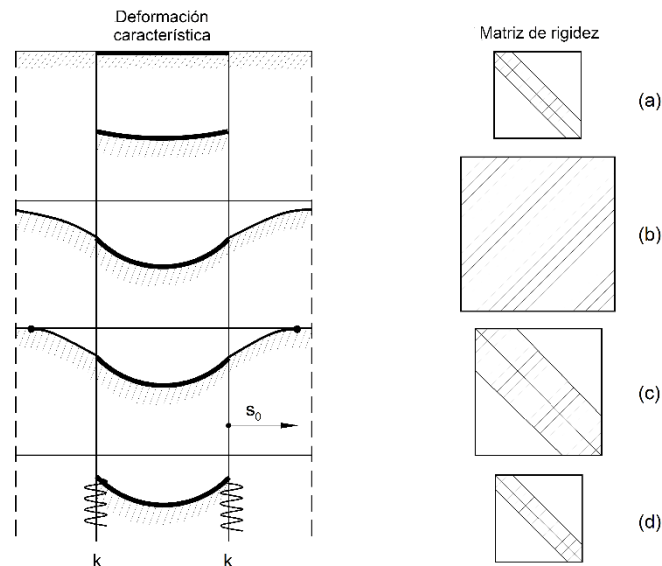


Figura 4.100: Correlación entre la figura de deformación y el ancho de banda de la matriz de rigidez

Este modelo de cimentación rudimentario ya no se ajusta a los requisitos modernos.

Un tipo mejorado de modelado de cimentaciones elásticas se basa en la *aproximación del módulo de rigidez*. En este modelo, el suelo se considera como un espacio medio elástico con todos

sus nudos correlacionando matemáticamente y mecánicamente. Esto conlleva a una cuenca de subsidencia con efectos de amortiguación. La desventaja de este modelo de suelo de cimentación es un sistema matricial enorme (Figura 4.100b).

El algoritmo de RFEM hace uso del modelo de suelo eficaz según KOLAR / NEMEC, unificando las ventajas de ambos modelos. Este modelo de suelo de cimentación se basa en la teoría de PASTERNAK [8]:

- Para la losa que está en contacto con el suelo, sólo las propiedades mecánicas del espacio medio elástico o plástico en el hueco de contacto son importantes. Por lo tanto, los efectos tridimensionales se condensan en el hueco de contacto, lo que significa que se transfieren a un problema 2D.
- El modelo WINKLER realiza la condensación 2D (ver Ecuación 4.12), aunque es deficiente en términos de energía. Al incluir un segundo coeficiente C_v para la capacidad de cortante del suelo, se establece la coacción del suelo además del borde de la losa. Una cuenca de subsidencia natural con dimensiones limitadas se forma, como es posible verificar en la realidad.
- Se crean dos sistemas paramétricos (C_u, C_v). $C_{u,z}$ corresponde aproximadamente a la constante de cimentación WINKLER y se puede aplicar de esta manera en cálculos prácticos. En detalle, el sistema completo consiste en cinco parámetros: $C_{u,x}, C_{u,y}, C_{u,z}, C_{v,x}$ y $C_{v,y}$.

La Figura 4.100c muestra una comparativa de este modelo de suelo. Numéricamente, el modelo de EF es tan estable como el modelo WINKLER. Sin embargo, la incorporación de elementos del suelo en la cuenca de subsidencia resulta en un sistema matricial mayor.

El modelo KOLAR/NEMEC también se mejora. La experiencia muestra que los elementos del suelo se pueden eliminar del sistema con la ayuda de medidas apropiadas. El modelo de suelo eficaz implementado en RFEM se representa simbólicamente en la Figura 4.100d. De este modo, la desventaja del sistema matricial mayor se elimina. Encuentre una descripción detallada del modelo de cimentación eficaz en [4].

El suelo ("cuña del suelo") se elimina del modelo de superficie al convertir su rigidez en una línea de contorno elástica y un apoyo en nudo de esquina.

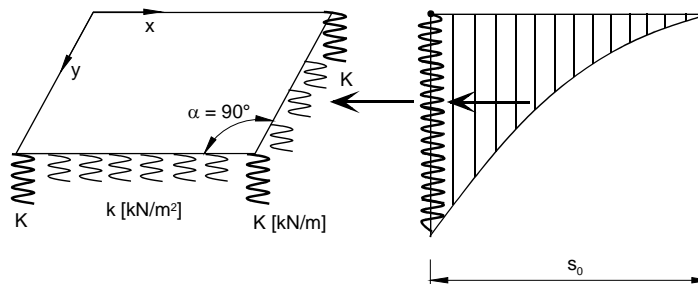


Figura 4.101: Conversión del suelo circundante en apoyos en línea o apoyos en nudos de esquina.

En una primera aproximación, las constantes elásticas k y K del apoyo en línea y en nudo de esquina se calculan según las siguientes ecuaciones:

$$k = \sqrt{C_{u,z} \cdot C_{v,\text{perpendicular}}}$$

Ecuación 4.13: Constante elástica del apoyo en línea

$$K = \frac{C_{v,x} + C_{v,y}}{4}$$

Ecuación 4.14: Constante elástica del apoyo en nudo de esquina

En la Ecuación 4.13 tiene que insertar el parámetro C_v que actúa perpendicular a la línea de borde.

La Ecuación 4.14 se usa para esquinas con un ángulo $\alpha = 90^\circ$ (ver [17] para otras magnitudes de ángulo). Los ángulos superiores a 90° resultan en valores menores de K . Sin embargo, si $\alpha = 0^\circ$, $K = 0$ también.



Los muelles que se determinan de esta forma se deben organizar, además de la cimentación elástica de la superficie, como los apoyos en línea y en nudo en el modelo.

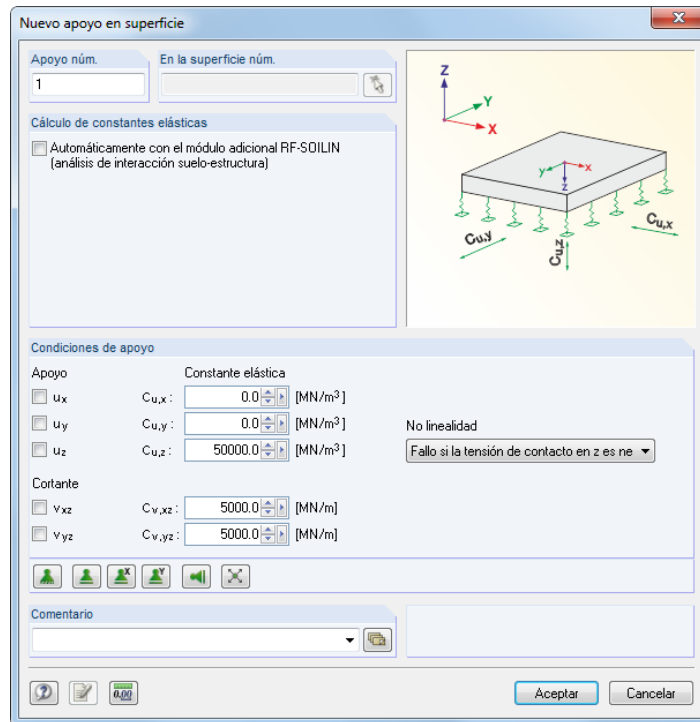


Figura 4.102: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en superficie*

Apoyo núm.	En las superficies núm.	Constantes elásticas por RF-SOILIN	Apoyo o muelle a traslación [MN/m³]	Muelle a cortante [MN/m]	Cor	
			u_x u_y u_z	x y		
1	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50000.0	5000.0	5000.0
2	2-4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	30000.0	3000.0	3000.0
3				Sí		
4				No		
5				Constante elástica		
6				Ineficacia...		

Figura 4.103: Tabla 1.9 *Apoyos en superficie*

En superficies

Introduzca los números de las superficies para que sea compatible en la columna de tabla o en el campo de entrada del cuadro de diálogo. Puede seleccionarlas también gráficamente.

Constantes elásticas con RF-SOILIN

Cada suelo tiene características elásticas o plásticas no lineales más o menos distintivas. Para determinar los coeficientes fácilmente, use el módulo adicional RF-SOILIN de Dlubal. El programa realiza cálculos de asentamientos que están basados en acciones de carga y resultados de perforaciones y sondeos. Después, determina los coeficientes del muelle en cada elemento finito. En el módulo adicional, se pueden considerar diferentes capas de suelo en varios puntos registrados.



Si se selecciona la opción y no hay resultados de RF-SOILIN disponibles, los coeficientes de cimentación se determinan antes de que el cálculo de RFEM se realice.

Apoyos $u_x / u_y / u_z$ o muelles $C_{u,x} / C_{u,y} / C_{u,z}$

Las direcciones de apoyos o muelles se refieren a los ejes locales de superficies x , y y z . Use el navegador *Mostrar* o el menú contextual de una superficie para mostrarla en el gráfico (ver Figura 4.73, página 90).



Las rigideces del muelle se deben introducir como valores de cálculo.

Si el apoyo actúa perpendicular a la superficie, introduzca la constante del apoyo o muelle en el campo de entrada $C_{u,z}$. El parámetro es prácticamente igual al módulo WINKLER de cimentación C_z . Se puede tomar del conocimiento del suelo.

Los parámetros $C_{u,x}$ y $C_{u,y}$ representan los muelles a traslación que describen la resistencia de la cimentación en contraste con el desplazamiento en las direcciones de la superficies x o y . En el caso de una losa de piso, la resistencia se define en las direcciones horizontales (carga independiente).



En el gráfico, los muelles se sitúan siempre en dirección del eje positivo de la superficie z . Si los símbolos del muelle están en el lado "incorrecto" de la superficie, puede cambiar la orientación del eje z local rápidamente: haga clic con el botón secundario en la superficie para abrir el menú contextual y seleccione *Invertir sistema de ejes local*. Esta opción sólo está disponible para modelos 3D, no para modelos planos. Al cambiar la configuración, tenga en cuenta que el criterio de fallo cambia también la dirección de la acción.

Los apoyos empotrados lo hacen posible, por ejemplo para modelos de sólido simétricos, para representar sólo una parte del modelo. De esta manera, puede incrementar la velocidad del cálculo considerablemente.

Muelles a cortante $C_{v,x} / C_{v,y}$

Estos campos de entrada se usan para considerar la capacidad de cortante del suelo en dirección de los ejes de la superficie x o y . En la mayoría de casos, la constante PASTERNAK C_v se encuentra entre $0,1 \cdot C_z$ (capacidad de cortante menor) y $0,5 \cdot C_z$ (capacidad de cortante media). Generalmente, $C_{v,x} = C_{v,y}$ se puede aplicar.

La idea central del modelo eficaz es enlazar el parámetro $C_{u,z}$ y C_v por medio del coeficiente s según las ecuaciones siguientes.

$$C_{v,x} = C_{u,z} \cdot s_x^2$$

Ecuación 4.15: Constante de muelle a cortante $C_{v,x}$

$$C_{v,y} = C_{u,z} \cdot s_y^2$$

Ecuación 4.16: Constante de muelle a cortante $C_{v,y}$

El valor s es una analogía de la longitud elástica para vigas con cimentación elástica. Esta ecuación empírica se deriva de las medidas del asiento (ver Figura 4.100c, página 111):

$$s_0 = 4,0 \text{ s hasta } 5,9 \text{ s} \qquad \text{Promedio:} \qquad s_0 = 4,5 \text{ s}$$

Ecuación 4.17: Cuenca de subsidencia s_0

La cuenca de subsidencia s_0 que se menciona en la Ecuación 4.17 se entiende mejor desde un sentido de terminología energético que geométrico. En la construcción práctica, s_0 se define como una distancia desde el borde de la placa donde los asientos están por debajo del 1 % de los valores de borde de la cimentación. Si un valor de referencia para s_0 se conoce, s se calcula según la Ecuación 4.17. Como resultado, se obtiene el valor de C_v según la Ecuación 4.15 y la Ecuación 4.16. Si no hay medidas disponibles, pero determinando o estimando el valor de C_v del tipo de suelo es posible, puede derivar el valor de s como sigue:

$$s_x = \sqrt{\frac{C_{v,x}}{C_{u,z}}} \quad \text{o} \quad s_y = \sqrt{\frac{C_{v,y}}{C_{u,z}}}$$

Ecuación 4.18

La determinación de C_v es el problema principal al aplicar el modelo de cimentación según PASTERNAK. Si C_v se aproxima a cero, este modelo cambia respecto al modelo energético defectuoso WINKLER. Si C_v se aproxima al infinito, alcanzar la cuenca de subsidencia s_0 se vuelve también interminable. Entonces, la energía de deformación del suelo es una expresión infinita, el asiento cambia desde que los asientos se aproximan a cero. Por lo tanto, los valores elevados no realistas de C_v conllevan a problemas numéricos en el algoritmo de EF.

Para perder arena por ejemplo, C_v se aproxima a cero. Para tipos de rocas compactas, sin embargo, es posible asumirlo próximo a $1.0 \cdot C_{u,z}$.

KOLAR [17] ofrece una tabla resumen con los siguientes valores orientativos. Tenga en cuenta que no sustituyen a los valores de conocimiento de un suelo.

Consistencia del suelo	$C_{u,z}$	Capacidad de cortante C_v		
		Ninguna	Media	Elevada
	[kN/m ³]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
muy blando	1 000	0	500	1 000
medio denso	10 000	0	5 000	10 000
duro	100 000	0	50 000	100 000

Tabla 4.5: Valores auxiliares para $C_{u,z}$ y C_v



El cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en superficie* (ver Figura 4.102, página 113) ofrece botones para tipos de apoyo diferentes, haciendo más sencilla la definición de grados de libertad.



Figura 4.104: Botones en el cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en superficie*

Los botones tienen las siguientes funciones usadas para las propiedades del apoyo:







Botón	Tipo de apoyo
	Articulado fijo
	Deslizamiento en x e y
	Deslizamiento en x
	Deslizamiento en y
	Deslizamiento en z
	Articulado móvil

Tabla 4.6: Botones en el cuadro de diálogo *Apoyo en superficie*

No linealidad

El apoyo se puede excluir para las tensiones de contacto positivas o negativas que ocurren en dirección del desplazamiento u_z : la cimentación falla por ejemplo en caso de fuerzas de elevación. Especifique la configuración mediante la lista disponible en el cuadro de diálogo o tabla (ver Figura 4.103, página 113).

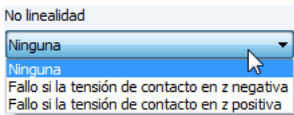
Positiva o negativa se refiere a las tensiones que actúan en dirección (o dirección opuesta) del eje local z de la superficie: las tensiones de contacto positivas se producen cuando la losa del piso está tensionada por el peso propio, y el eje global Z, así como el eje local z, tienen ambos orientación descendente. Si el eje de superficie z tiene orientación ascendente, la tensión de contacto debería ser negativa.

La opción de representación de los ejes de superficie locales se muestra en la Figura 4.73, página 90.

Los apoyos no lineales eficaces en superficie se representan con un color diferente en el gráfico. En la tabla, los valores característicos u_z de tales apoyos se muestran en azul.

Cuando existe una no linealidad, RFEM calcula las deformaciones y tensiones mediante varias iteraciones. Los programas encuentran que elementos finitos se vuelven libres de tensiones si la cimentación ya no está activa debido al fallo.

Tenga en cuenta que puede ocurrir para las combinaciones de resultados con apoyos que actúan no linealmente, que resultan en un fallo del apoyo localmente diferente. En aquellos casos, se recomienda usar combinaciones de carga (ver ejemplo en la Figura 5.28, página 208).



4.10 Articulaciones lineales

Descripción general

Las superficies que se tocan entre sí en una línea se encuentran conectadas rígidamente a la misma. Con una articulación lineal puede excluir grados de libertad particulares de la transferencia.

Las articulaciones lineales se pueden disponer en líneas de contorno de superficies. Además, se pueden asignar a líneas integradas en una superficie que se muestra a la izquierda.

Una articulación lineal es un atributo de una superficie, no de una línea. De este modo, se debe asignar a una superficie.

Para asignar una articulación lineal gráficamente,

seleccione **Datos del modelo** en el menú **Insertar**, señale **Articulaciones lineales** y haga clic en **Asignar a líneas gráficamente**.

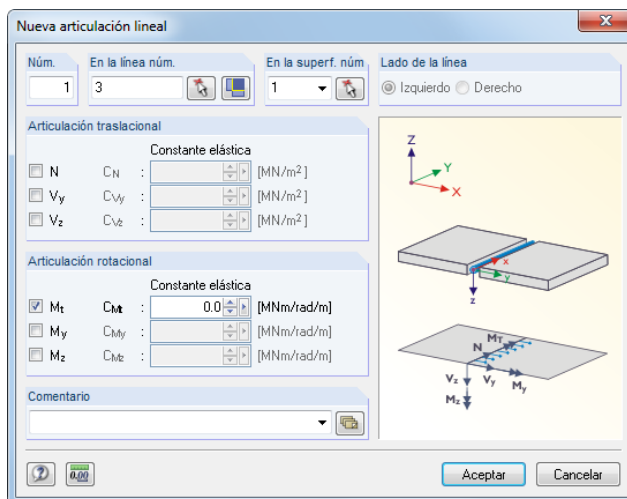
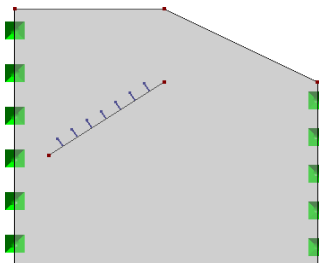


Figura 4.105: Cuadro de diálogo Nueva articulación lineal

1.10 Articulaciones lineales										
Articul. núm.	A Línea núm.	B Superficie núm.	C Lado	D Articulación o muelle axial/a cortante [MN/m ²]	E Vy	F Vz	G Articulación o muelle a torsión [MNm/rad/m]	H My	I Mz	J Comentario
1	3	1		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	22	2		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3							Sí			
4							No			
5							Constante elástica			
6										

Figura 4.106: Tabla 1.10 Articulaciones lineales

En línea

Introduzca el número de la línea donde desee definir la articulación. Puede también usar la lista o seleccionar la línea gráficamente. Antes de seleccionar la superficie, defina la configuración en el cuadro de diálogo. Puede importar todas las líneas de contorno de la superficie haciendo clic en el botón [Todas las líneas de contorno].

En superficie

Asigne la articulación lineal a una superficie. Como la articulación es una propiedad de superficie, puede ajustarla subsecuentemente en el cuadro de diálogo *Editar superficie*.



Lado

Las opciones en el cuadro de diálogo, respectivamente la columna en la tabla, sólo son accesibles si la línea es un objeto integrado de la superficie. La disposición de la articulación determina la forma de cómo los elementos finitos se consideran para la rigidez en los lados de la línea.



Los grados de libertad se refieren al sistema de ejes de la línea (Figura 4.96, página 108), no al sistema de la superficie. El eje z de la superficie, sin embargo, afecta a la definición de *Izquierdo* o *Derecho* según la siguiente regla descriptiva: "Punto de vista de la línea, eje z local de la superficie en dirección del pie, vista en dirección de la línea, izquierda/derecha como brazos".

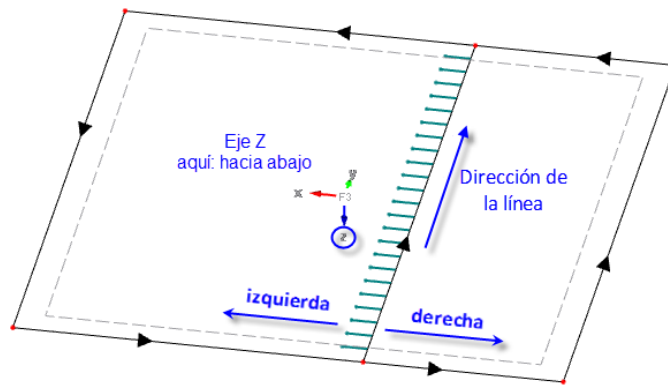


Figura 4.107: Definición de los lados de la línea

La opción del lado está bloqueada para la línea de contorno de una superficie, ya que el lado de la línea donde la articulación es eficaz se define claramente mediante la asignación a la superficie.

Articulación axial/a cortante o muelle

Los campos de entrada del diálogo y las columnas de tabla controlan los grados de libertad para esfuerzos axiales y de cortante. Si una casilla de verificación está marcada, significa que el desplazamiento en la dirección relevante es posible, y de este modo la fuerza no se transfiere. También es posible introducir la constante de un muelle traslacional.

Los grados de libertad se refieren al sistema de ejes x,y,z local de la línea. Use el navegador *Mostrar* (ver Figura 4.96, página 108) o el menú contextual de la línea para representar los ejes de la línea.

Articulación de momento o muelle

Los grados de libertad de los momentos se refieren al sistema local de ejes x,y,z de la línea. La marca de verificación significa que la torsión es libre y que el esfuerzo interno no se transfiere. También es posible para introducir la constante del muelle a torsión.



El gráfico pequeño en el cuadro de diálogo *Nueva articulación lineal* representa la dirección de los momentos. Normalmente, la articulación lineal se usa como una "unión articulada" entre dos superficies. En este caso, el tipo de articulación φ_x se aplica, lo que significa una articulación torsional respecto al eje de la línea longitudinal.

4.11 Espesor variable

Descripción general

Un espesor variable describe una disminución o aumento de espesores de superficie. Use los espesores variables para modelar superficies de sección variable. Los espesores variables se deben definir en tres puntos para interpolar linealmente entre ellos.

El espesor variable no se introduce directamente sino que se establece como parámetro al definir una superficie. Al crear una superficie, defina el *Espesor* como **Variable** (ver capítulo 4.4, página 87). Luego, los botones [Editar] que se muestran a la izquierda se vuelven activos en el cuadro de diálogo y tabla.

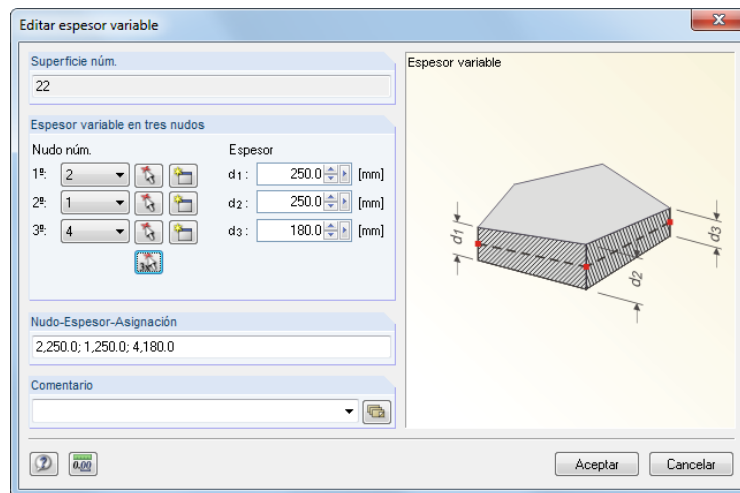


Figura 4.108: Cuadro de diálogo *Editar espesor variable*

1.11 Espesores variables

Superf. núm.	A	B	C	D	E	F	G
	Núm.	1 ^{er} nudo d ₁ [mm]	Núm.	2 ^o nudo d ₂ [mm]	Núm.	3 ^{er} nudo d ₃ [mm]	Comentario
1	2	250.0	2	230.0	3	210.0	Losa de balcón

Huecos | Apoyos en nudos | Apoyos en línea | Apoyos en superficie | Articulaciones lineales | Espesores variables | Secciones

Número del primer nudo de espesor variable

Figura 4.109: Tabla 1.11 *Espesores variables*

Superficie

Los espesores variables sólo se pueden usar para superficies planas. No es posible aplicarlos, por ejemplo, a superficies curvas.

Espesor variable en tres nudos

Para definir el espesor variable, especifique tres nudos de forma que RFEM pueda interpolar linealmente entre ellos. Puede seleccionar cualquier nudo dentro del plano de la superficie para la definición del espesor. No es necesario que pertenezca a la superficie, pero es necesario que los nudos de EF se puedan generar en esos puntos de definición.

Seleccione los tres nudos de la lista, o use la función [^] para seleccionarlos gráficamente. También es posible para crear un nudo [Nuevo]. Luego, asigne el *Espesor d* correspondiente.

La sección del diálogo *Nudo-Espesor-Asignación* representa una información general de entrada breve. Los números del nudo y espesores se separan mediante una coma, los pares de nudo individual y espesor mediante punto y coma.



Es posible representar la distribución de espesores de superficie en el modo de renderizado para comprobar datos: seleccione la opción *Relleno incluido espesor* en el navegador *Mostrar*.

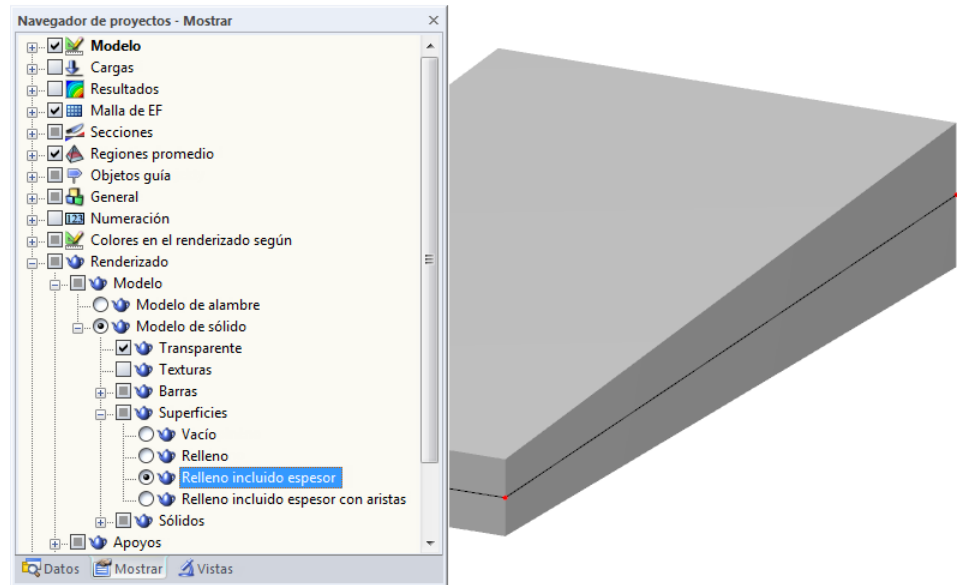


Figura 4.110: Navegador *Mostrar*: *Renderizado* → *Modelo* → *Modelo sólido* → *Superficie* → *Relleno incluido espesor*

4.12 Superficies ortótropas

Descripción general

Las superficies ortótropas tienen diferentes rigideces en dirección de los ejes x e y local de superficie. Use las propiedades de superficie ortótropa para modelar por ejemplo vigas laminadas encoladas o pisos nervados. Las propiedades ortótropas se pueden establecer para superficies planas y cuadrangulares.

Puede definir las propiedades ortótropas por material (ortotropía del material con geometría invariable), por geometría (forma irregular de superficie con material isótropo) o en una combinación de ambos.

La siguiente figura muestra la matriz general de rigidez de una superficie ortótropa en RFEM.

$$\begin{pmatrix} m_x \\ m_y \\ m_{xy} \\ v_x \\ v_y \\ n_x \\ n_y \\ n_{xy} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & 0 & 0 & D_{16} & D_{17} & D_{18} \\ & D_{22} & D_{23} & 0 & 0 & D_{26} & D_{27} & D_{28} \\ & & D_{33} & 0 & 0 & D_{36} & D_{37} & D_{38} \\ & & & D_{44} & D_{45} & 0 & 0 & 0 \\ & & & & D_{55} & 0 & 0 & 0 \\ & & \text{sym.} & & & D_{66} & D_{67} & D_{68} \\ & & & & & & D_{77} & D_{78} \\ & & & & & & & D_{88} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \kappa_x \\ \kappa_y \\ \kappa_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \\ \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{pmatrix}$$

Elementos para rigidez a flexión y a torsión
 Elementos para cortante
 Elementos de membrana

Figura 4.111: Matriz con coeficientes de rigidez

Las superficies ortótropas se pueden calcular de acuerdo con el análisis estático lineal, análisis de segundo orden o análisis de grandes deformaciones. En caso de matrices con coeficientes de membrana pura, sólo es posible un análisis de grandes deformaciones.



Encuentre información detallada sobre *Ortotropía* en un documento en inglés que puede solicitar a DLUBAL SOFTWARE GMBH.

Una ortotropía no se introduce directamente sino que se establece como parámetro al definir una superficie. Al crear una superficie nueva, defina la *Rigidez* como **Ortotrópica** o **Membrana ortotrópica** (ver capítulo 4.4, página 86). Luego, los botones [Editar] que se muestran a la izquierda se vuelven activos en el cuadro de diálogo y tabla.

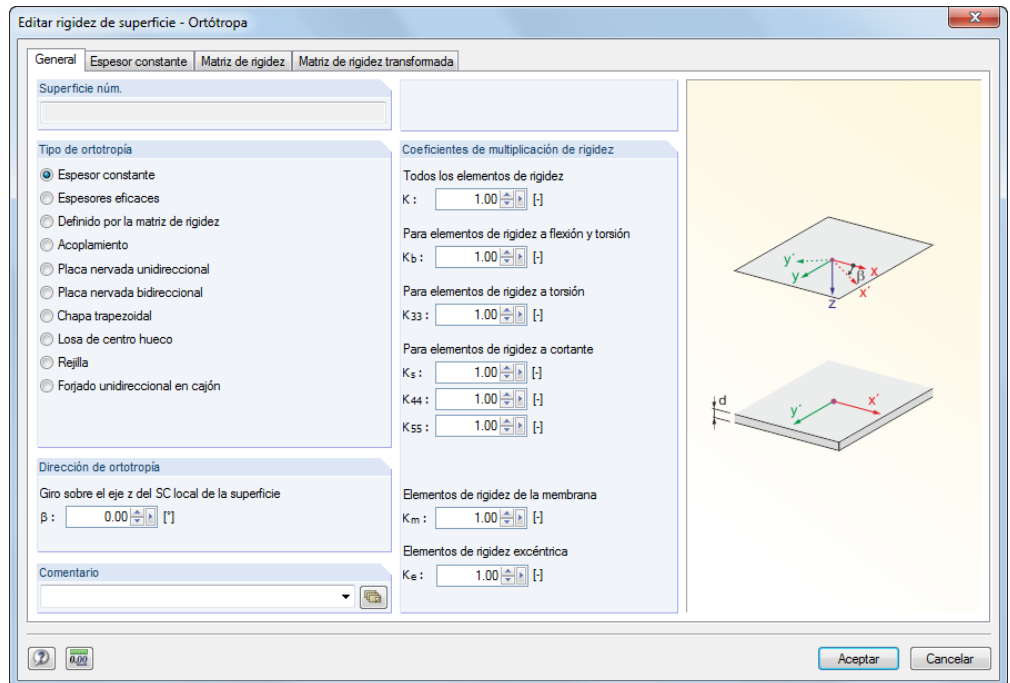


Figura 4.112: Cuadro de diálogo *Editar rigidez de superficie - Ortotropía*

1.12 Superficies ortótropas y membranas

Superf. núm.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Rigidez	Tipo de ortotropía	Dirección ortotropía β [°]	K	K _b	K ₃₃	K _s	K ₄₄	K ₅₅	K _m	K _e	Espesor d [mm]	Comentario
1	Ortotropía	Espesor constante	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	200.0	
3	Ortotropía	Acoplamiento	90.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.7	
4	Ortotropía	Espesor eficaz	20.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	200.0	

Sólidos | Huecos | Apoyos en nudos | Apoyos en línea | Apoyos en superficie | Articulaciones lineales | Superficies ortótropas y membranas | Secciones

Tipo de definición ortotropía (F7 para seleccionar)

Figura 4.113: Tabla 1.12 *Superficies ortótropas y membranas*

El cuadro de diálogo se subdivide en varias pestañas que dependen del *Tipo de ortotropía* seleccionado.

En la sección del diálogo *Factores multiplicadores de rigidez*, puede reducir las rigideces usando de forma global el factor *K* o individualmente para flexión, torsión, cortante y elementos de rigidez de membrana (ver página 124).

En la pestaña *Matriz de rigidez*, se muestran los elementos respectivos de la matriz (ver Figura 4.114).

Los elementos de la matriz de rigidez se ajustan según la Ecuación 4.1 durante la importación de RFEM 4.

Definición

Puede definir superficies ortótropas por material y parámetros de geometría o directamente por coeficientes de la matriz de rigidez local. Dependiendo de sus requisitos, las pestañas del cuadro de diálogo cambian.

- Espesor constante
- Espesor constante
- Espesor eficaz
- Definido por matriz de rigidez
- Acoplamiento
- Placa nervada unidireccional
- Placa nervada bidireccional
- Chapa trapezoidal
- Losa de núcleo hueco
- Rejilla
- Forjado reticular

Los tipos de ortotropía se describen en las siguientes páginas. Para cada tipo de definición tiene que especificar el *Espesor* que desea aplicar para la determinación del peso propio.

Espesor constante

RFEM usa las propiedades de material ortótropo que se han definido en el cuadro de diálogo *Modelo de material - Ortótropo elástico 2D* (ver Figura 4.47, página 68). Este tipo es sólo apropiado para superficies homogéneas de igual espesor cuyo material tiene propiedades ortótropas características.

Espesores eficaces

En la pestaña del diálogo *Espesores eficaces*, puede definir espesores diferentes en dirección x' e y' para reproducir condiciones de rigidez desiguales.

El peso propio no se determina a partir de los espesores introducidos en este cuadro de diálogo, sino que RFEM usa el espesor de superficie introducido en el cuadro de diálogo *Editar superficie* o en la tabla 1.4 *Superficies*.

RFEM le muestra el módulo de elasticidad y cortante para el material que se usa (ver capítulo 4.3, página 68) de forma que pueda comprobar los datos correspondientes. Alternativamente, sería posible controlar las propiedades ortótropas por medio de la configuración del material y para definir los mismos espesores para las direcciones x' e y' .

Es más, RFEM no calcula tensiones para las superficies ortótropas: los coeficientes de rigidez diferentes causarían resultados "imprecisos" porque se refieren al valor promedio del espesor. Estas tensiones no corresponden al modelo ortótropo.

Matriz de rigidez

Los coeficientes de la matriz de rigidez local se pueden definir manualmente.

Con esta opción puede también ajustar coeficientes generados (por ejemplo un acoplamiento o piso nervado) mediante la configuración definida por el usuario.

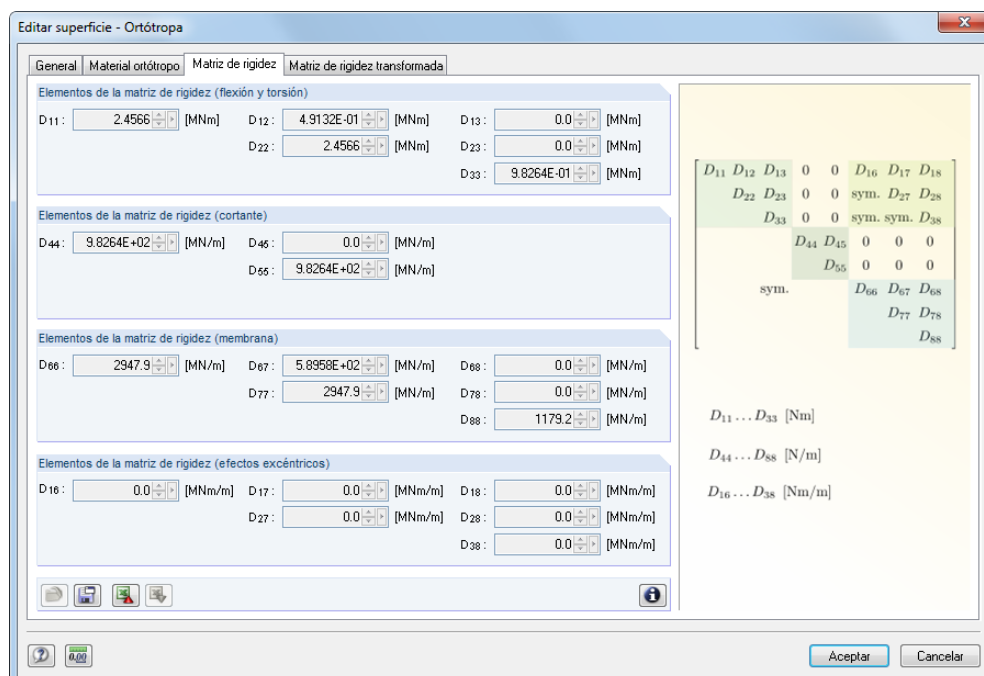
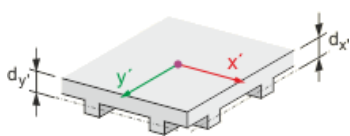
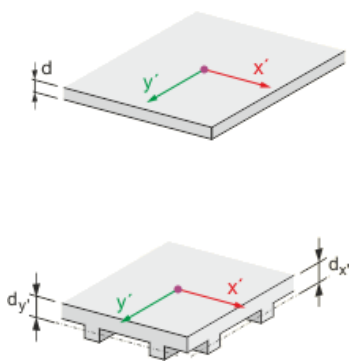


Figura 4.114: Cuadro de diálogo *Editar rigidez de superficie - Ortótropa*, pestaña *Matriz de rigidez*

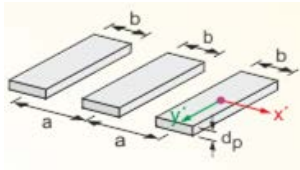
El botón [Información] le informa sobre la relevancia de los coeficientes en la matriz de rigidez. Si los ejes de la ortotropía no son consistentes con los ejes del sistema de coordenadas de los elementos, tiene que transformar las matrices (ver [16], página 305-313).



Es más, se requieren los ajustes apropiados de los coeficientes, si encuentra que al comprobar los datos antes de realizar los cálculos, la matriz de rigidez no se definió positiva.

Acoplamiento

Use esta configuración para modelar las uniones entre superficies o barras que se representan mediante elementos de acoplamiento consistentes en materiales isótropos.



En la pestaña de diálogo *Acoplamiento*, introduzca los parámetros de acoplamiento del espesor d_p , la separación del acoplamiento a y el ancho del acoplamiento b según el esquema. Un modelo de acoplamiento realista se da cuando la distancia a es mayor al ancho b de los elementos acoplados.

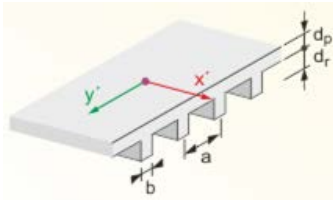
El espesor eficaz d^* se determina según la siguiente ecuación:

$$d^* = d_p \cdot \frac{b}{a}$$

Ecuación 4.19

Placa nervada unidireccional

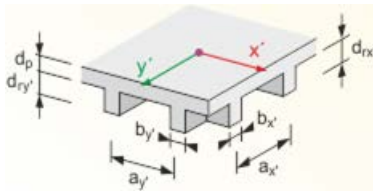
Las propiedades ortótropas de un piso nervado están basadas en el principio de un forjado de viga en T tensionado uniaxialmente. RFEM determina las rigideces a partir de los parámetros geométricos del espesor de la losa d_p , la altura del nervio d_r , la separación de nervios a y el ancho del nervio b que tiene que especificar según el esquema que se muestra en la pestaña del diálogo *Placa nervada unidireccional*.



Tenga en cuenta que el desarrollo de fisura (por ejemplo estado II para hormigón) no se considera cuando se determinan las rigideces. Sólo se admiten materiales isótropos.

Placa nervada bidireccional

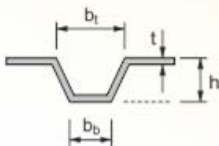
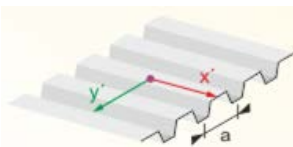
Este tipo de techo se caracteriza por los cruces de almas perpendicularmente en una rejilla uniforme, subdividiendo el forjado en casetones. Las propiedades ortótropas se pueden describir de forma parecida a los pisos nervados por su geometría (ver más arriba). Es necesario que especifique los parámetros de rigidez para dos direcciones.



En la pestaña de diálogo *Placa nervada bidireccional*, especifique los parámetros para el espesor de losa d_p , la altura del nervio d_r , la separación del nervio a y el ancho del nervio b para las direcciones x' e y' según el esquema.

Chapa trapezoidal

La posibilidad para reproducir chapas trapezoidales como superficies con propiedades ortótropas facilita el modelado de superficies considerablemente. RFEM determina los coeficientes de rigidez a partir de los parámetros de geometría de la sección. Sólo se admiten materiales isótropos.

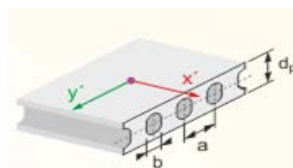


En la pestaña de diálogo *Chapa trapezoidal*, especifique los parámetros para el espesor de chapa t , la altura del perfil total h , separación de nervios a , ancho de ala superior b_t y ancho de ala inferior b_b según el esquema.

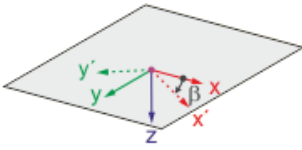
Sólo los materiales isótropos se admiten de forma parecida al resto de ortotropías geométricas (espesores eficaces, forjado nervado, forjado de casetones, forjado de hormigón hueco).

Losa aligerada

Las unidades huecas que se construyen en un techo reducen el peso propio, pero conlleva a un comportamiento estructural ortótropo. RFEM determina rigideces a partir de los parámetros de geometría del espesor de la losa d_p , separación de huecos a y diámetro del hueco b que tiene que especificar según el esquema que se muestra en la pestaña de diálogo *Losa aligerada*.



Encuentre información detallada sobre componentes de rigidez determinados a partir de requisitos de geometría en un documento en inglés que puede solicitar a DLUBAL SOFTWARE GMBH.



Dirección ortótropa β

La dirección ortótropa se refiere a los ejes de superficie locales x e y . El ángulo β describe el giro del eje x' hacia el eje x local de la superficie. Es responsable de la transformación de matrices disponibles en la pestaña de diálogo *Matriz de rigidez transformada*.

Use el navegador *Mostrar* o el menú contextual de la superficie para representar los sistemas de coordenadas de la superficie en el gráfico.

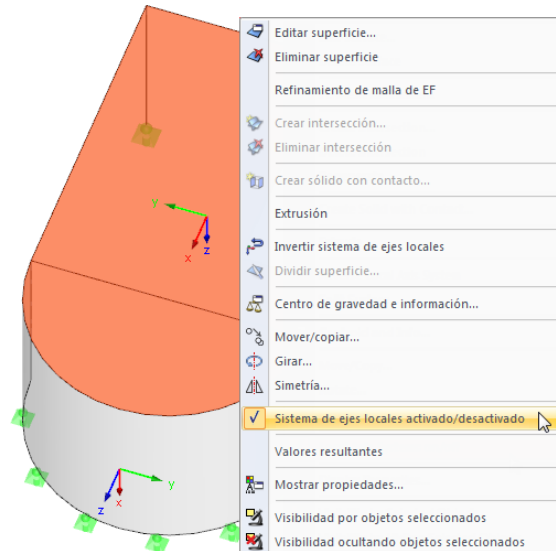


Figura 4.115: Menú contextual usado para representar los sistemas de ejes locales de superficie xyz

El ángulo positivo β se define en sentido de las agujas del reloj alrededor del eje z positivo local de la superficie.

Factores multiplicadores de rigidez

Puede reducir las rigideces globalmente usando el factor K , o individualmente para flexión, torsión, cortante y elementos de membrana de la matriz (ver Figura 4.111, página 120).

Todos los elementos de rigidez

Todos los coeficientes de la matriz de rigidez se multiplican globalmente por un factor.

Elementos de rigidez a flexión

Use el factor K_b para ajustar los coeficientes D_{11} , D_{12} , D_{22} y D_{33} de la matriz de rigidez; representan los componentes de flexión. Se admite introducir factores entre 0 (sin resistencia a flexión) y 1 (resistencia total a flexión).

Elementos de rigidez a torsión

Con el valor introducido en el campo de entrada K_{33} , puede controlar el factor de rigidez a torsión D_{33} respecto a los ejes x' e y' . Los intervalos de entrada desde 0 (sin rigidez a torsión) hasta 1 (rigidez a torsión total). Por ejemplo para construcciones compuestas de conexiones semirrígidas se recomienda un valor pequeño.

Elementos de rigidez a cortante

Los factores K_{44} y K_{55} afectan a los coeficientes D_{44} y D_{55} de la matriz (componentes para cortante).

Elementos de rigidez de la membrana

Use el factor K_m para ajustar los coeficientes D_{66} , D_{77} , D_{67} y D_{88} de la matriz de rigidez; representan los componentes del esfuerzo axial. Se admite introducir factores entre 0 (sin rigidez de membrana) y 1 (rigidez de membrana total).

4.13 Secciones

Descripción general

Antes de introducir una barra, se debe definir una sección. Las propiedades de la sección y características del material que se asignan determinan la rigidez de la barra.

Cada sección tiene su propio *Color* que se puede usar en el modelo para representar perfiles diferentes. Los colores se controlan en el navegador *Mostrar* con la opción *Colores en el renderizado según* (ver capítulo 11.1.9, página 459).

No tiene que usar cada sección definida para la entrada en el modelo. De este modo, al modelar la estructura, es posible hacer experimentos sin eliminar secciones. Tenga en cuenta, sin embargo, que no es posible reenumerar las secciones.

Para representar una viga de sección variable, tiene que definir un inicio y fin de sección distintos para la barra. RFEM determina las rigideces variables a lo largo de la barra automáticamente.

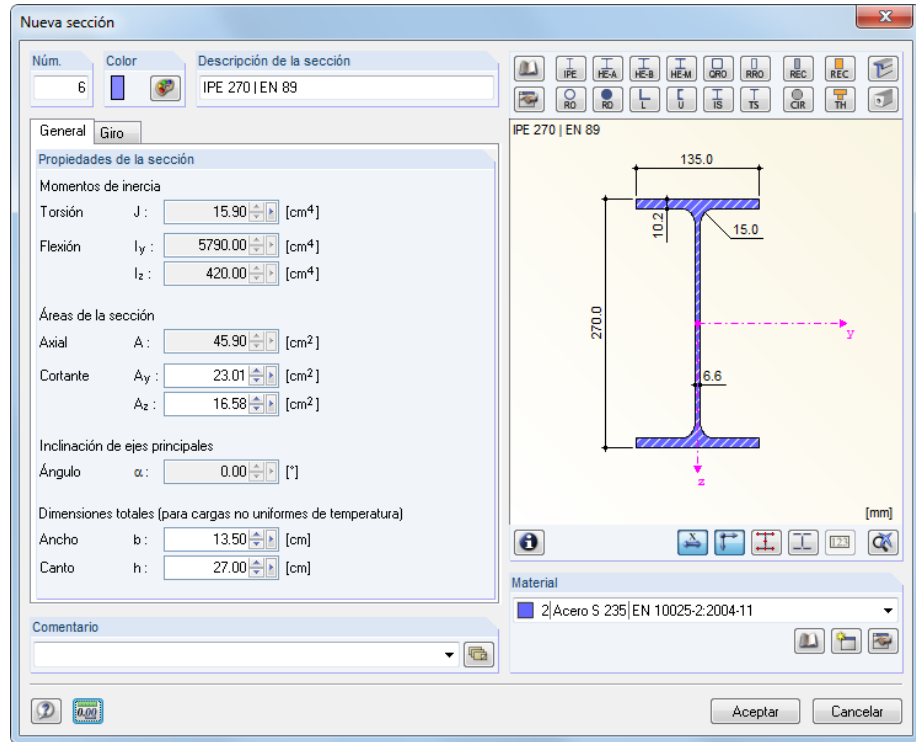


Figura 4.116: Cuadro de diálogo *Nueva sección*, pestaña *Propiedades de la sección*

Sección num.	A Descripción de la sección	B Material num.	C Momentos de inercia [cm ⁴]			D Áreas de las secciones [cm ²]			Ejes princi α [°]
			Torsión J	Flexión I _y	Flexión I _z	Área Axial A	Cortante A _y	Cortante A _z	
1	I HE A 300 DIN 1025-3:1994	2	85.60	18260.00	6310.00	113.00	69.89	21.84	(
2	I IPE 300 DIN 1025-5:1994	2	20.20	8360.00	604.00	53.80	26.82	19.82	(
3	L L 120x10	2	7.90	479.00	129.00	23.30	9.73	9.55	-4
4	Círculo 30	1	79521.56	39760.78	39760.78	706.86	599.03	599.03	(
5	Rectángulo 25/40	1	127335.23	133333.34	52083.33	1000.00	833.33	833.33	(
6	Círculo 8	1	402.12	201.06	201.06	50.27	42.60	42.60	(
7									

Figura 4.117: Tabla 1.13 *Secciones*

No es necesario que introduzca las propiedades de la sección manualmente. RFEM le ofrece una biblioteca de secciones amplia y extensible así como opciones de importación.

Descripción de la sección

La *Descripción de la sección* se puede seleccionar libremente. Cuando el nombre de la sección introducida corresponde con una entrada de la biblioteca de secciones, RFEM importa los parámetros de la sección. En este caso, no es posible cambiar los valores para los *Momentos de inercia* y el área *Axial A*. Para las descripciones de las secciones definidas por el usuario puede introducir constantes y áreas de sección manualmente.

Los valores característicos de las secciones parametrizadas también se importan automáticamente. Por ejemplo, al introducir "Rectángulo 80/140", los parámetros de la sección de esta sección aparecen. La selección de las secciones de la biblioteca se describe más tarde.



También es posible usar una sección ficticia rígida para acoplamientos del modelo. RFEM aplica rigideces para este tipo de sección de la misma manera que para una barra de acoplamiento. Introduzca el nombre **Rígida ficticia** como descripción para la sección sin definir los valores de la sección en detalle. De esta manera, puede usar barras con un alto grado de rigidez, teniendo en cuenta las articulaciones u otras propiedades de barra. Una nueva variante en RFEM 5 es el tipo de barra *Barra rígida* (ver página 151), por lo que la definición de una *Rígida ficticia* ya no es necesaria.

Material

El material de las secciones se puede seleccionar de la lista de materiales ya definidos. La asignación se hace más sencilla por colores de material que se usan de forma predeterminada para la representación gráfica del renderizado.



En el cuadro de diálogo *Nueva sección*, puede ver tres botones bajo la lista de materiales. Use los botones para acceder a la biblioteca de materiales, para crear un nuevo material o para editar materiales.

Para información más detallada sobre materiales, ver capítulo 4.3, página 62.

A la opción *Híbrido* disponible en el cuadro de diálogo para las secciones rectangulares de madera es posible acceder sólo para perfiles de madera parametrizados. Use esta opción para asignar propiedades de material específicas a elementos de la sección si las clases de material difieren de las existentes (por ejemplo madera de clase baja para almas).



Con un clic en el botón [Editar] puede abrir el cuadro de diálogo *Editar material híbrido*.

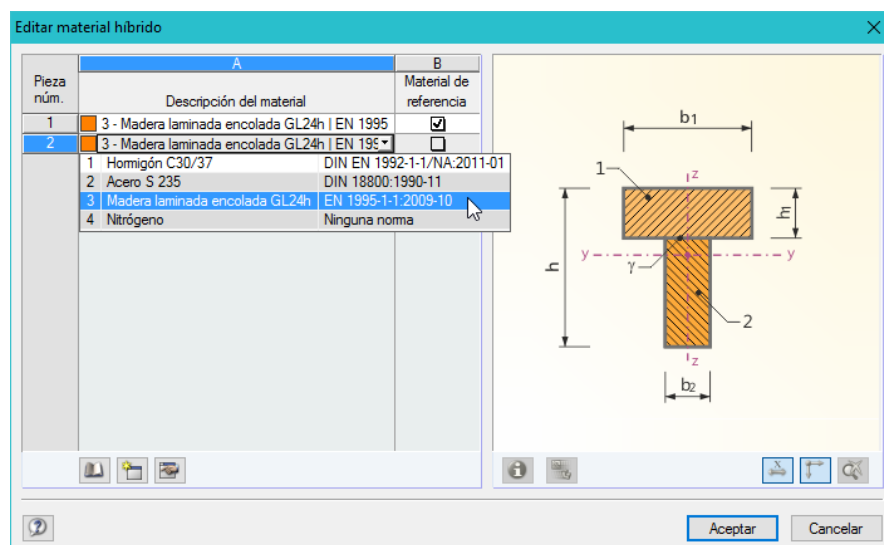
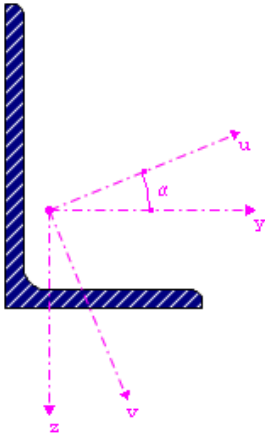


Figura 4.118: Cuadro de diálogo *Editar material híbrido*

Asigne materiales a las partes singulares de la sección según el esquema gráfico. Es posible seleccionarlos de la lista. Uno de los materiales se debe definir como *Material de referencia* usado para determinar las propiedades de la sección ideal.



Momentos de inercia

Los momentos de inercia se requieren para la rigidez de la sección: el módulo de torsión I_t describe la rigidez frente al giro respecto al eje longitudinal. Los momentos de inercia de área I_y y I_z describen las rigideces frente a flexión respecto a los ejes locales y z. El eje y se considera un eje "fuerte". Los ejes locales de la sección se muestran en el gráfico del cuadro de diálogo *Nueva sección*.

Los momentos de inercia para secciones asimétricas se representan respecto a los ejes principales u y v de la sección.

Tanto los momentos de inercia como las áreas de la sección se pueden ajustar con la ayuda de factores en la pestaña de diálogo *Modificar*. En la tabla, puede acceder a la pestaña con el botón [...] que aparece al hacer clic en la celda de la tabla.

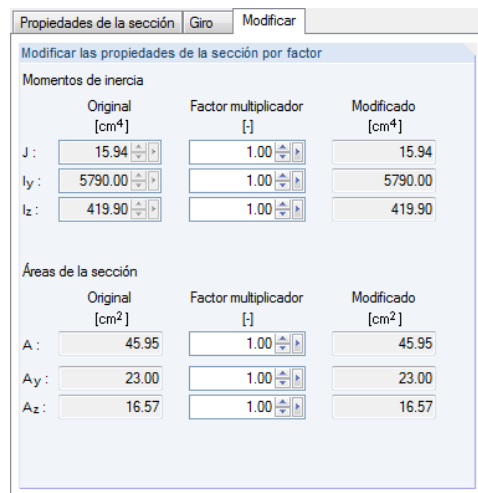


Figura 4.119: Cuadro de diálogo *Nueva sección*, pestaña *Modificar*

Con la especificación del requisito en la Figura 4.119, RFEM considera el momento torsional de inercia con sólo un 5%.

Áreas de la sección

Los parámetros de la sección de las áreas de la sección se subdividen en áreas totales A_{xi} y las áreas de cortante $Cortante A_y$ y A_z .

El área de cortante A_y está relacionada con el momento de inercia I_z , el área de cortante A_z está relacionada con I_y . Al usar un factor corrector κ es posible ver la siguiente correlación existente entre áreas de cortante A_y y A_z así como el área total A .

$$A_y = \frac{A}{\kappa_y} ; \quad A_z = \frac{A}{\kappa_z}$$

Ecuación 4.20

$$\kappa_{y/z} = \frac{A}{I_{z/y}^2} \cdot \iint_A \frac{S_{z/y(x)}^2}{t(x)^2} dA$$

Ecuación 4.21

Donde A Área total de la sección
 $I_{z/y}$ Momentos de inercia de la sección

$Q_{z/y(x)}$ Momentos estáticos de la sección en la posición x
 $t_{(x)}$ Ancho de la sección en la posición x

Las áreas de cortante A_y y A_z afectan a la deformación de cortante que se debería considerar especialmente para barras cortas, macizas. Cuando las áreas de cortante se establecen en cero, no se considera la influencia del cortante. Aquellos parámetros también se pueden controlar en la pestaña del diálogo *Parámetros de cálculo globales* del cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver Figura 7.22, página 293). Si se establecen valores extremadamente pequeños, los problemas numéricos pueden ocurrir debido a que las áreas de cortante están contenidas en el denominador de las ecuaciones.



Seleccione los valores para áreas de sección de manera realista. Diferencias extremas en las áreas de sección de las secciones envuelven diferencias significantes en la rigidez que pueden conducir a problemas numéricos al resolver el sistema de ecuaciones.

Ángulo de ejes principales α

Los ejes principales se describen con y y z para secciones simétricas, y con u y v para secciones asimétricas (ver más arriba). El ángulo de giro de los ejes principales α describe la posición de los ejes principales en relación al sistema estándar de coordenadas para secciones simétricas. Para secciones asimétricas se trata del ángulo entre el eje y y el eje u (ver gráfico que se muestra en el margen superior izquierdo). Este ángulo se define positivo en sentido de las agujas del reloj. Cuando se establecen secciones simétricas, el ángulo α es 0. La inclinación de los ejes principales para las secciones de la biblioteca no se puede editar.

El ángulo de giro para ejes principales se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\tan 2\alpha = \frac{2 \cdot I_{yz}}{I_z - I_y}$$

Ecuación 4.22



Cuando trabaja con modelos 2D, sólo 0° y 180° se admiten para establecer ángulos de giro de la sección.

Giro de la sección α'

El ángulo de giro α' describe el ángulo sobre el que giran las secciones de todas las barras usando esta sección que se gira. De este modo, el ángulo representa un ángulo de giro global de la sección. Además, cada barra se puede girar por separado respecto a un ángulo de revolución de barra β .

Además, la pestaña de diálogo *Giro* ofrece la opción de *Simetría* para secciones asimétricas. Use esta opción por ejemplo para colocar una sección en L en la posición correcta.

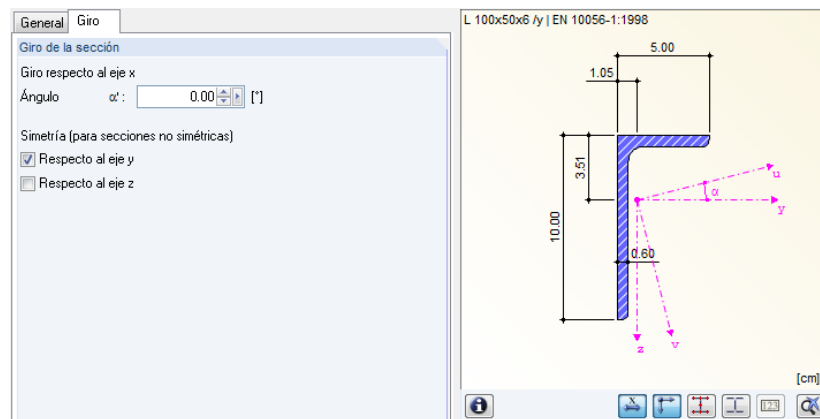


Figura 4.120: Cuadro de diálogo *Nueva sección*, pestaña *Giro*

Al importar una sección de la biblioteca de secciones o del módulo adicional SHAPE-THIN, es necesario considerar el ángulo α' . RFEM importa este ángulo de la misma manera que otros valores de sección. Para secciones definidas por el usuario, sin embargo, tiene que determinar el ángulo de los ejes principales usted mismo para ajustarlas manualmente mediante el giro de la sección.

Dimensiones totales

El Ancho b y el Canto h de la sección son significantes para las cargas de temperatura.

Biblioteca de secciones

Numerosas secciones ya están disponibles en la base de datos de la sección.

Abrir la biblioteca

En el cuadro de diálogo *Nueva sección* y en la tabla 1.13 *Secciones*, tiene acceso directo a tablas de secciones usadas con frecuencia:

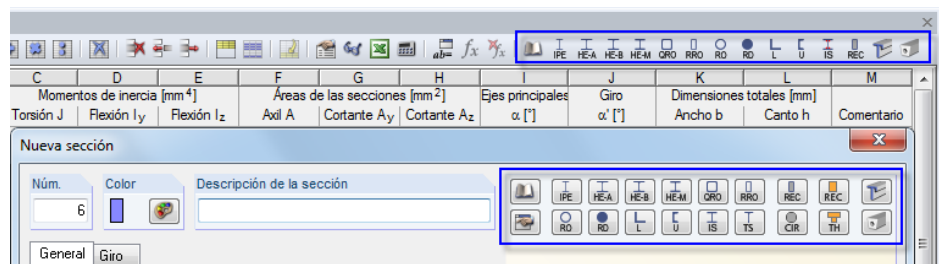


Figura 4.121: Botones de secciones usadas con frecuencia en la tabla (arriba) y el cuadro de diálogo (abajo)



Use el botón [Importar sección de la biblioteca] para acceder a la base de datos completa de la sección. Cuando trabaje en la tabla, coloque el cursor en la columna de la tabla A para habilitar el botón [...] que puede usar como la tecla de función [F7] para abrir la biblioteca de secciones.

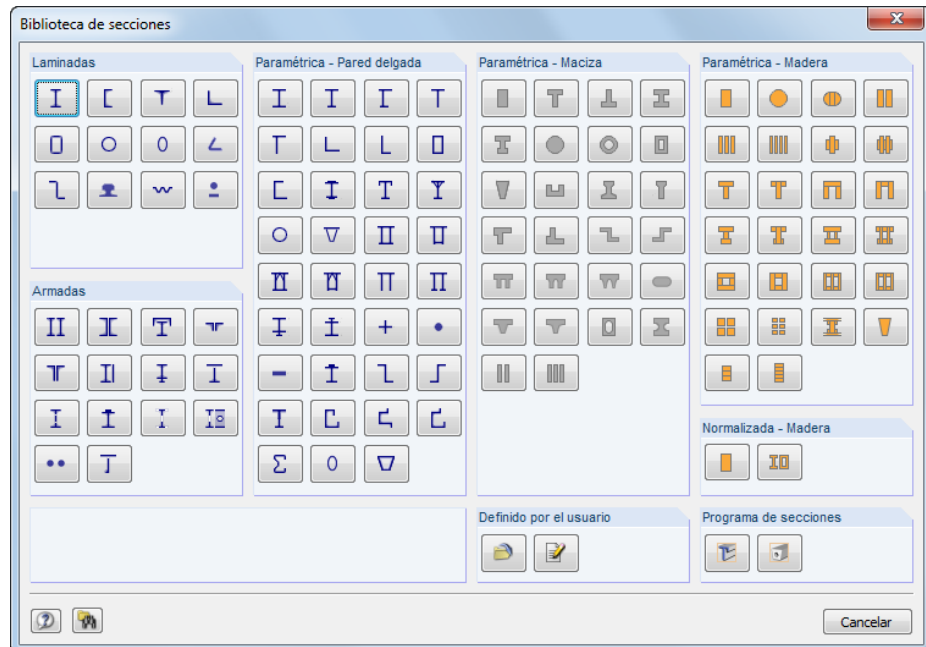


Figura 4.122: Biblioteca de secciones

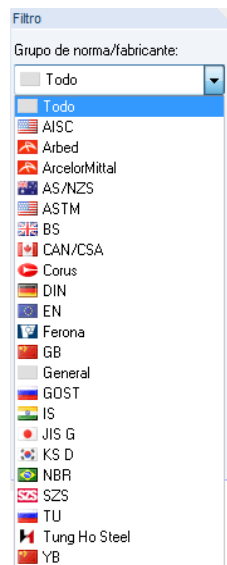
La biblioteca de secciones se divide en varias secciones que se describen en las siguientes páginas.



Secciones laminadas

Los valores de la tabla de muchas secciones laminadas se almacenan en una base de datos.

Primero, haga clic en uno de los diez botones para definir el *Tipo de sección*. Otro cuadro de diálogo se abre donde selecciona la *Tabla*. Luego, seleccione una *Sección* apropiada.



Filtro para Grupo de norma/fabricante

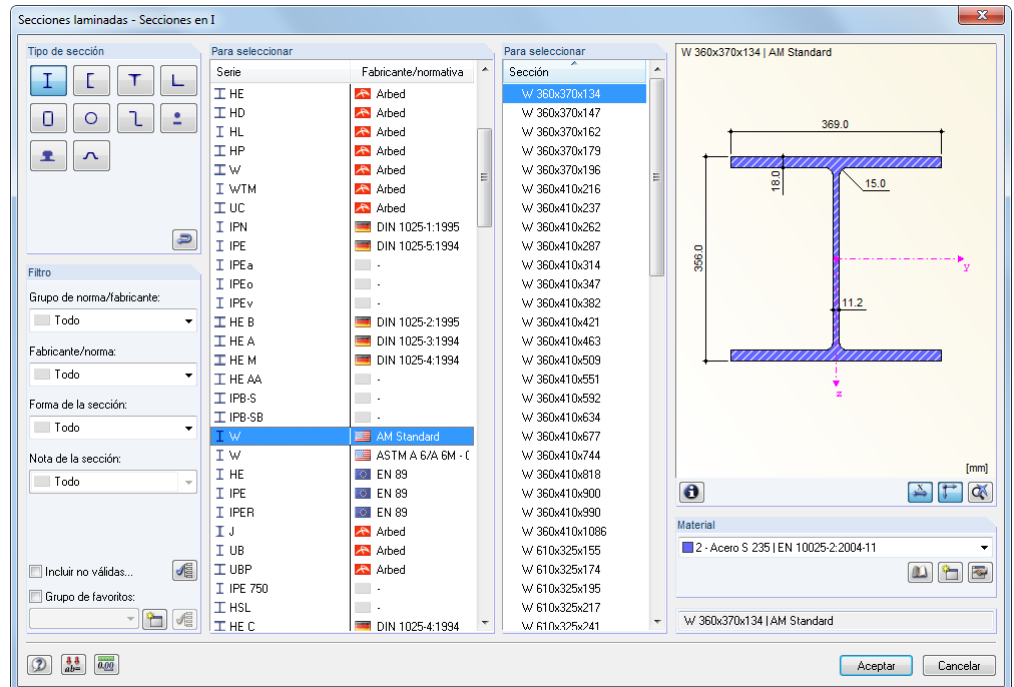


Figura 4.123: Seleccionar una sección laminada

En la sección del diálogo *Filtro*, puede filtrar entradas de la biblioteca mediante un criterio distinto: *Grupo de norma/fabricante*, *Norma/fabricante*, *Forma de la sección* y *Nota de la sección*. De esta manera, es más fácil para resumir las tablas y secciones que se ofrecen. Los datos que se muestran se pueden organizar haciendo clic en los encabezados de las columnas de la tabla.

Si se necesitan secciones de normas antiguas, marque la casilla de verificación para *Incluir no válidas* en la sección del diálogo *Filtro* para mostrar también tales secciones.

Crear favoritos

Las secciones preferidas se pueden establecer como favoritas. Para acceder al cuadro de diálogo para crear secciones favoritas, use el botón [Crear nuevo grupo de favoritos] en el botón de la sección del diálogo *Filtro*. Tras definir el nombre para el nuevo grupo, aparece el siguiente cuadro de diálogo:

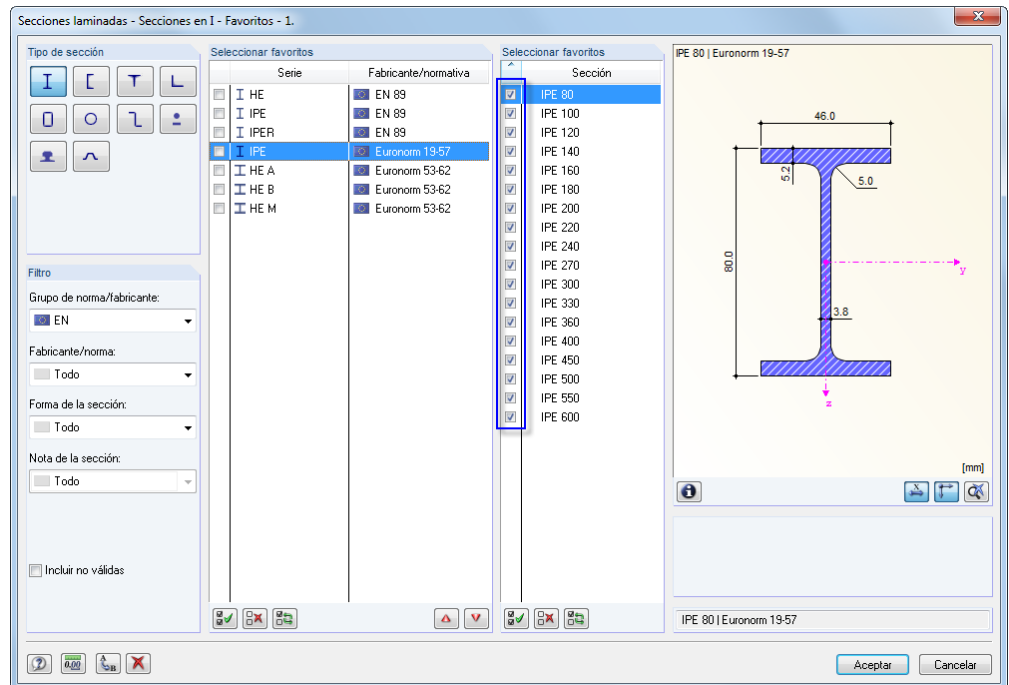
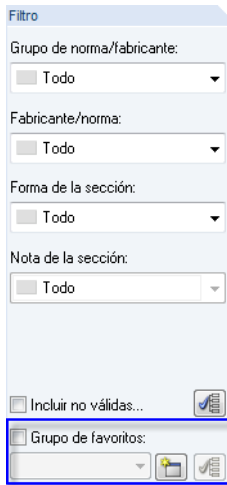
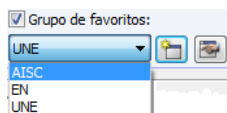


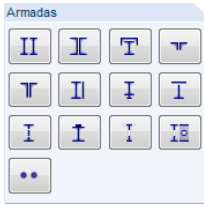
Figura 4.124: Cuadro de diálogo *Secciones laminadas - Secciones en I - Favoritos*

El cuadro de diálogo se parece a la biblioteca de secciones. Puede usar las opciones de filtro descritas anteriormente. En las secciones del diálogo *Seleccionar favoritos*, puede elegir tablas y secciones preferidas con una marca de verificación.

Tras cerrar el cuadro de diálogo, la biblioteca de secciones presenta una información general clara de los favoritos tan pronto como activa la opción *Grupo de favoritos*.

De esta manera, es posible crear grupos diferentes de favoritos que estén disponibles para la selección en la lista en el botón de la sección del diálogo *Filtro*.





Secciones armadas

Las secciones laminadas se pueden combinar especificando parámetros.

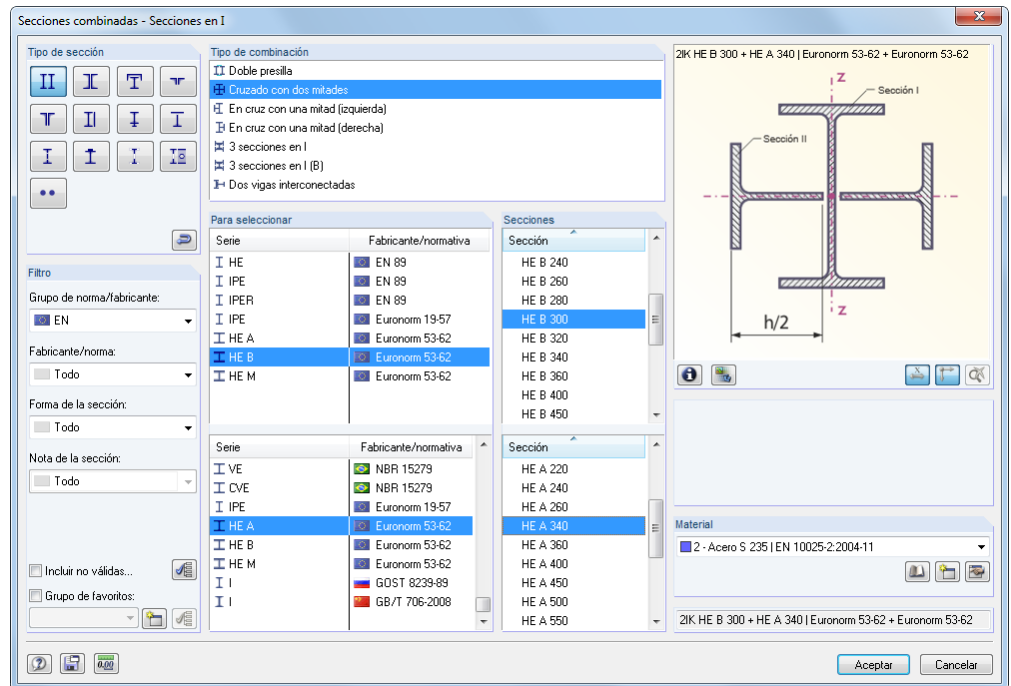


Figura 4.125: Cuadro de diálogo *Secciones combinadas - Secciones en I*



Use el botón [Guardar] para guardar una sección combinada. RFEM la almacena con una descripción actual (por ejemplo *2IK HE B 300 + HE A 340* en la figura anterior) en la categoría *Definido por el usuario* a donde puede importarla de nuevo más tarde.



Secciones paramétricas - Delgada

Con los campos de entrada que se ofrecen puede definir libremente parámetros para una composición de la sección de las hojas. Los valores de la sección se calcularán según la teoría de las secciones de pared delgada. La teoría se aplica sólo a las secciones con elementos de espesor claramente inferior a la longitud del elemento respectivo. Si no se cumple esta condición, defina la sección en la categoría *Maciza* (ver Figura 4.127), si es posible.

El parámetro *a* representa la raíz soldada, no el radio de empalme (ver figura siguiente).

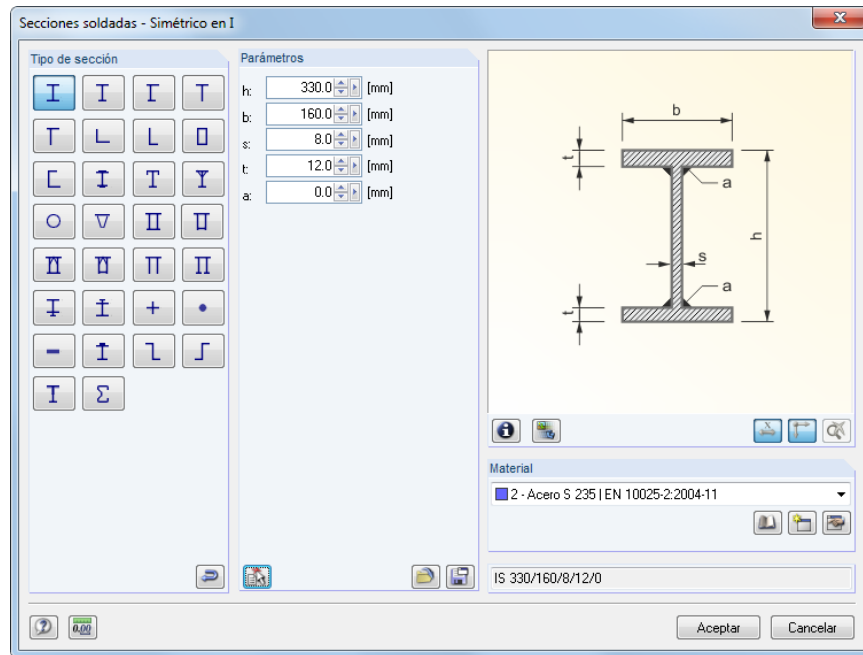


Figura 4.126: Cuadro de diálogo de entrada de una sección parametrizada, de pared delgada



Use el botón que se muestra a la izquierda para importar los parámetros de una sección laminada. Usando la función de selección puede evitar el introducir muchos parámetros.



Use el botón [Guardar] para guardar una sección paramétrica con su nombre exacto, por ejemplo *IS 330/160/8/12/0* en la figura anterior. Haga clic en el botón [Cargar] que se muestra a la izquierda para importarla.



Secciones paramétricas - Maciza

Con los campos de entrada ofrecidos, puede definir libremente parámetros para secciones macizas (por ejemplo secciones de hormigón armado). Los valores de la sección se calculan según la teoría para secciones macizas existentes para elementos con espesores de muro característicos.

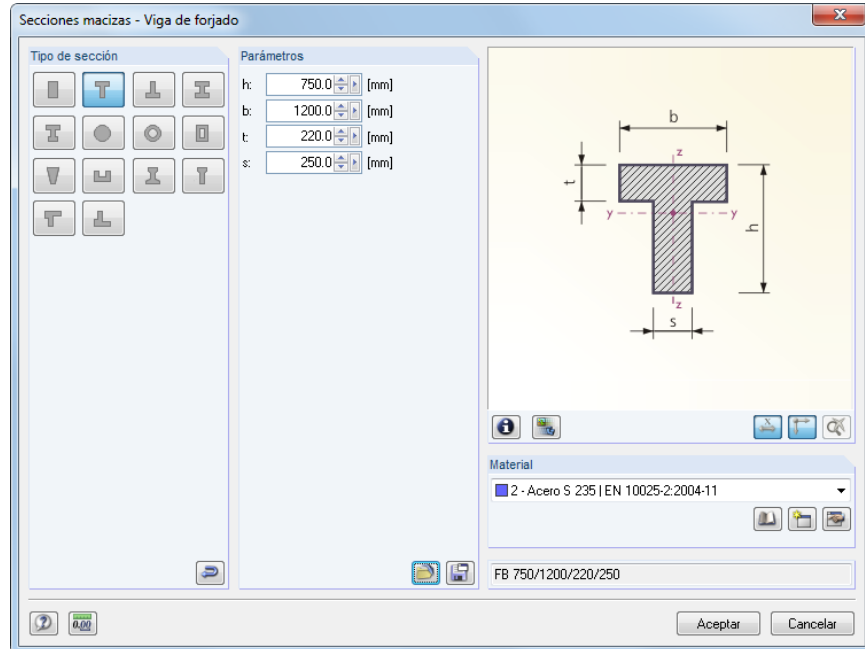


Figura 4.127: Cuadro de diálogo de entrada de una sección maciza



Secciones paramétricas - Madera

Con los campos de entrada ofrecidos puede definir libremente parámetros para secciones de madera. Los valores de la sección de ambas secciones macizas y combinadas se calculan según la teoría para secciones macizas.

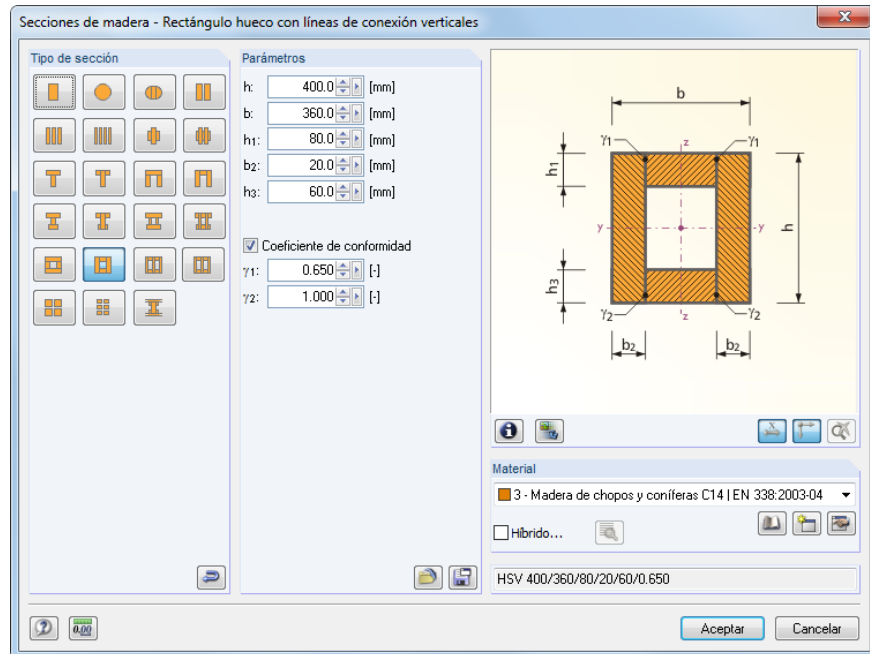
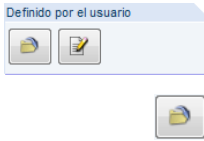


Figura 4.128: Cuadro de diálogo de entrada de una sección de madera

Marcando la opción *Coeficiente de conformidad* le permite determinar la rigidez eficaz para componentes estructurales compuestos a partir de elementos de sección conectados de forma semirrígida, por ejemplo según DIN 1052:2008-12, 8.6.2 (3). En este caso, especifique los factores de reducción γ .



Al trabajar con un material del tipo *Híbrido*, use el botón [Editar] para asignar las propiedades de las partes de la sección (ver Figura 4.118, página 126).



Secciones definidas por el usuario

Importar sección guardada

Haga clic en el botón [Cargar] que se muestra a la izquierda para abrir un cuadro de diálogo donde se muestran todas las secciones creadas con la ayuda de la función **Guardar**.

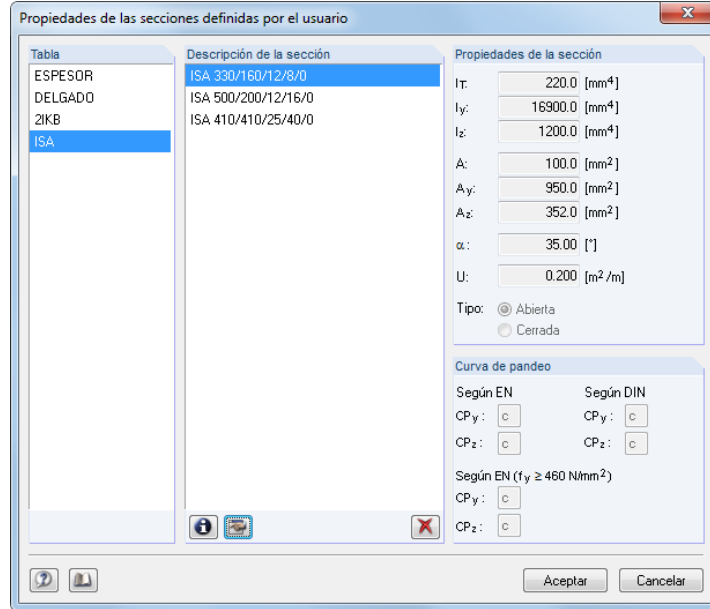


Figura 4.129: Cuadro de diálogo *Propiedades de secciones definidas por el usuario*



Crear una sección definida por el usuario

Haga clic en el botón [Crear] que se muestra a la izquierda para crear secciones definidas por el usuario.

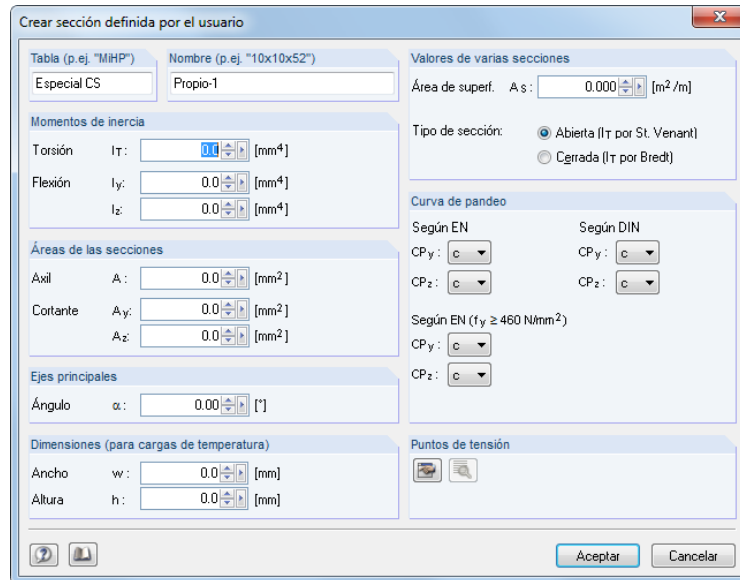
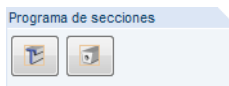


Figura 4.130: Cuadro de diálogo *Crear sección definida por el usuario*

Introduzca la *Tabla* para definir el lugar donde se administra la sección. Especifique también el *Nombre* para describir la sección nueva. Luego, introduzca los parámetros de la sección y defina las curvas de pandeo.



Secciones desde el programa de secciones

También es posible importar secciones desde los programas de secciones DLUBAL **SHAPE-THIN** y **SHAPE-MASSIVE**.

Tenga en cuenta que las secciones se deben calcular y guardar en los módulos de SHAPE antes que se importen los valores de la sección.

Importar la tabla de secciones desde el archivo ASCII

Use el botón en la esquina izquierda de botones de la biblioteca para completar la tabla de secciones desde un archivo. El archivo debe ser un archivo de valores separados por coma (CSV). Cualquier archivo de Excel se puede guardar en este formato. Asegúrese de que la sintaxis de la tabla ASCII corresponda a los parámetros de definición de la tabla de secciones correspondiente de RFEM.

Ejemplo: Importación de secciones en I simétricas dobles

Las secciones se administran en la tabla **IS** (Figura 4.126). Para las secciones IS, se requieren los siguientes parámetros: h, b, s, t, a. La tabla en Excel se estructura como se muestra a continuación:

	A	B	C	D	E	F
1	Designación	h	b	s	t	a
2	Sección 1	400,00	200,00	10,00	10,00	0,00
3						
4						
5						

Figura 4.131: Hoja de cálculo de Excel con parámetros de la sección

En el cuadro de diálogo, especifique el directorio del archivo CSV. Luego, use la lista para seleccionar la tabla de secciones donde desea administrar las secciones importadas.

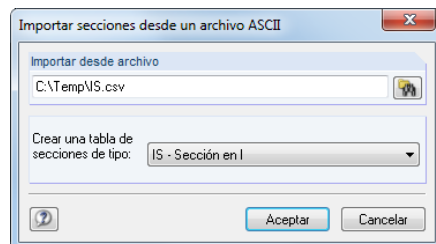


Figura 4.132: Cuadro de diálogo *Importar secciones desde un archivo ASCII*

Finalmente, busque las secciones importadas disponibles en la categoría secciones *definidas por el usuario* (ver Figura 4.129).

Al importar las secciones, RFEM calcula los valores de la sección y puntos de tensiones por lo que los cálculos de tensiones se cumplen también.

4.14 Articulaciones en barras

Descripción general

Las articulaciones en barra limitan los esfuerzos internos que se transfieren desde una barra a otras. Las articulaciones se asignan sólo a los extremos en barra (nudos). Nunca es posible asignarlos a otras posiciones, por ejemplo al medio de la barra.

Algunos tipos de barras se facilitan ya con articulaciones. Una cercha, por ejemplo, no transfiere momentos. Un cable no transfiere momentos ni esfuerzos cortantes. Al introducir datos, tenga en cuenta que la asignación de articulaciones se bloquea para barras de tales tipos de barras.

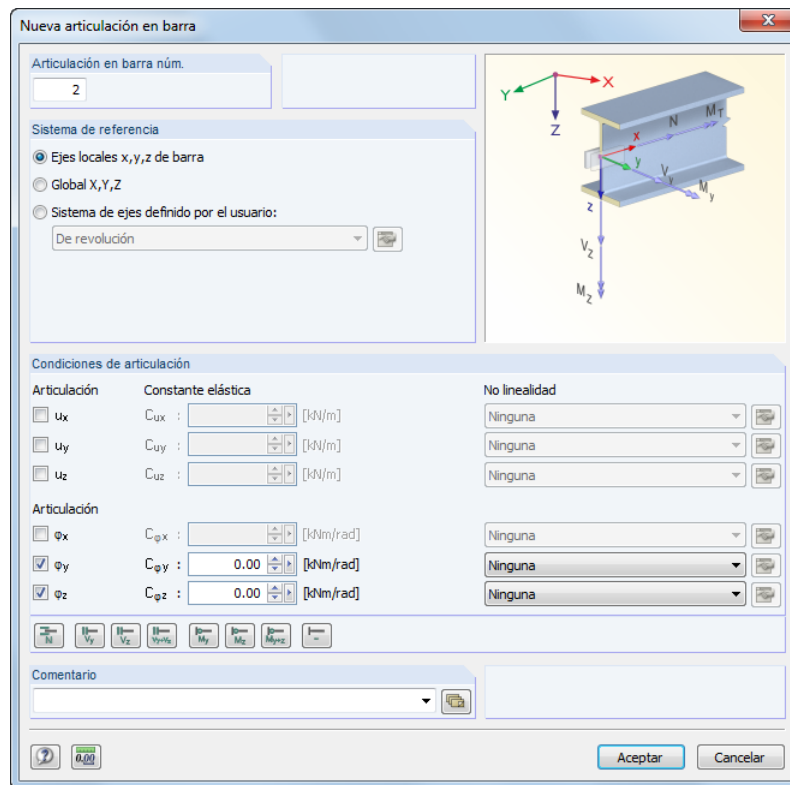
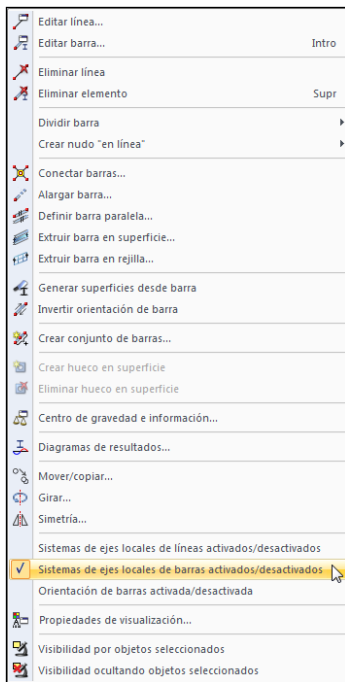


Figura 4.133: Cuadro de diálogo Nueva articulación en barra

Articulación núm.	Sistema de referencia	Articulación o muelle axial/a cortante [kN/m]			Articulación o muelle a torsión [kNm/rad]			Comentario
		u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z	
1	Local x,y,z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Local x,y,z	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Global X,Y,Z							Sí
4								No
5								Constante elástica
6								Fijo si V _y es negativo
7								Fijo si V _y es positivo
8								Actividad parcial...
9								Diagrama...

Figura 4.134: Tabla 1.14 Articulaciones en barras



Menú contextual de barra

Sistema de referencia

Una articulación en barra se puede relacionar a uno de los siguientes sistemas de ejes:

- Sistema de ejes x,y,z local de barra
- Sistema de coordenadas X,Y,Z global (sólo articulación de tijeras)
- Sistema de coordenadas X',Y',Z' global de revolución (sólo articulación de tijeras)

Use el navegador *Mostrar* o el menú contextual de la barra que se muestra a la izquierda para representar los ejes locales de la barra (ver Figura 4.158, página 156).

Para información detallada respecto a la orientación de los ejes locales de barra en el sistema de coordenadas X,Y,Z global, ver capítulo 4.17 en la página 156.

Normalmente, las articulaciones están relacionadas al sistema de ejes x,y,z local. Las articulaciones de tijera (ver Figura 4.136) se pueden relacionar sólo al sistema de coordenadas global. Las constantes elásticas y no linealidades se deben definir en relación al sistema de ejes local de la barra.

Articulación axial/a cortante o muelle

Para definir una articulación axial o a cortante, especifique los desplazamientos libres respectivos marcando la casilla de verificación relevante en el cuadro de diálogo o tabla. La marca de verificación significa que el esfuerzo cortante respectivamente axial no se puede transferir al extremo de barra ya que se ha establecido una articulación. Mire el cuadro de diálogo *Articulación en barra*: un valor cero se muestra para la constante del muelle traslacional en el campo de entrada a la derecha de la marca de verificación.

Siempre puede modificar la constante elástica para representar por ejemplo una conexión semirrígida. En la tabla, introduzca la constante directamente en la columna de tabla. Las rigideces de los muelles se consideran como valores de cálculo.

Articulación de momento o muelle

Defina las articulaciones para torsión y momentos flectores como articulaciones para fuerzas. Una vez más, la marca de verificación significa que la torsión es libre y no se transfiere el esfuerzo interno.

Las conexiones elásticas se pueden modelar por medio de constantes elásticas que puede introducir directamente. Ponga atención en no usar valores de rigidez extremos, porque si no pueden ocurrir problemas numéricos durante el cálculo. En vez de constantes muy grandes o pequeñas, aplique conexiones rígidas (sin marca de verificación) o articulaciones (marca de verificación).

La opción para definir propiedades de articulación no lineal se describe al final de este capítulo.

Asignar articulaciones gráficamente

Para asignar articulaciones en la ventana de trabajo gráficamente,

seleccione **Datos del modelo** en el menú **Insertar**, señale **Articulaciones en barras** y seleccione **Asignar a barras gráficamente** o abra el menú **Edición**, señale **Datos del modelo** y **Articulaciones en barras**, y luego seleccione **Asignar a barras gráficamente**.

Primero, seleccione un tipo de articulación de la lista o cree una nueva. Después de hacer clic en [Aceptar], las barras se dividen gráficamente en tres partes mediante puntos de división.

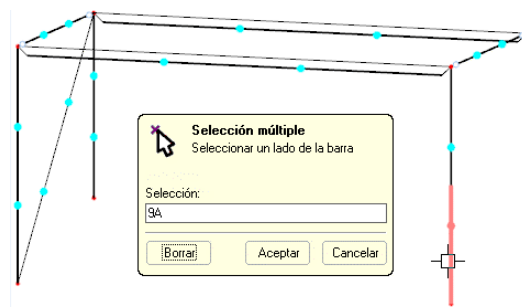


Figura 4.135: Asignar articulaciones en barras gráficamente

Ahora, puede hacer clic en los lados de la barra a la cual desea aplicar la articulación seleccionada. Para asignar la articulación a ambos extremos de barra, haga clic en la barra en su área central.

Articulación de tijera

Con articulaciones de tijera puede modelar cruces de vigas. Por ejemplo: tiene cuatro barras conectadas en un nudo. Cada uno de dos pares de barra transfiere momentos en "dirección continua", pero no transfiere momentos para el otro par. Sólo los esfuerzos axiales y cortantes se transfieren al nudo.

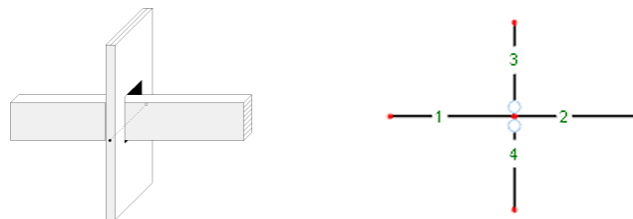


Figura 4.136: Cruce de vigas

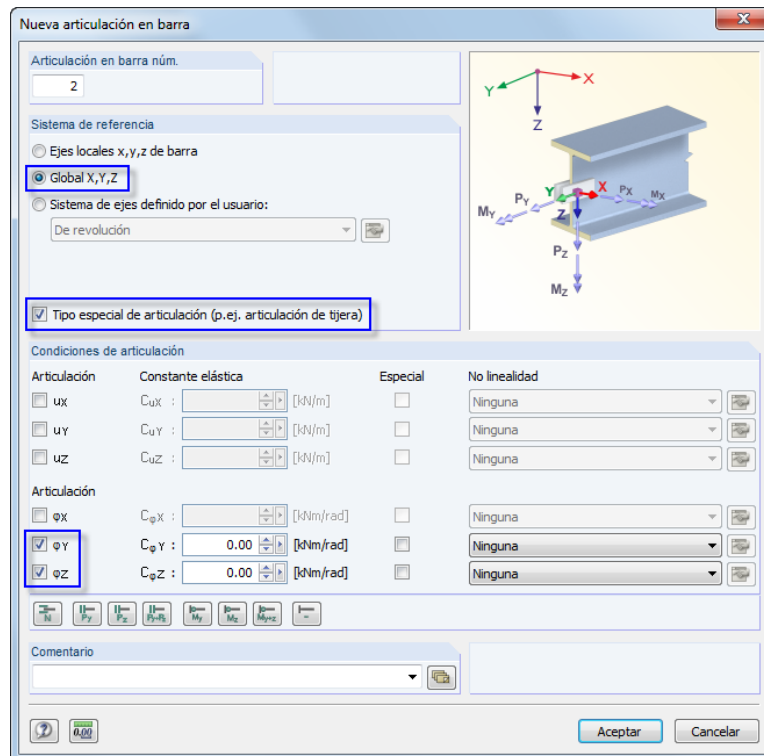


Figura 4.137: Cuadro de diálogo Nueva articulación en barra

En este caso, la articulación se debe asignar a las barras 1 y 2 o a las barras 3 y 4. El otro par de barras del cruce se modela como resistente a flexión sin articulación.

No linealidades

Es posible asignar propiedades no lineales a articulaciones en barras. De esta manera, puede controlar la transferencia de esfuerzos internos en detalle. La lista de no linealidades ofrece las opciones siguientes:

- Fijo si el esfuerzo interno es negativo
- Fijo si el esfuerzo interno es positivo
- Actividad parcial
- Diagrama

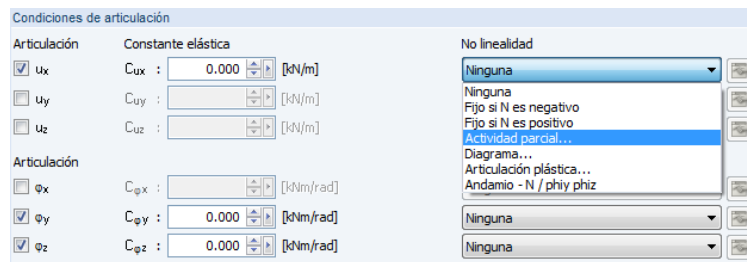


Figura 4.138: Lista de propiedades no lineales

En la tabla, los tipos de articulaciones con propiedades no lineales se marcan en azul.

Fijo si el esfuerzo interno es negativo o positivo

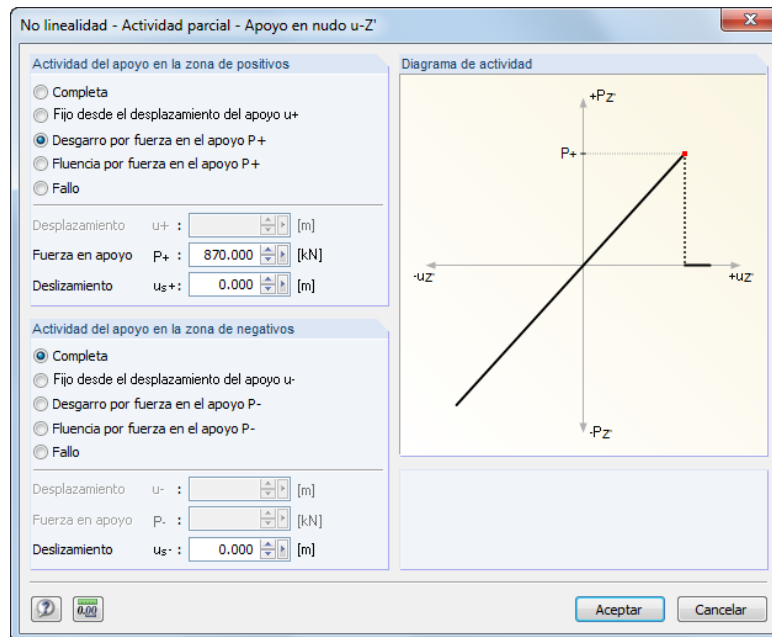
Con estas dos opciones puede controlar la actividad de articulaciones dependiendo de la dirección para cada esfuerzo interno. Por ejemplo: una articulación de esfuerzo axial definida con la no linealidad *Fijo si N es positivo* tiene el efecto de que esfuerzos a tracción (positivos) se puedan transferir al final de la barra, no sin embargo los esfuerzos de compresión (negativo). En caso de esfuerzos axiales negativos la articulación es eficaz.

Los esfuerzos internos están relacionados al sistema de ejes xyz local de la barra.

Las entradas restantes de la lista de *No linealidad* ofrecen opciones de modelado detalladas para propiedades de articulación. Para acceder a las opciones, use los botones del diálogo [Editar] a la derecha de la lista o el botón [▼] en la tabla (ver Figura 4.134, página 138).



Actividad parcial

Figura 4.139: Cuadro de diálogo *No linealidad - Actividad parcial*

La actividad de la articulación se puede definir por separado para la zona de *positivos* y *negativos*. Además de la ineficacia total o fallo, la articulación puede perder su efecto al alcanzar un cierto desplazamiento o giro. Entonces, empieza a actuar como una conexión fija o rígida. También el *Desgarro* (ya no se transfiere ningún esfuerzo interno tras exceder un cierto valor) y la *Fluencia* (los esfuerzos internos sólo se transfieren hasta un cierto valor también en caso de grandes deformaciones) son posibles en combinación con un *Deslizamiento*.

Los valores límite se pueden definir en los siguientes campos de entrada. En la sección del diálogo *Diagrama de actividad*, las propiedades de articulaciones se muestran en un gráfico dinámico.

Diagrama

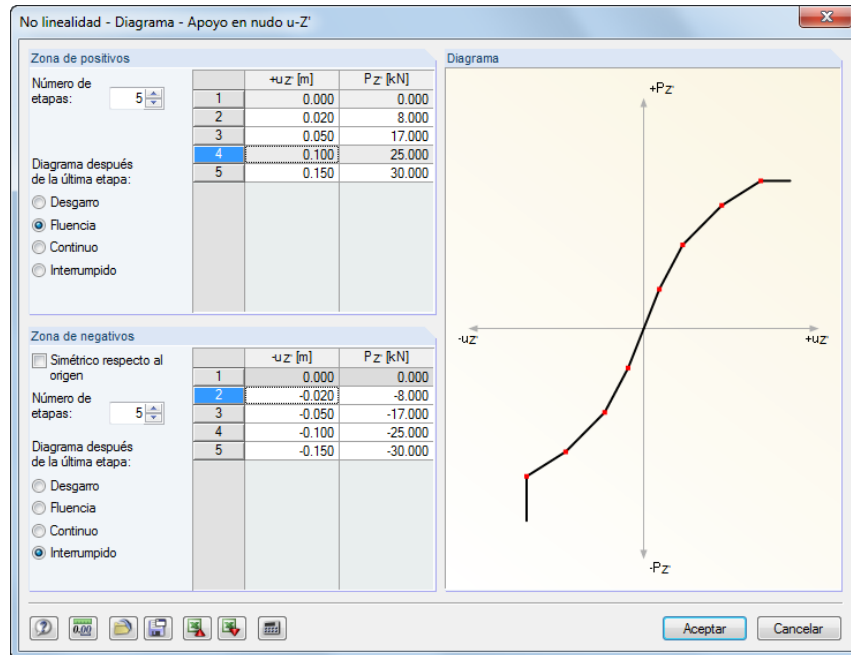


Figura 4.140: Cuadro de diálogo *No linealidad - Diagrama*

La actividad de la articulación se puede definir por separado para la *Zona de positivos* y *negativos*. Primero, introduzca el *Número de etapas* (que significa puntos de definición) representados en el diagrama. Luego, puede introducir los valores de abscisa de los esfuerzos internos con los desplazamientos asignados o giros en la lista de la derecha.

Puede encontrar posibilidades de entrada diferentes para el *Diagrama después de la última etapa*: el *Desgarro* para el fallo de la articulación (ya no se transfiere ningún esfuerzo interno), la *Fluencia* para coaccionar la transferencia a un esfuerzo interno máximo admisible, *Continuo* como en la última etapa o *Interrumpido* para coaccionar hasta un desplazamiento máximo admisible o giro seguido por una actividad de articulación fija o rígida.

En la sección del diálogo *Diagrama*, las propiedades de articulaciones se muestran en un gráfico dinámico.

Ejemplo: Cabio de cubierta

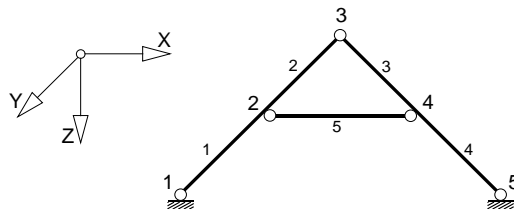


Figura 4.141: Cabio de cubierta

Se usa un sistema plano. La articulación se debe definir como sigue:

1.14 Articulaciones en barras

Articul. núm.	A Sistema de referencia	B Articulación o muelle axial/a cortante [kN/m]			D Giro de la barra β [°]	E Articulación o muelle a torsión [kNm/rad]			H Comentario
		u_x	u_y	u_z		φ_x	φ_y	φ_z	
1	Local x,y,z								
2									
3									

Materiales | Superficies | Sólidos | Huecos | Apoyos en nudos | Apoyos en línea | Apoyos en superficie | Articulaciones lineales | Secciones | Articulaciones en barras | 14 |

Condición de articulación ("S"/ "N" o / Constante elástica / F7 para seleccionar). Asignar a la barra el tipo de articulación en la tabla 1.17.

Figura 4.142: Tabla 1.14 Articulaciones en barras

Ahora, el tipo de articulación se puede asignar a las barras.

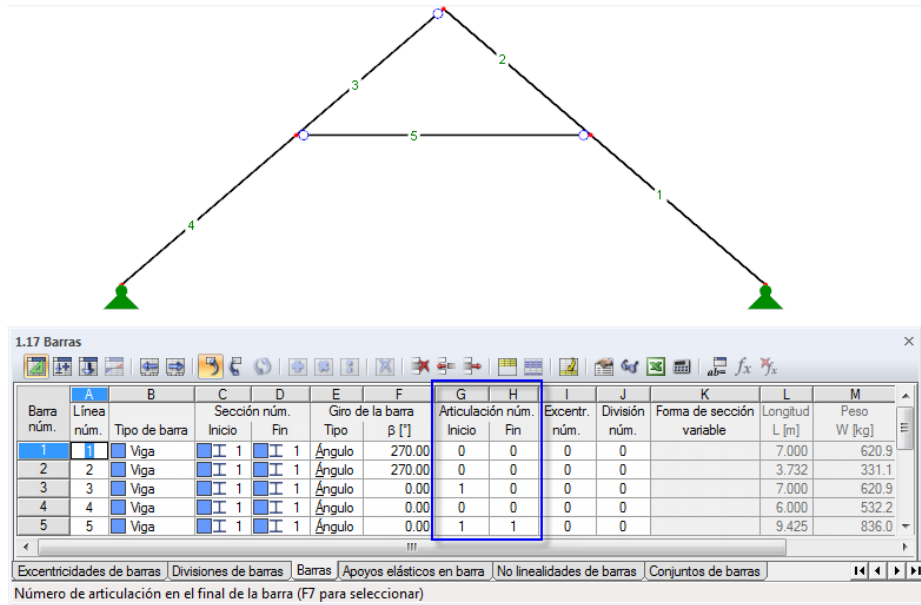


Figura 4.143: Gráfico y tabla 1.17 Barras

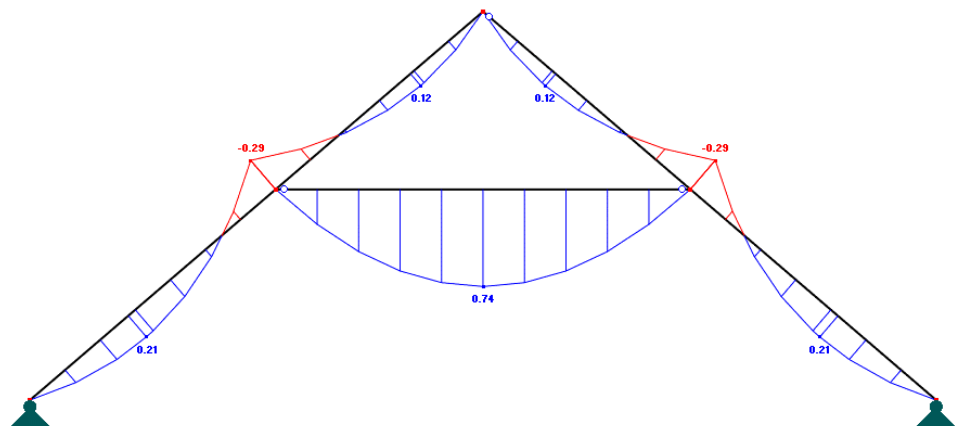


Figura 4.144: Diagrama de momentos en el caso de carga "Peso propio"

4.15 Excentricidades de barra

Descripción general

La longitud de una barra corresponde a la distancia entre dos nudos definidos por la línea de barra. Sin embargo, en algunas situaciones de modelado (conexiones de secciones o vigas en T), la realidad se representa sólo hasta un cierto grado. Con excentricidades de barra puede conectar barras excéntricamente debido a secciones especiales en extremo de barra. De esta manera, puede reducir por ejemplo los momentos de cálculo en vigas horizontales para pórticos con grandes secciones de pilar. Las excentricidades de barra se consideran por una transformación de los grados de libertad en la matriz de rigidez de elementos locales.

Para comprobar las excentricidades introducidas, use la imagen fotorrealista de renderizado 3D.

- Mostrar modelo de alambre
- Mostrar modelo de sólido
- Mostrar modelo de sólido transparente

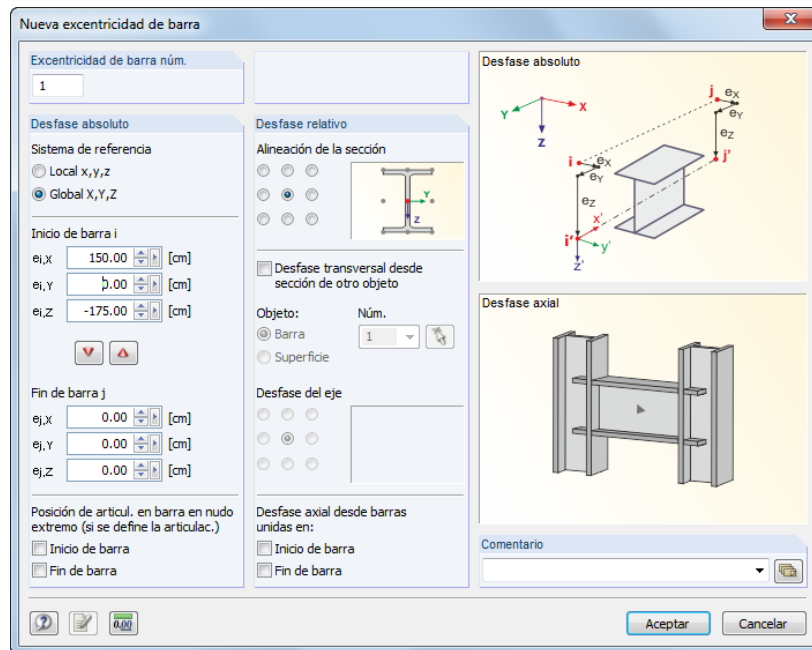


Figura 4.145: Cuadro de diálogo *Nueva excentricidad de barra*

1.15 Excentricidades de barras

Excentr. núm.	Sistema de referencia	Inicio de barra - Excentricidad [mm]			Fin de barra - Excentricidad [mm]			Alineación de la sección		Desfase transversal de la sección de	
		$e_{i,X}$	$e_{i,Y}$	$e_{i,Z}$	$e_{j,X}$	$e_{j,Y}$	$e_{j,Z}$	Eje y	Eje z	Tipo de objeto	Objeto núm.
1	Global	150.0	0.0	-175.0	0.0	0.0	0.0	Centro	Centro	---	
2	Global	0.0	230.0	0.0	0.0	-100.0	0.0	Centro	Centro	Barra	
3											
4											
5											

Sistema de referencia ("L"ocal / "G"lobal / F7 para seleccionar). Asignar el tipo de excentricidad a la barra en la tabla 1.17.

Figura 4.146: Tabla 1.15 *Excentricidades de barras*

Sistema de referencia

Una excentricidad de barra se puede relacionar con uno de los siguientes sistemas de ejes:

- Sistema de ejes x,y,z local de barra
- Sistema de coordenadas X,Y,Z global

Use el navegador *Mostrar* o el menú contextual de la barra para representar los ejes x,y,z locales de barra (ver Figura 4.158, página 156).

Excentricidad para inicio/fin de barra

En la sección del diálogo *Desfase absoluto*, respectivamente en las columnas de tabla B a G, defina las excentricidades para el *Inicio de barra i* y el *Fin de barra j*. Las distancias se refieren al sistema de ejes seleccionado indicado por los índices de caso superior e inferior los cuales se muestran en el gráfico del diálogo.



En el cuadro de diálogo, puede usar los botones [▼] y [▲] para transferir los valores desde un lado a otro.

Alineación de la sección

En la sección del diálogo *Desfase relativo*, use las nueve opciones de selección para definir el punto de la sección relevante para la determinación de la excentricidad. En la tabla, especifique la posición del punto en las columnas H e I. El punto define la distancia para la cual la sección se desplaza al inicio o fin del nudo.

Al definir el punto en el medio del ala superior, como se muestra en la imagen de la izquierda, puede añadir por ejemplo una viga horizontal con su borde superior hacia el pilar mediante una conexión de arranque (sin extensión).

Desfase transversal de la sección de otro objeto

Con un *Desfase transversal* puede organizar una barra a una distancia particular paralela a un objeto (barra en superficie, barra en la misma dirección). Seleccione el número del objeto relevante, una *Barra* o una *Superficie*, de la lista. Puede también usar la función [^] para seleccionarla en la ventana de trabajo. La excentricidad se determina de la *Alineación de la sección* definida encima del *Desfase del eje* (geometría de la sección o espesor de superficie) que define al seleccionar una de las nueve o tres casillas de verificación. En la tabla, puede definir el desfase del eje en las columnas L y M.

Al definir los puntos del borde del ala superior y sobre el lado inferior de la superficie, como se muestra en la imagen a la izquierda, puede organizar por ejemplo una sección de acero sobre el borde bajo una placa mediante una conexión de arranque.

Desfase del eje de barras unidas en

La última opción en la sección del diálogo *Desfase relativo* le permite conectar fácilmente por ejemplo una barra excéntrica a un ala de un pilar. El desfase se puede organizar por separado para el *Inicio de barra* y el *Fin de barra*. La excentricidad se determina automáticamente desde la geometría de la sección de las barras adyacentes. En la tabla, asigne el desfase del eje en las columnas N y O.

El gráfico del diálogo *Desfase del eje* es interactivo con la entrada, ilustrando las eficacias de las casillas de verificación seleccionadas.

Es posible que prefiera la entrada en la sección del diálogo *Desfase relativo* porque puede directamente ajustar las excentricidades al cambiar las secciones. RFEM considera la superficie modificada o las dimensiones de la sección automáticamente.

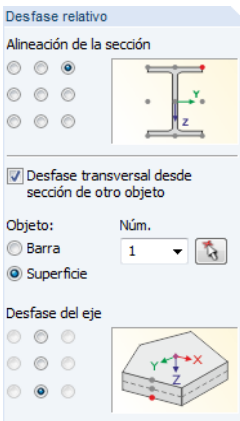
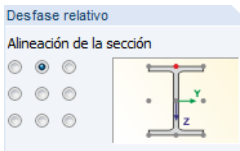
Asignar excentricidades gráficamente

Es más, es posible asignar las excentricidades a barras gráficamente en la ventana de trabajo. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

seleccione **Datos del modelo** en el menú **Insertar**, señale **Excentricidades de barra** y seleccione **Asignar a barras gráficamente** o abra el menú **Edición**, señale **Datos del modelo** y **Excentricidades de barra**, y luego seleccione **Asignar a barras gráficamente**.

Primero, defina el sistema de referencia y las excentricidades.

Después de hacer clic en [Aceptar], las barras se dividen gráficamente en tres partes mediante puntos de división. Ahora, es posible hacer clic en los lados de la barra donde desea aplicar la



excentricidad (ver Figura 4.135, página 140). Para asignar una conexión excéntrica a ambos extremos de barra, haga clic en la zona central de la barra.

4.16 Divisiones de barra

Descripción general

Las divisiones de barra se usan para definir los puntos en barras para los cuales los esfuerzos internos y deformaciones se representan más tarde en las tablas de resultados y en el informe numérico. Una división de barra no tiene ni la influencia en la determinación de valores extremos ni en el diagrama de resultados gráficos (RFEM usa internamente una partición mas refinada). Por lo que, en la mayoría de los casos, no se requieren divisiones de barras.



No confunda divisiones de barras con divisiones de EF para barras. Los nudos de EF en líneas "libres" (sin pertenecer a una superficie) con propiedades de barra se generan sólo si las líneas tienen un refinamiento de malla de EF (ver capítulo 4.23, página 176).

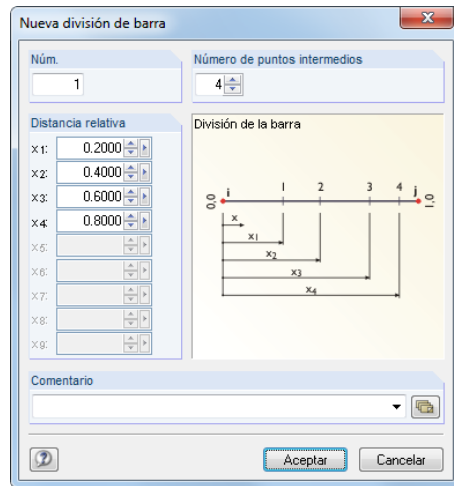


Figura 4.147: Cuadro de diálogo Nueva división de barra

1.16 Divisiones de barras											
División num.	Número de puntos	Distancia relativa del punto desde el inicio de barra									Comentario
		x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	
1	4	0.2000	0.4000	0.6000	0.8000						
2	9	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	décimos
3											
4											
5											
6											

Figura 4.148: Tabla 1.16 Divisiones de barras

Número de puntos

Puede introducir un número de máximo de 99 puntos de divisiones en el cuadro de diálogo. Una entrada divide la barra en el número deseado de puntos equidistantes.

Distancia relativa del punto desde el inicio de barra

Al crear una nueva división en el cuadro de diálogo, las distancias de los tres puntos intermedios se preestablecen. Representan las distancias relativas en el intervalo de 0 (inicio de barra) a 1 (fin de barra).

También es posible para definir divisiones irregulares para los puntos especificados de forma que pueda introducir distancias relativas libremente. Sólo asegúrese de que sigue el orden correcto de intervalos: $x_1 < x_2 < x_3 \dots$



Además, cualquier posición x en la barra se puede evaluar de forma específica gráficamente (ver capítulo 9.5, página 382). De este modo, en la mayoría de los casos no es necesaria la introducción de divisiones de barra manualmente con la determinación problemática de distancias relativas.

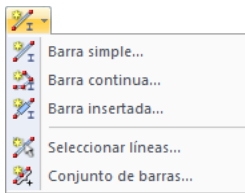
4.17 Barras

Descripción general

Las barras son atributos de líneas. Al asignar una sección (mediante la cual también se define un material), la barra recibe una rigidez. Al generar una malla de EF, los elementos 1D se crean en las barras.

Las barras se pueden conectar entre ellas sólo en los nudos. Cuando las barras se cruzan entre sí sin compartir ningún nudo en común, no existe conexión. No se transfieren esfuerzos internos en tales cruces.

Gráficamente, puede aplicar barras como *Simples*, *Continuas* o a *Líneas* ya existentes. La opción *Barra insertada* se describe en el capítulo 11.4.13 en la página 511.



Botón lista *Barra*

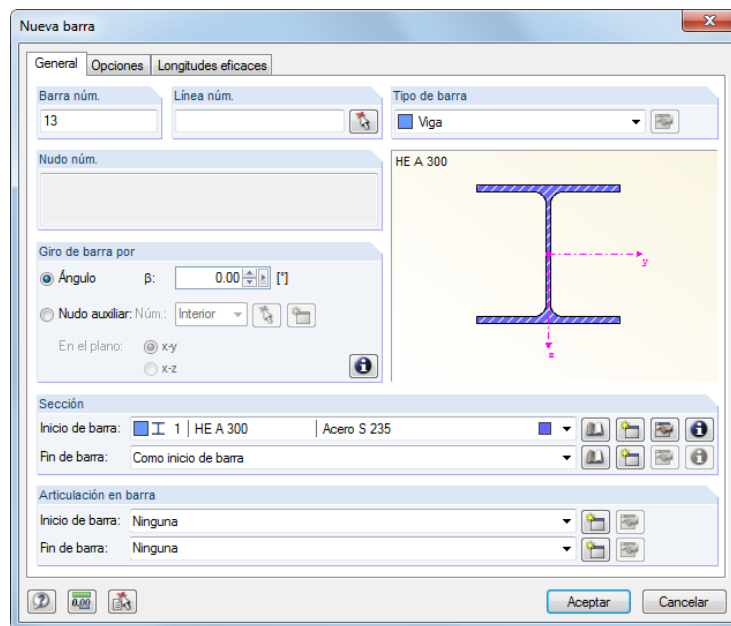


Figura 4.149: Cuadro de diálogo *Nueva barra*, pestaña *General*

1.17 Barras

Barra n.º	A Línea n.º	B Tipo de barra	C Sección n.º		E Giro de la barra Tipo	F β [°]	G Articulación n.º	H Inicio	I Fin	J Excentr. n.º	K División n.º	L Forma de sección variable	M Longitud L [m]	N Peso W [kg]	O Z
1	13	Viga	1	1	Ángulo	0.00	0	0	0	0	0		4.000	706.9	Z
2	14	Viga	1	1	Ángulo	0.00	0	0	0	0	0		4.000	706.9	Z
3	3	Nervio	2	2	Ángulo	0.00	1	1					6.000	1500.0	Y
4	15	Tracción	L 5	L 5	Ángulo	90.00	0	0	0	0	0		3.000	29.0	Z
5	16	Viga	I 3	I 3	Ángulo	0.00	1	1	0	0	0		6.059	537.5	YZ
6	17	Viga	I 3	I 3	Ángulo	0.00	0	0	0	0	0		3.843	340.9	Z
7	19	Viga	I 3	I 4	Ángulo	0.00	0	0	0	0	0	Lineal	3.000	272.0	Z
8	20	Pandeo	L 5	L 5	Ángulo	45.00	0	0	0	0	0		6.059	58.5	YZ
9	21	Viga	I 3	I 3	Ángulo	0.00	0	0	0	0	0		3.843	340.9	Z

Secciones | Articulaciones en barras | Excentricidades de barras | Divisiones de barras | Barras | Nervios | Apoyos elásticos en barra

Tipo de barra (F7 para seleccionar)

Figura 4.150: Tabla 1.17 Barras

Nueva barra

General | Opciones | Longitudes eficaces

Barra n.º: 13

Excentricidad de barra: 2 | G | 0.0,0,0,0,0 | 0,0,0,0,0 | MM

División de la barra: 1 | 4 | 0.2; 0.4; 0.6; 0.8

Apoyo elástico de barra: Ninguno

No linealidad de barra: 1 - Deslizamiento

Forma de sección variable: Lineal

Comentario:

Aceptar Cancelar

Figura 4.151: Cuadro de diálogo Nueva barra, pestaña Opciones

Línea

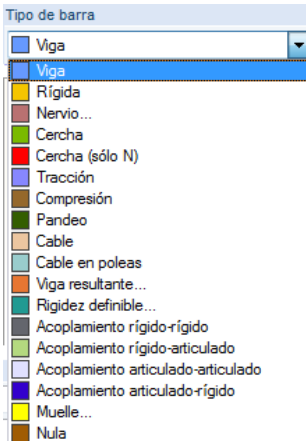
Introduzca el número de la línea con las propiedades de barra en el campo de entrada del cuadro de diálogo, respectivamente la columna en la tabla. En el cuadro de diálogo Nueva barra, puede seleccionar la línea también gráficamente.

Los nudos inicial y final de la línea definen la orientación de barra, la cual afecta también a la posición del sistema de coordenadas local de la barra (ver "giro de barra" en este capítulo). La orientación de barra se puede cambiar rápidamente en el gráfico: haga clic con el botón secundario en la barra y seleccione *Invertir orientación de barra* en el menú contextual.

Tipo de barra

Con el tipo de barra define la forma de absorber los esfuerzos internos o qué propiedades se asumen para la barra.

Se disponen diferentes opciones para selección en la lista del *Tipo de barra*. Cada barra tiene su propio *Color* que se puede usar en el modelo para representar distintos tipos de barras. Los colores se controlan en el navegador *Mostrar* con la opción *Colores en el renderizado según* (ver capítulo 11.1.9, página 459).



Tipo de barra	Descripción breve
Viga	Barra resistente a flexión que puede transmitir todos los esfuerzos internos.
Rígida	Barra de acoplamiento con rigideces rígidas
Nervio	Viga en T que considera el ancho de losa eficaz
Cercha	Viga con articulaciones de momento en ambos extremos
Cercha (sólo N)	Barra sólo con rigidez $E \cdot A$
Tracción	Cercha (sólo N) con fallo en caso de esfuerzo de compresión
Compresión	Cercha (sólo N) con fallo en caso de esfuerzo de tracción
Pandeo	Cercha (sólo N) con fallo en caso de esfuerzo de compresión $> N_{cr}$
Cable	Barra que sólo transfiere esfuerzos de tracción. El cálculo se realiza según el análisis de grandes deformaciones.
Cable en poleas	Barra en polilínea, sólo se puede modificar en la dirección longitudinal, sólo absorbe esfuerzos de tracción (polea).
Viga resultante	Barra para integración de resultados de superficie, sólido o barra
Rigideces	Barra con rigideces definidas por el usuario
Acoplamiento rígido-rígido	Acoplamiento rígido con conexiones resistentes a flexión en ambos extremos.
Acoplamiento rígido-articulado	Acoplamiento rígido con conexión resistente a flexión al inicio de barra y conexión articulada al final de barra
Acoplamiento articulado-articulado	Acoplamiento rígido con conexiones articuladas en ambos extremos (sólo se transmiten esfuerzos axiales y cortantes, pero no momentos).
Acoplamiento articulado-rígido	Acoplamiento rígido con conexión articulada al inicio de barra y conexión resistente a flexión al final de barra.
Muelle	Barra con rigideces de muelle, zonas de actividad definibles y coeficientes de amortiguamiento
Nula (barra ficticia)	Barra que se ignora en el cálculo.

Tabla 4.7: Tipo de barra

Viga

Una viga no tiene articulaciones definidas en sus extremos de barra. Cuando se conectan dos vigas entre ellas y ninguna articulación se ha definido para el nudo común, la conexión es resistente a flexión. Las vigas pueden estar tensionadas por todo tipo de cargas.

Barra rígida

Acopla los desplazamientos de dos nudos mediante una conexión rígida. De este modo, corresponde en principio a una barra de acoplamiento (ver página 154). Use una barra rígida para definir barras con rigideces elevadas considerando articulaciones que pueden también tener constantes de muelle y no linealidades. A penas ningún problema numérico ocurre ya que las rigideces se ajustan al sistema. RFEM muestra esfuerzos internos también para barras rígidas.

Las rigideces siguientes se asumen (se aplica también a los acoplamientos y *Rígidas ficticias*):

- Rigidez longitudinal y a torsión $E \cdot A = G \cdot I_T = 10^{13} \cdot I$ (I = longitud de barra)
- Resistencia a flexión $E \cdot I = 10^{13} \cdot I^3$
- Rigidez a cortante (si está activa) $G_{Ay} = G_{Az} = 10^{16} \cdot I^3$

Debido a este tipo de barra ya no es necesario definir una *Rígida ficticia* (ver página 126) la cual se asigna como sección.

Nervio

Los nervios se describen en el capítulo 4.18, página 161.

Cercha (sólo N)

Este tipo de barra de cercha absorbe esfuerzos axiales en forma de tracción y compresión. Una barra de cercha tiene articulaciones de momento internas en sus extremos de barra. Por lo tanto, una definición adicional de la articulación no se admite. RFEM le muestra sólo esfuerzos internos en nudos (los cuales se transfieren a las barras de conexión). La misma barra le muestra una distribución lineal de esfuerzos internos. Una excepción es la carga puntual en la barra, lo que significa que ningún diagrama es visible como resultado del peso propio o de una carga lineal. Los momentos de contorno son cero debido a la articulación. Una distribución lineal se asume a lo largo de la barra. Los esfuerzos del nudo, sin embargo, se calculan a partir de cargas en barra, lo que garantiza una transmisión correcta.

La razón para un tratamiento especial es que una viga de cercha, tal como se entiende comúnmente, transfiere esfuerzos axiales. Los momentos no son de interés. Por lo tanto, no se muestran a propósito en la salida ni en el cálculo como parte del cálculo. Para obtener y ver momentos a partir de las cargas de barra, use el tipo de barra *Cercha*.

Tracción / Compresión

Una barra de tracción sólo puede absorber esfuerzos de tracción y una barra de compresión sólo esfuerzos de compresión. El cálculo de una estructura de entramado con estos tipos de barras se realiza iterativamente. En la primera iteración, RFEM determina los esfuerzos internos de todas las barras. Si las barras de tracción tienen esfuerzos axiales negativos (compresión), o si las barras de compresión tienen esfuerzos axiales positivos (tracción), se inicia una etapa de iteración adicional en la cual la rigidez de estas barras ya no se considera, han fallado. Este proceso de iteración continúa tan pronto como las barras de tracción o compresión están fallando. Dependiendo del modelado y carga, el sistema se puede convertir en inestable debido al fallo de barras de tracción o compresión.



Una barra de tracción o compresión se puede considerar una vez más en la matriz de rigidez si se reactiva en una etapa de iteración más tarde debido a redistribuciones en el sistema. En el menú **Cálculo**, seleccione **Parámetros de cálculo** para abrir el cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* donde puede especificar los *Parámetros de cálculo global*. En la sección del diálogo *Reactivación de barras defectuosas* puede establecer el *Tratamiento excepcional* de barras de fallo. Los detalles se pueden encontrar en el capítulo 7.3 en la página 293.

Pandeo

Una barra de pandeo absorbe cantidades ilimitadas de esfuerzos de tracción. Los esfuerzos de compresión, sin embargo, se pueden absorber sólo hasta que se alcance la carga crítica de Euler.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{cr}^2} \quad \text{donde } l_{cr} = l$$

Ecuación 4.23

Con este tipo de barra puede con frecuencia evitar inestabilidades que ocurren en cálculos según el análisis de segundo orden o de grandes deformaciones debido al pandeo de barras de cercha. Si reemplaza cerchas – próximo a la realidad – por barras de pandeo, la carga crítica se incrementa en muchos casos.

Cable

Las barras del cable sólo absorben esfuerzos de tracción. Se usan para analizar cadenas de cables con esfuerzos longitudinales y transversales por cálculo iterativo que considera la teoría de cables (análisis de grandes deformaciones - ver capítulo 7.3.1, página 285). Se requiere definir el cable completo como cadena de cables consistente en varias barras de cable.

Para crear rápidamente una catenaria, señale **Generar modelo - Barras** en el menú **Herramientas** y seleccione **Arco** (capítulo 11.7.2, página 558). Cuanto más exacta sea la forma de inicio de la catenaria correspondiente a la cadena de cables real, más estable y rápido se puede realizar el cálculo.

Se recomienda pretensar las barras de cable con el fin de prevenir esfuerzos de compresión que resulten en fallo. Es más, los cables se deberían usar sólo en caso de que las deformaciones tengan una parte considerable en cambios de los esfuerzos internos, es decir cuando ocurran grandes deformaciones. Para aparejos simples rectos como arriostramientos transversales (cubierta proyectada), las barras de tracción son completamente suficientes.



Al evaluar las deformaciones de barras de cable, establezca el factor de escala en el panel de control (ver Figura 3.20, página 32) a "1" de forma que los efectos de refuerzo se representen con realismo.

Cable en poleas

El cable en poleas absorbe sólo esfuerzos de tracción y se calcula según la teoría de cables (análisis de grandes deformaciones). En contraste con un cable, sólo se puede aplicar a una polilínea con al menos tres nudos. Este tipo de barra es apropiado para sistemas de poleas donde los esfuerzos axiales se transmiten a través de las poleas.

En comparación a la barra de cable normal, sólo un desplazamiento dentro de los nudos internos en dirección longitudinal u_x es posible. Por lo que, la barra no debe estar tensionada por cargas de barra que actúan en las direcciones locales y o z.

El desplazamiento en dirección longitudinal no se admite para que sea libre en los extremos del cable.

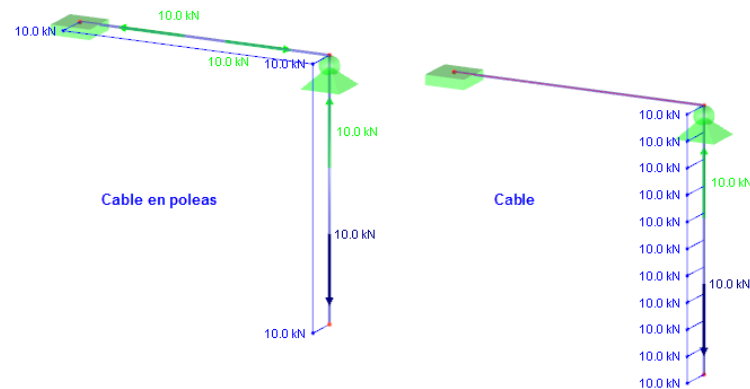


Figura 4.152: Sistema con cable en polea y barra de cable - esfuerzos axiales y reacciones en apoyos

No es importante para los nudos internos de la polilínea si un apoyo en nudo está disponible o la barra está conectada a otra construcción. RFEM analiza el modelo total de la barra de cable a lo largo de la longitud de la polilínea.

RFEM considera sólo desplazamientos u_x y esfuerzos axiales N para barras del tipo de barra *Cable en poleas*.

Viga resultante

Como un corte a través del modelo, una viga resultante se puede colocar en cualquier sitio en el modelo como barra virtual. Úselo para mostrar esfuerzos internos de superficies, barras y sólidos en la forma de resultados integrados. De esta manera, puede leer en la pantalla por ejemplo los esfuerzos cortantes resultantes de una superficie usada para cálculo de fábrica.

La viga resultante no necesita ningún apoyo o conexión para el modelo. Es más, no es posible aplicar cargas a la misma.

Los parámetros de integración se deben establecer en un cuadro de diálogo (ver Figura 4.153) que abre usando el botón [Editar].

En la sección del diálogo *Integrar tensiones y fuerzas*, defina la zona de influencia de las vigas resultantes. El gráfico del diálogo ilustra los parámetros relevantes para las opciones individuales.

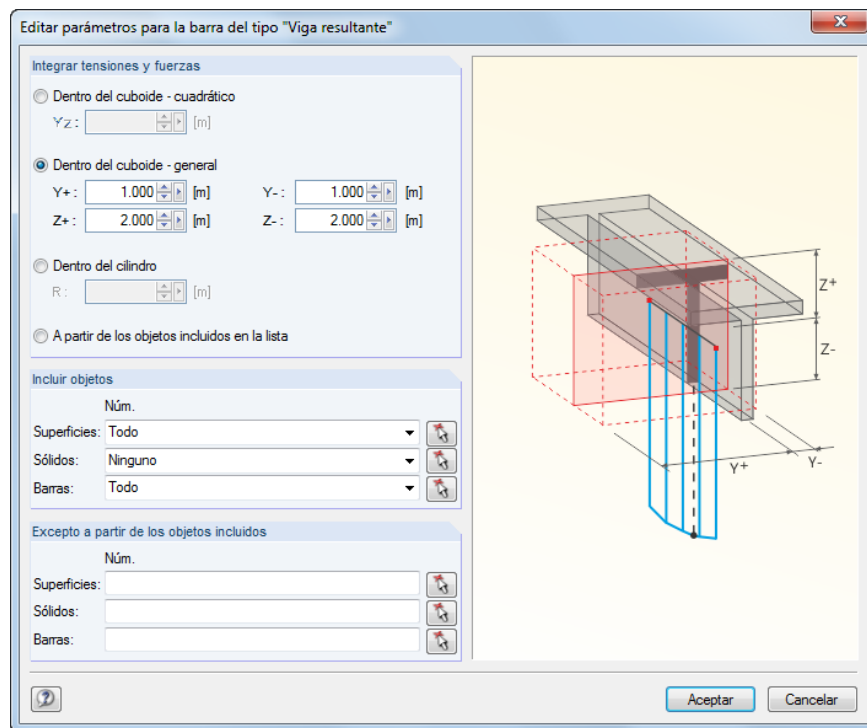
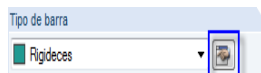
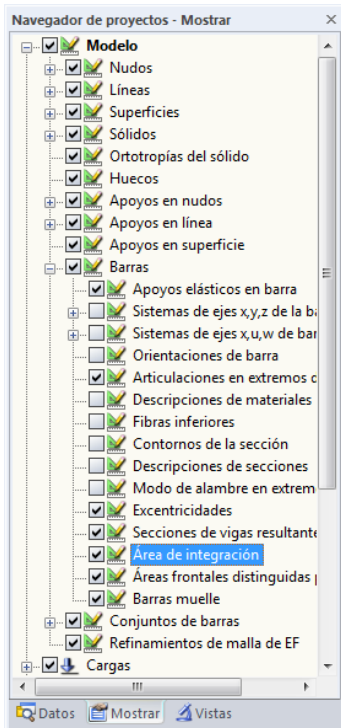
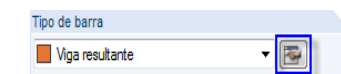


Figura 4.153: Cuadro de diálogo *Editar parámetros para la barra del tipo "Viga resultante"*

La sección del diálogo *Incluir objetos* permite una selección específica de elementos del modelo cuyos resultados se deberían considerar para la integración: superficies, sólidos, barras.

Cuando se define la viga resultante, puede activar y desactivar la representación de áreas de integración en el navegador *Mostrar* (ver la imagen que se muestra a la izquierda).

Rigideces

Las rigideces de barra se pueden especificar directamente en el cuadro de diálogo que abre con el botón [Editar]. De este modo, la designación de una sección no es necesaria.

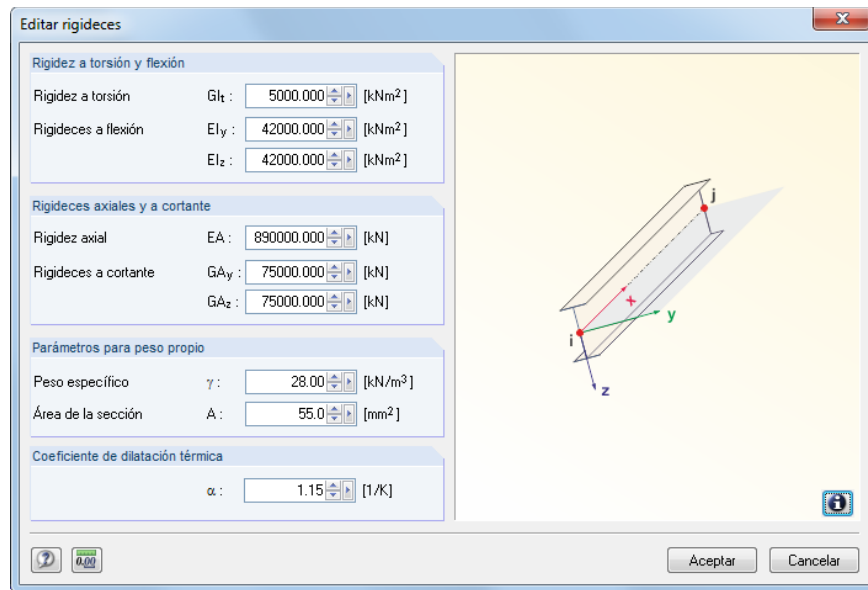


Figura 4.154: Cuadro de diálogo *Editar rigideces de barra*



Para mirar en la definición de la matriz de rigidez, use el botón [Información].

Acoplamiento

Una barra de acoplamiento es una barra virtual, muy rígida con propiedades articuladas y rígidas definibles.

Es posible acoplar los grados de libertad de los nudos inicial y final de cuatro maneras distintas. Los esfuerzos cortantes y axiales, momentos flectores y a torsión respectivamente, se transfieren directamente de un nudo a otro. Los acoplamientos se pueden usar para modelar situaciones especiales para transferir esfuerzos y momentos.

RFEM calcula rigideces de acoplamiento que dependen del modelo con el fin de excluir problemas numéricos.



Con la barra *Rígida* alternativa (ver página 151) puede definir barras de acoplamiento que considera también muelles y no linealidades de articulaciones.

Para controlar la representación de resultados de acoplamiento, use el navegador *Mostrar*.

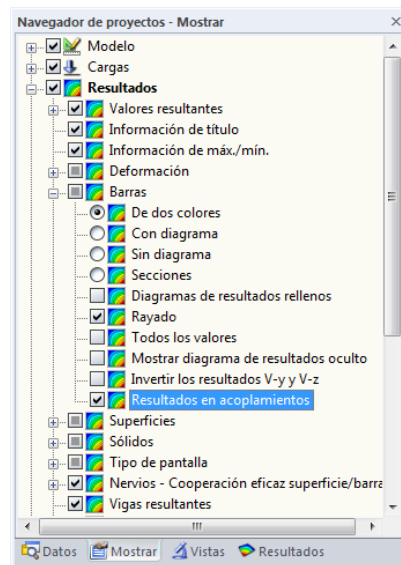


Figura 4.155: Activar la pantalla para resultados de barras de acoplamiento en el navegador *Mostrar*

Muelle

Si se establecen no linealidades del *Muelle*, puede abrir un cuadro de diálogo nuevo usando el botón del diálogo [Editar] o el botón [...] en la tabla.

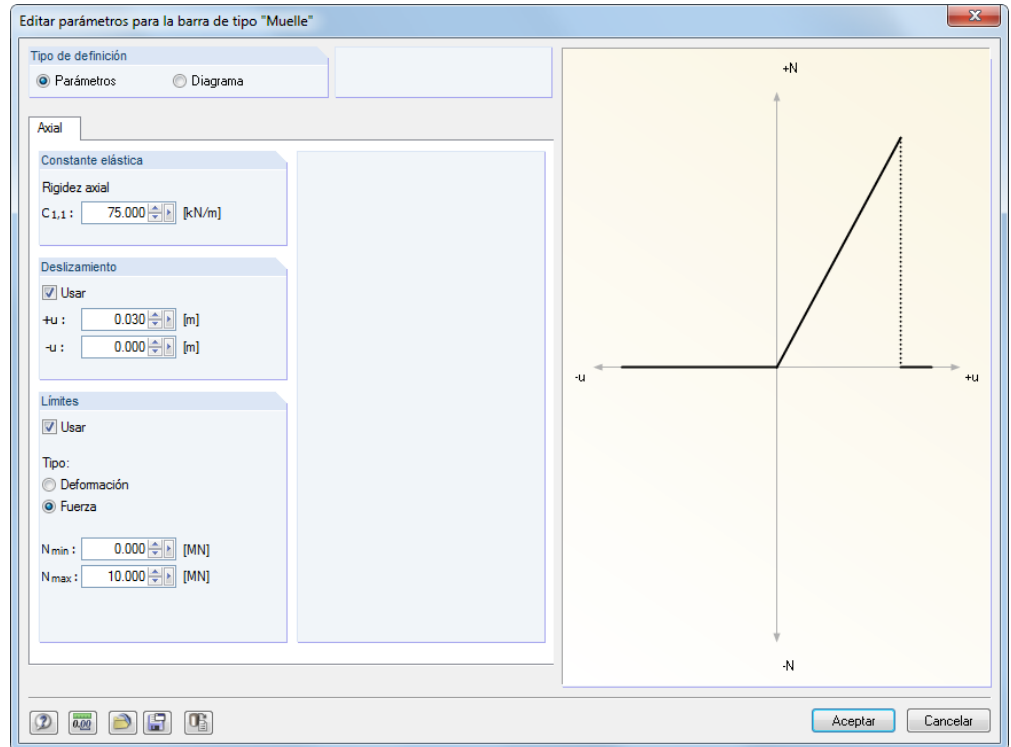


Figura 4.156: Cuadro de diálogo *Editar parámetros para la barra de tipo "Muelle"*

Defina las propiedades del muelle por *Parámetros* o en un *Diagrama*. La constante del muelle $C_{1,1}$ describe la rigidez de la barra en su dirección x local según la siguiente relación:

$$k = \frac{E \cdot A}{l}$$

Ecuación 4.24

El *Deslizamiento* especifica una zona de la deformación donde el muelle no absorbe esfuerzos.

Es más, tiene dos opciones para definir los *Límites* del muelle:

- *Deformación*: Los valores u_{min} y u_{max} definen la zona de actividad geométrica del muelle. El muelle actuará como una barra rígida (interrupción) para deformaciones además de la zona especificada.
- *Fuerza*: Los valores N_{min} y N_{max} definen la zona de actividad para los esfuerzos que pueden ser absorbidos por el muelle. Si el esfuerzo axial es además el límite definido, el muelle falla.

Cuando se establece la opción *Diagrama*, puede definir las propiedades del muelle incluso con más precisión. Aquellas configuraciones son en su mayor parte idénticas a las opciones disponibles para articulaciones en barras no lineales (ver capítulo 4.14, página 143).

Nula

Ni la barra nula ni sus cargas se consideran para el cálculo. Use el tipo de barra nula para analizar, por ejemplo, cambios en el comportamiento de la estructura si algunas barras no son eficaces. No necesita eliminar estas barras, su carga se mantiene también.

Sección al inicio de barra y fin de barra

Los dos campos de entrada o columnas de tabla se usan para definir las secciones para el inicio y fin de barra. Los números de la sección se refieren a las entradas en la tabla 1.13 Secciones (ver capítulo 4.13, página 125). La designación se hace más sencilla por colores relacionados a secciones diferentes.



Barra de sección variable

Al introducir números diferentes para el inicio y fin de secciones, se crea una cartela. RFEM interpola las rigideces variables a lo largo de la barra según los polinomios de alto grado. Una entrada sin sentido como la de una cartela de sección IPE y un acero redondo se identifican mediante una comprobación plausible antes de que se inicie el cálculo.

La determinación interna de valores de sección variable se controlan especificando la *Forma de cartela* en la pestaña *Opciones* del cuadro de diálogo *Nueva barra*, en la columna de tabla respectivamente (ver página 159).

Giro de barra

El sistema de coordenadas relacionado con la barra x,y,z está definido en sentido de las agujas del reloj por ángulos rectos. El eje x local representa siempre el eje neutro de la barra, conectando el nudo inicial con el nudo final de la línea (dirección positiva). Los ejes y y z de la barra, respectivamente u y v para secciones asimétricas, representan los ejes principales de la barra.

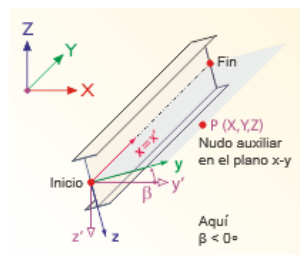
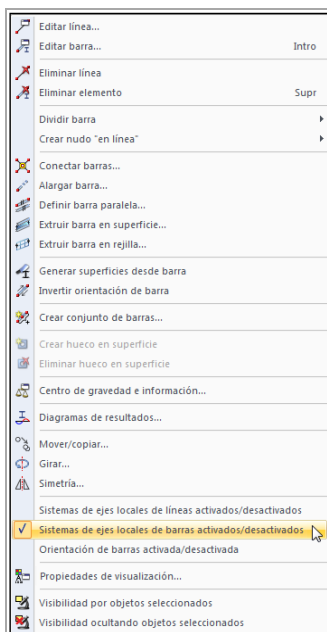


Figura 4.157: El giro de barra y los ejes x,y,z locales de barras (cualquier posición espacial)

La posición de los ejes y y z locales se establece automáticamente. El eje y es perpendicular al eje x longitudinal y paralelo al plano XY global. La posición del eje z se determina mediante la regla de la mano derecha. El componente z' del eje z siempre se representa descendente (lo que significa en dirección de la gravedad) - independientemente de si el eje Z global se orienta de forma descendente o ascendente.

Para comprobar la posición de barra, use el renderizado 3D. Puede también usar el navegador *Mostrar* o el menú contextual de barra para representar los *Sistemas de ejes x,y,z de barra*.



Menú contextual de barra

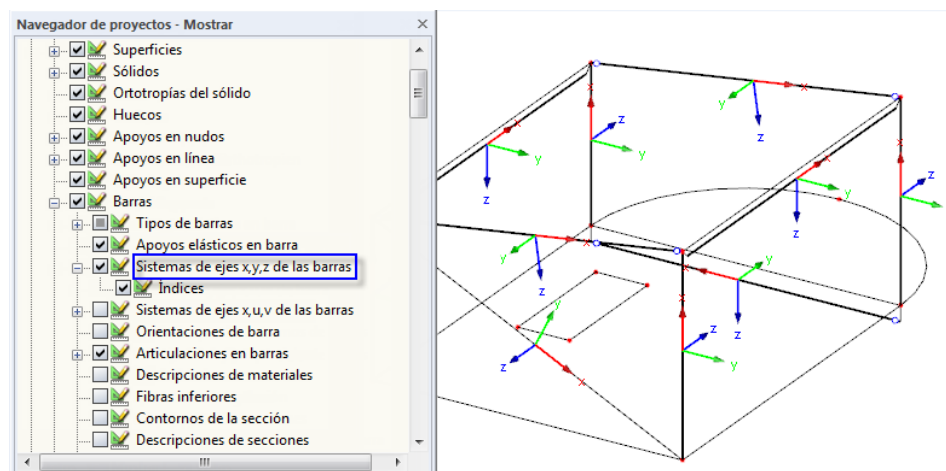


Figura 4.158: Selección de los sistemas de eje locales de barra en el navegador *Mostrar*

La columna de tabla **N** le informa acerca del eje global paralelo a la barra o le indica el plano que abarca los ejes globales donde descansa la barra. Si no hay ninguna entrada, la barra se encuentra en una posición espacial arbitraria.

Si una barra se alinea paralela al eje global Z, es decir en posición vertical, el eje **z** local, por supuesto, no tiene componente Z. En este caso, se aplica la siguiente regla: el eje **y** local se alinea paralelo al eje Y global. Luego, la posición del eje **z** se determina mediante la regla de la mano derecha.

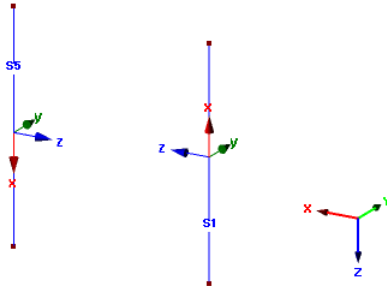


Figura 4.159: Posición de barra vertical con orientaciones de barra diferentes ($\beta = 0^\circ$)

Cuando una barra se coloca en un conjunto de barras de pilar continuas no está exactamente en posición vertical (debido a las desviaciones de simetría de las coordenadas del nudo X o Y), los ejes de la barra pueden cambiar su orientación: RFEM clasifica la posición de una barra que está ligeramente inclinada como "general". Si desea aún clasificar barras en general en posición general como *vertical*, seleccione **Regenerar modelo** en el menú **Herramientas** (ver capítulo 7.1.3, página 275).

Los giros de barra se pueden aplicar de dos maneras:

Giro de barra por ángulo β

Defina un *Ángulo* β sobre el cual se gira la barra. Si el ángulo de giro β es positivo, los ejes y y z se giran en sentido de las agujas del reloj respecto al eje x longitudinal de barra.



Tenga en cuenta que el ángulo de giro de la barra β y el ángulo de giro de la sección α' (ver capítulo 4.13, página 128) se resumen.



En los modelos 2D, sólo los ángulos de giro de la barra de 0° y 180° se admiten.

Giro de barra por nudo auxiliar

El sistema de ejes de la barra se dirige hacia un nudo particular. Primero, seleccione el eje (y o z) que desea que afecte el nudo auxiliar. En consecuencia, el nudo auxiliar define el plano x-y o el plano x-z de la barra. Luego, introduzca el nudo auxiliar. También es posible seleccionarlo gráficamente o crear uno nuevo. Sin embargo, asegúrese de que el nudo no descansa sobre la línea recta que está definida por el eje x de la barra.

El ejemplo siguiente muestra los pilares que se alinean hacia el punto central.

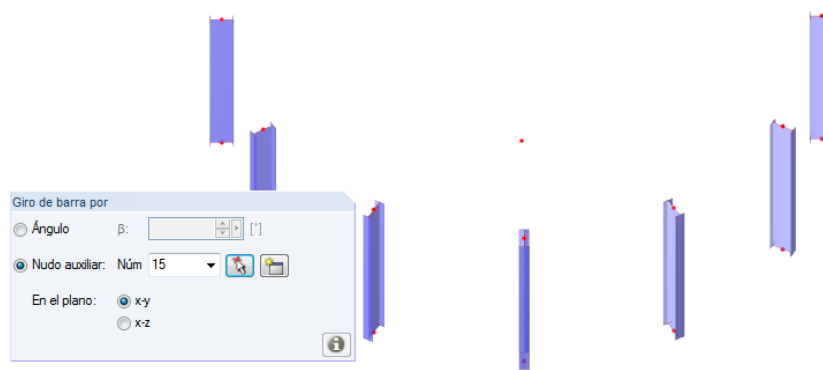


Figura 4.160: Giro de barra por nudo auxiliar

Cambios del sistema de ejes de barra pueden afectar a los signos de los esfuerzos internos. La figura siguiente ilustra la regla general de signos.

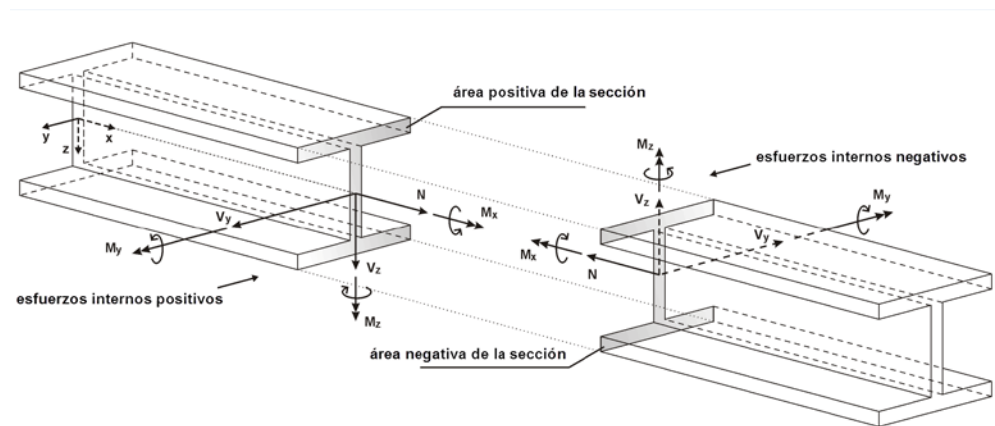


Figura 4.161: Definición positiva de esfuerzos internos



El momento flector M_y es positivo si las tensiones de tracción ocurren en el lado positivo de la barra (en dirección del eje z). M_z es positivo si las tensiones de compresión ocurren en el lado positivo de la barra (en dirección del eje y). La definición del signo para momentos torsores, esfuerzos axiales y esfuerzos cortantes corresponde con los convenios usuales. Estos esfuerzos internos son positivos si actúan en una dirección positiva.

Articulación al inicio y fin de barra

En estas dos columnas de tabla o campos de entrada del cuadro de diálogo *Nueva barra*, puede definir articulaciones que controlen la transferencia de esfuerzos internos en nudos. Los números de la articulación están referidos a las entradas disponibles en la tabla 1.14 *Articulaciones en barras* (ver capítulo 4.14, página 138).

Para algunos de los tipos de barra, las entradas no están disponibles ya que las articulaciones internas ya existen.

Excentricidad de barra

En esta columna de tabla o campo de entrada de la pestaña del diálogo *Opciones* (ver Figura 4.151), puede asignar una conexión excéntrica para la barra. Los números de las excentricidades se refieren a la tabla 1.15 *Excentricidades de barra* (ver capítulo 4.15, página 145). Un tipo de conexión determina las excentricidades de ambos inicio de barra y fin de barra.

División de barra

Las divisiones de barra controlan la salida numérica de los esfuerzos internos y deformaciones a lo largo de la barra (ver capítulo 4.16, página 147). Use la configuración en la columna de ta-

bla o el campo de entrada de la pestaña del diálogo *Opciones* para asignar divisiones o crear nuevas. Los números de las divisiones se refieren a las entradas en la tabla 1.16 *Divisiones de barra*.

Una división de barra no tiene ni la influencia en la determinación de valores extremos ni en el diagrama de resultados gráficos (RFEM usa internamente una partición más refinada). Como las divisiones de barra no se necesitan en la mayoría de los casos, la configuración predeterminada es "Ninguna" o "0".

Apoyo elástico en barra

Con este campo de entrada de la pestaña *Opciones* (ver Figura 4.151) puede asignar un apoyo elástico para la barra. Los números de los apoyos elástico se administran en la tabla 1.19 *Apoyos elásticos en barra* (ver capítulo 4.19, página 164).

No linealidad de barra

Este campo de entrada en la pestaña del diálogo *Opciones* (ver Figura 4.151, página 149) lo hace posible para proporcionar la barra con propiedades no lineales. Los números de las no linealidades se refieren a las entradas en la tabla 1.20 *No linealidades de barra* (ver capítulo 4.20, página 167).

Forma de cartela

Si se definen secciones diferentes para el inicio de barra y el fin de barra, esta columna de tabla o campo de entrada en la pestaña *Opciones* le ofrece la opción entre aplicar una cartela *Lineal* y una *Cuadrática*. De esta manera, es posible describir la geometría de la cartela para la determinación de valores de sección interpolados.

En la mayoría de casos, existe una distribución de cartela lineal: la altura de la sección cambia equitativamente desde el inicio hasta el fin de la sección, el ancho permanece más o menos constante. Sin embargo, si el ancho de la sección también se cambia claramente, a lo largo de la barra (por ejemplo una cartela hecha de secciones macizas), se recomienda usar una función cuadrada para la interpolación de valores de sección.

Longitud

Esta columna de tabla indica la longitud absoluta de la barra como distancia entre el inicio y fin del nudo. Las excentricidades se consideran.

Puede leer la longitud de barra también en la ventana de trabajo: sitúe el puntero del ratón sobre una barra y espere un momento hasta que aparezca la información en pantalla de la barra.

Peso

La masa de una barra se determina del producto del área de la sección A y el peso específico del material. RFEM aplica $g = 10 \text{ m/s}^2$ como aceleración de la gravedad.

Posición

La columna de tabla **N** le informa acerca del eje global paralelo a la barra o le indica el plano que abarca los ejes globales donde descansa la barra. Si no hay ninguna entrada, la barra se encuentra en una posición espacial arbitraria.

Cuando una barra se posiciona en un conjunto continuo de barras de pilar no se encuentra exactamente en posición vertical (debido a las menores desviaciones de las coordenadas X o Y en el nudo), los ejes de la barra pueden cambiar su orientación: RFEM clasifica la posición de una barra que está ligeramente inclinada como "general". Si desea clasificar aún barras en la posición general como *vertical*, seleccione **Regenerar modelo** en el menú **Herramientas** (ver capítulo 7.1.3, página 275).



Longitudes eficaces

La pestaña de diálogo *Longitudes eficaces* administra los *Factores de longitudes eficaces* $k_{cr,y}$ y $k_{cr,z}$.

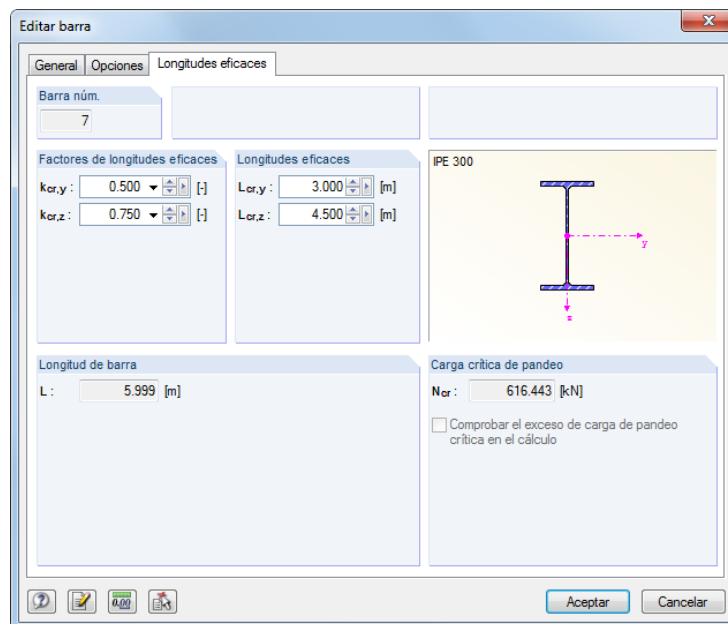


Figura 4.162: Cuadro de diálogo *Editar barra*, pestaña *Longitudes eficaces*

Los factores de longitudes eficaces se pueden ajustar por separado para ambos ejes de barra. Los campos del diálogo a la derecha muestran las *Longitudes eficaces* que resultan de los factores y la longitud de barra introducidos.

Los factores de longitudes eficaces son significativos para los módulos adicionales como RF-STEEL EC3 donde el análisis de estabilidad se cumple, salvo que jueguen un rol secundario para RFEM como por ejemplo que las longitudes de pandeo para barras de pandeo sean determinadas internamente a partir de las condiciones de contorno, y luego se apliquen con precisión.

En la sección del diálogo *Carga crítica de pandeo*, puede decidir si la carga de pandeo por flexión de la barra se comprueba durante el cálculo. La casilla de verificación se marca de forma predeterminada para cerchas y barras de compresión y pandeo. La pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo globales* del cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver Figura 7.22, página 293) ofrece una opción de configuración global para este tipo de control.

Barra como modelo de superficie



La función del menú contextual *Generar superficies desde barras* se puede usar para convertir una barra (elementos 1D) en elementos de superficie adecuados (elementos 2D) para cálculos detallados. La función se describe en el capítulo 11.7.1.5 en la página 544.

Barras dobles



Generalmente, no se desean barras solapadas en el modelo. Por lo que cuando define una barra nueva en los nudos de una barra ya existente, RFEM elimina la barra antigua automáticamente.

Para prevenir que RFEM elimine barras que ya existen, seleccione *Permitir barras dobles* en el menú *Edición*. RFEM considera las rigideces de ambas barras en el cálculo.

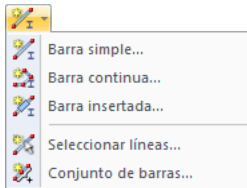
4.18 Nervios

Descripción general

Los nervios son un tipo especial de barra. Para crear un nervio, debe existir ya una barra. Los nervios se pueden usar para representar vigas en T en el modelo de AEF definiendo excentricidades y anchos eficaces.

Los nervios son principalmente apropiados para modelos con elementos de hormigón armado: puede usar los esfuerzos internos y secciones del nervio para el cálculo en el módulo adicional **RF-CONCRETE Members**. Sin embargo, si desea modelar una placa de acero con un "nervio" soldado, use una superficie con una barra conectada excéntrica.

Puede definir un nervio directamente con el menú contextual del navegador de *Nervios* o por la entrada del diálogo. Cuando cree una barra nueva y seleccione el *Tipo de barra Nervio* (ver capítulo 4.17, página 150), puede usar el botón disponible [Editar] para definir los parámetros. También es posible acceder al cuadro de diálogo siguiente usando el menú o menú contextual en el navegador.



Botón lista *Barra*

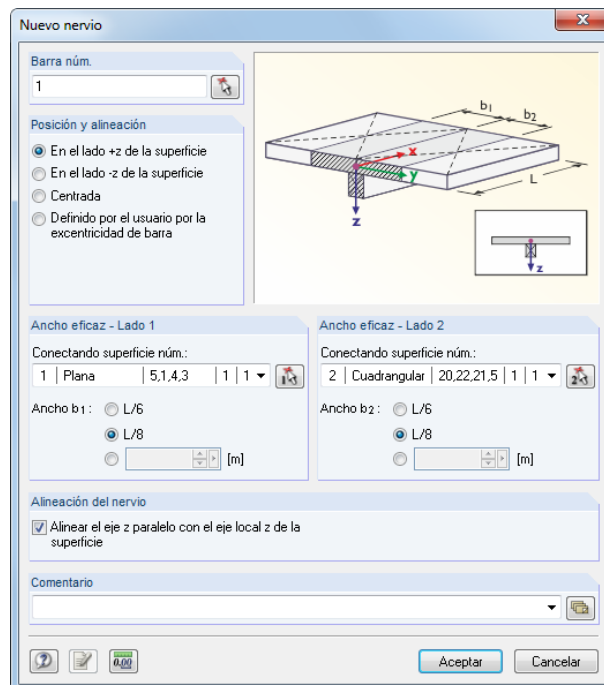


Figura 4.163: Cuadro de diálogo *Nuevo nervio* (para el tipo de modelo 2D - XY)

Barra núm.	A	B	C	D	E	F
	Posición del nervio	Ancho eficaz - Lado 1 Superf. núm.	b ₁ [m]	Ancho eficaz - Lado 2 Superf. núm.	b ₂ [m]	Comentario
12	En arista +z	1	3.000	1	3.000	
13	Central	1	0.789	1	0.789	
14	En arista -z	1	3.000	1	3.000	

Figura 4.164: Tabla 1.18 *Nervios*

Posición del nervio

Generalmente, un nervio es una barra que está dispuesta excéntrica. La excentricidad se determina automáticamente desde la mitad del espesor de superficie y mitad de la altura de la

barra (la tabla 1.15 *Excentricidades de barra* no está afectada). También puede definirlo manualmente. Debido a la excentricidad del nervio la rigidez del momento se incrementa.

Las siguientes opciones de disposición están disponibles:

En el lado +/-z de la superficie

La excentricidad como suma de la mitad del espesor de superficie y la mitad de la altura del alma se aplica automáticamente en dirección del eje **z** positivo o negativo de la superficie. Para mostrar y comprobar los ejes **x,y,z** de superficie en el gráfico, use el navegador *Mostrar* (ver Figura 4.115, página 124).

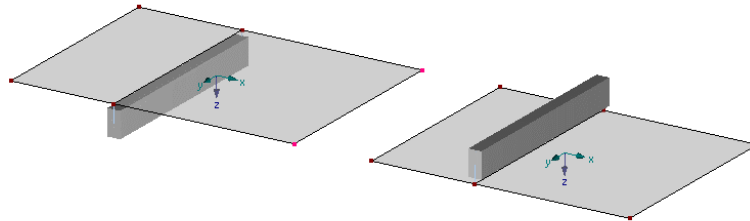


Figura 4.165: Nervios en el lado positivo z (izquierda) y negativo z (derecha) de las superficies

Céntrico

El nervio se modela sin excentricidad. El eje neutro se encuentra en el centro de la superficie.

Definido por el usuario por excentricidad de barra

Defina la excentricidad de barra manualmente en el cuadro de diálogo *Nueva excentricidad de barra*, respectivamente en la tabla 1.15 (ver capítulo 4.15, página 145), y luego asígnela a la barra.

Puede comprobar la posición del nervio en el modo de renderizado sin problemas: en el navegador *Mostrar*, seleccione las dos opciones de representación para modelos de sólidos: *Barras* → *Secciones* y *Superficie* → *Relleno incluido espesor*.

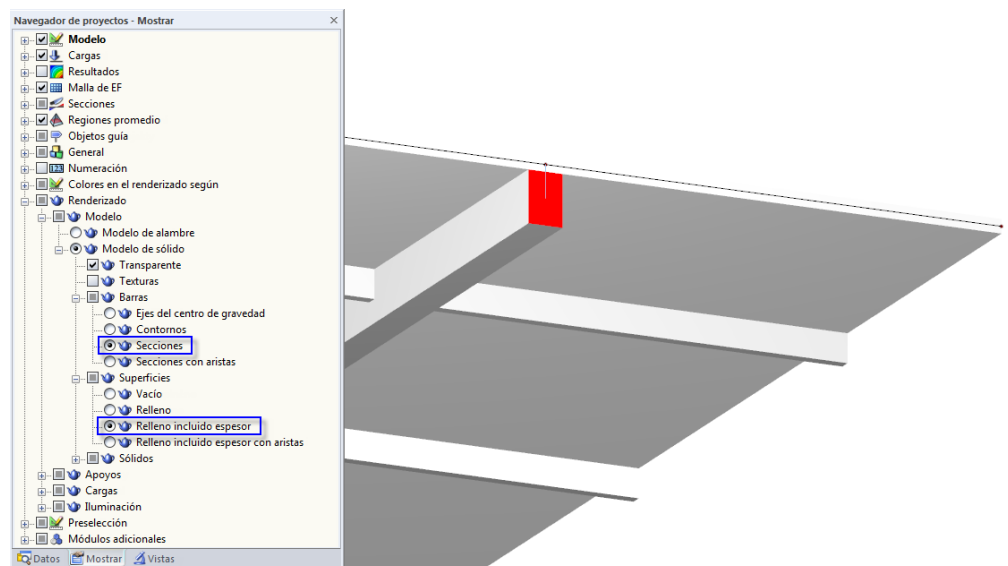


Figura 4.166: Navegador *Mostrar*: *Renderizado* → *Modelo* → *Modelo de sólido*

Ancho eficaz

Al modelar estructuras 3D, el ancho eficaz no tiene influencia en la rigidez porque la rigidez aumentada ya es considerada por la barra excéntrica. El ancho eficaz sólo afecta a los esfuerzos

internos. Para modelos 2D (tipo de modelo 2D - XY), sin embargo, la rigidez se controla mediante la configuración aplicada a la *Reducción de rigidez* (ver párrafo siguiente).

Si una viga conectada excéntricamente se usa en vez de un nervio, entonces el modelo de RFEM asigna esfuerzos internos a la barra y a la losa. Pero en el cálculo de hormigón armado, la barra y una cierta parte de la superficie se considera como una unidad simple, concretamente la viga de piso (viga en T). Para determinar los esfuerzos internos para la viga de piso, el momento flector en la barra se debe incrementar mediante el producto desde el esfuerzo axil en la losa y la excentricidad. Para determinar el esfuerzo axil en la losa, tiene que conocer el área donde se evalúan los esfuerzos axiales. Por lo tanto, tiene que especificar los anchos eficaces así como las superficies.

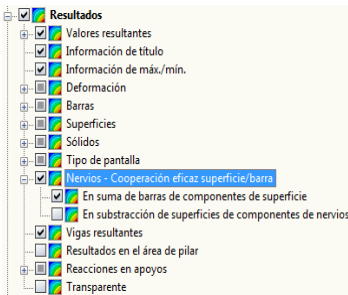


Conectar superficie

Los anchos eficaces del nervio se deben definir por separado para el lado izquierdo y derecho. Con frecuencia, puede mantener la configuración *Detectar automáticamente* en la lista disponible *Conectar superficie* en el cuadro de diálogo *Nuevo nervio*. Sólo en caso de que más de dos superficies se unan entre sí a lo largo de la línea del nervio, tiene que determinar las superficies conectadas explícitamente.

Ancho de integración

El Ancho b_1 y respectivamente el b_2 se pueden introducir directamente en el campo de entrada o calcular automáticamente a partir de la longitud de barra seleccionando las opciones $L/6$ y $L/8$. Al confirmar el cuadro de diálogo, RFEM determina los anchos de integración e introduce los valores.



Tenga en cuenta: ¡si la longitud de barra se modifica subsecuentemente, los anchos de integración no se ajustan automáticamente!

Tras el cálculo, los componentes eficaces de las superficies se pueden considerar para los resultados de barra. En el navegador *Mostrar*, haga clic en *Resultados* y seleccione *Superficie/barra de cooperación eficaz*. Los diagramas de resultados de barra tienen en cuenta una evaluación específica de los esfuerzos internos del nervio (ver capítulo 9.5, página 383).

Reducción de rigidez

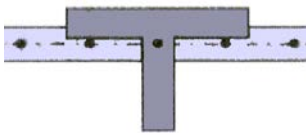
La sección del diálogo y respectivamente estas columnas de tabla sólo se muestran si el tipo de modelo *2D - XY* se establece en los datos generales (ver Figura 12.23, página 598). En comparación con los modelos espaciales definidos donde los nervios se pueden considerar en el análisis de EF como barras distribuidas excéntricamente de todas formas, RFEM usa otra aproximación de análisis para vigas de techo.

Sin la actividad del componente de placa

RFEM aplica para el cálculo una sección substituta cuya rigidez se determina de la sección de la barra y el componente de placa eficaz de las superficies. De este modo, la rigidez de la placa se determina dos veces para los nervios distribuidos excéntricamente ya que es eficaz en la sección substituta así como directamente por los elementos de superficie. Si se marca la casilla de verificación *Sin actividad del componente de placa*, el componente de rigidez de la placa no se considera en la sección substituta.

Actividad de la rigidez a torsión

Este campo de entrada se usa para reducir la rigidez a torsión del nervio.



4.19 Apoyos elásticos en barra

Descripción general

Mientras los apoyos en nudo representan un apoyo en ambos extremos de barra, los apoyos elásticos en barra ofrecen un apoyo elástico de la barra a lo largo de toda su longitud. Use apoyos elásticos en barra para modelar por ejemplo vigas de cimentación considerando propiedades del suelo. Si el apoyo elástico no es eficaz en caso de tensiones de tracción o compresión, es posible considerar efectos no lineales en el cálculo.

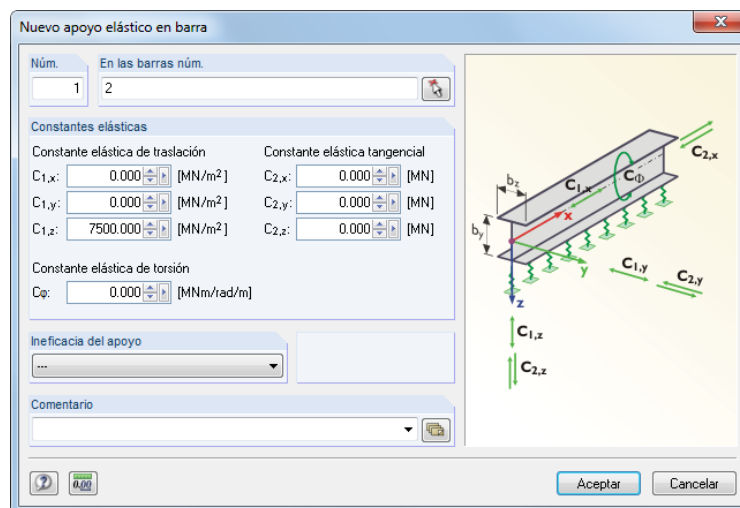


Figura 4.167: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo elástico en barra*

1.19 Apoyos elásticos en barra

Apoio núm.	A En las barras núm.	B C _{1,x} [kN/m ²]	C C _{1,y} [kN/m ²]	D C _{1,z} [kN/m ²]	E C _{2,x} [kN]	F C _{2,y} [kN]	G C _{2,z} [kN]	H C _φ [kNm/rad/m]	I Ineficacia del apoyo	J Comentario
1	2	0.000	0.000	7500.000	0.000	0.000	0.000	0.000	No	
2	1,6	0.000	0.000	50000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Si la tensión de contact...	
3									No	
4									Si la tensión de contacto es negativa	
5									Si la tensión de contacto es positiva	

Excentricidades de barras | Divisiones de barras | Barras | Apoyos elásticos en barra | No linealidades de barras | Conjuntos de barras

Apoio ineficaz ("N"o / Bajo "t"racción / Bajo "c"ompresión / F7 para seleccionar)

Figura 4.168: Tabla 1.19 Apoyos elásticos en barra

En las barras

Los apoyos elásticos en barras sólo se pueden definir para el tipo de barra *Viga*. Introduzca el número de la barra en la columna de tabla o campo de entrada. También puede definirlo gráficamente.

Constantes elásticas

Muelle a traslación

Tiene que especificar los parámetros de muelles a traslación en dirección de los ejes x, y y z locales de barra.

Los módulos de rigidez E_s de la Tabla 4.8 sirven como valores de referencia. Tenga en cuenta que la entrada en RFEM se refiere al módulo de reacción de subgrado para que se determine considerando el factor de forma.

Tipo de suelo	E_s (carga estática)	E_s (carga dinámica)
Arena, compacta	40 – 100	200 – 500
Arena de grava, compacta	80 – 150	300 – 800
Arcilla, semisólida a sólida	8 – 30	120 – 250
Arcilla, rígida-plástica	5 – 20	70 – 150
Suelo mixto, semisólido a sólido	20 – 100	200 – 600

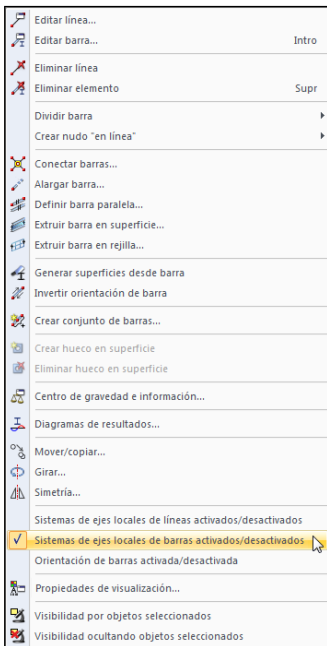
Tabla 4.8: Módulos de rigidez de los tipos de suelo seleccionados en [N/mm²]

Los valores de la Tabla 4.8 representan valores característicos del área relacionada: describen la fuerza superficial en [N/mm²] que se necesita para comprimir el suelo por 1 mm. De este modo, la unidad se interpreta de una forma relacionada con el sólido como [N/mm³].

Para las vigas de cimentación usadas por ejemplo para modelar cimientos corridos, tiene que determinar el coeficiente del muelle considerando el ancho de la sección. De esta forma, obtiene un muelle a traslación en [N/mm²] que está relacionado a la barra. El muelle indica el esfuerzo de barra en [N/mm] que se necesita para comprimir el suelo por 1 mm - por lo tanto la unidad de entrada es [N/mm²]. El resultado se debe introducir como muelle a traslación $C_{1,z}$: Para los cimientos corridos (barras en posición horizontal) el eje z local tiene normalmente dirección descendente.

Las rigideces del muelle se consideran como valores de cálculo.

Use el navegador *Mostrar* o el menú contextual de la barra para representar ejes locales de barra (ver Figura 4.158, página 156).



Menú contextual de barra

Muelle a cortante

Los muelles a cortante se usan para determinar la capacidad a cortante del suelo. Las constantes elásticas C_2 se determinan del producto $\nu \cdot C_{1,z}$, con el coeficiente de Poisson ν para asumir entre 0.125 y 0.5 para suelo de arena y gravilla, y entre 0.2 y 0.4 para suelo de arcilla.

Muelle al giro

Introduzca la constante de un muelle al giro en el campo de entrada del diálogo o columna de tabla. La constante dificulta el giro de la barra respecto a su eje longitudinal.

Apoyo ineficaz

Si el apoyo ineficaz no es eficaz en caso de tensiones de tracción o compresión, asigne la propiedad no lineal *Fallo* al tipo de cimentación.



Tenga en cuenta que el criterio *Fallo si la tensión de contacto es negativa o positiva en z* sólo se refiere al eje **z** de barra local. ¡La no linealidad no se aplica a la muelles a traslación en dirección de los ejes **x** e **y** locales! De este modo, no es posible un fallo biaxial eficaz de las barras de cimentación.

Una ineficacia en caso de una tensión de contacto negativa tiene el siguiente significado: si un elemento de barra se mueve en dirección opuesta al eje **z** local no afecta a la cimentación.

Si se aplica el criterio de fallo, se recomienda comprobar la posición y orientación de los ejes **z** locales (ver Figura 4.158, página 156). Puede que sea necesario girar las barras.

La división de barras de las barras con apoyos elásticos se puede ajustar en la pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo globales* del cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver capítulo 7.3, página 293).

4.20 No linealidades de barra

Descripción general

Las no linealidades de barra se usan para representar relaciones no lineales entre fuerza (o momento) y deformación de barras.

Algunas propiedades no lineales ya se pueden definir al especificar el tipo de barra. Una barra traccionada, por ejemplo, es una cercha para la cual la deformación se aumenta proporcional al esfuerzo de tracción, pero cuya deformación puede aumentar bajo compresión sin una fuerza verificable que se requiera para ello.

En principio, las no linealidades de barra se pueden asignar a cualquier tipo de barra. Por supuesto, las combinaciones tienen que tener sentido. Una barra comprimida con el criterio de cálculo "Fallo por compresión" causaría problemas durante el cálculo. Por lo tanto, las no linealidades de barra no se admiten para los tipos de barra tracción, compresión, pandeo y barra de cable, así como para barras con secciones del tipo "Rígida ficticia" (ver página 126).

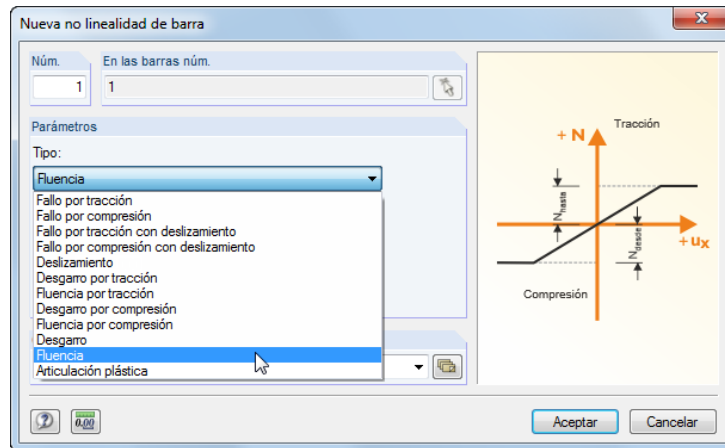
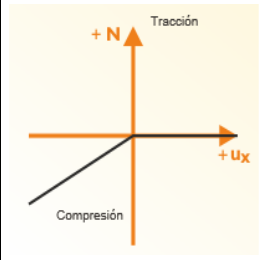
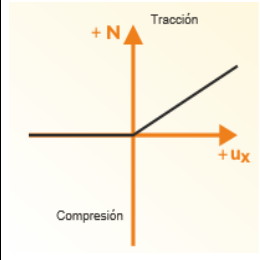
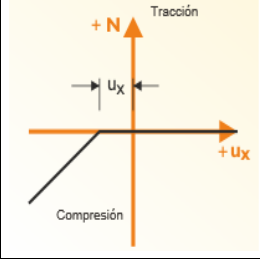
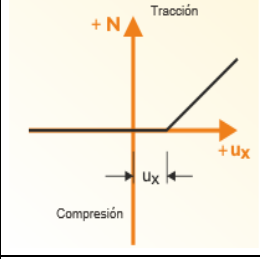
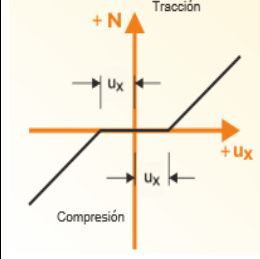
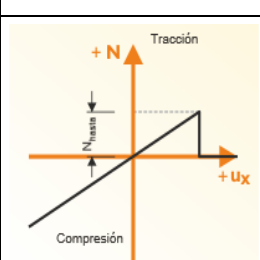


Figura 4.169: Cuadro de diálogo Nueva no linealidad de barra

1.20 No linealidades de barras									
No lin. núm.	A En las barras núm.	B Tipo de no linealidad	C N_{pl} [kN]	D $V_{y,pl}$ [kN]	E Parámetros no lineales				
					F $V_{z,pl}$ [kN]	G $M_{T,pl}$ [kNm]	H $M_{y,pl}$ [kNm]	I $M_{z,pl}$ [kNm]	Comentario
1	10	Fluencia	3.000	5.000					
2	5	Fallo por compresión							
3	2,3	Fallo por tracción con desliz							
4	4	Articulación plástica	9999.000	9999.000	9999.000	9999.000	150.000	9999.000	
5									
6									
7									

Figura 4.170: Tabla 1.20 No linealidades de barra

No linealidad	Diagrama	Descripción
Fallo por tracción		La barra no puede absorber esfuerzos de tracción.
Fallo por compresión		La barra no puede absorber esfuerzos de compresión.
Fallo por tracción con deslizamiento		La barra no puede absorber esfuerzos de tracción. Los esfuerzos de compresión no se absorben hasta que el deslizamiento u_x no vence.
Fallo por compresión con deslizamiento		La barra no puede absorber esfuerzos de compresión. Los esfuerzos de tracción no se absorben hasta que el deslizamiento u_x no vence.
Deslizamiento		La barra absorbe esfuerzos axiales sólo tras haber excedido una deformación o reducción por el valor u_x . Tenga en cuenta: Una armadura lineal en una barra con <i>Deslizamiento</i> causa una división de la barra interna en partes de barra pequeñas. El criterio de deslizamiento se aplica a <u>cada una</u> de estas barras parciales.
Desgarro por tracción		La barra absorbe esfuerzos de compresión sin limitación, pero falla si se sobrepasan los esfuerzos de tracción N_{hasta} .



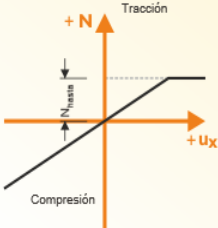
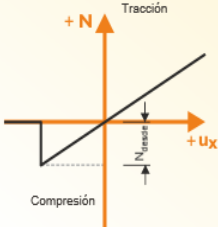
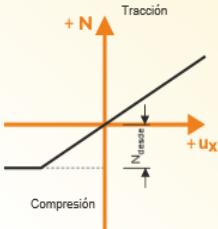
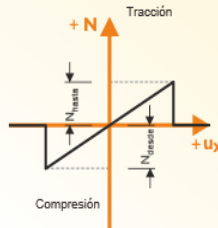
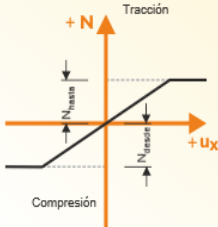
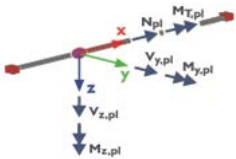
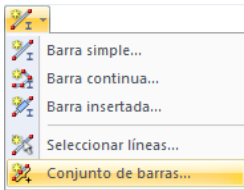
<p>Fluencia por tracción</p>		<p>La barra absorbe esfuerzos de compresión sin limitación, pero sólo un esfuerzo de tracción máximo de N_{hasta}.</p> <p>Si la deformación aumenta, el esfuerzo de tracción permanece constante en la barra.</p>
<p>Desgarro por compresión</p>		<p>La barra absorbe esfuerzos de tracción sin limitación, pero falla si los esfuerzos de compresión exceden N_{desde}.</p>
<p>Fluencia bajo compresión</p>		<p>La barra absorbe esfuerzos de tracción sin limitación, pero sólo un esfuerzo de tracción máximo de N_{desde}.</p> <p>Si la deformación aumenta, el esfuerzo de compresión permanece en la barra.</p>
<p>Desgarro</p>		<p>La barra falla al alcanzar el esfuerzo de compresión N_{desde} o el esfuerzo de tracción N_{hasta}.</p>
<p>Fluencia</p>		<p>La barra comienza a ceder si el esfuerzo de compresión N_{desde} o el esfuerzo de tracción N_{hasta} se alcanzan:</p> <p>Si aumenta la deformación, el esfuerzo permanece constante.</p>
<p>Articulación plástica</p>		<p>Si se alcanza una fuerza de cálculo plástica en una posición de la barra, una articulación plástica se forma allí para el esfuerzo interno.</p> <p>Los esfuerzos internos se deben introducir como valores absolutos. Para componentes de esfuerzos internos no resultantes en plastificaciones, tiene que introducir valores mayores.</p>

Tabla 4.9: No linealidades de barra

4.21 Conjuntos de barras

Descripción general

Los conjuntos de barras se deben entender como barras combinadas. Use un conjunto de barras para tratar varias barras como una barra singular, como puede ser preferible para varias posiciones en el sistema estructural (por ejemplo para análisis de pandeo lateral, cálculo de vigas continuas, aplicación de carga).



Botón lista *Barra*

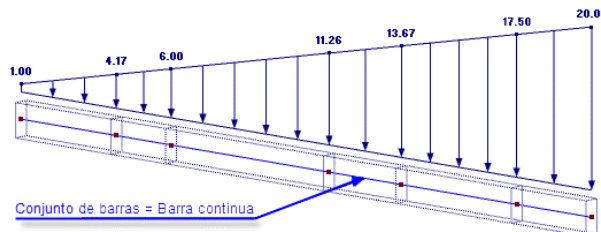


Figura 4.171: Barras continuas con carga trapezoidal

La figura anterior muestra una carga variable lineal que actúa en la longitud total de un conjunto de barras.

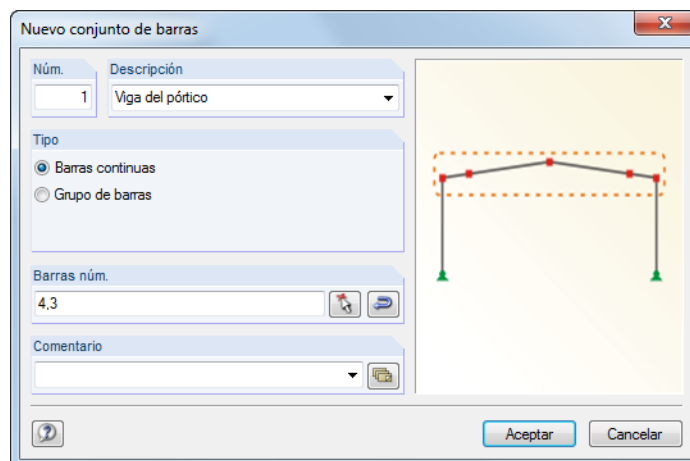


Figura 4.172: Cuadro de diálogo *Nuevo conjunto de barras*

Conjunto núm.	Descripción del conjunto de barras	Tipo	Barras núm.	Longitud [m]	Peso [kg]	Comentario
1	Grupo de barras 1	Grupo	4,8	8.999	519.5	
2	Viga	Continuo	1-3	10.464	928.2	
3	Columna	Grupo	11,15	0.000	0.0	
4	Cordón superior	Continuo	10,16	0.000	0.0	
5						
6						
7						
8						

Figura 4.173: Tabla 1.21 *Conjuntos de barras*

Descripción

Puede introducir cualquier nombre para el conjunto de barras. Puede también usar la lista para seleccionar un nombre. Las descripciones introducidas manualmente se guardan en la lista y están a disposición para su selección de forma instantánea.

Tipo

Hay dos tipos diferentes de conjuntos de barras:

- **Barras continuas**
- **Grupo de barras**

Las barras continuas se crean conectando barras que no se ramifican. Sería posible dibujarlas con un lápiz sin interrumpir la línea continua.



Figura 4.174: Barras continuas

Un grupo de barras consiste en barras conectadas que se pueden ramificar.

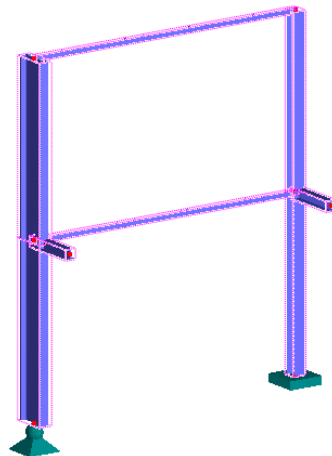


Figura 4.175: Grupo de barras

En algunos módulos adicionales es posible calcular conjuntos de barras. Con frecuencia, el cálculo se puede cumplir sólo para barras continuas, porque parámetros tales como longitudes de pandeo se deben definir claramente.

Barras

En el campo de entrada del cuadro de diálogo o de la columna en la tabla, introduzca los números de las barras que forman el conjunto de barras. Puede también usar la función [↵] para seleccionarlas gráficamente en la ventana de trabajo. Use el botón [Invertir orientación de barra] para cambiar el orden de números de barra y de este modo la dirección del conjunto de barra.

La forma más rápida para definir un conjunto de barras es la siguiente: seleccione las barras relevantes en la ventana de trabajo usando el puntero trazando una ventana que las encierre. Puede también usar la selección múltiple presionando la tecla [Ctrl]. Luego, haga clic con el botón secundario del ratón sobre una de las barras seleccionadas. El menú contextual de la **Barra** se abre y seleccione **Crear conjunto de barras** tanto para grupos de barras como para



barras continuas. El cuadro de diálogo *Nuevo conjunto de barras* se abre y se prestablecen los números de las barras seleccionadas.

Longitud

La longitud total del conjunto de barras se determina a partir de la suma de longitudes de barras individuales.

Peso

La masa del conjunto de barras se determina a partir de la suma de masas de barras individuales.

4.22 Intersecciones

Descripción general

Si las superficies se intersectan y los esfuerzos internos se transfieren a una línea común, tiene que crear una intersección. Si no, tendría dos subsistemas independientes sin ninguna conexión. El siguiente ejemplo muestra el efecto.

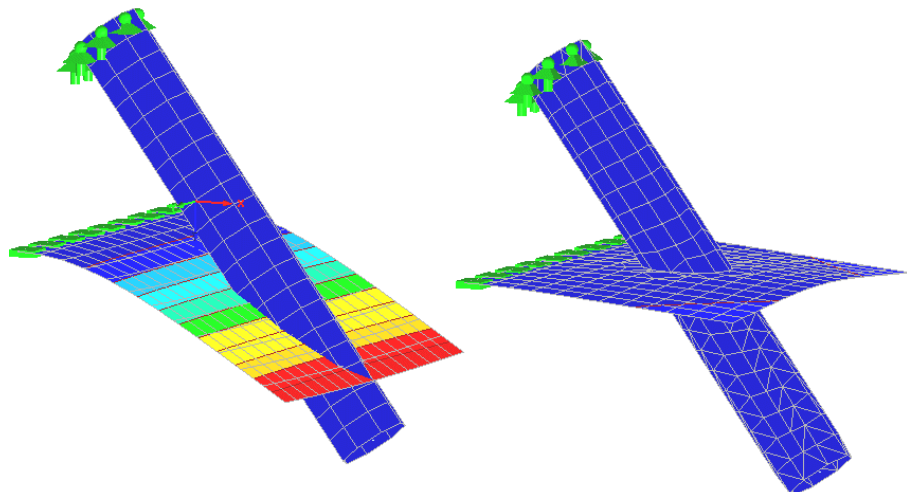


Figura 4.176: Deformaciones debidas al peso propio sin intersección (izquierda) y con intersección (derecha)



Cada vez que el modelo se cambie, RFEM debe recalcular las intersecciones. Recalcular los datos puede tardar mucho tiempo para la representación gráfica al calcular modelos complejos. Como consecuencia la entrada se ralentiza.

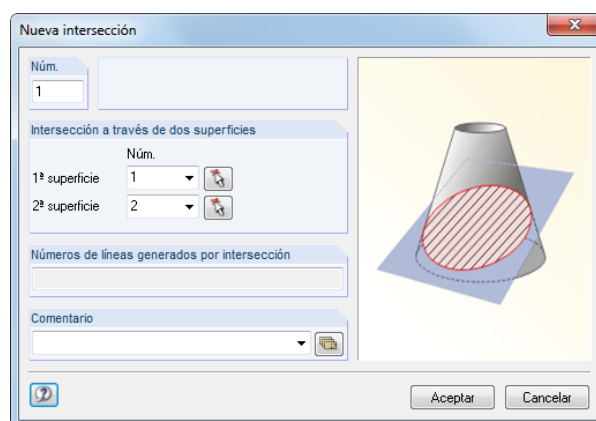


Figura 4.177: Cuadro de diálogo *Nueva intersección*

Inters. núm.	A 1ª superficie núm.	B 2ª superficie núm.	C Números de líneas generadas por intersección	D Comentario
1	1	3	26	
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Figura 4.178: Tabla 1.22 *Intersecciones*

Intersección de dos superficies

En los campos de entrada o columnas de tabla, introduzca los números de dos superficies que se intersecten. En el cuadro de diálogo *Nueva intersección*, puede seleccionar las superficies de la lista. Puede usar también la función [↖] para seleccionarlos gráficamente.

Las intersecciones (de incluso más de dos superficies, en caso necesario) se pueden crear rápidamente en el gráfico: seleccione las superficies usando el puntero trazando una ventana cerrada. Puede también usar la selección múltiple presionando la tecla [Ctrl]. Luego, haga clic con el botón secundario del ratón en las superficies seleccionadas. El menú contextual se abre donde señale **Superficie** y seleccione **Crear intersección**. Luego, RFEM crea la intersección automáticamente.

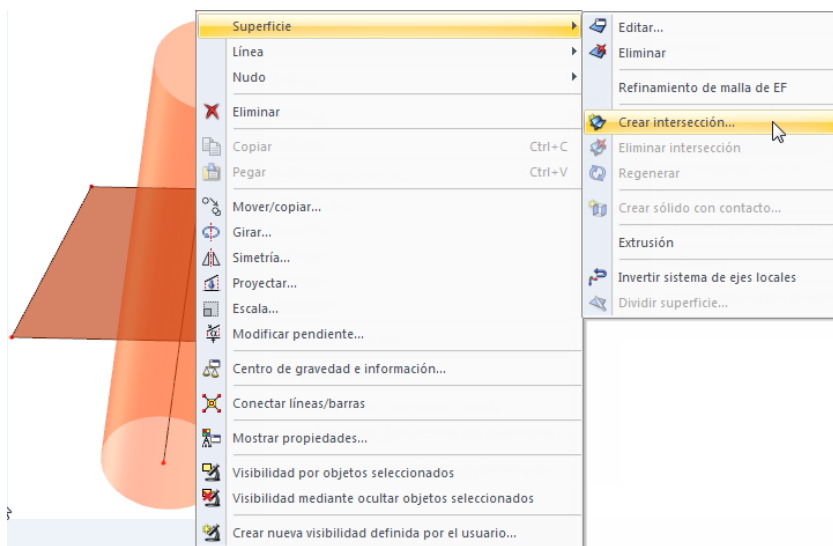


Figura 4.179: Menú contextual *Superficie* → *Crear intersección*

Números de línea generados por intersección

Al crear una intersección, RFEM genera una línea que es compartida por ambas superficies ("línea de intersección"). El número de la nueva línea se muestra en el campo del diálogo y en la columna de tabla.

Las líneas de intersección se marcan como una línea de tipo *Intersección* en la tabla 1.2 *Líneas*. El comentario las identifica como líneas *Generadas*. El cuadro de diálogo *Editar línea* se puede usar también para las líneas de intersección de forma que pueda asignar propiedades de barra o apoyo.

Activar componentes de superficie

Una línea de intersección divide una superficie en componentes que se pueden activar o desactivar individualmente. Los componentes de superficie inactivos no se muestran en la ventana de trabajo. Ni los elementos finitos se crean ni la carga se aplica. Sólo los componentes de superficie activos existen para el solucionador de ecuaciones.

Los componentes de intersecciones se pueden activar y desactivar como se muestra a continuación:

- Cuadro de diálogo *Editar superficie*



Haga doble clic en la superficie original en el navegador *Datos*. Al hacer doble clic en la superficie en la ventana de trabajo, use el botón [Ir a] disponible en la pestaña de diálogo *Componente* (ver Figura 4.69, página 86) del cuadro de diálogo *Editar superficie* para abrir el cuadro de diálogo de la superficie original.

Abra la pestaña de diálogo *Integrada / Componentes* donde la sección del diálogo *Activar componentes de superficie* enumera todos los componentes de superficie que se han creado durante la generación de la intersección.

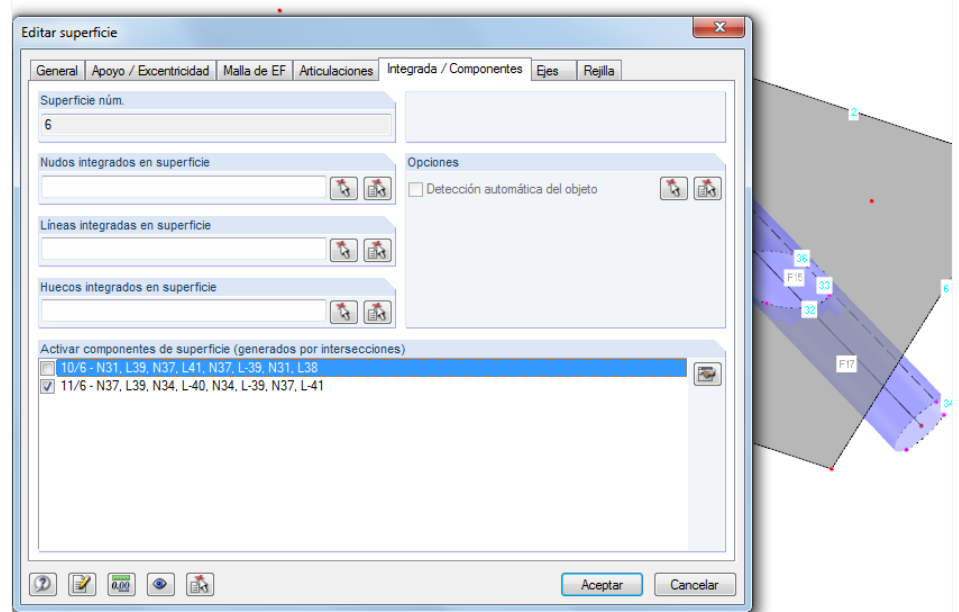


Figura 4.180: Cuadro de diálogo *Editar superficie*, pestaña *Integrada / Componentes*

El componente de superficie marcado en la lista se resalta en color en la ventana de trabajo. Para establecer un componente inactivo, vacíe la casilla de verificación correspondiente. Luego, el componente de superficie inactivo se muestra sin color de relleno.

- Menú contextual del componente de superficie en el navegador *Datos*
Haga clic con el botón secundario del ratón en la entrada del navegador *Superficies* o en el componente en la ventana de trabajo. Luego, use el menú contextual para activar o desactivar el componente de superficie.

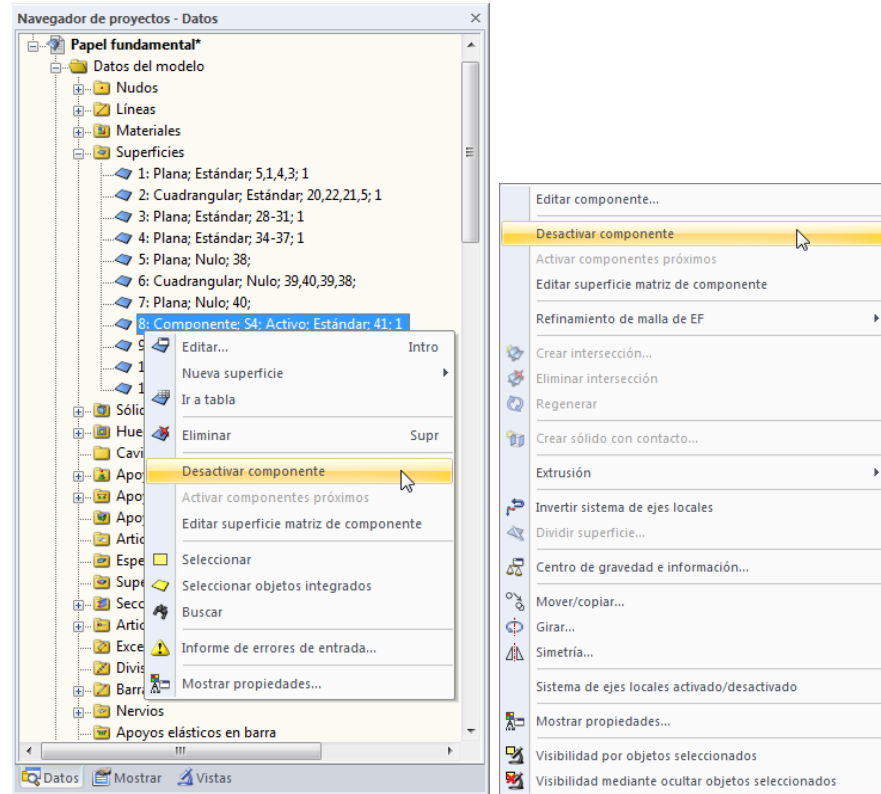


Figura 4.181: Menú contextual de un *Componente* de superficie en el navegador y ventana de trabajo

El menú contextual ofrece más funciones de ayuda para editar el componente o superficie original.



El programa conserva internamente la información geométrica de la superficie original ya que es necesaria para volver a calcular la intersección tras las modificaciones. Por lo tanto, los componentes de superficie inactivos no se pueden eliminar, pero sí ocultar.

4.23 Refinamientos de malla de EF

Descripción general

Si no se definen refinamientos de malla de EF, la malla de EF se genera con la longitud de destino de EF preestablecida. Los parámetros globales de la malla de EF se describen en el capítulo 7.2.2 en la página 279.

El concepto del generador de malla de EF no admite ajustes posteriores para la malla. Sin embargo, puede usar los refinamientos de malla de EF para influenciar la generación de malla para áreas específicas. De esta manera, se realiza una discretización definida por el usuario, ya que puede ser necesaria por ejemplo en ángulos para conexiones de barras a superficies o para un análisis dinámico de barras.

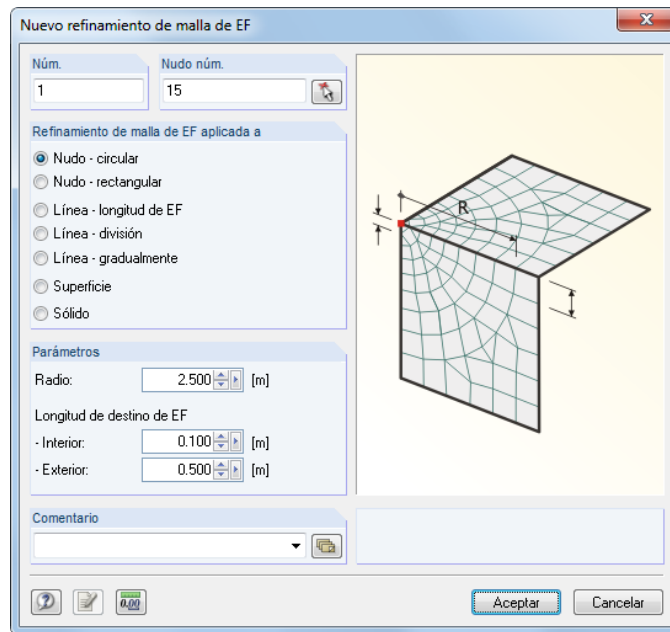
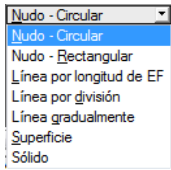


Figura 4.182: Cuadro de diálogo *Nuevo refinamiento de malla de EF*

Refinam. núm.	Refinamiento de mallas de aplicado a	Nudos núm.	Número de divisiones	Radio de la esfera [m]	Long. de destino de malla de EF Interior	Exterior	Comentario
1	Nudo - Circular	15		2.500	0.100	0.500	
2	Superficie	2		0.200			
3	Línea por longitud de EF	10,11		0.250			
4	Sólido	5		0.200			
5							
6							

Figura 4.183: Tabla 1.23 *Refinamientos de malla de EF*



Refinamiento de malla de EF aplicado a

Con la configuración en esta sección del diálogo o columna de tabla, decida qué objetos incluir en el refinamiento de malla de EF y cómo realizar el refinamiento. Están disponibles diferentes opciones para selección.

Nudo - circular

Define un área de refinamiento radial sobre el nudo que se extiende en todas las direcciones espaciales.

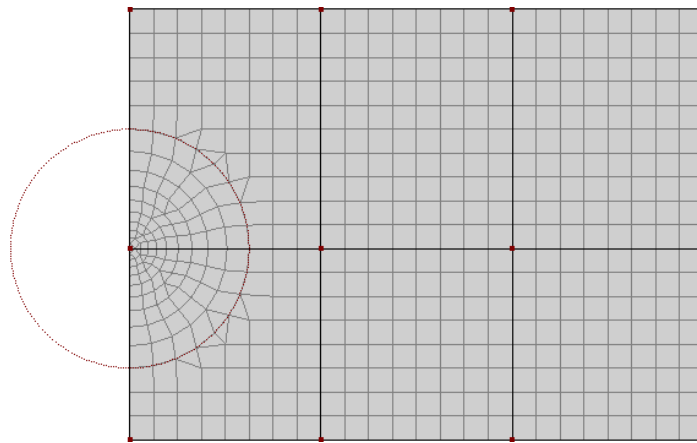


Figura 4.184: Refinamiento circular sobre un nudo

Nudo - rectangular

En vez de un área de refinamiento circular, puede especificar una zona rectangular para el refinamiento.

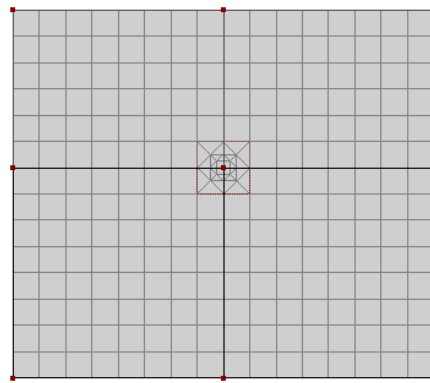


Figura 4.185: Refinamiento rectangular sobre un nudo

Refinamiento en línea por longitud de EF

Define separaciones regulares de nudos de EF en una línea.

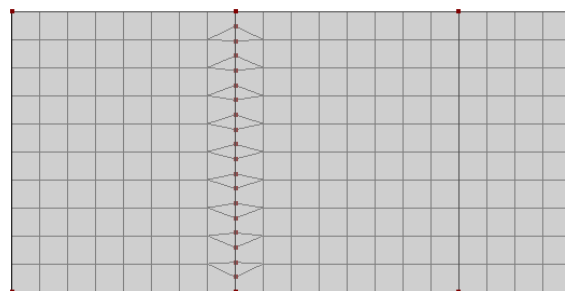


Figura 4.186: Refinamiento en línea por longitud de EF

Refinamiento en línea por división

La malla de EF de una línea se puede refinar en intervalos regulares. Este tipo de refinamiento es especialmente útil para líneas con propiedades de barra.

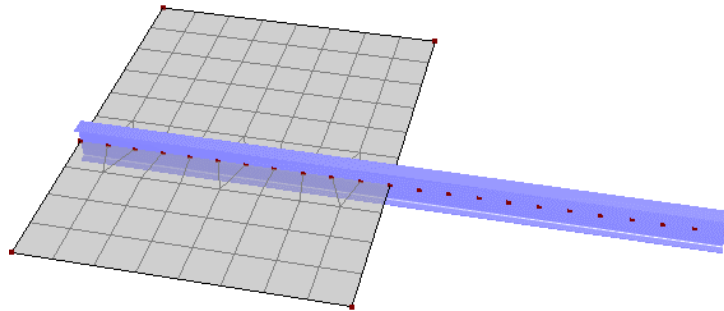


Figura 4.187: Refinamiento en línea por división

Refinamiento en línea gradualmente

Los elementos finitos contiguos a la línea se pueden subdividir entre un número definido de n filas. De esta manera, puede incluir por ejemplo áreas de contorno de superficies con un refinamiento. Este tipo de refinamiento es similar a la opción de generación *Refinamiento de malla de EF a lo largo de las líneas* (ver capítulo 7.2.2, página 280) disponible para placas 2D.

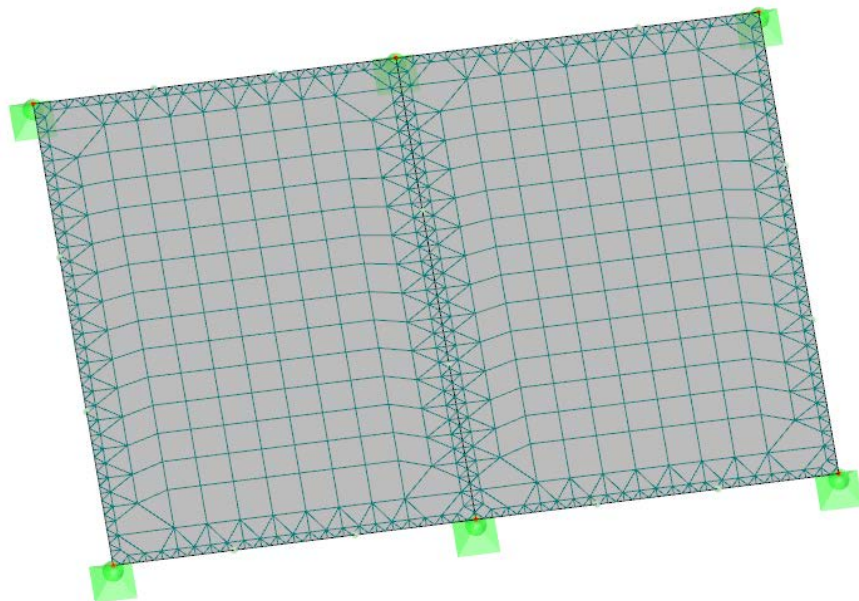


Figura 4.188: Refinamiento en línea gradual por dos filas

Refinamiento en superficie

Especifica una longitud lateral de elementos finitos que se establece como longitud de destino y tamaño de malla para la superficie completa.

Este tipo de refinamiento se puede usar también para superficies de menor importancia para el análisis: como "refinamiento" introduzca un tamaño de malla que sea superior a la longitud de destino de EF global.

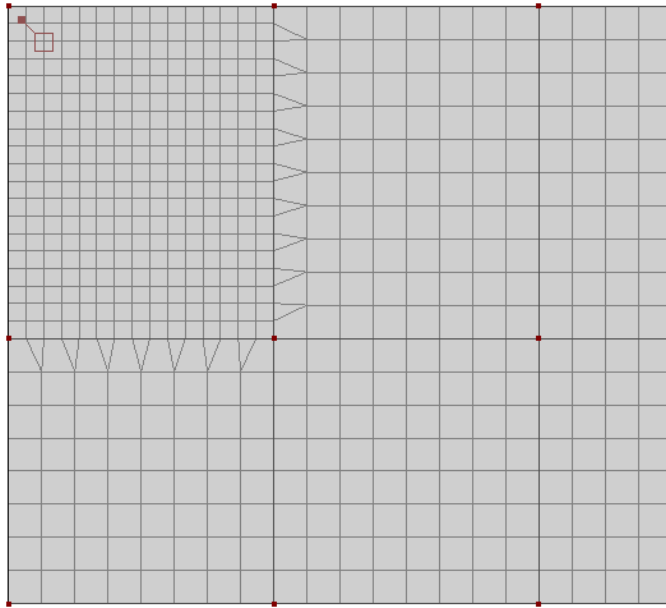


Figura 4.189: Refinamiento en una superficie

Refinamiento en sólido

Los refinamientos de malla de EF se pueden también definir para sólidos con el fin de influenciar la generación de elementos 3D.

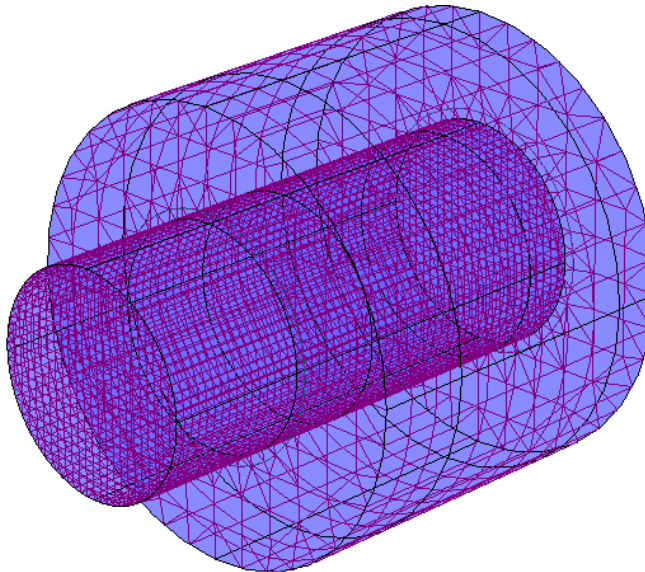


Figura 4.190: Refinamiento en un sólido

Nudos / líneas / superficies / sólidos



En el campo de entrada del cuadro de diálogo, respectivamente la columna de la tabla, introduce los números de los objetos para los cuales desea aplicar el refinamiento de la malla de EF. En el cuadro de diálogo *Nuevo refinamiento de malla de EF*, puede usar la función [↵] para seleccionar los objetos gráficamente.

Parámetros

Radio

Al seleccionar un refinamiento circular alrededor de un nudo, tiene que especificar el *Radio* del área de refinamiento. Además, tiene que definir la *Longitud de destino de EF* en el centro (*Interior*) y en la periferia (*Exterior*) del círculo. Si la longitud de EF en el contorno del área de refinamiento corresponde al tamaño de malla global, RFEM redefine la malla gradualmente desde el exterior hasta el interior.

Si hay una gran diferencia entre la longitud de EF interior y exterior, especifique un radio amplio. De esta forma, puede evitar la generación de elementos triangulares de ángulo agudo dentro del área de refinamiento.

Longitud del lado

Al seleccionar un refinamiento rectangular alrededor de un nudo, tiene que definir el área de refinamiento por su longitud del lado. Además, tiene que especificar la *Longitud de destino de EF* en el centro (*Interior*).

Número de nudos de división

Al seleccionar un refinamiento de línea por división, tiene que definir el número de nudos de división. Luego, el número definido de nudos de EF separados por igual se genera en la línea.

Número de filas

Al seleccionar un refinamiento de línea gradual, tiene que definir el número de filas n . Luego, RFEM divide los elementos finitos de la superficie que están contiguos directamente a la línea en el número de fila correspondiente. De este modo, se genera un refinamiento en dirección de la línea.

Longitud de EF para línea / superficie / sólido

Si el refinamiento se selecciona en una línea, superficie o sólido, se debe introducir la longitud de destino de EF para los objetivos correspondientes.

5. Casos y combinaciones de carga

Las cargas que actúan sobre el modelo se administran en casos de carga distintos. Es posible superponer estos casos de carga, manualmente o automáticamente, en las combinaciones de carga y de resultados (ver capítulo 12.2.1, página 601).



Antes de que pueda definir cargas (ver capítulo 6), tiene que crear un caso de carga.

5.1 Casos de carga

Descripción general

Las cargas de una acción particular se almacenan en un caso de carga (**CC**). Los casos de carga son por ejemplo: el peso propio, la carga de nieve o la sobrecarga de uso.



Las cargas en el caso de carga se deben definir como acciones características, lo que significa **sin coeficientes**. Los coeficientes parciales de seguridad se pueden considerar más tarde al superponer los casos de carga en la combinación de carga o resultados.

Para cada caso de carga puede definir separadamente qué método de cálculo (estático lineal, análisis de segundo orden o de grandes deformaciones), aproximación y parámetros de cálculo (coeficiente de incremento de carga, reducción de rigidez por coeficiente parcial de seguridad del material) desea usar.

Crear un nuevo caso de carga

Existen varias posibilidades para abrir un cuadro de diálogo de cargas con el fin de crear un nuevo caso de carga:

- En el menú **Insertar**, señale **Cargas** y seleccione **Nuevo caso de carga**.
- Use el botón de la barra de herramientas [Nuevo caso de carga] que se muestra a la izquierda.

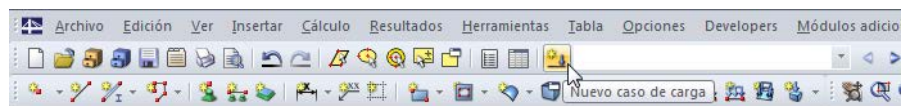


Figura 5.1: Botón *Nuevo caso de carga* en la barra de herramientas

- Use el menú contextual de la entrada del navegador *Casos de carga*.

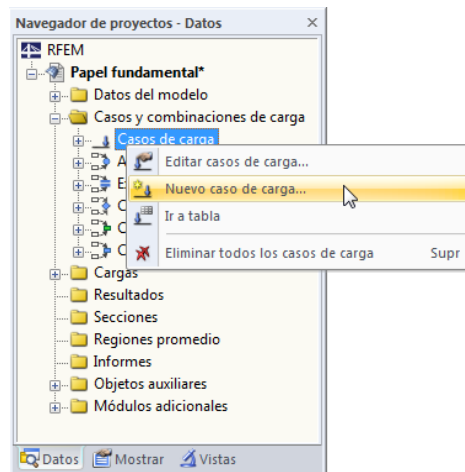


Figura 5.2: Menú contextual de *Casos de carga* en el navegador *Datos*

El cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* aparece. Un nuevo caso de carga se preestablece en la pestaña de diálogo *Casos de carga*.

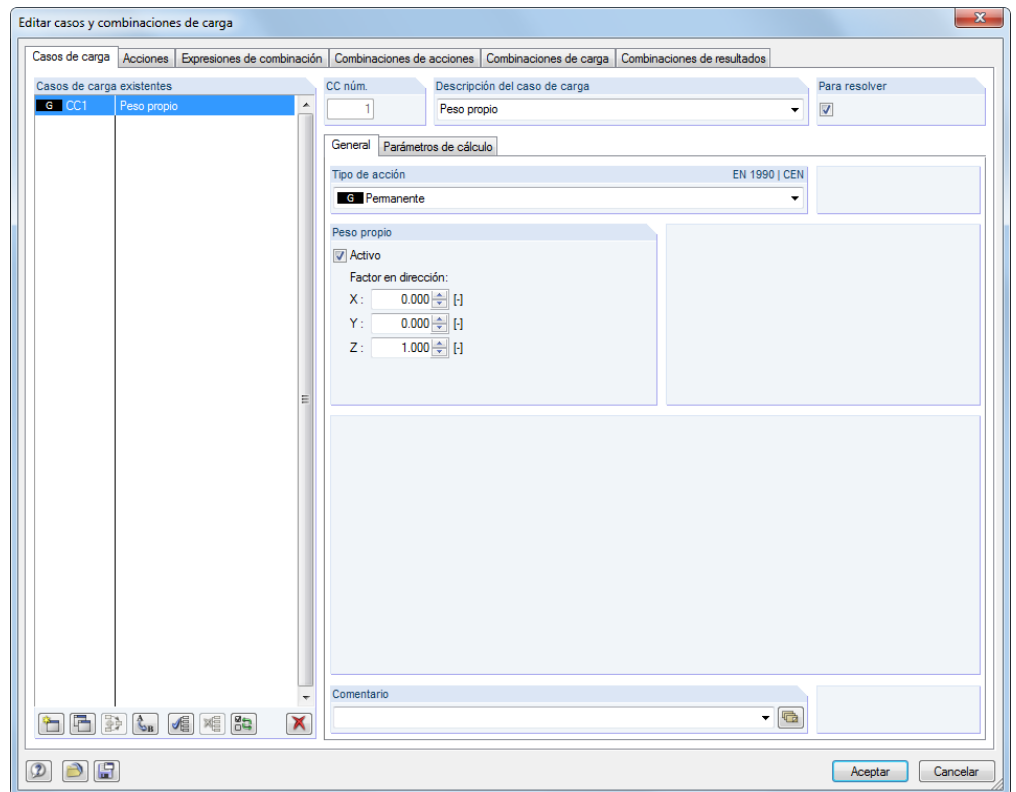
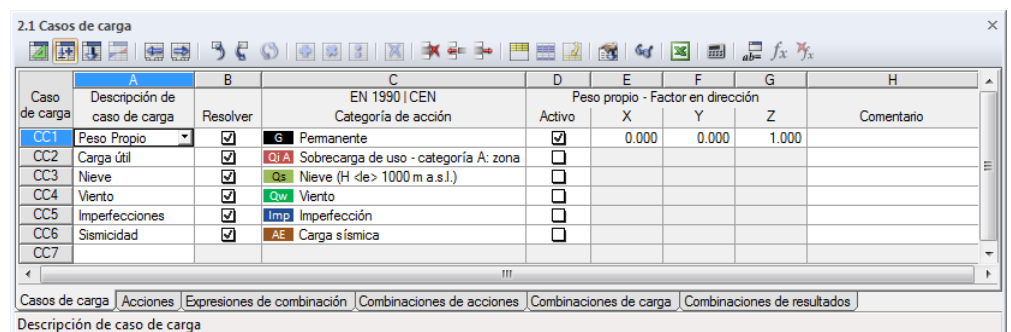


Figura 5.3: Cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, pestaña *Casos de carga*



- También es posible introducir un nuevo caso de carga en una fila vacía de la tabla 2.1 *Casos de carga*.



Caso de carga	Descripción de caso de carga	Resolver	EN 1990 CEN		Peso propio - Factor en dirección			Comentario	
			Categoría de acción	Activo	X	Y	Z		
CC1	Peso Propio	<input checked="" type="checkbox"/>	G	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000	
CC2	Carga útil	<input checked="" type="checkbox"/>	G/A	Sobrecarga de uso - categoría A: zona	<input type="checkbox"/>				
CC3	Nieve	<input checked="" type="checkbox"/>	S	Nieve (H <= 1000 m a.s.l.)	<input type="checkbox"/>				
CC4	Viento	<input checked="" type="checkbox"/>	Qw	Viento	<input type="checkbox"/>				
CC5	Imperfecciones	<input checked="" type="checkbox"/>	Imp	Imperfección	<input type="checkbox"/>				
CC6	Sismicidad	<input checked="" type="checkbox"/>	AE	Carga sísmica	<input type="checkbox"/>				
CC7									

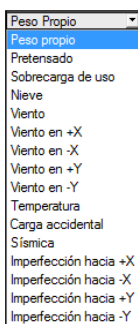
Figura 5.4: Tabla 2.1 *Casos de carga*

Caso de carga

El número del nuevo caso de carga se preestablece, pero se puede modificar en el campo de entrada del diálogo *CC núm.*. Si el número introducido ya se ha asignado, RFEM muestra una advertencia al cerrar el cuadro de diálogo.



La creación de casos de carga se debe organizar bien. Los huecos en la numeración se admiten de forma que pueda insertar casos de carga adicionales más tarde. El orden de los casos de carga se puede modificar subsecuentemente por medio del botón del diálogo [Cambiar numeración] (ver Tabla 5.1 y capítulo 11.4.18, página 518).



Descripción del caso de carga

Puede introducir cualquier nombre manualmente. También puede elegir un nombre de la lista para describir el caso de carga de forma breve.

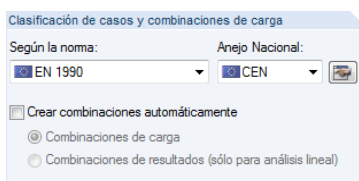
Para resolver

Use la casilla de verificación para decidir si el caso de carga se considera como caso de carga independiente en el cálculo. De esta forma, es posible excluir casos de carga del cálculo que no ocurran de forma aislada (por ejemplo viento sin considerar peso propio) o cuyos resultados no sean relevantes para un cálculo preliminar.

Tipo de acción

Las normas hacen mención a diferentes categorías de acciones que controlan la superposición de casos de carga así como los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación. Cada caso de carga se debe asignar a una categoría.

La lista del cuadro de diálogo y tabla proveen varias categorías para la selección. Dependen de la norma que se establece en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales* (ver capítulo 12.2.1, página 601).



Configuración de la norma en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales*

Tipo de acción		EN 1990 CEN
G	Permanente	1
P	Pretensado	2
Q1 A	Sobrecarga de uso - categoría A: zonas residenciales, domésticas	3.A
Q1 B	Sobrecarga de uso - categoría B: zonas de oficina	3.B
Q1 C	Sobrecarga de uso - categoría C: zonas de congregación	3.C
Q1 D	Sobrecarga de uso - categoría D: zonas de comercios	3.D
Q1 E	Sobrecarga de uso - categoría E: zonas de almacenamiento	3.E
Q1 F	Sobrecarga de uso - categoría F: zona de tráfico - peso bruto del vehículo ≤ 30 kN	3.F
Q1 G	Sobrecarga de uso - categoría G: zona de tráfico - peso bruto del vehículo ≤ 160 kN	3.G
Q1 H	Sobrecarga de uso - categoría H: cubiertas	3.H
Qs	Nieve (Finlandia, Islandia, Noruega, Suecia)	4.A
Qs	Nieve (H > 1000 m a.s.l.)	4.B
Qs	Nieve (H ≤ 1000 m a.s.l.)	4.C
Qw	Viento	5
Qt	Temperatura (sin fuego)	6
A	Accidental	7
AE	Carga sísmica	8
Im	Imperfección	

Figura 5.5: Categorías de acciones según EN 1990

Estas categorías son significantes para combinar casos de carga manualmente o automáticamente. La clasificación del caso de carga determina qué factores se aplican al crear combinaciones de carga y de resultados.

Peso propio

Cuando desee considerar el peso propio de la construcción como carga, marque la casilla de verificación *Activo*. La dirección de la acción de carga se puede definir en uno de los tres campos de entrada por medio del factor de peso propio. La configuración predeterminada es 1.00 en dirección Z, respectivamente -1.00 si el eje Z global es ascendente.

Cuando se aplica el peso propio automático en varios casos de carga, tiene que considerar esto para la combinación de casos de carga.

Comentario

Introduzca una nota definida por el usuario o seleccione una entrada de la lista para describir el caso de carga en detalle.

Parámetros de cálculo

La pestaña *Parámetros de cálculo* en el cuadro de diálogo de cargas ofrece opciones para controlar el cálculo. Encuentre una descripción detallada de estos parámetros en el capítulo 7.3.1 en la página 284.

Editar datos generales de un caso de carga

Hay varias posibilidades para cambiar los datos generales de un caso de carga existente:

- En el menú **Edición**, señale **Cargas**, y luego seleccione **Caso de carga - Datos generales** (caso de carga actual).
- En el menú **Edición**, señale **Cargas**, y luego seleccione **Casos de carga** (selección de todos los casos de carga).
- En el navegador *Datos*, haga clic con el botón secundario en un caso de carga para abrir su menú contextual, o haga doble clic en el mismo caso de carga.

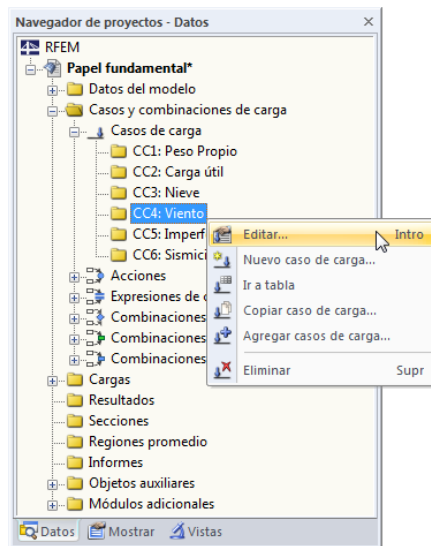


Figura 5.6: Menú contextual de un caso de carga



- Use el botón [Editar casos de carga] en la barra de herramientas de las tablas de cargas (caso de carga actual).

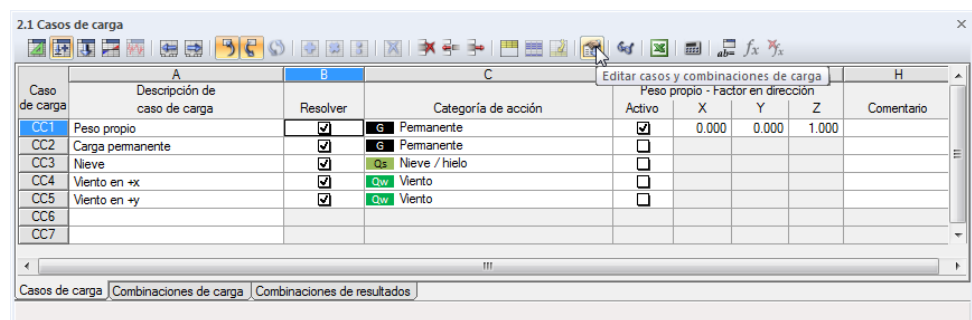
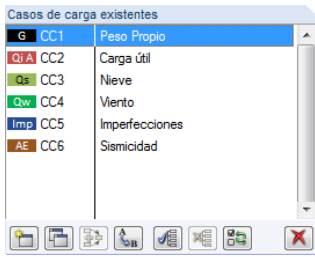


Figura 5.7: Botón [Editar casos y combinaciones de carga] en la barra de herramientas de las tablas de cargas



Botones

En el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, se encuentran disponibles varios botones bajo la lista de casos de carga (ver Figura 5.3, página 182). Los botones tienen las siguientes funciones:









	Crea un nuevo caso de carga
	Crea un nuevo caso de carga como copia del caso de carga seleccionado (véase más adelante)
	Si se seleccionan varios casos de carga, todas las cargas contenidas se copian al nuevo caso de carga (véase más adelante).
	Asigna un nuevo número para el caso de carga seleccionado. Especifique el número en un cuadro de diálogo distinto. No se admite introducir un número que ya se haya asignado.
	Selecciona todos los casos de carga
	Cancela la selección en la lista
	Invierte la selección de casos de carga
	Elimina el caso de carga seleccionado

Tabla 5.1: Botones en la pestaña *Casos de carga*

Copiar y agregar casos de carga

Puede usar casos de carga ya existentes para crear nuevos casos de carga.



Para **copiar** un caso de carga, seleccione el caso de carga relevante en la lista *Casos de carga existentes*. Haciendo clic en el botón [Copiar] puede crear una copia del caso de carga con el siguiente número libre disponible. Luego, puede ajustar la descripción del nuevo caso de carga y las cargas.



Al **agregar** casos de carga, RFEM copia las cargas de varios de casos de carga en un nuevo caso de carga. Primero, seleccione los casos de carga relevantes en la lista *Casos de carga existentes* (selección múltiple al presionar la tecla [Ctrl]). Use el botón [Agregar] para copiar las cargas en un nuevo caso de carga.

5.2 Acciones

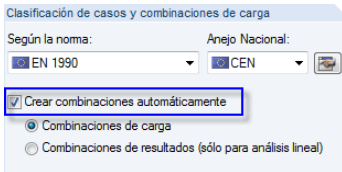
Descripción general

Al usar las normas más recientes, por ejemplo EN 1990 o DIN 1055-100 (Alemania), a menudo se tarda mucho al considerar todas las situaciones de carga en cuestión y para seleccionar las situaciones decisivas para los cálculos. En el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales*, tiene la posibilidad de crear combinaciones automáticamente (ver Figura 12.23, página 598).

Los casos de carga definidos en la tabla 2.1 (ver capítulo previo 5.1) representan los datos de base para la superposición automática. RFEM distingue entre dos categorías de caso de carga: casos de carga estándar y casos de carga de tipo *Imperfección*. Además, para combinar los casos de carga es importante saber en qué categoría de acción se organizan los casos de carga estándar.

Las normas ofrecen reglas para la combinación de acciones independientes en varias situaciones de cálculo. Las acciones son independientes entre sí si surgen de diferentes orígenes y si la correlación existente entre ellas se puede ignorar con relación a la fiabilidad del sistema estructural.

De acuerdo con este concepto, las *Acciones* para las cuales se asignan los casos de carga se deben definir para la superposición automática en RFEM. El tipo de acción definido para los casos de carga (ver capítulo 5.1, página 183) controla la asignación para las categorías de acciones conforme a las normas.



Casilla de verificación en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales*

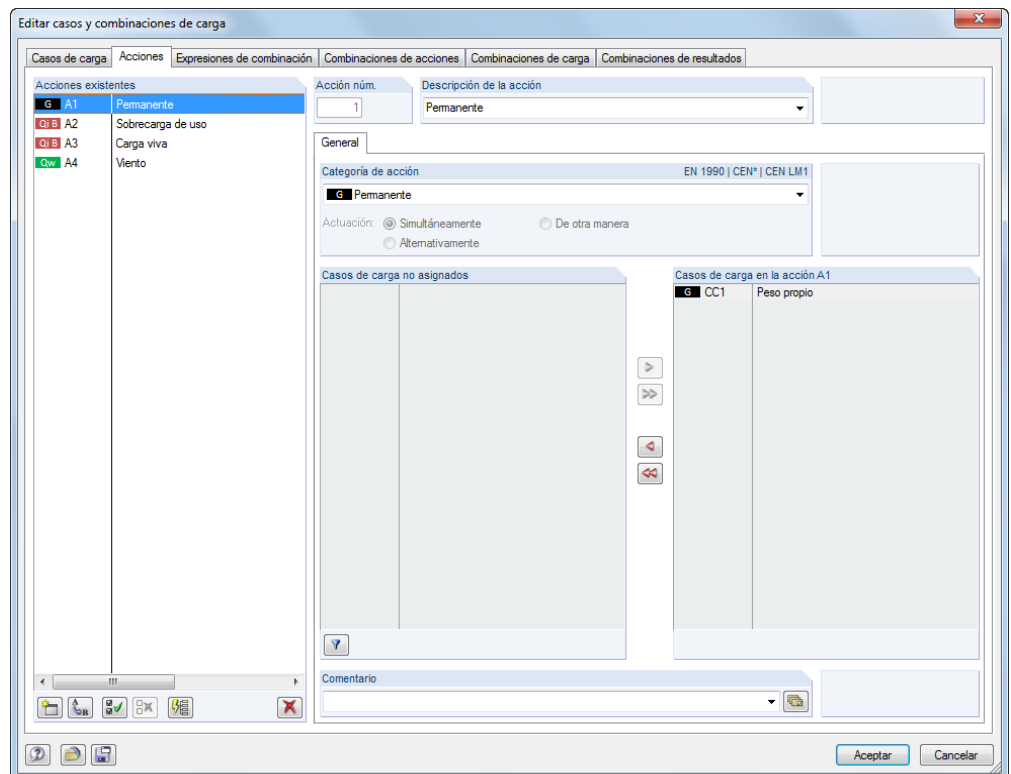
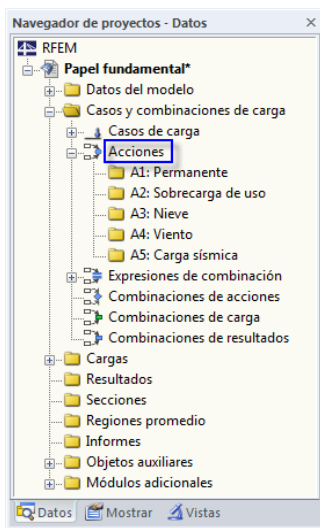


Figura 5.8: Cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, pestañas *Acciones*

Acción	A Acción Descripción	B EN 1990 CEN Categoría de acción	C Actuante	D Casos de carga en acción CC.1	E CC.2	F CC.3	G Comentario
A1	Permanente	G Permanente		CC1			
A2	Sobrecarga de uso	Q1/A Sobrecarga de uso - categoría A: zonas		CC2			
A3	Nieve	Qs Nieve (H ≤ 1000 m a.s.l.)		CC3			
A4	Viento	Qw Viento		CC4			
A5	Carga sísmica	AE Carga sísmica		CC6			
A6							
A7							
A8							

Figura 5.9: Tabla 2.2 Acciones

Acción

Las acciones ya se crean al definir los casos de carga. Se enumeran consecutivamente. La secuencia no es importante pero se puede modificar, en caso necesario, por medio del botón [Cambiar numeración] disponible en el cuadro de diálogo.

En la tabla puede agregar acciones manualmente por ejemplo para asignar casos de carga por requisitos definidos por el usuario al calcular modelos grandes.

Descripción de la acción

La descripción de la acción se deriva del tipo de acción que se selecciona para los casos de carga. La descripción preestablecida se puede cambiar, en caso necesario.

Categoría de acción

Las normas mencionan categorías de acciones diferentes que controlan los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación (ver capítulo 5.1, página 183).

La lista del cuadro de diálogo y tabla sólo ofrece las categorías que se usan para la definición de casos de carga individuales. Por lo tanto, con el fin de crear una nueva categoría, un nuevo tipo de acción se debe asignar en los datos generales de un caso de carga.

Actuación

Se pueden definir dos o más casos de carga de actuación *Simultáneamente* o *Alternativamente*. Esto significa que estos casos de carga ocurren siempre o nunca juntos en una combinación de carga o de resultados.

Por ejemplo, los casos de carga con viento desde direcciones distintas son de actuación "alternativamente".

Casos de carga en acción

Los casos de carga se asignan de acuerdo con los requisitos del tipo de acción CC, así que la asignación es en la mayor parte automática.

Para quitar un caso de carga de una acción, seleccione el caso de carga en la sección del diálogo *Casos de carga en acción*. Use el botón [◀] o haga doble clic en la entrada para transferirlo a la sección del diálogo *Casos de carga no asignados*. En la tabla, también es posible establecer un caso de carga como inactivo: seleccione la entrada vacía en la lista de la celda de la tabla relevante.

Los casos de carga quitados manualmente, que consideran el tipo de acción, se transfieren a la lista *Casos de carga no asignados*. Esto significa también que sólo los casos de carga del mismo tipo de acción se incluyen en una categoría de acción. No es posible por ejemplo seleccionar casos de carga del tipo "sobrecargas de uso" para acciones de "nieve", ni en el cuadro de diálogo ni en la lista de la tabla (ver imagen de la izquierda). Por lo tanto, los casos de carga de diferente tipo no son visibles en la lista *Acciones existentes*. Use el botón [Mostrar usadas] debajo



EN 1990 CEN Categoría de acción	
G	Permanente
Q1/A	Sobrecarga de uso - categoría A: zonas
Qs	Nieve (H ≤ 1000 m a.s.l.)
Qw	Viento



Casos de carga en acción		
CC.1	CC.2	CC.3
CC1		
CC3		
CC4	G CC2	Pretensado





de la sección del diálogo para representar casos de carga de otras categorías. Se muestran como bloqueadas y no se pueden seleccionar.

Los casos de carga que no se asignan a ninguna acción no se consideran en la generación de combinaciones.

Comentario

Introduzca una nota definida por el usuario o seleccione una entrada de la lista.

Los botones en la pestaña *Acciones* del cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* tienen las siguientes funciones:







	Crea una nueva acción
	Cambia el número de las acciones seleccionadas
	Selecciona todas las acciones
	Cancela la selección en la lista
	Asigna casos de carga no asignados a acciones automáticamente
	Elimina las acciones seleccionadas

Tabla 5.2: Botones en la pestaña *Acciones*

5.3 Expresiones de combinación

Descripción general

Las normas describen cómo combinar acciones. Por ejemplo, EN 1990 requiere el cálculo de estados límite último y de servicio. Los estados límite último para **capacidad de soporte de carga** se tienen que diseñar en cuatro situaciones de cálculo para las que se deben aplicar reglas de combinación particulares:

1. Las situaciones permanentes envuelven condiciones comunes de uso de un sistema estructural así como situaciones temporales referidas a etapas de tiempo limitadas de la estructura (por ejemplo la etapa de construcción, reparaciones)

Como regla de combinación para situaciones permanentes y temporales (combinación básica) tiene que aplicar

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Ecuación 5.1

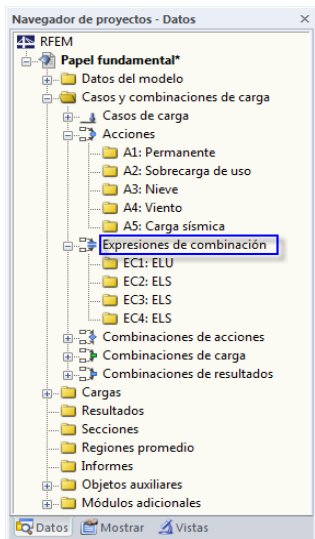
o la combinación más desfavorable con la Ecuación 5.2 y Ecuación 5.3 para los estados límites STR y GEO.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Ecuación 5.2

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Ecuación 5.3



2. Las situaciones extraordinarias se refieren a acciones extraordinarias del sistema estructural o a su ambiente (por ejemplo para fuego, explosión, colisión)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Ecuación 5.4

3. Situaciones en caso de sismo

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Ecuación 5.5

Según EN 1990, tiene que diseñar los estados límite de **servicio** en tres situaciones de cálculo para los que se deben aplicar las siguientes reglas de combinación.

1. Situaciones características con efectos irreversibles (duraderos) en el sistema estructural

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Ecuación 5.6

2. Situaciones frecuentes con efectos reversibles (no duraderos) en el sistema estructural

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Ecuación 5.7

3. Situaciones cuasipermanentes con efectos de larga duración en el sistema estructural

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Ecuación 5.8

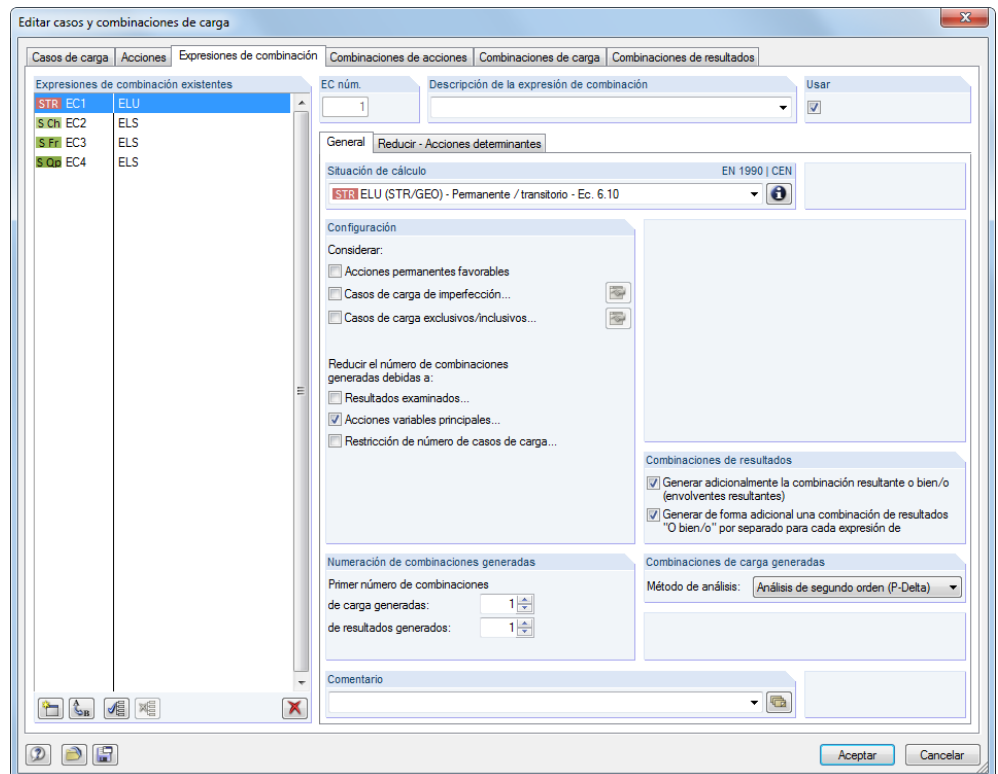
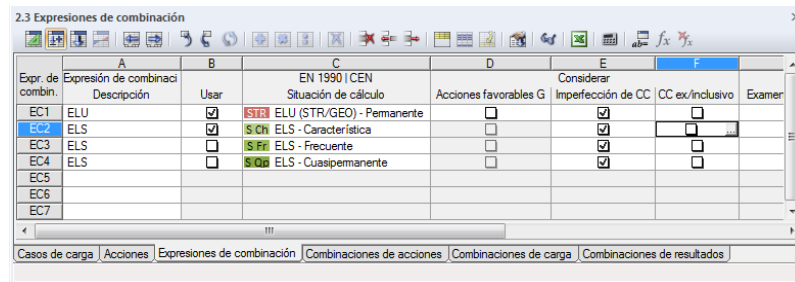


Figura 5.10: Cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, pestaña *Expresiones de combinación*



Expr. de combin.	A Expresión de combinaci Descripción	B Usar	C EN 1990 CEN Situación de cálculo	D Acciones favorables G	E Considerar Imperfección de CC	F CC ex/inclusivo	Examen
EC1	ELU	<input checked="" type="checkbox"/>	STR ELU (STR/GEO) - Permanente	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
EC2	ELS	<input checked="" type="checkbox"/>	S Ch ELS - Característica	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
EC3	ELS	<input type="checkbox"/>	S Fr ELS - Frecuente	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
EC4	ELS	<input type="checkbox"/>	S Qp ELS - Cuasipermanente	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
EC5							
EC6							
EC7							

Figura 5.11: Tabla 2.3 Expresiones de combinación

Expresión de combinación

Cuando accede al cuadro de diálogo o tabla, RFEM preestablece las reglas de combinación de las siguientes situaciones de cálculo:

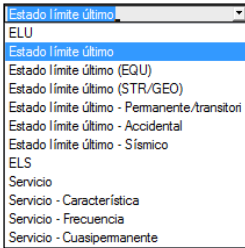
- *STR (ELU)* estado límite último para situación permanente o transitoria
- *S Ch (ELS)* estado límite de servicio para situación característica
- *S Fr (ELS)* estado límite de servicio para situación frecuente
- *S Qp (ELS)* estado límite de servicio para situación cuasipermanente



También puede crear una nueva regla de combinación en otra fila de la tabla usando el botón [Nuevo]. Las situaciones de cálculo que se describen a continuación están disponibles para selección.



Las reglas de combinación marcadas en la lista del diálogo se pueden eliminar con el botón [Eliminar].



Descripción de expresión de combinación

Es posible cambiar la descripción breve de las reglas de combinación subsecuentemente. La lista ofrece algunas sugerencias de selección.

Usar

Use la casilla de verificación para decidir si la regla de combinación seleccionada se considera al crear combinaciones de resultados. De esta forma, es posible reactivar o excluir situaciones de cálculo de la generación.

Situación de cálculo

Las normas describen las situaciones para las cuales se deben realizar los sistemas estructurales. Estas situaciones de cálculo determinan las condiciones esperadas durante la construcción y uso del edificio.

Las siguientes situaciones de cálculo para EN 1990 están disponibles para selección en la lista:

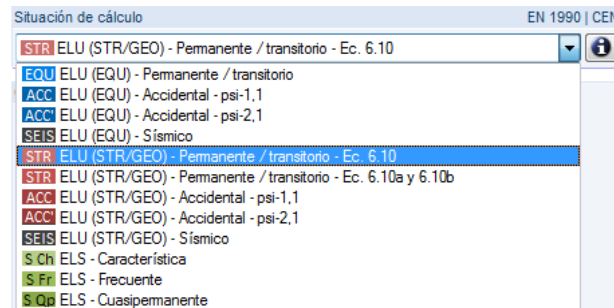


Tabla 5.12: Situaciones de cálculo según EN 1990



Para las normas DIN 1055-100, DIN EN 1990 y EN 1990 + DIN EN 1995, RFEM ofrece adicionalmente situaciones de cálculo *Accidental - Nieve* donde se consideran los factores para las tierras bajas de Alemania del Norte.



Use el botón [Información] para comprobar la regla de combinación de la situación de cálculo actual. Un cuadro de diálogo se abre explicando la ecuación con parámetros relevantes (ver figura siguiente).

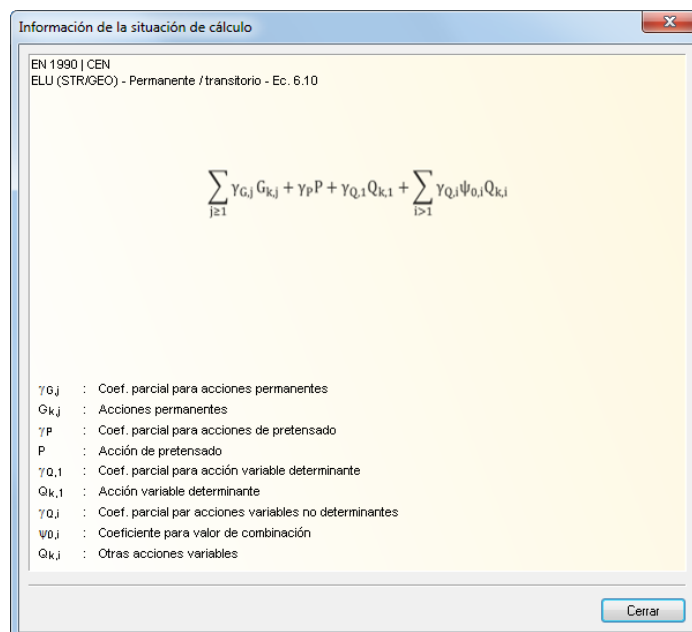
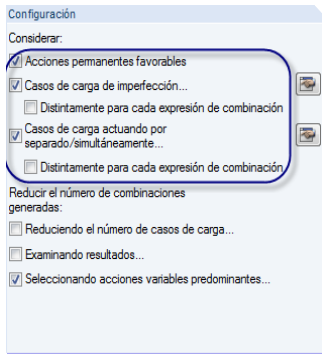


Figura 5.13: Cuadro de diálogo *Información de la situación de cálculo*



Acciones permanentes favorables

Debido a esta opción, RFEM puede distinguir entre acciones permanentes que actúan de forma favorable y desfavorable durante la generación. Se consideran con coeficientes parciales de seguridad diferentes en la superposición. Se generan las combinaciones adicionales.

La configuración de la casilla de verificación afecta sólo a las situaciones de cálculo para capacidad de carga portante. La diferencia entre acciones permanentes que actúan de forma favorable y desfavorable se realiza automáticamente para la situación de cálculo "equilibrio estático", mientras que para la situación de cálculo "servicio" no se diferencian.

Casos de carga de imperfección

RFEM distingue entre dos categorías de caso de carga: casos de carga estándar y casos de carga de tipo *Imperfección*. Debido al tratamiento especial de imperfecciones, es posible formar cualquier combinación de carga posible una vez con imperfección y otra sin.

Los casos de carga de imperfección se consideran sólo para la generación de combinación de carga. Además, la configuración de las casillas de verificación son válidas globalmente: las imperfecciones se pueden considerar bien consistentemente para todas las reglas de combinación o en absoluto. No es posible aplicar imperfecciones separadamente para expresiones de combinación individuales.

Cuando se marca la casilla de verificación, se habilita el botón [Configuración] o el botón [...]. Use los botones para acceder al cuadro de diálogo con configuración específica para casos de carga de imperfección.

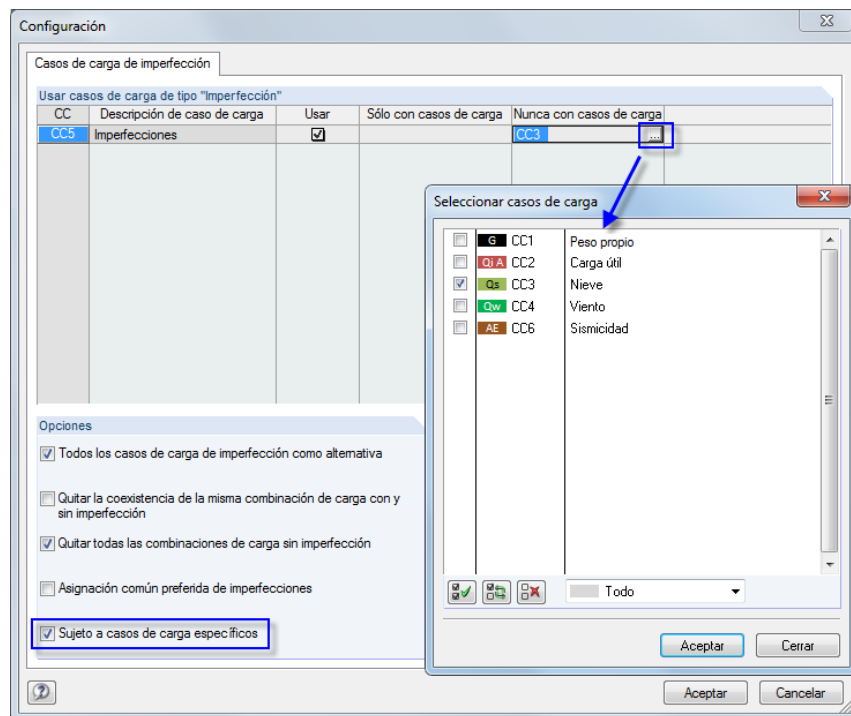


Figura 5.14: Cuadro de diálogo Configuración con cuadro de diálogo Selección de casos de carga para la selección de casos de carga

La sección del diálogo *Usar casos de carga de tipo "Imperfección"* enumera todos los casos de carga que se han clasificado como tipo de acción "imperfección" (ver capítulo 5.1, página 183). Use las casillas de verificación en la columna *Usar* para controlar los casos de carga en detalle y decidir cuál se incluye en la generación de combinaciones de carga.

Las columnas *Sólo con casos de carga* y *Nunca con casos de carga* se muestran si los casos de carga de imperfección están sometidos a casos de carga específicos (ver la descripción siguiente).

Con la configuración en la sección del diálogo *Opciones* determina de qué forma se consideran los casos de carga de imperfección. Cuando *Todos los casos de carga de imperfección* actúan *alternativamente*, RFEM aplica sólo un caso de carga de imperfección para cada combinación de carga.

Si se activa al menos un caso de carga de imperfección, cualquier combinación de carga posible se crea una vez con imperfección y una vez sin imperfección. En caso de que desee crear sólo combinaciones de carga con imperfección, marque la casilla de verificación para *Quitar la coexistencia de la misma combinación de carga con y sin imperfección*.



Con la opción *Sujeto a casos de carga específicos* puede reducir más el número de combinaciones de carga generadas. Si la opción está marcada, las dos columnas adicionales *Sólo con casos de carga* y *Nunca con casos de carga* se muestran en la sección del diálogo anterior. Haga clic en una celda para habilitar el botón [...], que puede usar para acceder al cuadro de diálogo *Seleccionar casos de carga* donde puede definir una relación entre el caso de carga de imperfección y uno o más casos de carga alternativos al que pertenecen respectivamente (ver Figura 5.14).

Casos de carga exclusivos/inclusivos

Para reducir más el número de combinaciones de carga creadas, es posible clasificar casos de carga para que sean mutuamente excluyentes o tengan lugar sólo juntas.



Marcar las casillas de verificación habilita el botón del diálogo [Configuración] o el botón de tabla [...] que puede usar para abrir un cuadro de diálogo con configuración detallada para la aplicación de casos de carga.

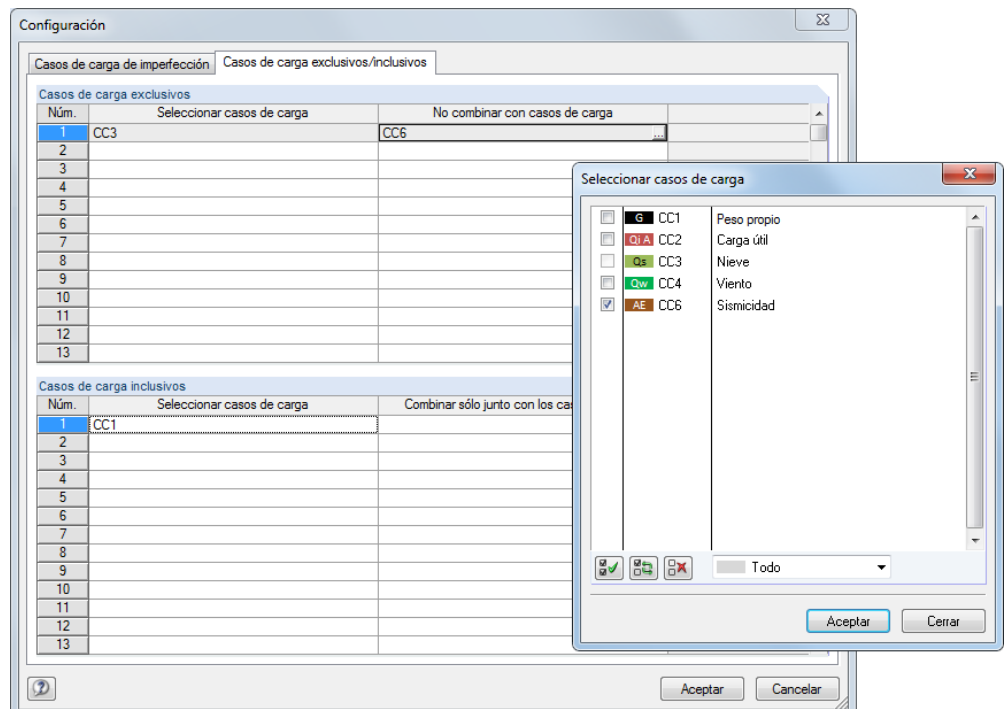
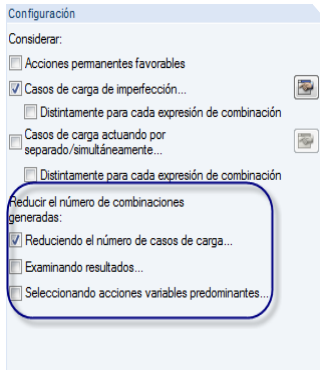


Figura 5.15: Cuadro de diálogo *Configuración*, pestaña *Casos de carga exclusivos/inclusivos* con el cuadro de diálogo *Seleccionar casos de carga*

Primero, introduzca un caso de carga en la columna *Seleccionar casos de carga* en la sección del diálogo *Casos de carga exclusivos*. Puede usar también el botón [...] para abrir el cuadro de diálogo *Seleccionar casos de carga* donde puede seleccionar el caso. Luego, en la columna *No combinar con casos de carga*, defina qué caso(s) de carga nunca desea considerar juntos con el



caso en la combinación de carga. De esta forma, es posible evitar por ejemplo la combinación de nieve con casos de carga humana.

En la sección del diálogo *Casos de carga inclusivos*, puede especificar la configuración análogamente para casos de carga que desee que aparezcan siempre juntos en cada combinación de carga. Sin embargo, estas relaciones sólo son eficaces si la opción *Reducir el número de combinaciones generadas Examinando resultados* (ver a continuación) no está activada.

Los requisitos en la sección del diálogo *Casos de carga inclusivos* se consideran sólo para la generación de combinaciones de carga, no de combinaciones de resultados.

Reducir el número de combinaciones generadas

La complejidad del sistema estructural así como el número de acciones y casos de carga tienen una influencia significativa en el número de combinaciones generadas. RFEM ofrece tres posibilidades para reducir el número de constelaciones con gran efecto. Los dos primeros procedimientos están sólo disponibles para la generación de combinaciones de carga, pero no para las combinaciones de resultados. Se describen en un ejemplo que se puede encontrar en la página 199.

Reduciendo el número de casos de carga

Con esta opción puede limitar generalmente el número de casos de carga que tienen lugar en las combinaciones de carga. El acceso a la casilla de verificación está disponible en la pestaña *General* de las *Expresiones de combinación* (ver Figura 5.10, página 189). RFEM encuentra qué casos de carga ofrecen esfuerzos internos positivos respectivamente negativos y deformaciones. Luego, todos los casos de carga que actúan positivamente o negativamente se combinan. De este modo, las combinaciones sólo consideran aquellos casos de carga que sean relevantes para los valores máximos o mínimos.

La ventaja de este método es la posibilidad de reducción del número de combinaciones considerablemente, que tiene un impacto favorable sobre la velocidad de cálculo así como de evaluación. Una desventaja puede ser el hecho de que haya un cierto factor de incertidumbre para la reducción para buscar los valores extremos en caso de disposiciones y requisitos de carga desfavorable.

Al marcar la casilla de verificación, una pestaña del diálogo adicional con nombre *Reducir - Número de casos de carga* aparece, donde puede especificar en detalle qué casos de carga, esfuerzos internos y objetos desea considerar para la creación de combinaciones determinantes.

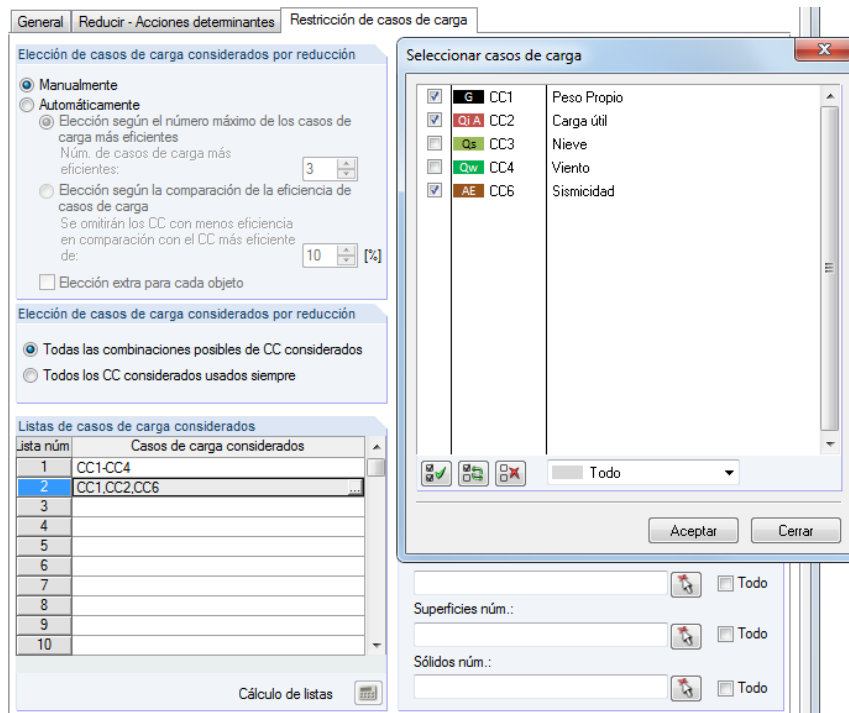


Figura 5.16: Pestaña de diálogo *Reducir - Número de casos de carga* para expresiones de combinación



Los casos de carga se pueden seleccionar *Manualmente* o determinar *Automáticamente* en base al criterio de relevancia. Al hacer clic en el botón [Determinar automáticamente] se inicia un cálculo para determinar los esfuerzos internos máximos y mínimos, deformaciones y reacciones en apoyos en los casos de carga.

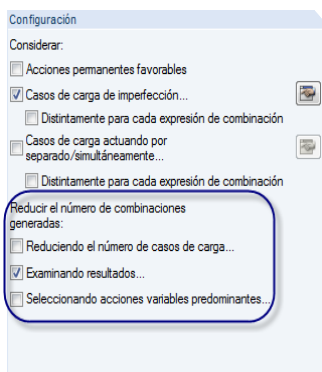


Cuando la determinación automática se selecciona, defina qué *Resultados* (deformaciones, esfuerzos internos, barras, superficies y reacciones en apoyos) y *Objetos* (nudos, superficies, barras etc.) desea considerar para la evaluación de los casos de carga. Los objetos relevantes se pueden seleccionar gráficamente con la función [^] tan pronto como la casilla de verificación *Todo* esté vacía. Anteriormente, pudo usar la casilla de verificación *Asignar por separado para cada objeto* para asignar tipos de resultados específicos de objetos para los análisis.

El número de casos de carga contenido en un *Grupo* después de calcular los datos de caso de carga depende de la configuración definida en la sección del diálogo *Elección de casos de carga*:

- Cuando se selecciona la opción **Número máximo de casos de carga más relevantes**, un grupo ofrece o el número máximo especificado de casos de carga o sólo los casos de carga que actúan positivamente respectivamente negativamente en menor número.
- Es posible **Ignorar casos de carga** que tengan sólo un cortante muy pequeño en los valores máximos y mínimos. El porcentaje se refiere a los esfuerzos internos, deformaciones y esfuerzos en apoyos de los casos de carga, respectivamente ofrece los valores extremos.

Los casos de carga de imperfección se consideran al establecer la creación automática de grupos.



Examinando resultados

RFEM crea sólo combinaciones de carga determinantes (esta opción no está disponible para combinaciones de resultados).

Al marcar la casilla de verificación, la nueva pestaña *Reducir - Examinando resultados* se agrega al cuadro de diálogo.

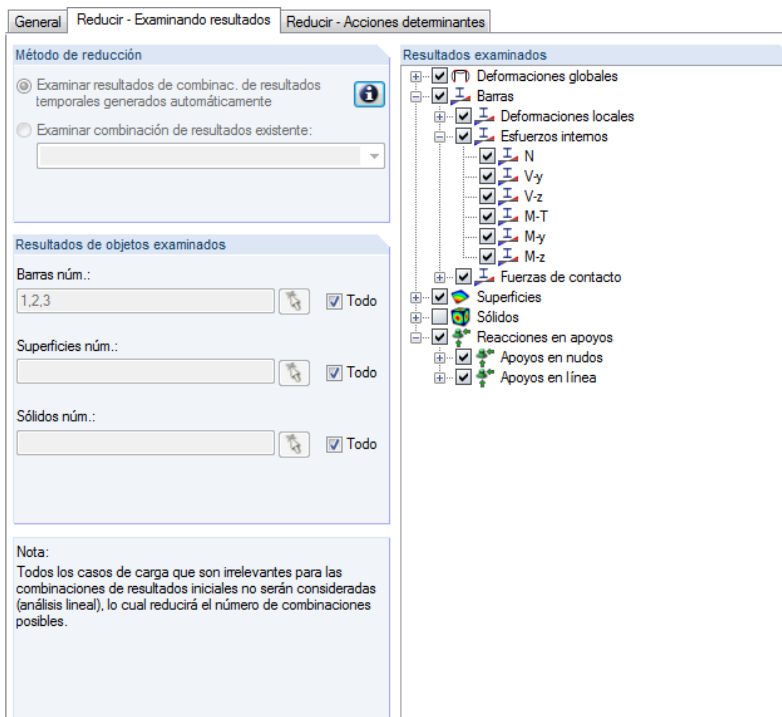


Figura 5.17: Pestaña *Reducir - Examinando resultados* para las reglas de combinación

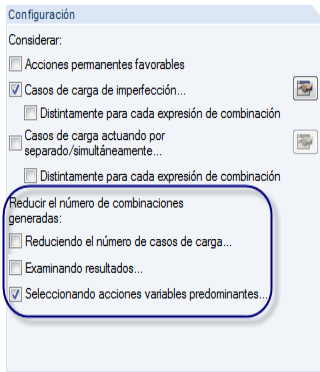
Con el primer *Método de reducción* puede evaluar las combinaciones de resultados generadas temporalmente automáticamente. Las combinaciones de resultados temporales incluyen todos los casos de carga que se crean en el modelo y consideran todas las relaciones existentes entre ellas. Por medio de los resultados disponibles en cada nudo de EF, RFEM puede analizar qué casos de carga de los que actúan simultáneamente produce un máximo o mínimo en las posiciones correspondientes. El método de reducción está basado en la suposición de que sólo aquellas combinaciones que contengan exactamente estos casos de carga actuando simultáneamente pueden ser determinantes.

Alternativamente, es posible usar los resultados de una combinación de resultados definida por el usuario para la reducción de resultados.

En la sección del diálogo *Examinando resultados* a la derecha, puede definir qué deformaciones, esfuerzos internos, tensiones o reacciones en apoyos desea considerar para la determinación de valores extremos.

La sección del diálogo *Examinando resultados de objetos* ofrece opciones para restringir el análisis de valores extremos para los resultados de barras, superficies y sólidos seleccionados. Puede usar la función [↩] para seleccionar objetos gráficamente.





Seleccionando acciones variables predominantes

La tercera posibilidad para reducir el número de combinaciones generadas está para clasificar sólo acciones seleccionadas como acciones predominantes. La opción está disponible para la generación de combinaciones de carga y de resultados.

Al marcar la casilla de verificación, la nueva pestaña *Reducir - Acciones variables predominantes* se agrega al cuadro de diálogo.

General Reducir - Examinando resultados Reducir - Acciones predominantes					
Seleccionar acciones variables predominantes					
Acción	Acción Descripción	EN 1990 CEN Categoría de acción	Casos de carga en acción	Acciones principales	
A2	Sobrecarga de uso	Q1 A Sobrecarga de uso -	CC2	<input checked="" type="checkbox"/>	
A3	Nieve	Qs Nieve (H ≤ 1000 m a	CC3	<input type="checkbox"/>	
A4	Viento	Qw Viento	CC4	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 5.18: Pestaña *Reducir - Acciones variables predominantes* para reglas de combinación

La lista de acciones predominantes contiene sólo acciones variables.

Al quitar la marca de verificación de una entrada en la columna *Acciones predominantes*, la acción correspondiente se superpone sólo como acción variable adjunta.

Numeración de combinaciones generadas

Introducir datos en esta sección del cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* (ver Figura 5.10, página 189) afecta al *Primer número de combinaciones de carga generadas* o *Combinaciones de resultados* que se crean en RFEM.

Combinaciones de resultados

Opcionalmente, puede *Generar además una combinación de resultados o bien/o (envolventes resultantes)*. Esta combinación de resultados superpone los valores extremos de todas las combinaciones de carga o de resultados según el siguiente esquema:

"CO1/permanente o CO2/permanente o CO3/permanente etc."

Si se especifican varias expresiones de combinación para la generación, es posible *Generar además una combinación de resultados o bien/o por separado para cada expresión de combinación*.

Método de análisis

Use la lista para decidir qué método de cálculo desea aplicar para analizar combinaciones (ver capítulo 7.3.1.1, página 284). RFEM preestablece el cálculo no lineal según el análisis de segundo orden (P-Delta) para combinaciones de carga.

Combinaciones de acciones generadas

La sección del diálogo, respectivamente la columna de tabla, se completa durante la generación iniciándose automáticamente al cerrar la pestaña de diálogo o tabla. El campo del diálogo le muestra una información general breve del número de combinaciones generadas.

Con los datos introducidos en el cuadro de diálogo o tabla, RFEM crea las llamadas "combinaciones de acciones" (CA). Se describen en el próximo capítulo. Puede usar las entradas que se muestran en el cuadro de diálogo actual para estimar la manera en la que las reglas de combinación afectan al número de combinaciones.

En el ejemplo que se muestra a la izquierda, se generan un total de 47 acciones para las cuatro situaciones de cálculo específicas:

- ELU (STR/GEO): CA1 hasta CA13
- ELS - característica: CA14 hasta CA26
- ELS - frecuente: CA27 hasta CA39
- ELS - cuasipermanente: CA40 hasta CA47

Al pasar a la siguiente pestaña con el botón del diálogo [▶], RFEM determina las combinaciones de acciones automáticamente. La primera combinación de acción creada con la expresión de combinación actual se selecciona en la pestaña de diálogo posterior.

Comentario

Introduzca una nota definida por el usuario o seleccione una entrada de la lista.

Combinaciones de acciones generadas	
CA1 ... CA13	(13/47)
CA14 ... CA26	(13/47)
CA27 ... CA39	(13/47)
CA40 ... CA47	(8/47)



Ejemplo: Reducir combinaciones generadas

El objetivo de combinar acciones es encontrar la disposición más desfavorable para cada posición en el sistema estructural. Para conseguirlo, puede

- o determinar todas las combinaciones que sean posible matemáticamente
- o intentar encontrar relaciones lógicas antes de combinar las acciones para reducir el número de combinaciones posibles.

Por ejemplo, un pórtico simple simétrico con pilares articulados tiene los siguientes casos de carga:

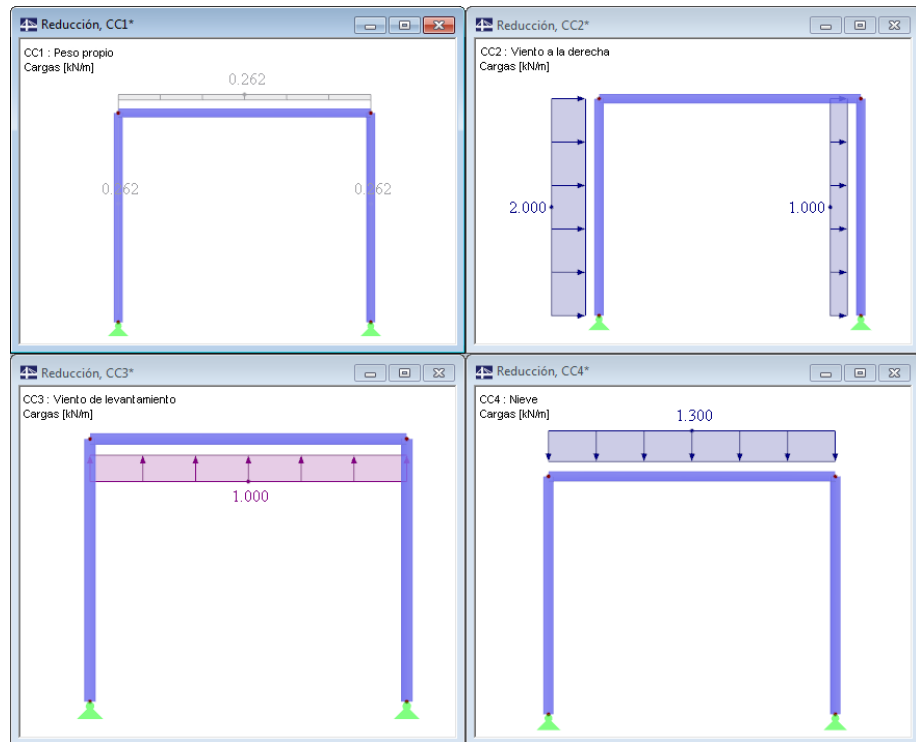
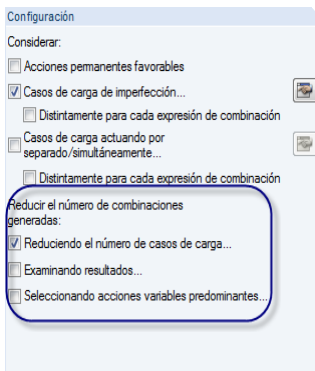


Figura 5.19: Pórtico simple con pilares articulados con cuatro casos de carga



• **Opción Reduciendo el número de casos de carga**

Los casos de carga dan lugar a los siguientes esfuerzos axiales disponibles en las columnas:

Caso de carga	Descripción	Efecto	Esfuerzo axial columna izquierda	Esfuerzo axial columna derecha
1	peso propio	permanente	compresión	compresión
2	viento hacia la derecha	alternativa	tracción	compresión
3	levantamiento del viento	alternativa	tracción	tracción
4	nieve	alternativa	compresión	compresión

Tabla 5.3: Esfuerzos de tracción y compresión de pilares

Debido a que el CC1 siempre actúa y los casos de carga restantes ocurren alternativamente, ocho combinaciones son teóricamente posibles:

- CO1: CC1 + CC2 + CC3 + CC4
- CO2: CC1
- CO3: CC1 + CC2
- CO4: CC1 + CC3
- CO5: CC1 + CC4
- CO6: CC1 + CC2 + CC3
- CO7: CC1 + CC3 + CC4
- CO8: CC1 + CC2 + CC4

Estas ocho combinaciones se pueden reducir si desea encontrar por ejemplo las disposiciones con los valores extremos de los esfuerzos axiales de los pilares. Es posible crear un grupo de casos de carga para cada pilar ofreciendo sólo esfuerzos de tracción y compresión, considerando el caso de carga 1 actuando permanentemente.

Grupo	Pilar izquierdo	Pilar derecho
tracción	CC1, CC2, CC3	CC1, CC3
compresión	CC1, CC4	CC1, CC2, CC4

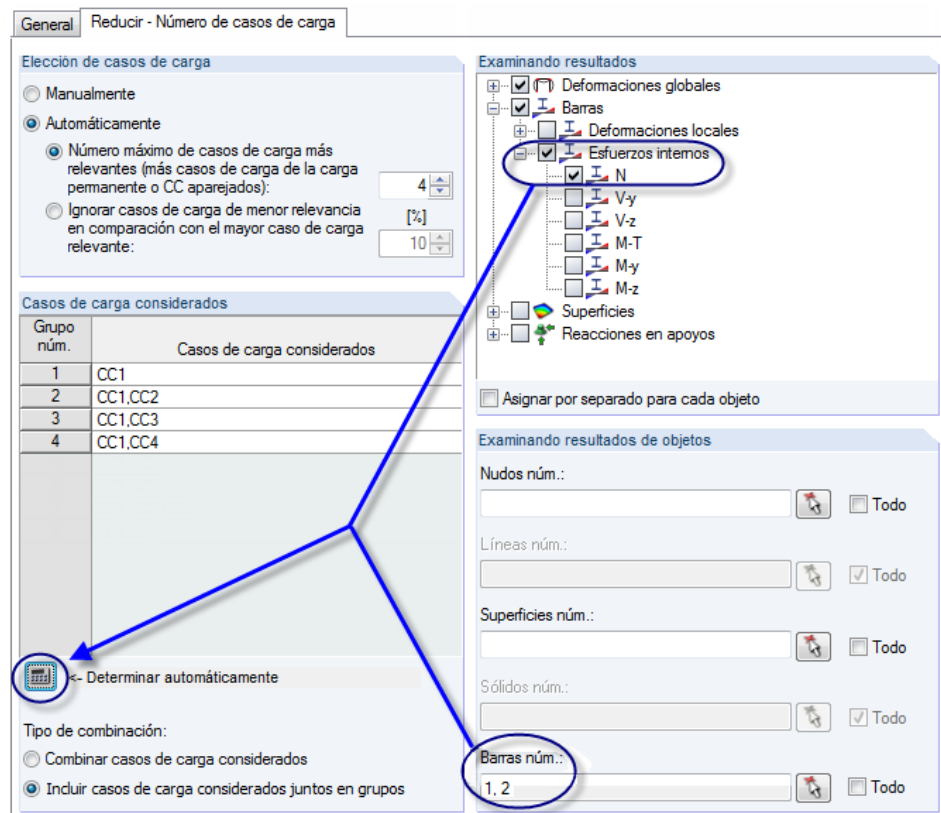
Tabla 5.4: Grupos de casos de carga

De este modo, el resultado ya no es ocho sino cuatro combinaciones de casos de carga.

Esta reducción se puede realizar en el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* (ver Figura 5.10, página 189)

- marcando la casilla de verificación *Reduciendo el número de casos de carga*,
- marcando sólo los esfuerzos axiales en la sección del diálogo *Examinando resultados* en la pestaña *Reducir - Número de casos de carga* e
- introduciendo sólo los números de barras de pilar en la sección del diálogo *Examinando resultados de objetos* (ver figura en la siguiente página).

Después de hacer clic en el botón [Determinar automáticamente], RFEM realiza un cálculo breve. Luego, la tabla en la sección del diálogo *Casos de carga considerados* enumera los cuatro grupos de casos de carga que también se muestran en la Tabla 5.4.

General Reducir - Número de casos de carga

Elección de casos de carga

Manualmente

Automáticamente

Número máximo de casos de carga más relevantes (más casos de carga de la carga permanente o CC aparejados):

Ignorar casos de carga de menor relevancia en comparación con el mayor caso de carga relevante: [%]

Casos de carga considerados

Grupo núm.	Casos de carga considerados
1	CC1
2	CC1,CC2
3	CC1,CC3
4	CC1,CC4

Examinando resultados

Deformaciones globales
 Barras
 Deformaciones locales
 Esfuerzos internos
 N
 V-y
 V-z
 M-T
 M-y
 M-z
 Superficies
 Reacciones en apoyos

Asignar por separado para cada objeto

Examinando resultados de objetos

Nudos núm.: Todo

Líneas núm.: Todo

Superficies núm.: Todo

Sólidos núm.: Todo

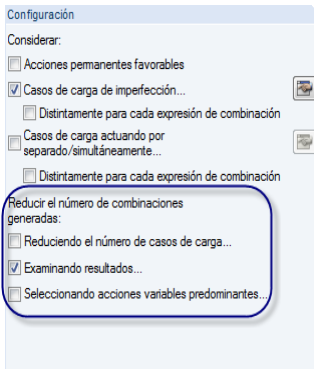
Barras núm.: Todo

Determinar automáticamente

Tipo de combinación:

Combinar casos de carga considerados
 Incluir casos de carga considerados juntos en grupos

Figura 5.20: Determinación automática de casos de carga en grupos



• Opción *Examinando resultados*

Con este método se crea una combinación de resultados lineal a partir de los casos de carga. Para cada punto RFEM evalúa los valores extremos y los casos de carga involucrados de forma que una combinación de casos de carga máx. y mín. respectivamente se encuentre disponible. Luego, estas combinaciones extremas se usan para crear combinaciones de caso de carga.

Los casos de carga dan lugar a los siguientes esfuerzos axiales que se producen en los pilares:

Caso de carga	Descripción	Efecto	Esfuerzo axial columna izquierda	Esfuerzo axial columna derecha
1	peso propio	permanente	compresión (-10 kN)	compresión (-10 kN)
2	viento hacia la derecha	alternativa	tracción (5 kN)	compresión (-5 kN)
3	levantamiento del viento	alternativa	tracción (3 kN)	tracción (3 kN)
4	nieve	alternativa	compresión (-12 kN)	compresión (-12 kN)

Tabla 5.5: Esfuerzos de tracción y compresión de pilares

RFEM crea esta combinación de resultados temporal: CC1/permanente + CC2 + CC3 + CC4

Para los esfuerzos axiales de los dos pilares se obtienen los siguientes resultados de valores extremos cuando se superponen:

Grupo	Pilar izquierdo	Pilar derecho
N máximo	-2 kN (CC1, CC2, CC3)	-7 kN (CC1, CC3)
N mínimo	-22 kN (CC1, CC4)	-27 kN (CC1, CC2, CC4)

Tabla 5.6: Grupos de casos de carga

Una vez más, el resultado ya no son ocho sino cuatro combinaciones de casos de carga.

Los requisitos de configuración en la pestaña *Reducir - Examinando resultados* son análogos a los de la Figura 5.20.

5.4 Combinaciones de acciones

Descripción general

Cuando abre la pestaña de diálogo o tabla 2.4, las acciones se superimponen automáticamente según las reglas de combinación y se identifican como las denominadas "combinaciones de acciones". Esta información general se busca por acciones, y de este modo corresponde a la forma en que las acciones se describen en las normas. Ahora, puede definir qué combinaciones de acciones son cuestionables finalmente para la generación de combinaciones de carga o resultados.

Una combinación de acción incluye todas las posibilidades de cómo los casos de carga se pueden combinar en la acción. Por lo tanto, no lo confunda con una combinación de carga o resultados, que representan sólo una variante simple de estas posibilidades.

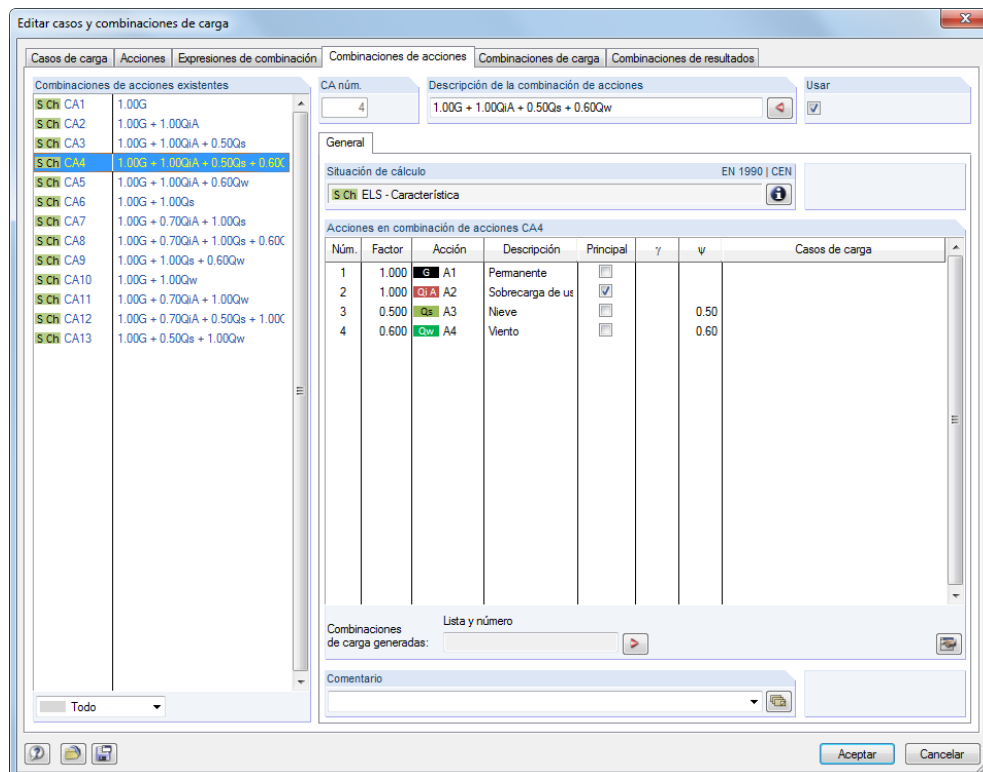
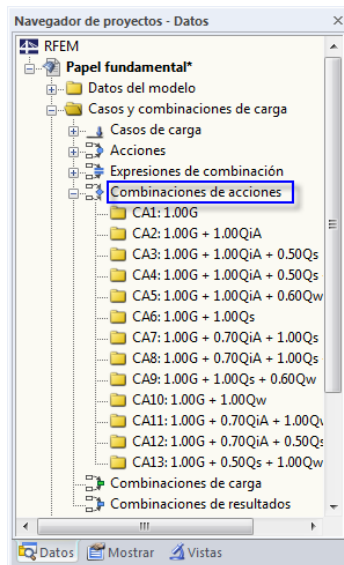


Figura 5.21: Cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, pestaña *Combinaciones de acciones*

Combin. acciones	Combinación de acciones Descripción	Usar	EN 1990 CEN Situación de cálculo	Acción.1 Factor Núm.	Acción.2 Factor Núm.	Acción.3 Factor Núm.	Acción.4 Factor Núm.	Combinaciones de carga generadas
CA1	1.00G	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1				CO1 (1/13)
CA2	1.00G + 1.00Q _i A	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	1.00 Q _i A A2			CO2 (1/13)
CA3	1.00G + 1.00Q _i A + 0.50Q _s	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	1.00 Q _i A A2	0.50 Q _s A3		CO3 (1/13)
CA4	1.00G + 1.00Q _i A + 0.50Q _s + 0.60Q _w	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	1.00 Q _i A A2	0.50 Q _s A3	0.60 Q _w A4	CO4 (1/13)
CA5	1.00G + 1.00Q _i A + 0.60Q _w	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	1.00 Q _i A A2	0.60 Q _w A4		CO5 (1/13)
CA6	1.00G + 1.00Q _s	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	1.00 Q _s A3			CO6 (1/13)
CA7	1.00G + 0.70Q _i A + 1.00Q _s	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	0.70 Q _i A A2	1.00 Q _s A3		CO7 (1/13)
CA8	1.00G + 0.70Q _i A + 1.00Q _s + 0.60Q _w	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	0.70 Q _i A A2	1.00 Q _s A3	0.60 Q _w A4	CO8 (1/13)
CA9	1.00G + 1.00Q _s + 0.60Q _w	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	1.00 Q _s A3	0.60 Q _w A4		CO9 (1/13)
CA10	1.00G + 1.00Q _w	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	1.00 Q _w A4			CO10 (1/13)
CA11	1.00G + 0.70Q _i A + 1.00Q _w	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	0.70 Q _i A A2	1.00 Q _w A4		CO11 (1/13)
CA12	1.00G + 0.70Q _i A + 0.50Q _s + 1.00Q _w	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	0.70 Q _i A A2	0.50 Q _s A3	1.00 Q _w A4	CO12 (1/13)
CA13	1.00G + 0.50Q _s + 1.00Q _w	<input checked="" type="checkbox"/>	S CR ELS - Característica	1.00 G A1	0.50 Q _s A3	1.00 Q _w A4		CO13 (1/13)

Figura 5.22: Tabla 2.4 *Combinaciones de acciones*

Combinación de acciones

Las combinaciones generadas a partir de acciones se enumeran consecutivamente. Una combinación de acciones incluye todas las posibilidades de cómo se consideran los casos de carga contenidos en una acción. Estas posibilidades dependen de la categoría de acción y las expresiones de combinación.

En el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* debajo de la lista *Combinaciones de acciones existentes*, es posible filtrar las combinaciones generadas por situación de cálculo o relevancia.

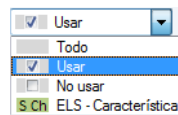


Figura 5.23: Opción de filtro en el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*

Descripción de combinación de acciones

RFEM asigna automáticamente descripciones breves basadas en los coeficientes de seguridad y símbolos de acciones, reglas de combinación de expresiones. Puede cambiar estas descripciones, en caso necesario.



Haga clic en el botón del diálogo [◀] para pasar a la pestaña de diálogo anterior, donde RFEM le muestra la expresión de combinación por la cual se creó la combinación de acciones actual.

Usar

Use la casilla de verificación para decidir si la combinación de acciones se considera para crear combinaciones de carga y resultados. De esta forma, es posible reactivar o excluir las combinaciones de acciones de la generación.

Si RFEM crea una combinación de acciones dos veces debido a los grupos especiales, una de ellas se desactiva automáticamente.



Situación de cálculo

La situación de cálculo de la combinación de acciones actual se indica una vez más para que pueda comprobar los datos. Use el botón [Información] para ver la regla de combinación de la situación de cálculo. Un cuadro de diálogo con explicaciones se abre (ver Figura 5.13, página 191).

Acciones en las combinaciones de acciones

Las columnas le informan sobre las acciones incluyendo los coeficientes de seguridad parcial y coeficientes de combinación correspondientes.

Si una acción se asume como *Predominante* en la combinación, se marca en consecuencia en el cuadro de diálogo. En este caso, se inserta como acción $Q_{k,1}$ en la Ecuación 5.1 hasta la Ecuación 5.7 (ver página 188).

Los valores que se indican en la columna de tabla *Factor* están basados en coeficientes dependientes de la norma seleccionada. Para EN 1990 son los coeficientes parciales de seguridad γ , coeficiente de combinación ψ , los coeficientes de reducción ξ y, si se aplica, los coeficientes de fiabilidad K_{FI} de cada acción resultante a partir de la situación de cálculo y categoría de acciones.



Use los botones [Configuración] o [...] para comprobar y, en caso de una norma definida por el usuario, ajuste los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación. Los factores se organizan en varias pestañas del cuadro de diálogo *Coefficientes*. La primera pestaña *Coefficientes parciales de seguridad* se muestra en la Figura 12.27 en la página 601. La pestaña *Coefficientes de combinación* administra los factores ψ and ξ .

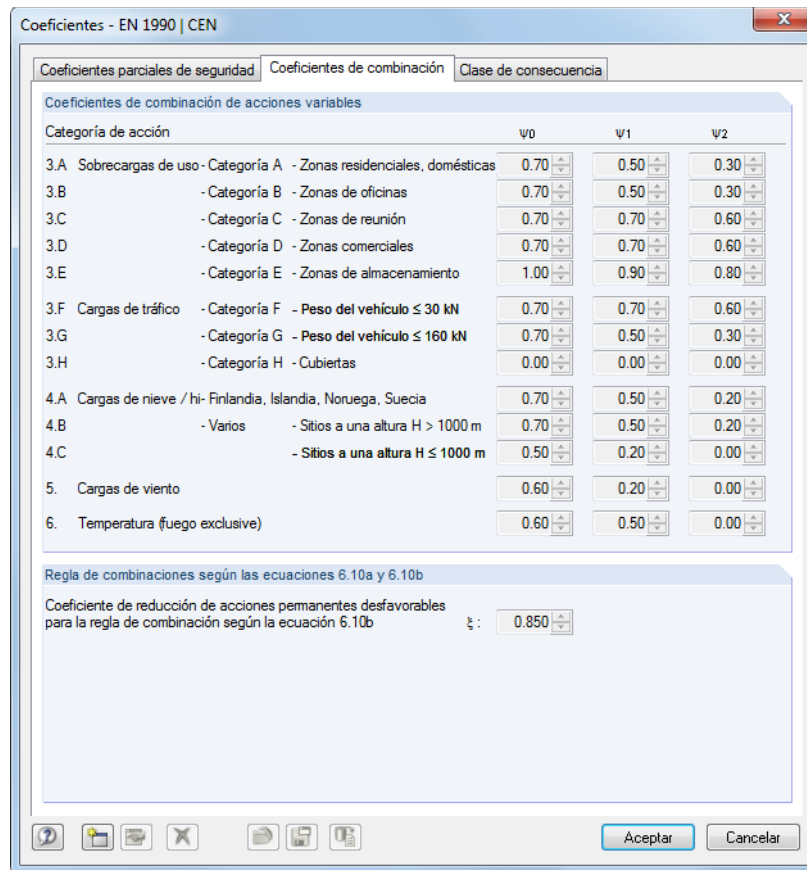


Figura 5.24: Cuadro de diálogo *Coeficientes*, pestaña *Coeficientes de combinación*

La sección del diálogo *Acciones en combinación de acciones* enumera los *Casos de carga* contenidos en las acciones con todas las posibilidades de cómo se pueden considerar en la acción. Las posibilidades dependen del tipo de acción y la acción definida (simultánea o alternativa). Es un requisito previo que todos los casos de carga asignados se usen siempre juntos para todos los tipos de acciones "cargas permanentes" y "pretensado" al menos que la relación se defina como "alternativa". En caso de acciones variables, extraordinarias y sísmicas, los casos de carga asignados se pueden superponer en todas las combinaciones relevantes.

Combinaciones de carga y de resultados generadas

La sección del diálogo, respectivamente la columna de tabla, se completa durante la generación iniciándose automáticamente al cerrar la pestaña de diálogo o tabla. El campo del diálogo muestra una información general breve sobre el número de combinaciones de carga o de resultados generadas.

Las combinaciones de carga y de resultados se describen en los siguientes capítulos 5.5 y 5.6.

Combinaciones de carga generadas

- CO1 ... CO3 (3/47)
- CO4 ... CO6 (3/47)
- CO7 ... CO10 (4/47)
- CO11 ... CO14 (4/47)
- CO15 ... CO17 (3/47)
- CO18 ... CO21 (4/47)
- CO22 ... CO25 (4/47)
- CO26 ... CO29 (4/47)
- CO30 ... CO33 (4/47)
- CO34 ... CO36 (3/47)
- CO37 ... CO39 (3/47)
- CO40 ... CO43 (4/47)
- CO44 ... CO47 (4/47)

Ejemplo

En el ejemplo que se muestra a la izquierda, se genera un total de 47 combinaciones de carga para la situación de cálculo ELU. Para la combinación de acciones **CA12** (penúltima fila) las cuatro combinaciones de carga CO40 hasta CO43 ocurren con el siguiente fondo:

La primera acción A1 se ha categorizado como categoría de acción "cargas permanentes" y se ha provisto con el factor $\gamma = 1,35$ en las combinaciones de carga generadas. Los casos de carga contenidos 1 y 2 ocurren juntos en todas las combinaciones de carga.

Como segunda acción A2 tenemos la categoría de acción "nieve" incluida en la combinación de carga con el factor $\gamma * \psi = 1,50 * 0,50 = 0,75$.

La tercera acción A3 dobla el número de combinaciones de carga generadas porque la categoría "viento" está disponible con los casos de carga 4 y 5 actuando alternativamente. Esta acción se multiplica por el factor $\gamma * \psi = 1,50 * 0,60 = 0,90$ en las combinaciones de carga.

La cuarta acción A4 se clasifica como tipo de acción "categoría de carga impuesta B" y está provista con el factor $\gamma = 1,50$ en todas las cuatro combinaciones de carga. Esta acción es una acción predominante.

Núm.	Factor	Acción	Descripción	Predominante	γ	ψ	Casos de carga
1	1.350	G A1	Permanente	<input type="checkbox"/>	1.35		CC1 CC2
2	0.750	S A2	Nieve	<input type="checkbox"/>	1.50	0.50	CC3
3	0.900	Qw A3	Viento	<input type="checkbox"/>	1.50	0.60	CC4 CC5
4	1.500	QIB A4	Sobrecarga de uso	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50		CC6

Combinaciones de carga generadas: CO40 ... CO43 (4/47)

Figura 5.25: Acciones en combinación de acciones CA12

Además, tenemos que considerar los dos casos de carga de imperfección 7 y 8 que se acoplan con las direcciones de ambos casos de carga de viento. Se desea crear combinaciones de carga una vez con imperfecciones y otra vez sin.

Con estos requisitos, RFEM forma las siguientes combinaciones de carga para CA12:

- CO40: $1.35 * CC1 + 1.35 * CC2 + 0.75 * CC3 + 0.9 * CC4 + 1.5 * CC6$
- CO41: $1.35 * CC1 + 1.35 * CC2 + 0.75 * CC3 + 0.9 * CC4 + 1.5 * CC6 + CC7$
- CO42: $1.35 * CC1 + 1.35 * CC2 + 0.75 * CC3 + 0.9 * CC5 + 1.5 * CC6$
- CO43: $1.35 * CC1 + 1.35 * CC2 + 0.75 * CC3 + 0.9 * CC5 + 1.5 * CC6 + CC8$



Haga clic en el botón del diálogo [▶] para pasar a la pestaña de diálogo *Combinaciones de carga* donde se selecciona la primera combinación creada de la combinación de acciones actual.

Comentario

Introduzca una nota definida por el usuario o seleccione una entrada de la lista.

5.5 Combinaciones de carga

Descripción general

Los casos de carga se pueden superponer en una combinación de carga (**CO**) y en una combinación de resultados (**CR**).

Considerando los coeficientes parciales de seguridad, una combinación de carga combina las cargas de los casos de carga contenidos en "un gran caso de carga" que se calculará. En una combinación de resultados (ver capítulo 5.6, página 216) todos los casos de carga incluidos se calculan primero. Luego, los resultados se superponen, considerando los coeficientes parciales de seguridad.

Los casos de carga se combinan manualmente (ver capítulo 5.5.1) o RFEM los superpone automáticamente (ver capítulo 5.5.2), dependiendo de la configuración en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales* (ver Figura 12.23, página 598). La configuración afecta también a la apariencia de la pestaña de diálogo *Combinaciones de carga* en el cuadro de diálogo de cargas.

Cuando desee calcular casos de carga combinados según el análisis de segundo orden o de grandes deformaciones, generalmente tiene que crear combinaciones de carga. Lo mismo es aplicable para modelos con elementos no lineales. El ejemplo siguiente se usa para demostrar el tema.

Dos casos de carga actúan en una losa con apoyos elásticos. En el caso de carga 1, la carga superficial actúa sobre la placa completa. En el caso de carga 2, tensiona sólo una parte de la superficie. El peso propio no se considera. El apoyo elástico de la losa es ineficaz en caso de tracción. Por lo tanto, no se absorben los esfuerzos de levantamiento.

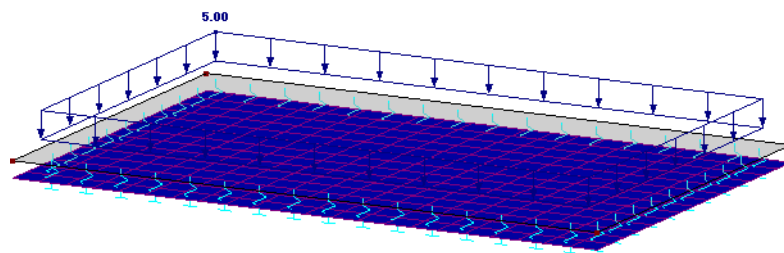


Figura 5.26: Carga y deformación de CC 1

La cimentación en el caso de carga 1 es eficaz para la superficie completa.

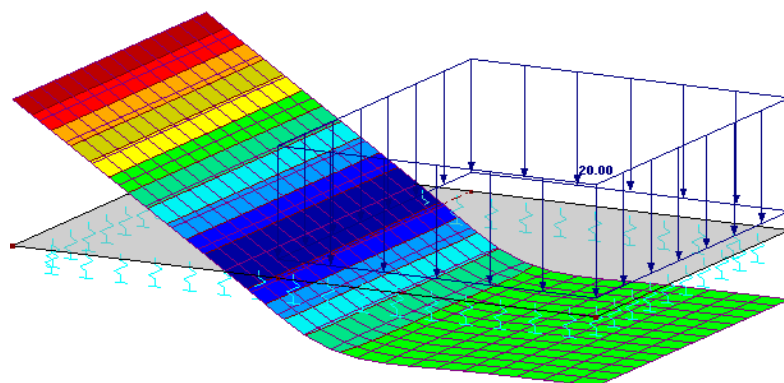
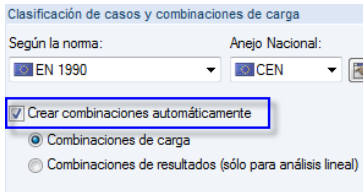


Figura 5.27: Carga y deformación de CC 2

La cimentación en el caso de carga 2 es eficaz sólo para la parte derecha de la superficie. La parte izquierda de la losa se levanta.

Diferencia entre combinación de carga y de resultados



Casilla de verificación en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales*



Al combinar los casos de carga en una combinación de resultados, RFEM le muestra una advertencia debido a que los resultados agregados serían inaceptables debido a los efectos no lineales: las deformaciones en ambos casos de carga se basan en diferentes sistemas estructurales. Para una combinación de resultados vería el levantamiento en la zona izquierda que se muestra en el segundo caso.

Por lo tanto, es correcto superimponer los dos casos de carga en una combinación de carga. En la figura siguiente, vemos que el apoyo elástico es eficaz para las cargas agregadas sin fallo.

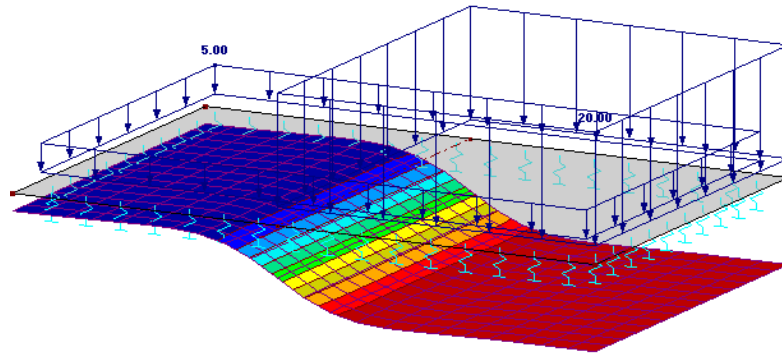


Figura 5.28: Carga y deformación de la combinación de carga

5.5.1 Combinaciones definidas por el usuario

Creación de una nueva combinación de carga

Hay varias posibilidades para abrir el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* para crear una combinación de carga:

- señale **Casos y combinaciones de carga** en el menú **Insertar**, y luego seleccione **Combinación de carga**
- use el botón de la barra de herramientas [Nueva combinación de carga] que se muestra a la izquierda

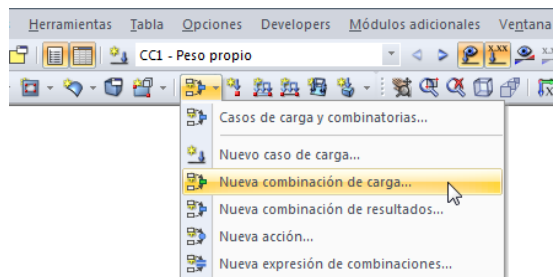


Figura 5.29: Botón *Nueva combinación de carga* en la barra de herramientas

- menú contextual de la entrada del navegador *Combinaciones de carga*

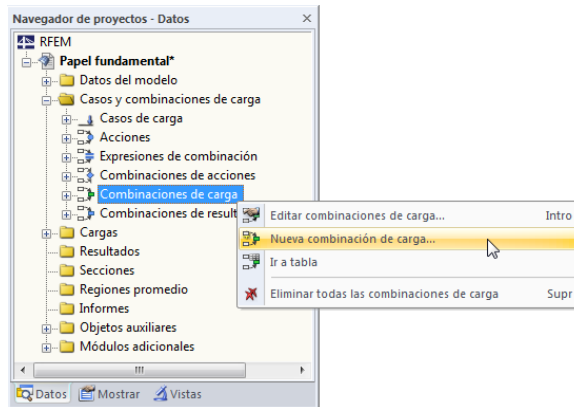


Figura 5.30: Menú contextual para *Combinaciones de carga* en el navegador *Datos*

El cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* aparece. Una nueva combinación de carga se preestablece en la pestaña de diálogo *Combinaciones de carga*.

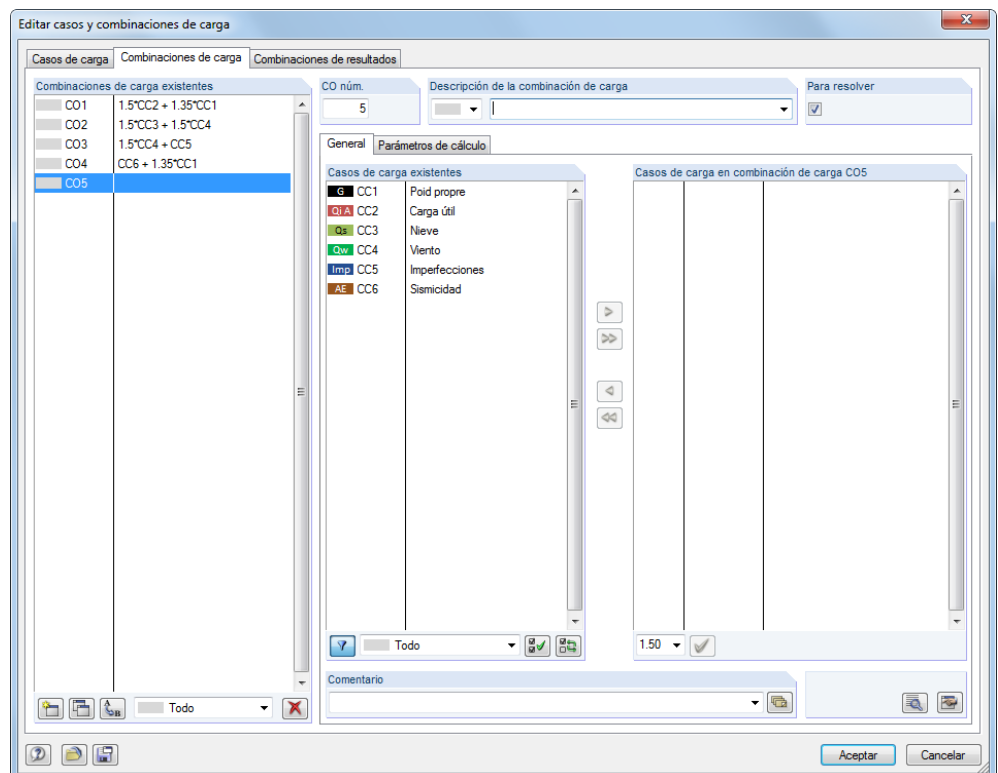


Figura 5.31: Cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, pestaña *Combinaciones de carga*

La siguiente descripción se refiere a la pestaña *General*. La pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo* se describe en el capítulo 7.3.1 en la página 284.

- También es posible introducir una nueva combinación de carga en una fila vacía de la tabla 2.5 *Combinaciones de carga*.

Combin. de carga	Combinación de carga Descripción	Resolver	Factor	CC. 1 Núm.	Factor	CC. 2 Núm.	Factor	CC. 3 Núm.	Factor	CC. 4 Núm.
CO1	1.5*CC2 + 1.35*CC1	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	Q1A	1.35	G				
CO2	1.5*CC3 + 1.5*CC4	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	Qs	1.50	Qw				
CO3	1.5*CC4 + CC5	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	Qw	1.00	Imp				
CO4	CC6 + 1.35*CC1	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	AE	1.35	G				
CO5	S Cr CC1	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	G		CC1				

Figura 5.32: Tabla 2.5 *Combinaciones de carga*

Combinación de carga

El número de la nueva combinación de carga se preestablece pero se puede modificar en el campo de entrada del diálogo *CO núm.*. El orden de las combinaciones de carga se puede ajustar subsecuentemente mediante el botón de diálogo [Cambiar numeración] (ver Tabla 5.7 y el capítulo 11.4.18, página 518).

Descripción de combinación de carga

Puede introducir cualquier nombre manualmente. Puede también elegir un nombre de la lista para describir la combinación de carga de forma breve. Como las descripciones introducidas manualmente se almacenan en la lista, también se encuentran disponibles para otros modelos.

Para resolver

Use la casilla de verificación para decidir si la combinación de carga se considera en el cálculo. De esta forma, es posible activar o excluir las combinaciones de carga del cálculo.

Casos de carga en la combinación de carga

Las columnas le informan sobre los casos de carga junto con los factores correspondientes.

Los valores que se indican en la columna de tabla *Factor* están basados en coeficientes dependientes de la norma seleccionada. Para EN 1990 son los coeficientes parciales de seguridad γ , coeficiente de combinación ψ , los coeficientes de reducción ξ y, si se aplica, los coeficientes de fiabilidad K_{FI} de cada acción resultante a partir de la situación de cálculo y categoría de acciones.

Para comprobar y ajustar los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación, use el botón del diálogo [Coeficientes de combinación]. El cuadro de diálogo *Coeficientes* se abre, donde puede encontrar varios factores organizados en varias pestañas. La primera pestaña *Coeficientes parciales de seguridad* para EN 1990 se muestra en la Figura 12.27 en la página 601. La pestaña *Coeficientes de combinación* administra los factores ψ y ξ (ver Figura 5.24, página 205). El coeficiente de fiabilidad K_{FI} se puede definir en un campo de entrada de la pestaña del cuadro de diálogo *Clase de consecuencia*, pero también puede introducir un valor definido por el usuario.

Combinando casos de carga

En el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, puede asimilar casos de carga en combinaciones como sigue: seleccione los casos de carga relevantes en la lista *Casos de carga existentes* haciendo clic. Puede presionar la tecla [Ctrl] (como es usual en Windows) para aplicar la selección múltiple. Use el botón [►] para transferir los casos de carga seleccionados a la derecha en la lista *Casos de carga en combinación de carga*, a la vez se agregan los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación automáticamente.



- Combinación de carga determinante
- Combinación de carga determinante
- Esfuerzos internos de cálculo
- Valores característicos
- Análisis de deformación
- Cargas en apoyos
- Teoría de segundo orden



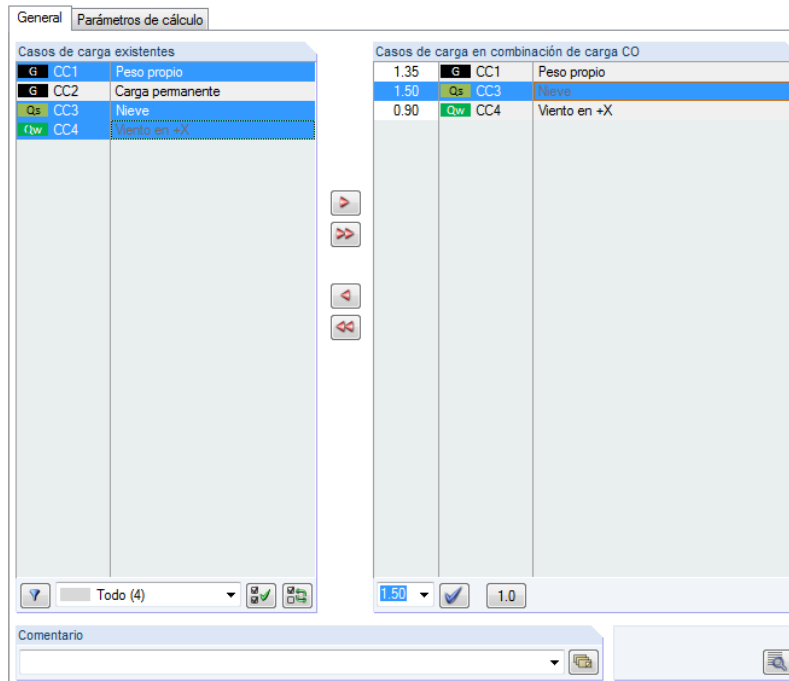
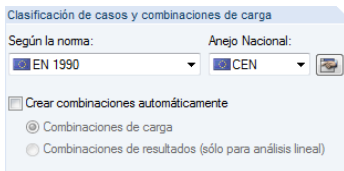


Figura 5.33: Selección múltiple de casos de carga y combinación de carga creados según EN 1990



Configuración de la norma en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales*

Los factores se crean en concordancia con el conjunto de normas en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales* (ver capítulo 12.2.1, página 601).

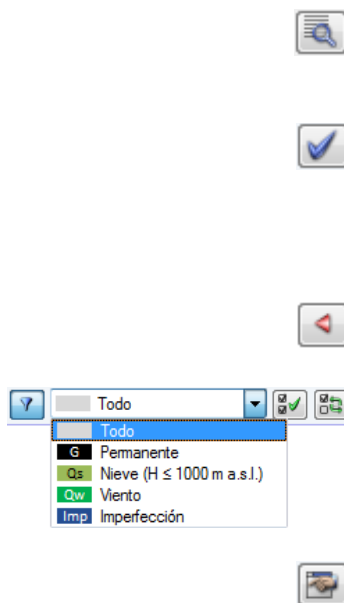
Los factores preestablecidos se pueden comprobar en el cuadro de diálogo *Coefficientes* que abre con el botón [Factores]. Es más, puede ajustarlos para las normas definidas por el usuario (ver Figura 5.24, página 205 y Figura 12.27, página 601).

Para modificar el factor de un caso de carga que se ha transferido en una combinación de carga, seleccione el caso de carga en la lista *Casos de carga en la combinación de carga*. Ahora, puede introducir un factor apropiado en el campo de entrada siguiente. También puede seleccionar el factor de la lista. Finalmente, haga clic en el botón [Establecer factor] para aplicar el nuevo factor al caso de carga.

Para quitar un caso de carga de una combinación de carga, seleccione el caso de carga en la sección del diálogo *Casos de carga en la combinación de carga*. Use el botón [◀] o haga doble clic en la entrada para volver a la sección del diálogo *Casos de carga existentes*.

Varias opciones de filtro están disponibles bajo la lista *Casos de carga existentes*. Con la ayuda de esas opciones es más fácil asignar casos de carga ordenados por categorías de acciones o para seleccionar de los casos de carga no asignados aún. Los botones se describen en la Tabla 5.7 en la página 213.

Para definir las combinaciones de carga manualmente, use el botón [Editar] en la esquina inferior derecha del cuadro de diálogo de carga.



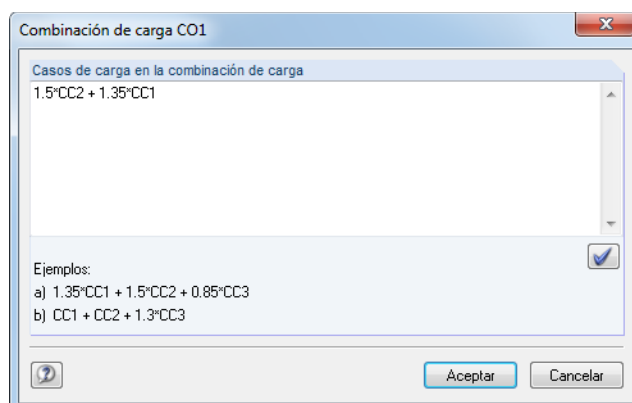


Figura 5.34: Cuadro de diálogo *Combinación de carga* para definición por campo de edición

Un cuadro de diálogo se abre ofreciendo el campo de entrada *Casos de carga en la combinación de carga* donde los casos de carga se pueden agregar (o sustraer en caso necesario) por cualquier factor. Sin embargo, no está permitida la incorporación de una entrada.

Ejemplo: $CC1 + 0.5*CC3$

Para la carga simple del caso de carga 1, la mitad de la carga del caso de carga 3 se agrega.



Use el botón [Especificar entrada] para transferir la entrada para la lista *Casos de carga en la combinación de carga* del cuadro de diálogo inicial.

Comentario

Introduzca una nota definida por el usuario o seleccione una entrada de la lista para describir la combinación de carga en detalle.

Parámetros de cálculo

La pestaña *Parámetros de cálculo* en el cuadro de diálogo de carga ofrece diferentes opciones para controlar el cálculo. Encuentre una descripción detallada de estos parámetros en el capítulo 7.3.1 en la página 284.

Editar una combinación de carga

Hay varias posibilidades para cambiar las combinaciones de carga subsecuentemente:

- señale **Casos y combinaciones de carga** en el menú **Edición**, y luego haga clic en **Combinaciones de carga**
- use el menú contextual o haga doble clic en una combinación de carga en el navegador *Datos*

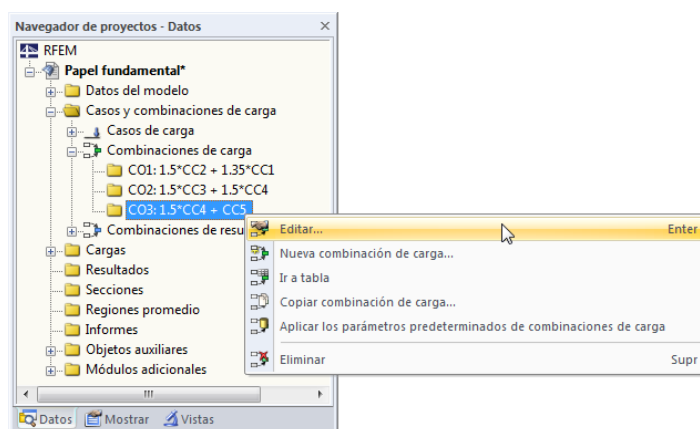


Figura 5.35: Menú contextual de una combinación de carga

En el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* (ver Figura 5.31, página 209), seleccione la CO mediante clic. Luego, puede editar el criterio de definición.

Botones

En el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, ve diferentes botones bajo las listas *Combinaciones de carga existentes* y *Casos de carga existentes*. Los botones tienen las siguientes funciones:








	Crea un nueva combinación de carga
	Crea una nueva combinación de carga como copia de la combinación seleccionada
	Asigna un nuevo número para la combinación de carga seleccionada. Especifique el número en un cuadro de diálogo distinto. No se admite la introducción de un número de CO que ya se haya asignado.
	Elimina la combinación de carga seleccionada
	La lista muestra sólo los casos de carga que no están aún contenidos en la combinación de carga.
	Selecciona todos los casos de carga en la lista
	Invierte la selección de casos de carga

Tabla 5.7: Botones en la pestaña *Combinaciones de carga*

5.5.2 Combinaciones generadas

Al cambiar a la pestaña de diálogo *Combinaciones de carga* o a la tabla 2.5, RFEM crea las combinaciones automáticamente. Como los casos de carga no se superponen manualmente, la pestaña *General* tiene una apariencia distinta (ver Figura 5.31, página 209 para las combinaciones definidas por el usuario).

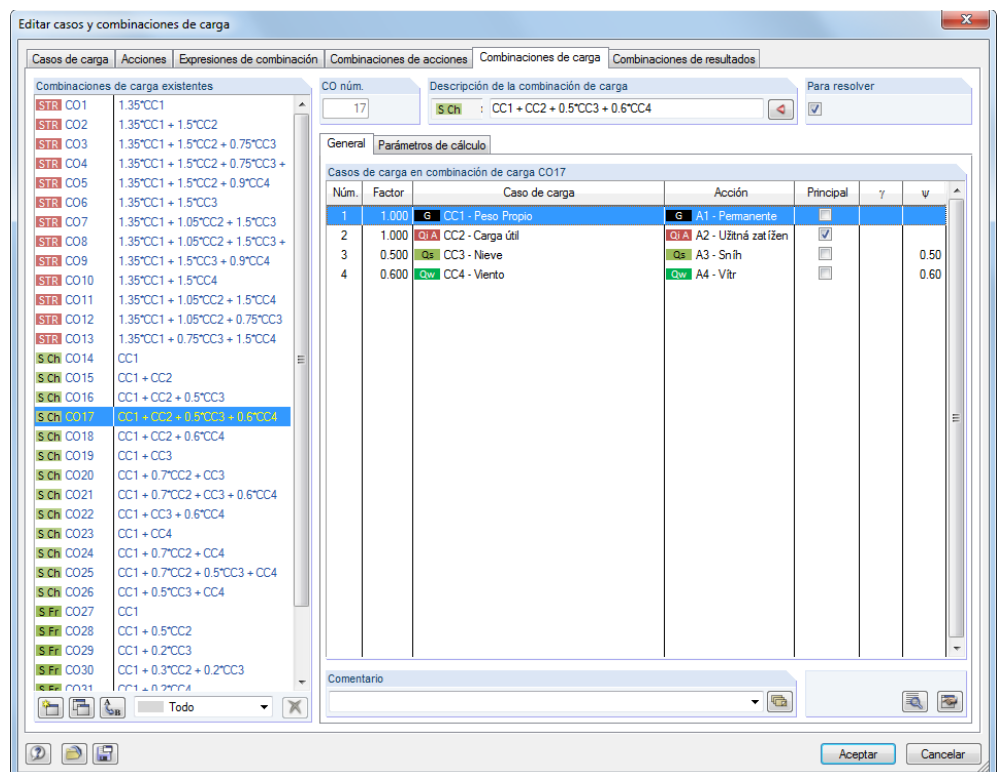
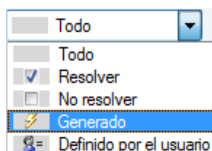


Figura 5.36: Cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, pestaña *Combinaciones de carga*

Combinación de carga

Las combinaciones de carga generadas a partir de las combinaciones de acciones están numeradas consecutivamente.

Puede filtrar las combinaciones generadas por un criterio particular, usando el campo de selección en la esquina inferior izquierda bajo la sección del diálogo *Combinaciones de carga existentes*.



Descripción de combinación de carga

RFEM asigna una descripción breve basada en los coeficientes de seguridad y números de casos de carga, expresando reglas de combinación. Puede cambiar estas descripciones, en caso necesario.

Haga clic en el botón del diálogo [◀] para volver a la pestaña de diálogo anterior *Combinaciones de acciones* (ver capítulo 5.4, página 203) donde la combinación de acciones se selecciona mediante la combinación de carga actual para la que se ha creado.

Para resolver

La casilla de verificación controla la determinación de resultados para las combinaciones de carga seleccionadas.

Casos de carga en la combinación de carga

Las columnas le informan acerca de los casos de carga incluyendo los coeficientes parciales de seguridad y los coeficientes de combinación correspondientes. No es posible modificar los factores de combinaciones generados.

Si un caso de carga se asume como *Predominante* en la combinación, se marca en consecuencia en el cuadro de diálogo.

Para comprobar y, si es necesario, ajustar los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación, use el botón del diálogo [Información sobre factores]. El cuadro de diálogo



Coefficientes se subdivide en varias pestañas (ver Figura 12.27, página 601 y Figura 5.24, página 205).

Agregar una combinación de carga

Las combinaciones de carga generadas no se pueden editar sino eliminar o excluir del cálculo usando la casilla de verificación *Para resolver*.



Con el botón [Nuevo] en la esquina inferior izquierda bajo la sección del diálogo *Combinaciones de carga existentes* puede agregar una combinación definida por el usuario. Para habilitar la definición manual, la pestaña de diálogo *General* cambia su apariencia.

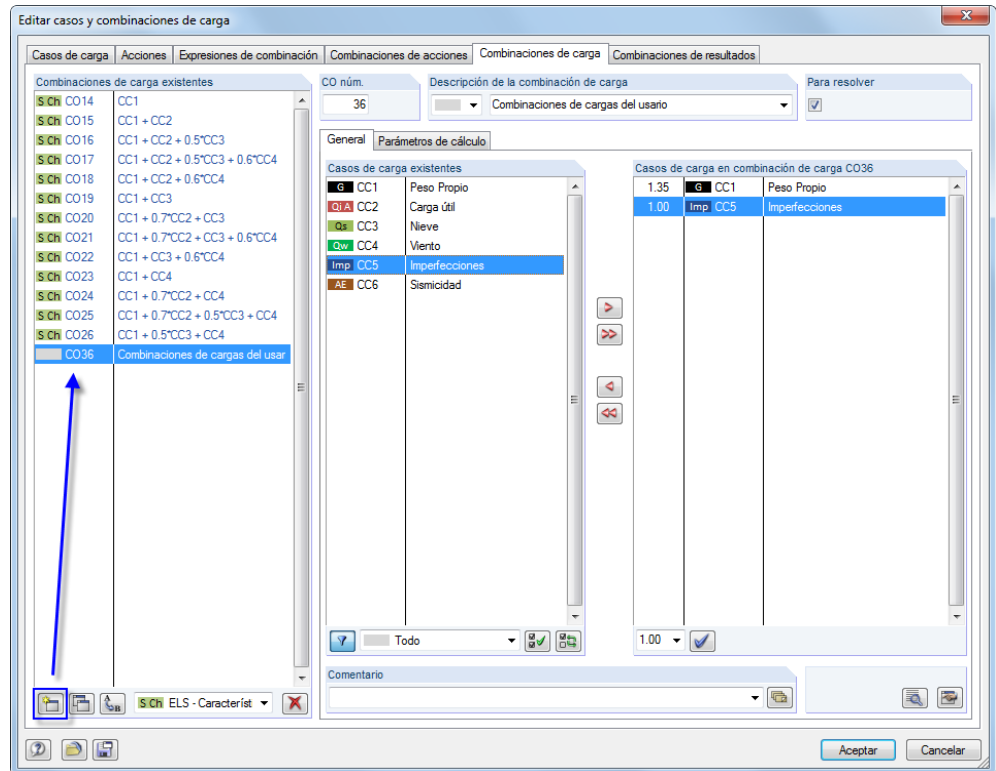


Figura 5.37: Agregando una combinación de carga definida por el usuario

El capítulo anterior 5.5.1 describe en detalle cómo se pueden crear las combinaciones de carga manualmente.

5.6 Combinaciones de resultados

Descripción general

Los casos de carga se pueden superponer en una combinación de resultados (**CR**) y en una combinación de carga (**CO**).

En una combinación de resultados, los casos de carga incluidos se calculan primero. Luego, los resultados están superpuestos, considerando los coeficientes parciales de seguridad. Una combinación de carga (ver capítulo 5.5, página 207) combina primero las cargas de los casos de carga contenidos en "un caso de carga grande", considerando los coeficientes parciales de seguridad. Luego, el caso de carga grande se calcula.

Los casos de carga se pueden combinar manualmente (ver capítulo 5.6.1) o RFEM los puede superponer automáticamente (ver capítulo 5.7), dependiendo de la configuración en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales* (ver Figura 12.23, página 598). La configuración afecta también a la apariencia de la pestaña de diálogo *Combinaciones de resultados* en el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*.

Las combinaciones de resultados no son apropiadas para los cálculos no lineales, ya que conllevan a resultados falsos: en la mayoría de los casos, el fallo de elementos no lineales (por ejemplo barras de tracción, cimentaciones) ocurre desigualmente en los casos de carga individuales. Los efectos de redistribución ocurren de forma que los esfuerzos internos se combinen a partir de modelos diferentes (ver ejemplo en el capítulo 5.5 en la página 207).

En una combinación de resultados, puede superponer los resultados de los casos de carga y combinaciones de carga así como de los resultados de otras combinaciones de resultados.

Usualmente, se resumen los esfuerzos internos. En principio, también son posibles las sustracciones. Tenga en cuenta, sin embargo, que en este caso se invierten los signos de los esfuerzos internos: los esfuerzos de tracción se vuelven esfuerzos de compresión etc. Por lo tanto, como una alternativa, se recomienda copiar el caso de carga (ver capítulo 5.1, página 185) y para establecer el factor de carga en -1.00 para la copia del caso de carga en la pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo*. Luego, el caso de carga se puede agregar en una combinación de resultados.

5.6.1 Combinaciones definidas por el usuario

Crear una nueva combinación de resultados

Hay varias posibilidades para abrir un cuadro de diálogo de carga para crear una combinación de resultados:

- señalar **Casos y combinaciones de carga** en el menú **Insertar**, y luego seleccionar **Combinación de resultados**
- hacer clic en el botón [Nueva combinación de resultados] en la barra de herramientas

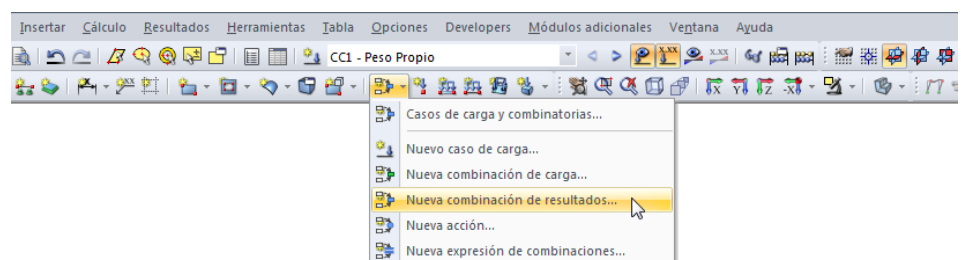
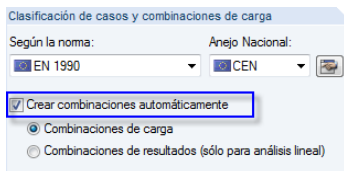


Figura 5.38: Botón *Nueva combinación de resultados* en la barra de herramientas

- usar el menú contextual de la entrada del navegador *Combinaciones de resultados*

Diferencia entre combinación de carga y de resultados



Casilla de verificación en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales*



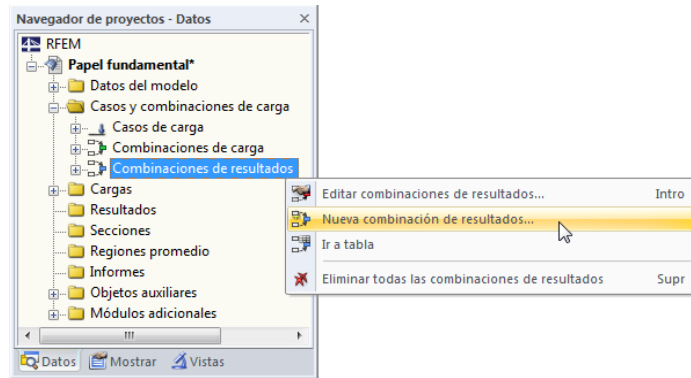


Figura 5.39: Menú contextual de las *Combinaciones de resultados* en el navegador *Datos*

El cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* aparece. Una nueva combinación de resultados se preestablece en la pestaña de diálogo *Combinaciones de resultados*.

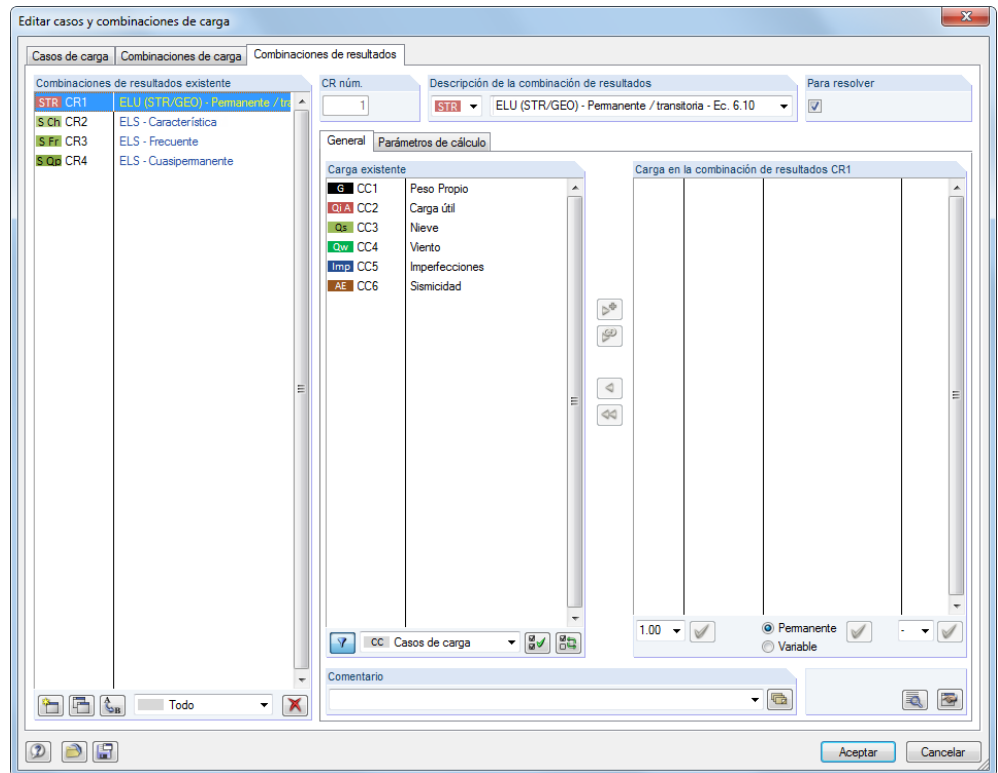


Figura 5.40: Cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, pestaña *Combinaciones de resultados*

La siguiente descripción se refiere a la pestaña *General*. La pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo* se describe en el capítulo 7.3.2 en la página 292.

- También es posible introducir una nueva combinación de resultados en una fila vacía de la tabla 2.6 *Combinaciones de resultados*.

Combin. de result.	Combinación de resultados		Resolver	Carga 1			Carga 2			Carga 3				
	SC	Descripción		Factor	Núm.	Crit.	Gr.	Factor	Núm.	Crit.	Gr.	Factor	Núm.	
CR1		1.5*CC3 + 1.5*CC2 + CC5	<input checked="" type="checkbox"/>	1.50	Qs	CC3	-	1.50	Qs	CC2	-	1.00	Imp	CC5
CR2														
CR3														
CR4														
CR5														

Figura 5.41: Tabla 2.6 *Combinaciones de resultados*

Combinación de resultados

El número de la nueva combinación de resultados se preestablece, pero se puede modificar en el campo de entrada del diálogo *CR núm.* El orden de las combinaciones de resultados se puede modificar también subsecuentemente mediante el botón de diálogo [Cambiar numeración] (ver Tabla 5.8 y capítulo 11.4.18, page 518).

Descripción de la combinación de resultados

Puede introducir cualquier nombre manualmente. Puede también elegir un nombre de la lista para describir de forma breve la combinación de resultados. Como las descripciones introducidas manualmente se almacenan en la lista, también se encuentran disponibles para otros modelos.

Para resolver

Use la casilla de verificación para decidir si la combinación de resultados se considera en el cálculo. De esta forma, es posible reactivar o excluir las combinaciones de resultados especialmente del cálculo.

La carga en la combinación de resultados

Las columnas le informan acerca de los casos de carga, combinaciones de carga y resultados incluyendo factores relacionados.

Los valores indicados en la columna de tabla *Factor* se basan entre otros en los coeficientes que dependen de la norma seleccionada. Estos son para EN 1990 los coeficientes parciales de seguridad γ , los coeficientes de combinación ψ , los coeficientes de reducción ξ y, si es aplicable, los coeficientes de fiabilidad K_{FI} de cada acción resultante de la situación de cálculo y categoría de acción.

Para comprobar y ajustar los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación conforme a las normas, use el botón del diálogo [Coeficientes de combinación]. El cuadro de diálogo *Coeficientes* se abre, donde encuentra varios factores organizados en varias pestañas. La pestaña *Coeficientes parciales de seguridad* para EN 1990 se muestra en la Figura 12.27 en la página 601. La pestaña *Coeficientes de combinación* administra los factores ψ y ξ (ver Figura 5.24, página 205). El coeficiente de fiabilidad K_{FI} se puede definir en un campo de entrada de la pestaña del cuadro de diálogo *Clase de consecuencia*, pero también puede introducir un valor definido por el usuario.

Combinando cargas

En el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, puede superimponer casos de carga, combinaciones de carga y de resultados en una combinación de la forma siguiente: seleccione entradas relevantes en la lista *Carga existente* mediante un clic. Puede presionar la tecla [Ctrl] (como es usual en Windows) para aplicar la selección múltiple (ver figura siguiente).



- Combinación de resultados determinante
- Combinación de resultados determinante
- Esfuerzos internos de cálculo
- Valores característicos
- Análisis de deformación
- Cargas en apoyos





Use los botones de diálogo [▶⁺] y [▶[∞]] para transferir las entradas seleccionadas en la lista *Carga en la combinación de resultados* a la derecha.

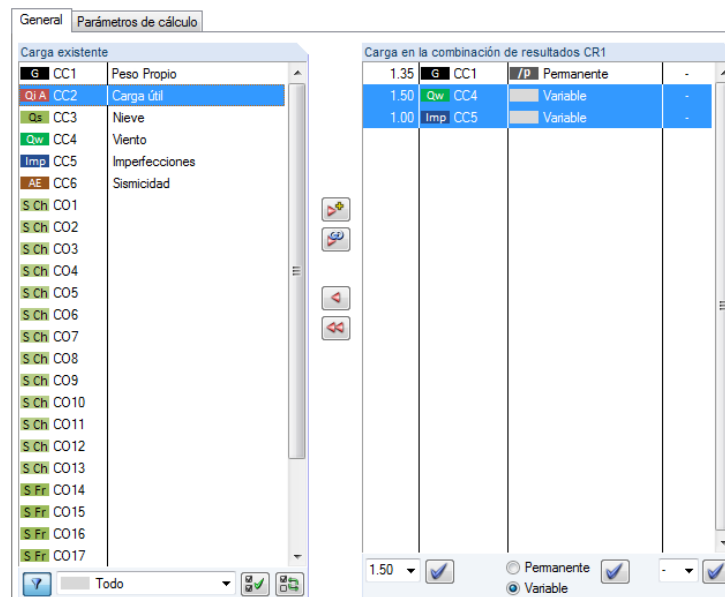
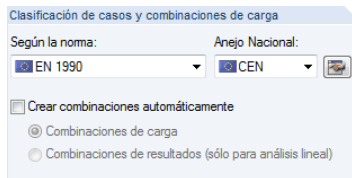


Figura 5.42: Selección múltiple para análisis alternativo de dos casos de carga



Configuración de la norma en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales*



Los factores de caso de carga se aplican según la norma establecida en el cuadro de diálogo *Modelo - Datos generales*. Si es necesario, puede ajustar los coeficientes parciales de seguridad preestablecidos (ver capítulo 12.2.1, página 601) usando el botón del diálogo [Factores].

Para quitar la carga de una combinación de resultados, seleccione la entrada relevante en la sección del diálogo *Carga en la combinación de resultados*. Use el botón [◀] o haga doble clic en la entrada para que vuelva a la sección del diálogo *Carga existente*.

Los casos de carga, combinaciones de carga y de resultados contenidos en la combinación de resultados se pueden superimponer en concordancia con su efecto:

- **Criterio de carga**

- **Efecto permanente**

- Si desea aplicar la carga permanentemente o incondicionalmente, el criterio *Permanente* o */p* se debe agregar a la carga.

- **Efecto variable**

- Una carga con el criterio *Variable* se considera en la superposición sólo si sus esfuerzos internos contribuyen desfavorablemente al resultado.

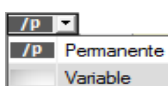
- **Criterio para superposición**

- **Combinación adicional**

- Los resultados de carga se combinan adicionalmente con el criterio "+". Use el botón [▶⁺] disponible en el cuadro de diálogo para transferir los casos de carga marcados, combinaciones de carga y de resultados para la lista de definición de la combinación de resultados.

- **Combinación alternativa**

- Para el análisis alternativo usando el criterio "o", respectivamente la abreviación "o", RFEM trata a los resultados de las cargas particulares como mutuamente exclusivos. RFEM sólo considerará los valores de carga haciendo la máxima contribución desfavorable. Use el botón del diálogo [▶[∞]] para transferir las cargas seleccionadas para la lista de definición de la combinación de resultados.



Las cargas actuando alternativamente se marcan con el mismo número en la columna de tabla *Grupo*.

El criterio "orto" (o *hasta*) combina una lista de cargas alternativas desde el primer hasta el último objeto. Los objetos que se encuentran en medio no se enumeran.

Todas las cargas enumeradas en el grupo de combinación alternativa se deben marcar consistentemente como "Permanente" o "Variable". De este modo, no se admite introducir por ejemplo "CC1/p o CC2".

Es posible ajustar los factores de cargas transferidos individualmente: seleccione las cargas en la lista *Carga en la combinación de resultados*, y luego introduzca un factor apropiado en el campo de entrada. Puede también usar la lista para seleccionar un factor. Finalmente, haga clic en el botón [Especificar coeficiente] para aplicar el nuevo factor a las cargas.

Análogamente, puede modificar subsecuentemente el criterio de carga (efecto permanente o variable) o la relación de grupo de una carga alternativa. Para asignar el nuevo criterio a la carga seleccionada, use el botón [Establecer] del diálogo.

Varias opciones de filtro están disponibles bajo la lista *Carga existente*. Con la ayuda de las opciones es fácil asignar cargas organizadas por casos de carga, combinaciones de carga y acciones así como categorías de acciones. Además, es posible restringir el listado para cargas no asignadas aún. Los botones se describen en la Tabla 5.8 en la página 222.

Puede definir combinaciones de resultados manualmente en un cuadro de diálogo aparte. Para abrirlo, use el botón [Editar] en la esquina inferior derecha del cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*.

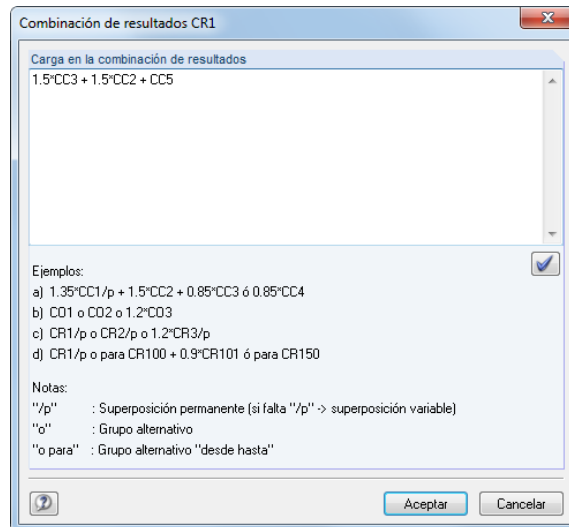
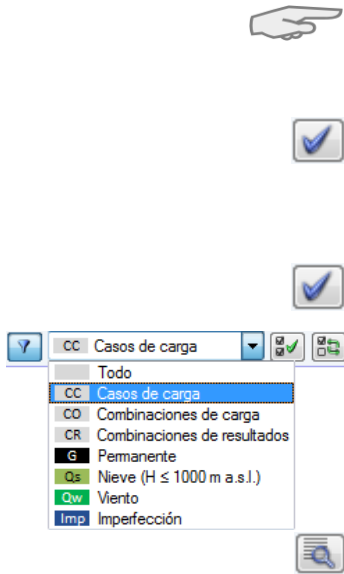


Figura 5.43: Cuadro de diálogo *Combinación de resultados* para la definición mediante un cuadro de cadenas

Un cuadro de diálogo se abre ofreciendo el campo de entrada *Carga en la combinación de resultados* donde los casos de carga se pueden agregar mediante cualquier factor o combinar con el criterio "o". Sin embargo, no está permitida la incorporación de una entrada.

Ejemplos:

- **CC1/p + CC2/p + CC3**

Los casos de carga 1 y 2 se superponen como permanente, el caso de carga 3 como variable.

- **CC1/p + CO2 + CC3 o CC4 o CC5 (corresponde a CC1/p + CO2 + CC3 o hasta CC5)**

El caso de carga 1 se considera como permanente en la superposición, la combinación de carga 2 como variable. El caso más desfavorable de los casos de carga 3, 4 ó 5 se superim-

pone también con el criterio "variable" (que significa que sólo uno de ellos es eficaz - si aumentan los valores de resultados).

- **$1.2 \cdot CO1/p + 0.2 \cdot CR1$ o $-0.2 \cdot CR1$**

El múltiplo 1.2 de la combinación de carga 1 se superimpone como permanente con la contribución más desfavorable del múltiplo positivo o negativo 0.2 de la combinación de resultados 1.

- **CR1/p o CR2/p o CR3/p o CR4/p (corresponde a CR1/p o hasta CR4/p)**

Las combinaciones de resultados 1 hasta 4 se comparan entre sí como de actuación permanente. La envolvente se determina como el resultado más desfavorable.



Use el botón [Establecer] para transferir la entrada a la lista *Carga en la combinación de resultados* del cuadro de diálogo inicial.

Comentario

Introduzca una nota definida por el usuario o seleccione una entrada de la lista para describir la combinación de resultados en detalle.

Parámetros de cálculo

La pestaña *Parámetros de cálculo* en el cuadro de diálogo de carga ofrece diferentes opciones para controlar el cálculo. Encuentre una descripción detallada de estos parámetros en el capítulo 7.3.1 en la página 284.

Editar una combinación de resultados

Hay varias posibilidades para cambiar combinaciones de resultados subsecuentemente:

- señale **Casos y combinaciones de carga** en el menú **Edición**, y luego haga clic en **Combinaciones de resultados**
- use el menú contextual o haga doble clic en combinación de resultados en el navegador *Datos*

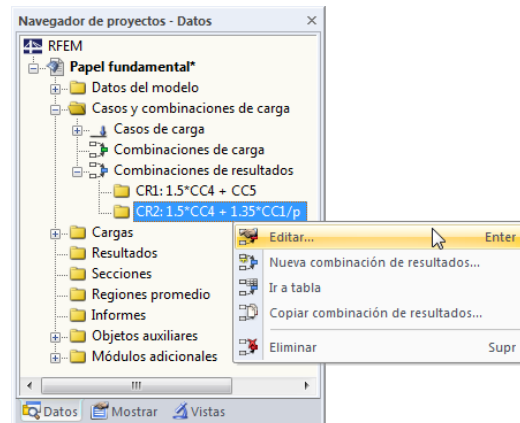


Figura 5.44: Menú contextual de una combinación de resultados

En el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* (ver Figura 5.40, página 217), seleccione la CR mediante clic. Luego, puede editar el criterio de definición.

Botones

En el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, varios botones están disponibles bajo las listas *Combinaciones de resultados existentes* y *Carga existente*. Los botones tienen las siguientes funciones:








	Crea una nueva combinación de resultados
	Crea una nueva combinación de resultados como copia de la combinación seleccionada
	Asigna un nuevo número para la combinación de resultados seleccionada. Especifique el número en un cuadro de diálogo distinto. No se admite la introducción de un número de CR que ya esté asignado.
	Elimina la combinación de resultados seleccionada
	La lista muestra sólo casos de carga que no estén contenidos en la combinación de resultados.
	Selecciona todos los casos de carga en la lista
	Invierte la selección de casos de carga

Tabla 5.8: Botones en la pestaña *Combinaciones de resultados*

5.6.2 Combinaciones generadas

Al pasar a la pestaña de diálogo *Combinaciones de resultados* o a la tabla 2.6, RFEM crea la combinación automáticamente. Ya que los casos de carga no se superponen manualmente, la pestaña *General* se muestra de manera distinta (ver Figura 5.40, página 217 para las combinaciones definidas por el usuario).

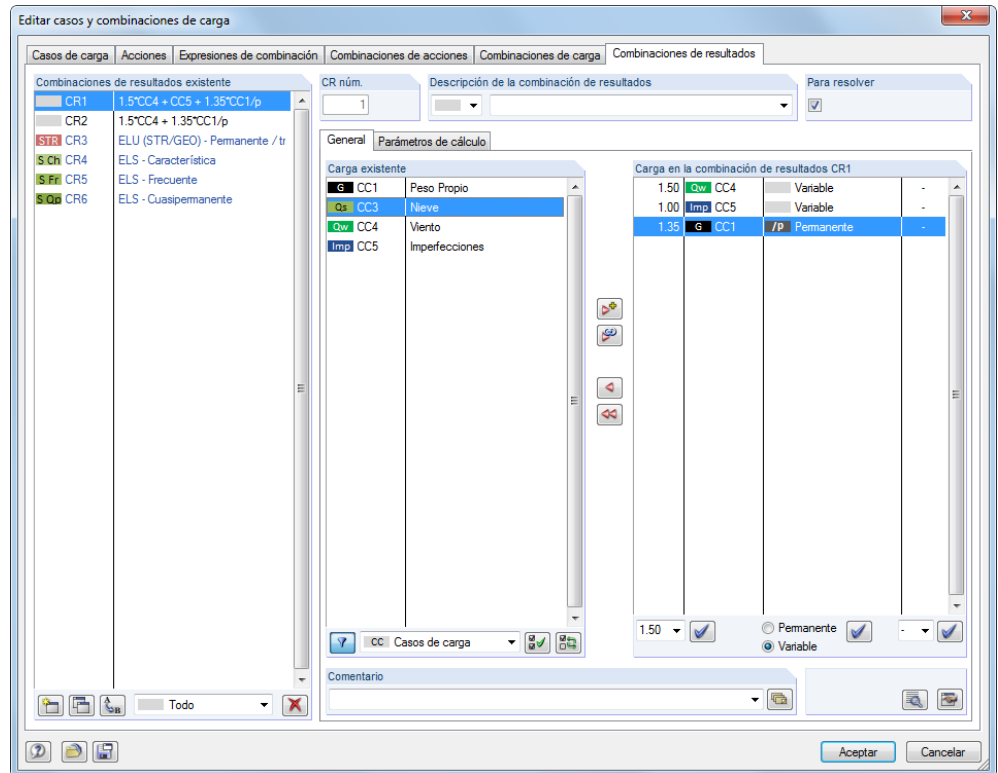
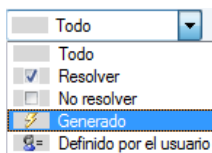


Figura 5.45: Cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, pestaña *Combinaciones de resultados*

Combinación de resultados

Las combinaciones de resultados generadas a partir de las combinaciones de acciones se enumeran consecutivamente.

Puede filtrar las combinaciones generadas mediante criterios diferentes, usando el campo de selección en la esquina izquierda del diálogo bajo la sección del diálogo *Combinaciones de resultados existentes*.



Descripción de la combinación de resultados

RFEM asigna una descripción breve basada en los coeficientes de seguridad y números de casos de carga, expresando reglas de combinación. Puede cambiar estas descripciones, en caso necesario.

Haga clic en el botón del diálogo [◀] para volver a la pestaña *Combinaciones de acciones* (ver capítulo 5.4, página 203) donde se selecciona la combinación de acciones por la que se ha creado la combinación de resultados actual.



Para resolver

La casilla de verificación controla la determinación de resultados para las combinaciones de resultados seleccionada a la izquierda.

Casos de carga en la combinación de resultados

Las columnas le informan acerca de los casos de carga incluyendo los coeficientes parciales de seguridad y los coeficientes de combinación correspondientes. No es posible modificar los factores de combinaciones generados.

Si se asume que un caso de carga sea *Predominante* en la combinación, se marca en consecuencia en el cuadro de diálogo.



Para comprobar y, en caso necesario, ajustar los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación, use el botón del diálogo [Coeficientes de combinación]. El cuadro de diálogo *Coeficientes* se subdivide en varias pestañas (ver Figura 12.27, página 601 y Figura 5.24, página 205).

Agregar una combinación de resultados

Las combinaciones de resultados generadas no se pueden editar sino eliminar o excluir del cálculo mediante el uso de la casilla de verificación *Para resolver*.



Con el botón [Nuevo] en la esquina inferior izquierda bajo la sección del diálogo *Combinaciones de resultados existentes* puede agregar una combinación definida por el usuario. Para habilitar la definición manual, la pestaña de diálogo *General* cambia su apariencia.

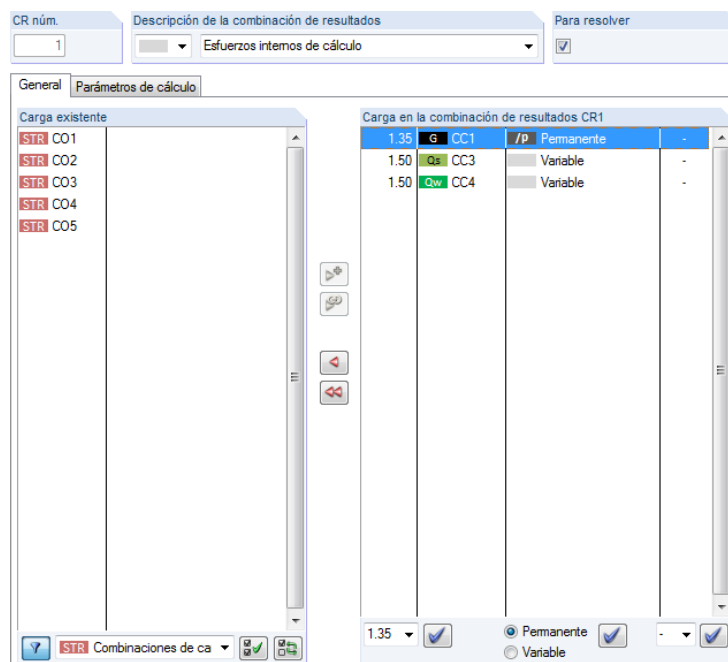


Figura 5.46: Agregando una combinación de resultados definida por el usuario

El capítulo anterior 5.6.1 describe en detalle cómo las combinaciones de resultados se pueden crear manualmente.

5.7 Esquema de combinaciones

Los grupos de casos de carga se pueden guardar como esquemas de combinaciones y reusar para aplicaciones similares. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente, seleccione **Esquema de combinaciones** en el menú **Herramientas**.

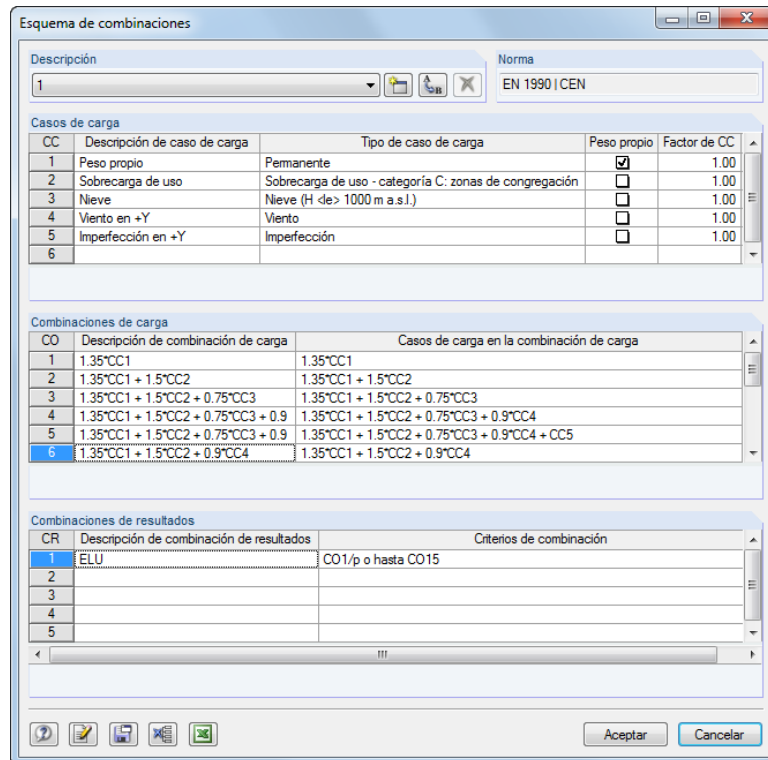


Figura 5.47: Cuadro de diálogo *Esquema de combinaciones*



En la sección del diálogo *Descripción*, puede seleccionar un esquema de combinaciones de la lista. Puede también usar el botón [Nuevo] para crear un esquema nuevo.

Cuando los casos de carga ya se han definido en el modelo, se introducen en la sección del diálogo *Casos de carga*. Los casos de carga se pueden agregar confirmando la última fila de la lista con la tecla [Intro] o [Tab]. En la columna del diálogo *Descripción de caso de carga*, puede seleccionar descripciones predefinidas de una lista.

Las secciones del diálogo *Combinaciones de carga* y *Combinaciones de resultados* administran las condiciones de superposición para combinaciones de carga (ver capítulo 5.5) y combinaciones de resultados (ver capítulo 5.6).



Para guardar el esquema de combinaciones, haga clic en el botón [Guardar] que se muestra a la izquierda. Confirme el cuadro de diálogo con el botón [Aceptar] de forma que RFEM pueda crear los casos de carga, combinaciones de carga y de resultados.



No se olvide de introducir la carga: ¡el esquema de combinaciones genera sólo un prototipo de casos de carga, combinaciones de cargas y de resultados!

Para modelos basados en el mismo esquema de cargas, puede generar todos los casos de carga, combinaciones de carga y de resultados sin introducir ningún dato más. Abra el cuadro de diálogo del esquema, seleccione el esquema de combinaciones de la lista *Descripción* e impórtelo mediante un clic en [Aceptar].

6. Cargas

RFEM ofrece distintas posibilidades para introducir cargas: puede definir cargas en un **cuadro de diálogo**, una **tabla** y con frecuencia directamente en el **gráfico**.

Abrir el cuadro de diálogo de entrada

Puede acceder a los cuadros de diálogo de entrada y a la entrada gráfica de diferentes maneras.

Menú *Insertar*

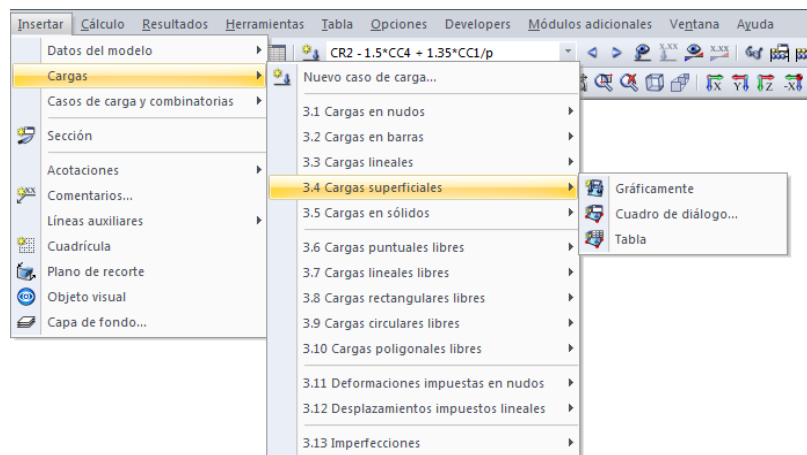


Figura 6.1: Menú *Insertar* → *Cargas*

Barra de herramientas *Insertar*



Figura 6.2: Barra de herramientas *Insertar*

Menú contextual en el navegador *Datos*

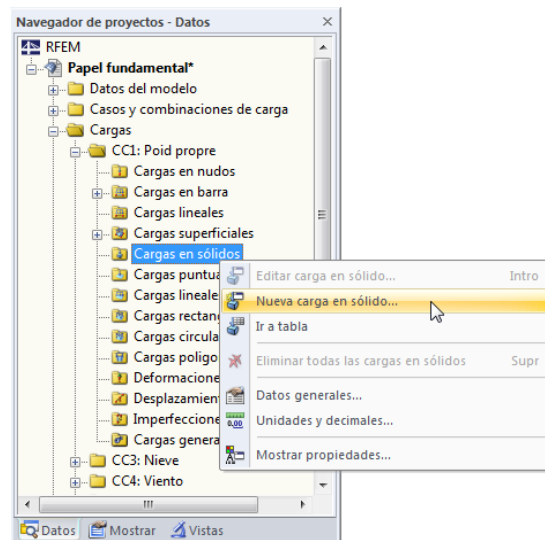


Figura 6.3: Menú contextual de objetos de carga en el navegador *Datos*



Menú contextual o doble clic en la tabla

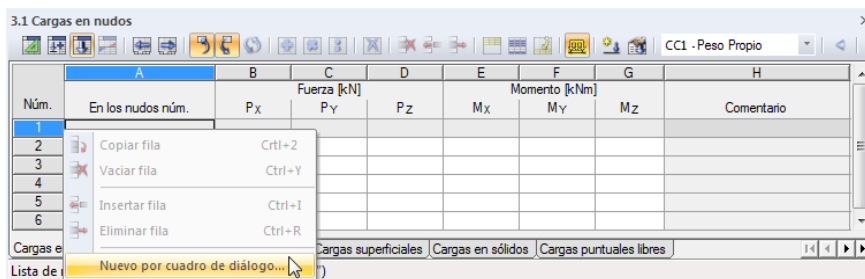


Figura 6.4: Menú contextual en las tablas de carga

Al cuadro de diálogo de entrada se puede acceder a través del menú contextual (o mediante doble clic) del número de fila.

Abrir el cuadro de diálogo de edición

RFEM ofrece posibilidades distintas para abrir un cuadro de diálogo para editar un objeto de carga.

Menú Edición

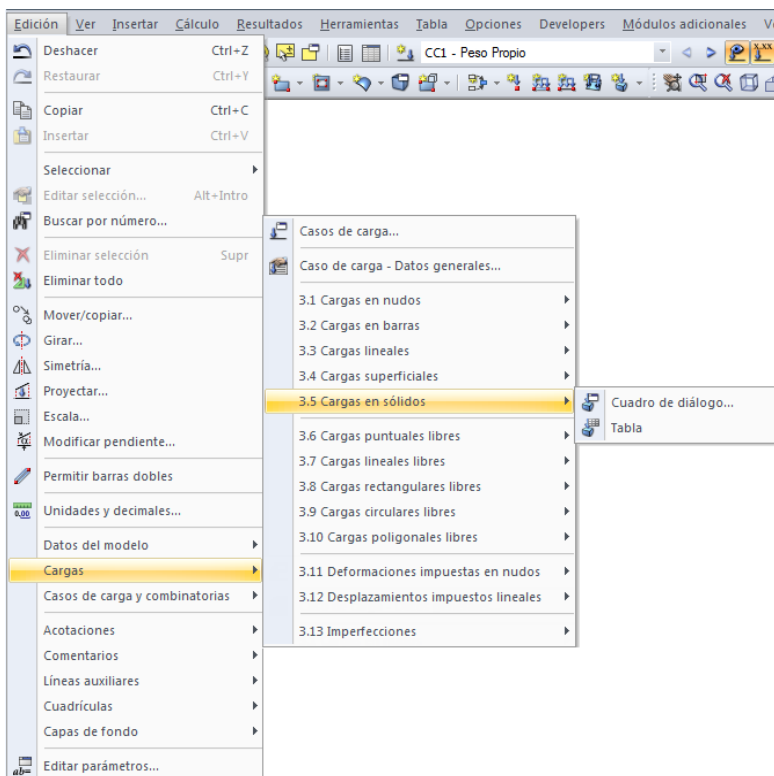


Figura 6.5: Menú Edición → Cargas

A la opción del menú *Cuadro de diálogo* se puede acceder sólo una vez se haya seleccionado el objeto de carga previamente.

Menú contextual o doble clic en el gráfico

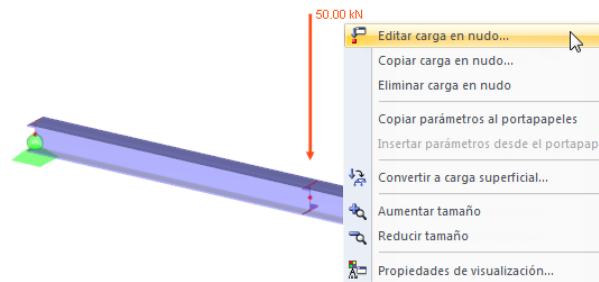


Figura 6.6: Menú contextual de una carga en la ventana de trabajo

Menú contextual o doble clic en el navegador *Datos*

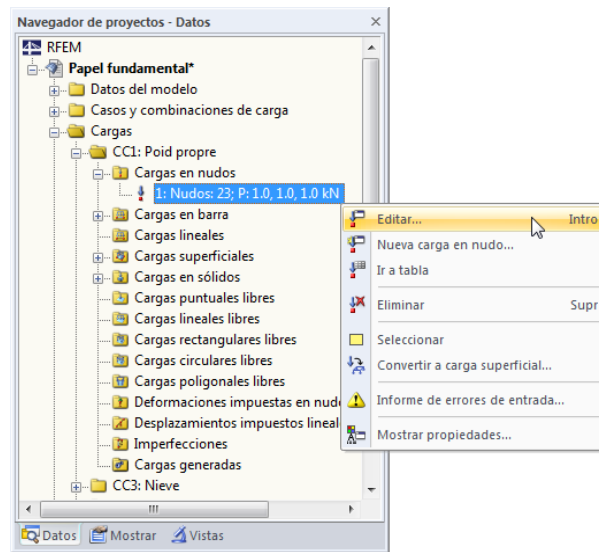


Figura 6.7: Menú contextual de objetos de carga en el navegador *Datos*

Menú contextual o doble clic en la tabla

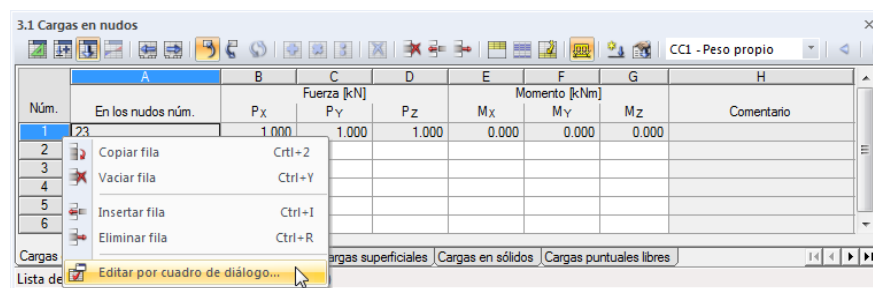


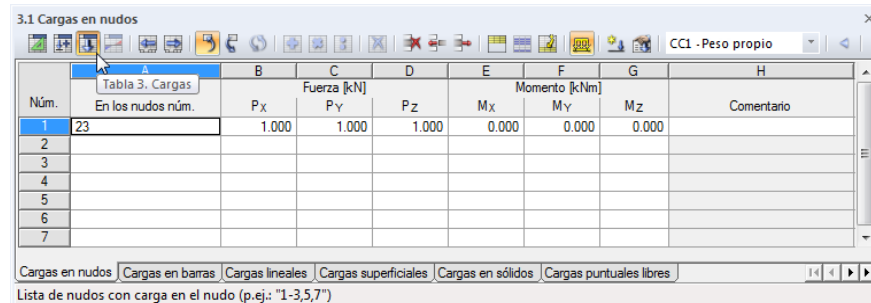
Figura 6.8: Menú contextual en las tablas de carga

Al cuadro de diálogo de edición se puede acceder a través del menú contextual (o mediante doble clic) del número de fila.

Entrada en tabla



La entrada y modificaciones realizadas en la interfaz gráfica de usuario se muestran inmediatamente en las tablas y viceversa. Para acceder a las tablas de carga, use el tercer botón de la izquierda disponible en la barra de herramientas de la tabla.



Núm.	En los nudos núm.	P _x	Fuerza [kN] P _y	P _z	M _x	Momento [kNm] M _y	M _z	Comentario
1	23	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	
2								
3								
4								
5								
6								
7								

Figura 6.9: Botón [Tabla 3. Cargas]

La entrada en la forma de datos de hoja de cálculo introducida en tablas se puede editar e importar rápidamente (ver capítulo 11.5, página 519).

En cada cuadro de diálogo y tabla, es posible agregar un *Comentario* especificando la carga. Puede también usar comentarios predefinidos (ver capítulo 11.1.4, página 453).



Para controlar si las cargas se enumeran también por fila o se resumen en la tabla actual, en todas las tablas respectivamente, seleccione **Optimizar datos de carga** en el menú **Tabla**. Puede también usar los botones en la barra de herramientas de la tabla que se muestra a la izquierda para activar la configuración. Encuentre los botones a la derecha de la lista del caso de carga.

6.1 Cargas en nudos

Descripción general



Las cargas en nudos son fuerzas y momentos que actúan sobre nudos (ver capítulo 4.1, página 44).

Para aplicar una carga en nudo, se debe definir un nudo previamente.

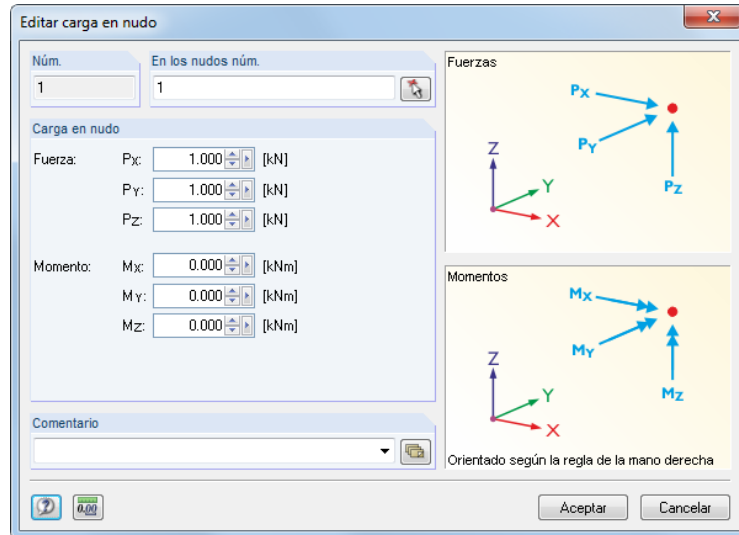


Figura 6.10: Cuadro de diálogo Nueva carga en nudo

3.1 Cargas en nudos

Núm.	En los nudos núm.	Fuerza [kN]			Momento [kNm]			Comentario
		P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
1	1,2	-7.500	1.000	5.000	-2.000	0.000	0.000	
2	23	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	
3								
4								
5								
6								
7								

Cargas en nudos | Cargas en barras | Cargas lineales | Cargas superficiales | Cargas en sólidos | Cargas puntuales libres

Lista de nudos con carga en el nudo (p.ej.: "1-3,5,7")

Figura 6.11: Tabla 3.1 Cargas en nudos

El número de la carga en nudo se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva carga en nudo* pero se puede cambiar en el campo de entrada. El orden de la numeración no es importante.

En nudos



En este campo de entrada, defina los números de los nudos sobre los cuales actúa la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga en nudo*, puede también seleccionar nudos gráficamente usando la función [↵].



Cuando tiene seleccionada la entrada gráfica mediante un clic del botón de la barra de herramientas, el campo de entrada se deshabilita y tiene que introducir primero los datos de carga. Tras hacer clic en [Aceptar] puede seleccionar nudos relevantes uno tras otro en la ventana de trabajo.

Fuerza P_x / P_y / P_z

Las fuerzas en nudos representan vectores que se refieren al sistema de coordenadas global. Si una fuerza no actúa paralela a uno de los ejes globales, sus componentes X, Y y Z se deben determinar e introducir en los campos de entrada correspondientes.

Cuando el tipo de modelo está restringido a un sistema plano en el cuadro de diálogo *Datos generales*, no puede acceder a todos los tres campos de entrada o columnas de tabla.

Momento M_x / M_y / M_z

Los momentos en nudos se refieren también al sistema de coordenadas global X,Y,Z. Por lo tanto, un momento actuando de forma inclinada se debe dividir en sus componentes X, Y y Z, que se puede introducir en los campos de entrada respectivos.



Un momento positivo actúa en sentido de las agujas del reloj respecto al eje positivo global correspondiente. La entrada se hace más clara mediante los ejes de coordenadas globales representados en el gráfico de RFEM.

Además de como vectores, los momentos se pueden representar como arcos. Para controlar las propiedades de visualización (ver capítulo 11.1.2, página 449),

señale **Propiedades de visualización** en el menú **Opciones**, y seleccione **Editar**.

El cuadro de diálogo *Propiedades de visualización* se abre, donde establece la *Categoría Cargas* → *Cargas en nudos* → *Momentos en nudos*. Luego, la opción de visualización *Arco* está disponible para seleccionar en la pestaña de la derecha.

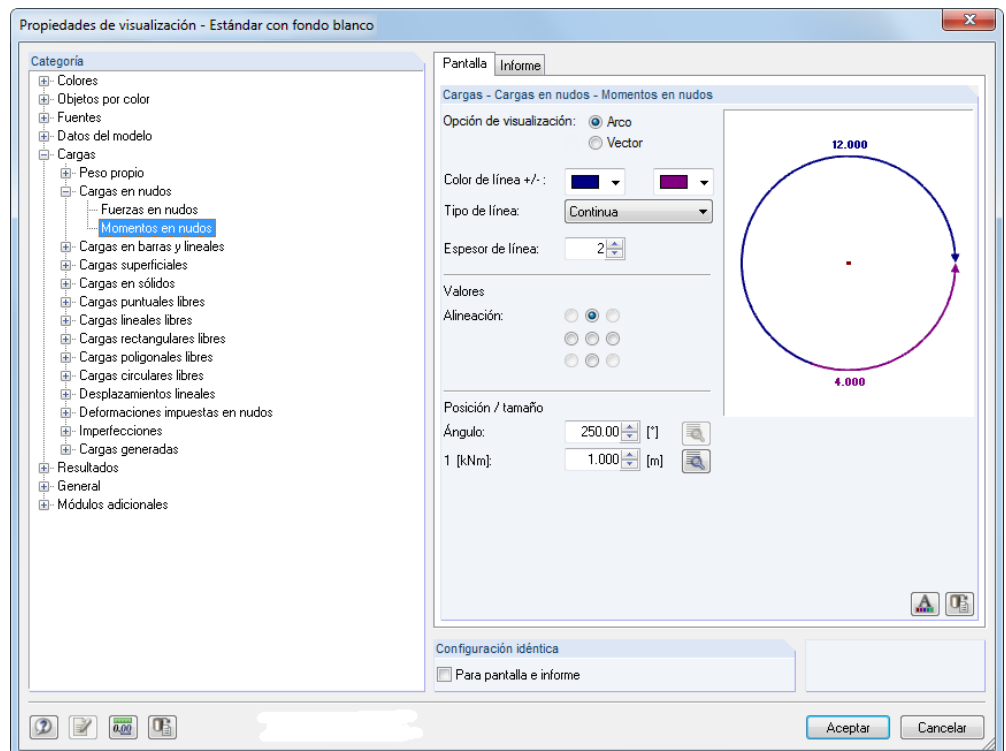
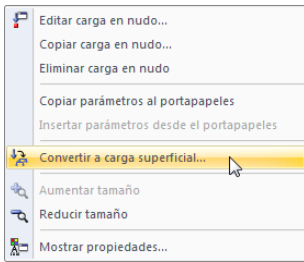


Figura 6.12: Cuadro de diálogo *Propiedades de visualización* (sección del diálogo): *Momentos en nudos* con opción de visualización *Arco*



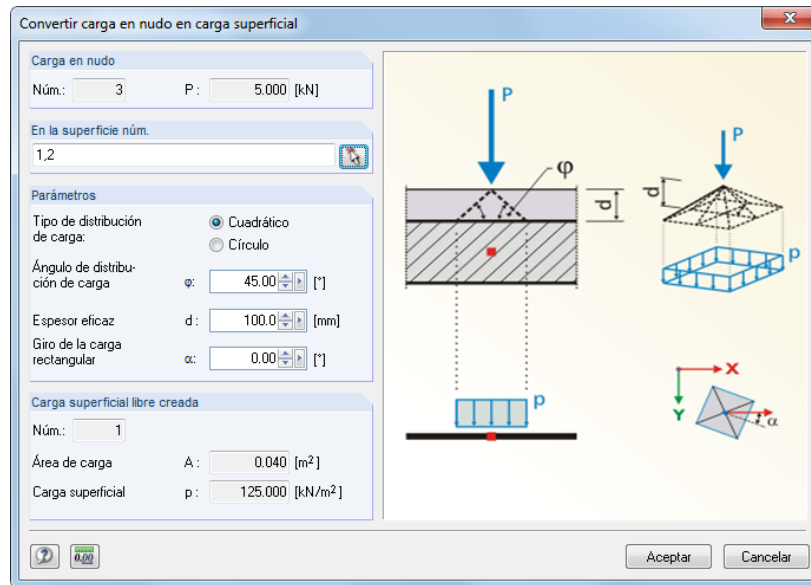
También es posible importar cargas en nudo desde hojas de cálculo de Excel (ver capítulo 12.5.2, página 615).



Menú contextual de la carga en nudo

Con frecuencia, las cargas en nudos dan lugar a singularidades porque la carga se concentra al introducirla en un nudo de EF simple. Para reducir este efecto, seleccione **Convertir carga en nudo/lineal en carga superficial** en el menú **Herramientas**. Puede también usar el menú contextual de una carga en nudo que se muestra a la izquierda para acceder al cuadro de diálogo para convertir cargas en nudos. Abra el menú contextual haciendo clic con el botón secundario sobre un objeto.

Un cuadro de diálogo se abre (ver Figura 6.13) donde define los parámetros para distribución de carga. Tras hacer clic en [Aceptar], la carga libre rectangular o circular se crea.

Figura 6.13: Cuadro de diálogo *Convertir carga en nudo en carga superficial*

6.2 Cargas en barra

Descripción general

Las cargas en barra son fuerzas, momentos, acciones de temperatura o deformaciones impuestas que actúan sobre barras.

Para aplicar una carga en barra, una barra se debe definir previamente.

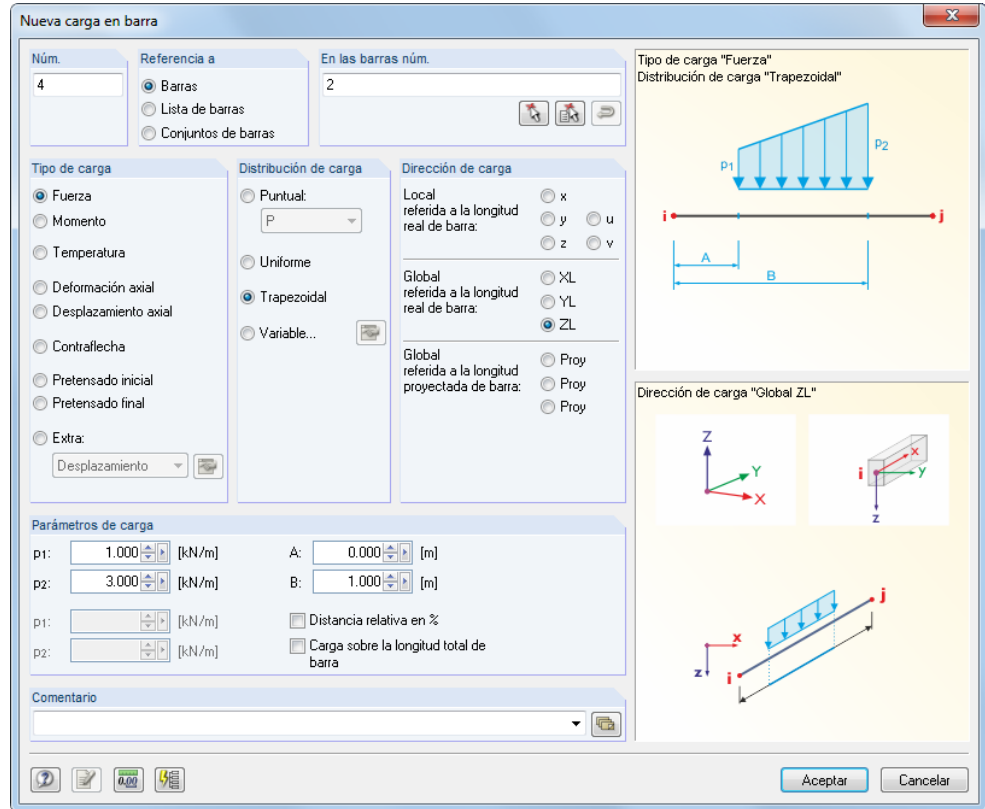


Figura 6.14: Cuadro de diálogo *Nueva carga en barra*

3.2 Cargas en barras

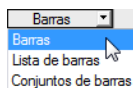
Núm.	Referente a	En las barras núm.	Tipo de carga	Distribución de carga	Dirección de carga	p1 [kN/m]	p2 [kN/m]	A	B	Distancia en %	Sobre la longitud tot.	Comentario
1	Barras	10,11	Fuerza	Trapezoidal	ZL	3.000	1.000	0.000	1.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Lista de barra	11	Fuerza	Trapezoidal	YL	3.000	1.000			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Barras	10	Fuerza	Trapezoidal	YL	-3.000	-1.000			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4			Fuerza									
5			Momento									
6			Temperatura									
7			Deformación axial									
8			Desplazamiento axial									
9			Contraflecha									
			Pretensado inicial									
			Pretensado final									

Figura 6.15: Tabla 3.2 *Cargas en barra*

El número de la carga en barra se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva carga en barra* pero se puede modificar en el campo de entrada. El orden de la numeración no es importante.

Referente a

Define los elementos del modelo para los cuales desea aplicar la carga en barra. Las siguientes opciones se pueden seleccionar:



Barras

La carga actúa sobre una barra singular o sobre cada barra de varias barras.

Lista de barras

La carga actúa sobre la unión de barras que se definen en la lista. De este modo, cuando se usan cargas trapezoidales en barra, los parámetros de carga no se aplican para cada barra individualmente sino como carga total para todas las barras de la lista de barras. Los efectos de carga de una carga trapezoidal en barra sobre barras singulares en contraste con una lista de barras se muestran en la Figura 6.16.

Saque provecho de una lista de barras para aplicar cargas sobre barras sin definir barras continuas. Además, es posible cambiar la referencia de carga a barras individuales rápidamente.

Conjuntos de barras

La carga actúa sobre un conjunto de barras o sobre cada conjunto de varios conjuntos de barras. Similar a la lista de barras descrita anteriormente, los parámetros de carga se aplican a la unión de barras incluidas en el conjunto de barras.

Los conjuntos de barras se subdividen en barras continuas y grupos de barras (ver capítulo 4.21, página 170). Las cargas en conjuntos de barras se pueden aplicar a barras continuas sin problemas. Los grupos de barras, sin embargo, necesitan tratarse con cuidado: la referencia a un grupo de barras es usualmente problemática para cargas trapezoidales.

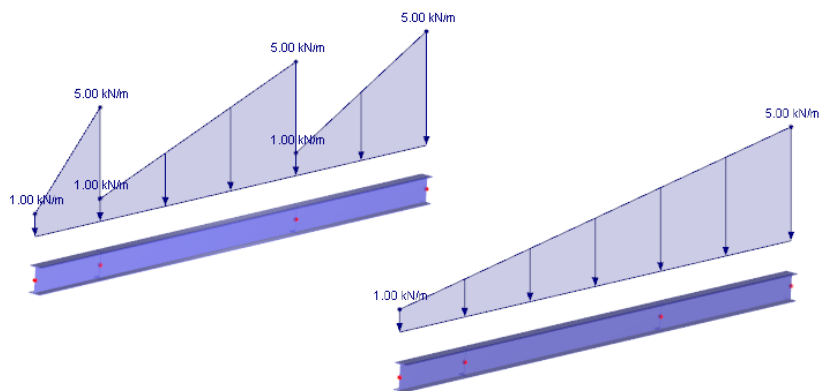


Figura 6.16: Carga trapezoidal con referencia a las barras (izquierda) y a la lista de barras (derecha)

En barras

En el campo de entrada, introduzca los números de las barras o conjuntos de barras sobre la que actúa la carga. En el cuadro de diálogo, puede seleccionar nudos también gráficamente usando la función [^].

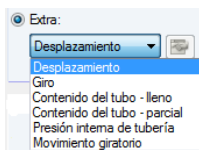
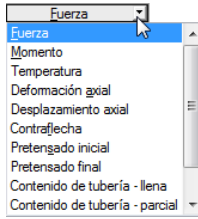
Cuando tiene seleccionada la entrada gráfica mediante un clic del botón de la barra de herramientas, el campo de entrada se deshabilita y tiene que introducir primero los datos de carga. Tras hacer clic en [Aceptar] puede seleccionar las barras relevantes o conjuntos de barras una tras otra en la ventana de trabajo.

Para cargas trapezoidales o variables con referencia de cargas a una lista de barras, puede ajustar los números de barras usando el botón [Invertir orientación de barra] que se muestra a la izquierda.



Tipo de carga

En esta sección del diálogo define el tipo de carga. Dependiendo de su selección, ciertas partes del cuadro de diálogo, respectivamente las columnas de la tabla, se deshabilitan. Los siguientes tipos de carga se pueden seleccionar:



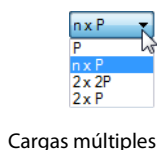
Tipo de carga	Descripción breve
Fuerza	Carga puntual, carga distribuida o carga trapezoidal.
Momento	Momento puntual, momento distribuido o momento trapezoidal.
Temperatura	La carga de temperatura uniformemente distribuida sobre la sección de barra, o temperatura se diferencia entre el lado superior e inferior de la barra. La carga se aplica como uniforme o trapezoidal sobre la longitud de barra o como trapezoidal sobre la sección. Un valor de carga positivo significa que la barra o el lado superior se irradia.
Deformación axial	Tracción impuesta o deformación a compresión ϵ de la barra. Un valor de carga positivo significa que la barra se extiende. De este modo, un pretensado como contracción de barra se debe introducir negativo. Use el botón del diálogo que se muestra a la izquierda para determinar la deformación debida a la retracción de los parámetros para contracción o retracción por secado (ver Figura 6.24 con la descripción en la página 246).
Desplazamiento axial	Tracción impuesta o deformación por compresión Δl de la barra.
Curvatura	Curvatura impuesta de barra.
Pretensado inicial	Fuerza de pretensado actuante sobre la barra antes del cálculo. Un valor de carga positivo significa que la barra se extiende.
Pretensado final	El esfuerzo axial está disponible en la barra después del cálculo (no es posible para barras rígidas y cables). Un valor de carga positivo significa que la barra se extiende.
Desplazamiento	Desplazamiento respecto a la cantidad Δ para la determinación de líneas de influencia.
Giro	Giro respecto al ángulo ϕ para líneas de influencia.
Contenido del tubo - lleno	Carga uniforme debido al llenado completo del tubo. Densidad del peso específico y del contenido del tubo.
Contenido del tubo - parcial	Carga uniforme debido al llenado parcial del tubo. Además de la densidad del peso y del contenido del tubo, altura del llenado específico d .
Movimiento giratorio	Fuerza centrífuga a partir de la masa y de la velocidad angular ω en barra. El eje de giro se puede definir en un cuadro de diálogo aparte que se abre con el botón [Editar].

Tabla 6.1: Tipos de carga

El gráfico en la esquina derecha del cuadro de diálogo muestra el tipo de carga seleccionado incluyendo la influencia de signos establecida para fuerzas y deformaciones.

Distribución de carga

La sección del diálogo *Distribución de carga* ofrece distintas opciones para representar el efecto de la carga. El gráfico del diálogo en la esquina superior derecha puede ayudarle a comprender.



Cargas múltiples

Distribución	Diagrama	Descripción
Puntual P	<p>Tipo de carga "Fuerza" Distribución de carga "Puntual"</p>	<p>Carga puntual, momento puntual</p> <p>En la sección del diálogo <i>Parámetros de carga</i>, especifique el tamaño de la carga o momento puntual y la distancia del punto de aplicación de carga en relación al inicio de barra.</p>
Puntual n x P	<p>Tipo de carga "Fuerza" Distribución de carga "n x P"</p>	<p>Cargas o momentos puntuales múltiples</p> <p>La lista ofrece varias opciones de distribución para pares de carga o cargas puntuales múltiples tales como cargas en ejes.</p> <p>La opción que se muestra a la izquierda es apropiada para fuerzas singulares que sean iguales en tamaño y actúen en un espacio uniforme. En la sección del diálogo <i>Parámetros de carga</i>, defina el tamaño de la carga puntual, la distancia entre la primera carga y el inicio de barra, y la separación de carga entre sí.</p>
Uniforme	<p>Tipo de carga "Fuerza" Distribución de carga "Uniforme"</p>	<p>Carga distribuida uniformemente, momento distribuido uniformemente</p> <p>En la sección del diálogo <i>Parámetros de carga</i>, especifique el tamaño de la carga o momento en barra uniforme.</p>
Trapezoidal	<p>Tipo de carga "Fuerza" Distribución de carga "Trapezoidal"</p>	<p>Carga trapezoidal, momento trapezoidal.</p> <p>En la sección del diálogo <i>Parámetros de carga</i>, defina ambos valores de carga y distancias para una distribución de carga variable linealmente como se muestra en el gráfico del diálogo. Una carga triangular se crea configurando un valor de carga en cero.</p> <p>Cuando la casilla de verificación <i>Distancia relativa en %</i> se marca, puede especificar las distancias relativamente a la longitud de barra.</p>
Variable	<p>Tipo de carga "Fuerza" Distribución de carga "Variable"</p>	<p>Carga distribuida poligonalmente</p> <p>Haciendo clic en el botón [Editar carga variable] que se muestra a la izquierda se abre el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 6.17 donde puede introducir o importar los parámetros de la distribución de carga.</p>

Tabla 6.2: Distribuciones de carga

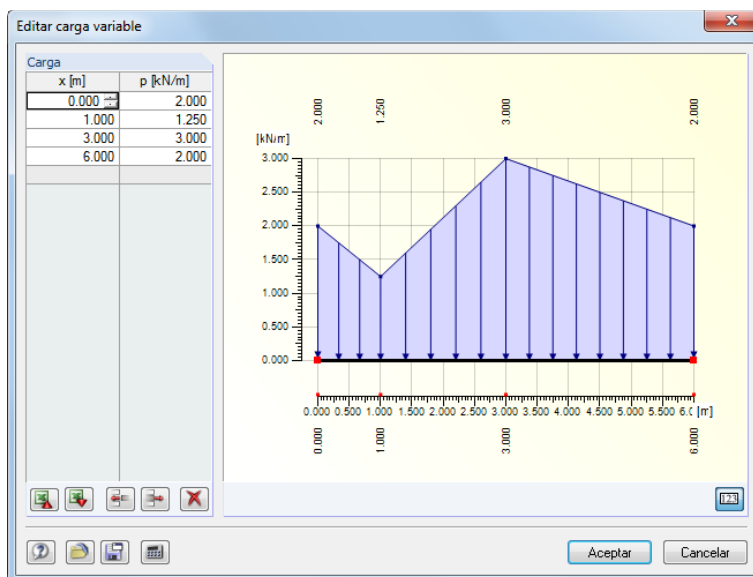


Figura 6.17: Cuadro de diálogo *Editar carga variable*

Si desea representar una carga variable, puede definir libremente las posiciones de x en la barra con las ordenadas de carga correspondientes p . Sólo tiene que asegurarse de que las posiciones de x se definan en orden ascendente. Use el gráfico interactivo para comprobar su entrada inmediatamente.

Los botones en este cuadro de diálogo tienen las siguientes funciones:






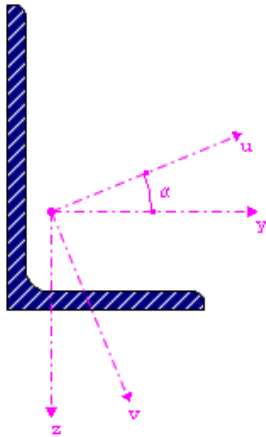
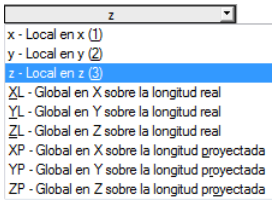
Botón	Función
	La tabla exporta a MS Excel
	La tabla importa desde MS Excel
	Inserta una línea en blanco por encima del puntero
	Elimina la fila activa
	Elimina todas las entradas

Tabla 6.3: Botones del cuadro de diálogo *Editar carga variable*



Dirección de carga

La carga puede ser eficaz en dirección de los ejes X, Y, Z global o los ejes x, y, z o u, v de barra local (ver capítulo 4.13, página 128). Para el cálculo según el análisis estático lineal no importa si una carga se define como local o global equivalente. Para los cálculos geoméricamente no lineales, sin embargo, las diferencias entre cargas localmente y globalmente son posibles: si la carga se define como una dirección de acción global, se mantiene la dirección cuando los elementos finitos empiezan a girarse. En caso de una dirección de acción local, sin embargo, la carga gira sobre la barra según la distorsión de elementos.

Cuando el tipo de modelo se reduce a un sistema planar en el cuadro de diálogo *Datos generales*, no puede acceder a todas las direcciones de carga.

Local

La orientación de ejes de barra se describe en el capítulo 4.17, párrafo *Giro de barra* en la página 156. El eje x local representa al eje longitudinal de la barra. El eje y representa para las secciones simétricas al llamado eje "fuerte", el eje z en consecuencia el eje "débil" de la sección de la barra. En caso de secciones asimétricas, las cargas pueden estar relacionadas a los ejes u y v así como a los ejes de entrada estándar y y z.

Los ejemplos para cargas definidas como locales son cargas de viento que actúan sobre estructuras de cubierta, cargas de temperatura o pretensado.

Global

La posición de los ejes de barra locales es irrelevante para la entrada de carga si la carga actúa en dirección de un eje del sistema de coordenadas global XYZ.

Los ejemplos para cargas definidas como global son cargas de nieve que actúan sobre construcciones de cubierta y cargas de viento en muro y pilares de hastial.

El impacto de carga puede estar referido a diferentes longitudes de referencia:

- **referida a la longitud real de barra**

La carga se aplica a la longitud total de barra.

- **referida a la longitud proyectada de barra en X / Y / Z**

La longitud de aplicación de la carga se convierte en la proyección de la barra en una de las direcciones de los sistemas de coordenadas global. Seleccione esta opción para definir por ejemplo una carga de nieve en el área proyectada de plano en planta de una cubierta.

RFEM aplica cargas en barra siempre en el centro de cortante. Una torsión prevista originada de la geometría de la sección (centro de cortante de centro de gravedad desigual) no se considera. Por lo tanto, cuando se usan secciones asimétricas, un momento torsor determinado desde una carga a distancia x hasta el centro de cortante se debe aplicar adicionalmente si la carga se introduce por ejemplo en el centro de gravedad.

Parámetros de carga en barra

En esta sección del diálogo y en las columnas de tabla respectivamente, los valores de carga y, si es aplicable, los parámetros adicionales se administran. Los campos de entrada se encuentran etiquetados y accesibles dependiendo de los campos de selección activados previamente.

Carga p_1 / p_2

Introduzca valores de carga en los campos. Ajuste los signos de las orientaciones de ejes globales o locales.

Un valor de carga positiva para pretensado, cambios de temperatura y deformaciones axiales significa que la barra se deforma y consecuentemente se extiende.

Cuando se selecciona una carga trapezoidal, especifique dos valores de carga. El gráfico del diálogo en la esquina superior derecha representa los parámetros de carga.

Distancia A / B

En estos dos campos, introduzca las distancias del inicio de barra para cargas puntuales y trapezoidales. También es posible definir las distancias relativas a la longitud de barra marcando la casilla de verificación *Distancia relativa en %* (ver debajo).

El gráfico del diálogo en la esquina superior derecha le ayuda durante la introducción de parámetros.

Distancia relativa en %

Marque esta casilla de verificación si desea definir las distancias para cargas puntuales y trapezoidales referidas a la longitud de barra. Si no, las entradas en los campos de entrada para *Distancia A/B* descritas anteriormente representan intervalos absolutos.

Carga sobre la longitud total de barra

La casilla de verificación sólo se puede activar para cargas trapezoidales. Seleccione esta opción para organizar la aplicación de la carga variable linealmente desde el inicio de barra hasta el fin de barra. Los campos de entrada *Parámetros de carga A/B* ya no son relevantes y por lo tanto se desactivan.

Ejemplo para cargas en barra

La entrada de cargas en barra se muestra en el siguiente ejemplo donde las cargas en barra se aplican a la estructura de pórtico plano. No es necesario dividir barras por nudos intermedios para aplicar cargas puntuales.

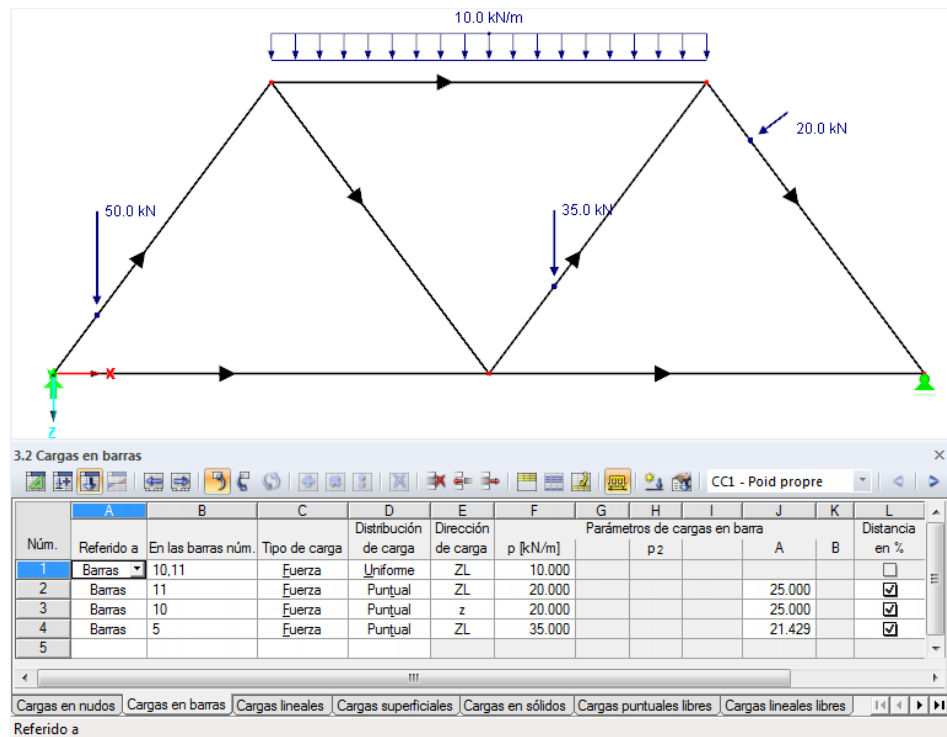


Figura 6.18: Entramado con carga uniforme sobre el cordón superior y cargas puntuales en diagonales

6.3 Cargas lineales

Descripción general



Las cargas lineales son fuerzas y momentos que actúan sobre líneas (ver capítulo 4.2, página 50).

Para aplicar una carga lineal, se debe definir previamente una línea.

Las cargas lineales son similares a las cargas en barra. Para cargas lineales, sin embargo, no es posible asignar propiedades de material (por ejemplo cargas de temperatura o deformaciones axiales).



Las cargas lineales pueden actuar sobre barras debido a que una barra es una propiedad de una línea. Sin embargo, para aplicar una carga lineal, la línea debe pertenecer a una superficie. Consecuentemente, las cargas lineales no se pueden aplicar a barras desarrolladas en modelos que consistan sólo en barras.

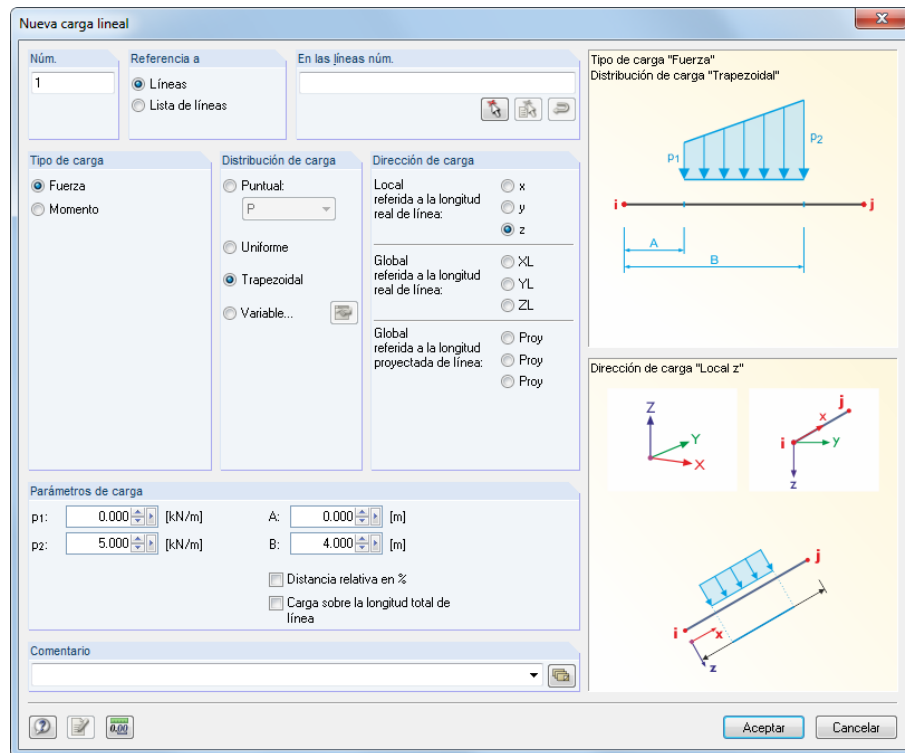


Figura 6.19: Cuadro de diálogo *Nueva carga lineal*

3.3 Cargas lineales

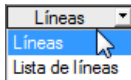
Núm.	Referido a	En las líneas núm.	Tipo de carga	Distribución de carga	Dirección de carga	Parámetros de cargas lineales	Distancia en %		Sobre la longitud tot		
						m [kNm/m]	p2	A	B		
1	Líneas	11	Fuerza	Puntual	ZL	5.000				<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Lista de líneas	4,5	Fuerza	Trapezoidal	z	0.000	5.500			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Líneas	1	Fuerza	Uniforme	XL	8.800					
4	Líneas	2	Momento	Uniforme	YL	2.500					
5				Puntual							
6				Uniforme							
				Trapezoidal							

Cargas en nudos Cargas en barras Cargas lineales Cargas superficiales Cargas en sólidos Cargas puntuales libres Cargas lineales libres

Tipo de distribución de carga lineal (F7 para seleccionar).

Figura 6.20: Tabla 3.3 *Cargas lineales*

El número de la carga lineal se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva carga lineal* pero se puede cambiar en el campo de entrada. El orden de la numeración no es importante.



Referente a

Defina los objetos para los cuales desea aplicar la carga lineal. Se pueden seleccionar las siguientes opciones:

Líneas

La carga actúa sobre una línea puntual o sobre cada línea de varias líneas.

Lista de líneas

La carga actúa sobre la unión de líneas que se definen en la lista. De este modo, cuando las cargas lineales trapezoidales se usan, los parámetros de carga no se aplican a cada línea individualmente sino como carga total a todas las líneas de la lista de líneas (Figura 6.16 en la página 234).

En las líneas

En el campo de entrada, introduzca los números de las líneas sobre las cuales actúa la carga. En el cuadro de diálogo, puede seleccionar nudos también gráficamente usando la función [↵].

Quando tiene seleccionada la entrada gráfica mediante un clic de botón de la barra de herramientas, el campo de entrada se deshabilita y tiene que introducir primero los datos de carga. Tras hacer clic en [Aceptar] puede seleccionar líneas relevantes una tras otra en la ventana de trabajo.



Tipo de carga

En la sección del diálogo o columna de tabla, puede definir el tipo de carga. Dependiendo de su selección, ciertas partes del cuadro de diálogo y las columnas de la tabla respectivamente, se deshabilitan. Los siguientes tipos de carga se pueden seleccionar:

Tipo de carga	Descripción breve
Fuerza	Carga puntual, distribuida, trapezoidal o variable
Momento	Momento puntual, momento distribuido o momento trapezoidal

Tabla 6.4: Tipos de carga

Distribución de carga

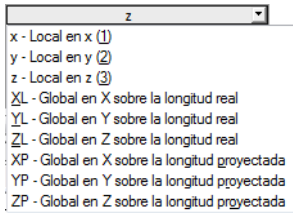
La sección del diálogo *Distribución de carga* ofrece distintas opciones para representar el efecto de la carga. El gráfico en la esquina del diálogo puede ayudarle a entender.

Distribución de carga	Descripción breve
Puntual	Carga puntual, momento puntual
Uniforme	Carga distribuida uniformemente, momento distribuido uniformemente
Trapezoidal	Carga trapezoidal, momento trapezoidal
Variable	Carga distribuida poligonalmente. Haga clic en el botón [Editar carga variable] que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 6.17 en la página 237 donde puede introducir los parámetros del diagrama de carga.

Tabla 6.5: Distribuciones de carga

Las distribuciones de carga de las cargas lineales corresponden en su mayor parte a las de las cargas en barra. Los diagramas se describen en detalle en la Tabla 6.2 en la página 236.





Dirección de carga

La carga puede ser eficaz en dirección de los ejes X, Y, Z global o de los ejes x, y, z locales de la línea. Para el cálculo según el análisis estático lineal no importa si una carga se define como local o global equivalente. Para los cálculos geoméricamente no lineales, sin embargo, las diferencias entre cargas localmente y globalmente son posibles: si la carga se define como una dirección de acción global, se mantiene la dirección cuando los elementos finitos empiezan a girarse. En caso de una dirección de acción local, la carga gira sobre la línea según la distorsión de los elementos.

Local

La orientación de los ejes de línea se ilustra en la Figura 4.96 en la página 108. El eje x local representa al eje longitudinal de la línea. El eje z se alinea usualmente paralelo al eje Z global.

Global

La posición de los ejes de línea locales es irrelevante para la entrada de carga si la carga actúa en dirección de un eje del sistema de coordenadas global XYZ.

El impacto de carga puede estar referido a diferentes longitudes de referencia:

- **referida a la longitud real de línea**

La carga se aplica a toda la longitud de línea.

- **referida a la longitud proyectada de línea**

La longitud de aplicación de la carga se convierte en la proyección de la línea en una de las direcciones de los sistemas de coordenadas globales. Las longitudes de proyección se muestran en el gráfico del diálogo a la derecha.

Parámetros de carga lineal

En esta sección del diálogo, respectivamente las columnas de tabla, los valores de carga y, si es aplicable, los parámetros adicionales se administran. Los campos de entrada se encuentran etiquetados y accesibles dependiendo de los campos de selección activados previamente.

Carga P / p / p₂ / M / m / m₂

Introduzca valores de carga en los campos. Ajuste los signos de las orientaciones de ejes globales o locales. Cuando se selecciona una carga trapezoidal, especifique dos valores de carga. El gráfico del diálogo en la esquina superior derecha representa a los parámetros de carga.

Distancia A / B

En estos dos campos, introduzca las distancias desde el inicio de línea para las cargas puntuales y trapezoidales. Puede definir las distancias también relativamente para la longitud de línea marcando la casilla de verificación *Distancia relativa en %* (ver debajo).

El gráfico del diálogo en la esquina superior derecha le ayuda durante la introducción de parámetros.

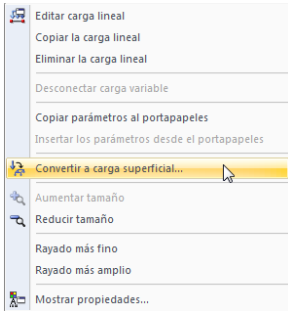
Distancia relativa en %

Marque esta casilla de verificación para definir las distancias para cargas puntuales y trapezoidales referidas a la longitud de línea. Si no, las entradas en los campos de entrada para la *Distancia A/B* descritas anteriormente representan intervalos absolutos.

Carga sobre la longitud total de línea

La casilla de verificación sólo se puede activar para cargas trapezoidales. Seleccione esta opción para organizar la aplicación de la carga variable linealmente desde el inicio de línea hasta el fin de línea. Los campos de entrada *Parámetros de carga A / B* ya no son relevantes y se vuelven no disponibles.

Con frecuencia, las cargas lineales resultan en singularidades porque la carga se concentra al introducirse en una línea puntual. Para reducir este efecto, seleccione **Convertir carga en nudo/lineal en carga superficial** en el menú **Herramientas**. La opción se puede usar para líneas rectas. Puede también usar el menú contextual de una carga lineal que se muestra a la izquierda para acceder al cuadro de diálogo para convertir cargas lineales. Abra el menú contextual haciendo clic con el botón secundario sobre el objeto.



Menú contextual de la carga lineal

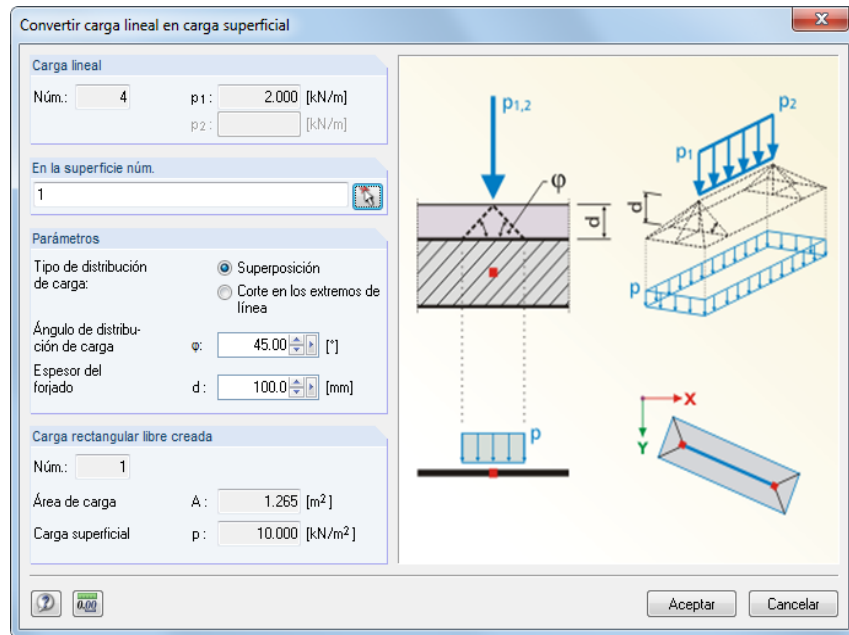


Figura 6.21: Cuadro de diálogo *Convertir carga lineal en carga superficial*

Un cuadro de diálogo se abre donde define los parámetros para distribuir la carga. Tras hacer clic en [Aceptar], la carga libre rectangular o poligonal se crea.

6.4 Cargas superficiales

Descripción general



Las cargas superficiales actúan sobre todos los elementos 2D de una superficie (ver capítulo 4.4, página 79).

Para aplicar una carga superficial, se debe definir previamente una superficie.

Si una superficie se subdivide en componentes de superficie debido a una intersección (ver capítulo 4.22, página 174), la carga superficial no es eficaz en los componentes que se establecen como inactivos. Los huecos también se omiten.

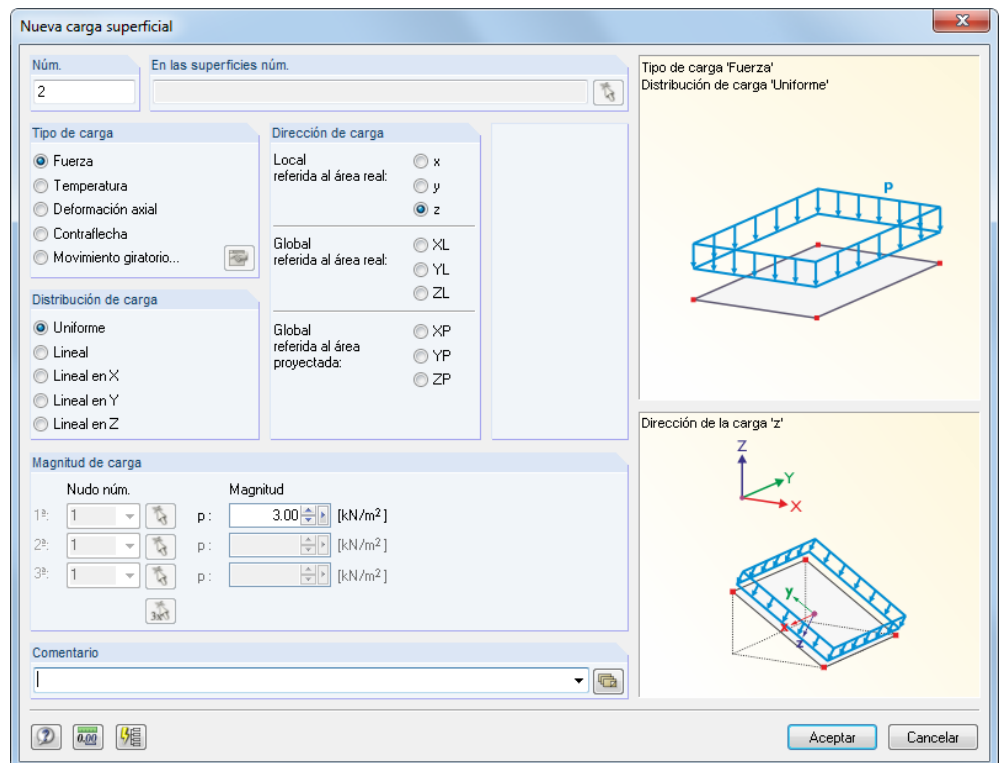


Figura 6.22: Cuadro de diálogo Nueva carga superficial

3.4 Cargas superficiales

Núm.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Núm.	En las superficies núm.	Tipo de carga	Distribución de carga	Dirección de carga	Núm.	1 ^{er} punto de esquina ϵ [°]		Núm.	2 ^o punto de esquina p2	
1	1,2	Fuerza	Uniforme	ZL		2.00				
2	5	Fuerza	Lineal en Z	z	3	0.00				
3	3,4	Def deformación	Uniforme			25.00000				
4		Fuerza								
5		Temperatura								
6		Def deformación axial								
7		Contraflecha								
		Movimiento giratorio								

Cargas en nudos | Cargas en barras | Cargas lineales | Cargas superficiales | Cargas en sólidos | Cargas puntuales libres | Cargas lineales libres | 14 |

Tipo de carga (F7 para seleccionar)

Figura 6.23: Tabla 3.4 Cargas superficiales

El número de la carga superficial se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo Nueva carga superficial pero se puede cambiar en el campo de entrada. El orden de la numeración no es importante.

En superficies

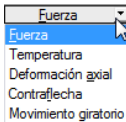


En este campo de entrada, defina los números de las superficies sobre las cuales actúa la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga superficial*, puede también seleccionar superficies gráficamente usando la función [↖].



Quando tiene seleccionada la entrada gráfica mediante un clic del botón de la barra de herramientas, el campo de entrada se deshabilita y tiene que introducir primero los datos de carga. Tras hacer clic en [Aceptar] puede seleccionar superficies relevantes una tras otra en la ventana de trabajo.

Tipo de carga



En la sección del diálogo o columna de tabla, puede definir el tipo de carga. Dependiendo de su selección, ciertas partes del cuadro de diálogo y las columnas de la tabla respectivamente, se deshabilitan. Los siguientes tipos de carga se pueden seleccionar:

Tipo de carga	Descripción breve
Fuerza	Fuerza distribuida uniformemente o linealmente variable en la superficie.
Temperatura	Carga de temperatura distribuida como uniforme o linealmente variable sobre el espesor de superficie. Un valor de carga positivo significa que la superficie o su lado superior se irradian.
Deformación axial	Tracción impuesta o deformación a compresión ϵ de la superficie. Un valor de carga positivo significa que la superficie se extiende. Para determinar la deformación por retracción, use el botón que se muestra a la izquierda. El cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 6.24 se abre, donde puede introducir los parámetros para retracción.
Curvatura	Curvatura impuesta de superficie
Movimiento giratorio	Fuerza centrífuga a partir de la masa y la velocidad angular ω en superficie. El eje de giro se puede definir en un cuadro de diálogo aparte que se abre con el botón [Editar].

Tabla 6.6: Tipos de carga

Los parámetros para cargas superficiales y cargas en barra debidos a retracción se pueden definir en un cuadro de diálogo aparte.



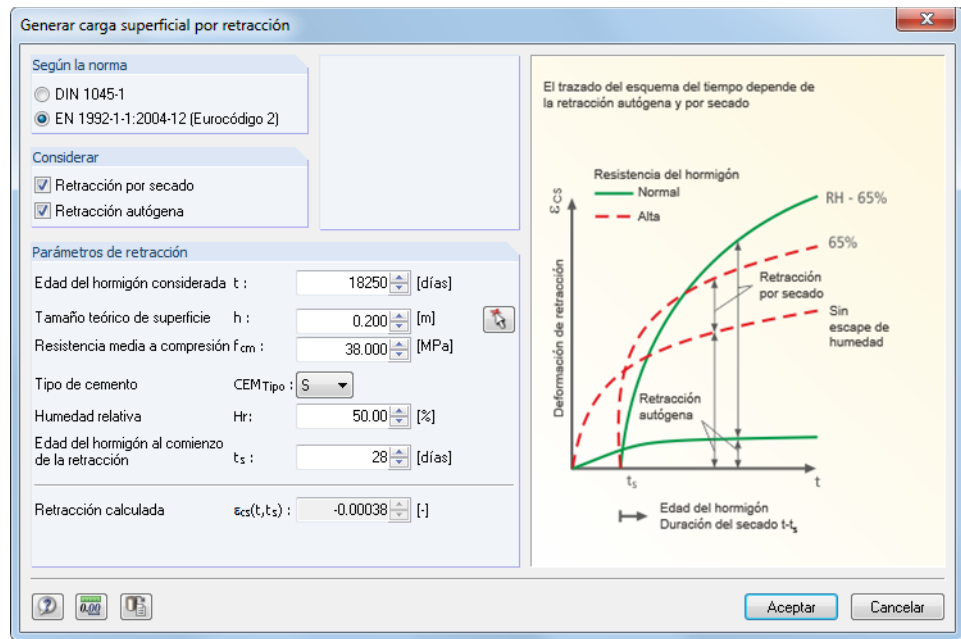


Figura 6.24: Cuadro de diálogo *Generar carga superficial por retracción*

La retracción como un cambio dependiente del tiempo en un volumen sin acción de carga externa o efectos de temperatura se puede clasificar en una retracción por secado, retracción autógena, retracción plástica y retracción por carbonatación.

En base a las variables esenciales de influencia en el proceso de retracción (humedad relativa HR , espesor eficaz de la estructura h , resistencia del hormigón f_{cm} , tipo de cemento CEM_{Tipo} , edad del hormigón al comienzo de la retracción t_s) determina la retracción $\epsilon_{cs}(t, t_s)$ en el momento de la edad t del hormigón considerada.

Haga clic en [Aceptar] para transferir el valor como deformación axial ϵ al cuadro de diálogo *Nueva carga superficial*.

Distribución de carga

La carga puede actuar sobre la superficie como *Uniforme* o *Lineal* variable.

RFEM ofrece varias opciones para cargas linealmente variables:

Lineal

Define valores de carga para tres nudos. Los nudos se usan para definir un plano.

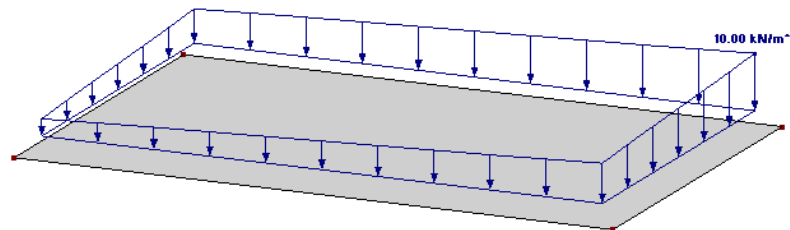
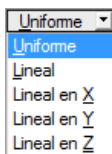


Figura 6.25: Carga superficial linealmente variable

Lineal en X / Y / Z

Si la carga superficial es variable en dirección de un eje del sistema de coordenadas global, sólo se necesitan valores de carga de dos nudos. Es posible que se encuentren fuera de la superficie tensionada existente que los nudos de EF generan en la misma (no se admiten nudos libres).

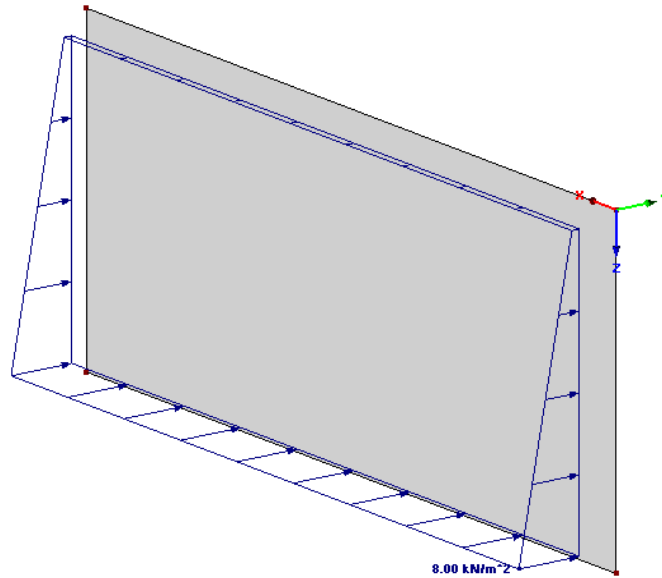


Figura 6.26: Carga superficial que es linealmente variable en dirección Z

Dirección de carga

La carga puede ser eficaz en dirección de los ejes x, y, z locales o de los ejes X, Y, Z globales de la superficie.

Local referida al área real

Las cargas que actúan perpendicularmente a la superficie se definen usualmente como locales en dirección z . Ejemplos de aplicación son las cargas de viento que actúan en las superficies de cubierta o la presión interna en depósitos.

Para visualizar los ejes de la superficie, haga clic en **Modelo** en el navegador *Mostrar*, seleccione **Superficies** y marque la casilla de verificación para **Sistemas de ejes x, y, z de la superficie**. Puede también usar el menú contextual de la superficie (ver Figura 4.115, página 124).

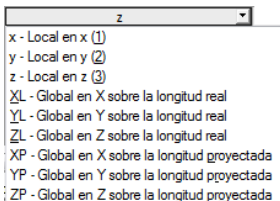
Global referida al área real

La orientación de los ejes locales de superficie es relevante para el cálculo según el análisis estático lineal si la carga actúa en dirección de un eje del sistema de coordenadas XYZ global. Para cálculos no lineales, sin embargo, las diferencias entre cargas definidas localmente o globalmente es posible: si la carga se define como una dirección de acción global, se mantiene la dirección cuando los elementos finitos empiezan a girarse. En caso de una dirección de acción local, sin embargo, la carga gira según la distorsión de los elementos.

Global referida al área proyectada

La carga se convierte en la proyección de la superficie en una de las direcciones de los sistemas de coordenadas globales. Seleccione esta opción para definir por ejemplo una carga de nieve en el área proyectada del plano en planta de una cubierta.

El gráfico del diálogo en la esquina inferior derecha representa las superficies proyectadas.



Parámetros de carga de superficie

En esta sección del diálogo o columnas de tabla, los valores de carga y, cuando proceda, los nudos asignados se administran. Los campos de entrada se encuentran etiquetados y accesibles dependiendo de los campos de selección activados previamente.

Carga p / p_2 / p_3 / T / ΔT / ε / R / ω / α

Introduzca valores de carga en los campos. Ajuste los signos de las orientaciones de ejes globales o locales.

Si una carga linealmente variable se selecciona, especifique varios valores de carga. El gráfico del diálogo en la esquina superior derecha representa los parámetros de carga.

Nudos

Cuando se selecciona una carga linealmente variable, especifique tres nudos sobre los cuales las magnitudes de carga se pueden determinar. Los nudos se usan para definir un plano. En el cuadro de diálogo, puede seleccionar también los nudos gráficamente usando la función [↖].

Carga de composición multicapa

Es posible crear cargas a partir de pesos por área de materiales que actúen como capas laminadas. De esta forma, puede fácilmente determinar por ejemplo la composición de los forjados o revestimientos para el piso.

Encuentre la función en el cuadro de diálogo *Nueva carga superficial* (Figura 6.22) para acceder use el botón [▶] a la derecha del campo de entrada *Magnitud*. En el menú contextual, seleccione *Composición multicapa*.

La *Biblioteca de composición multicapa* se abre, donde puede introducir capas de materiales definidas por el usuario.

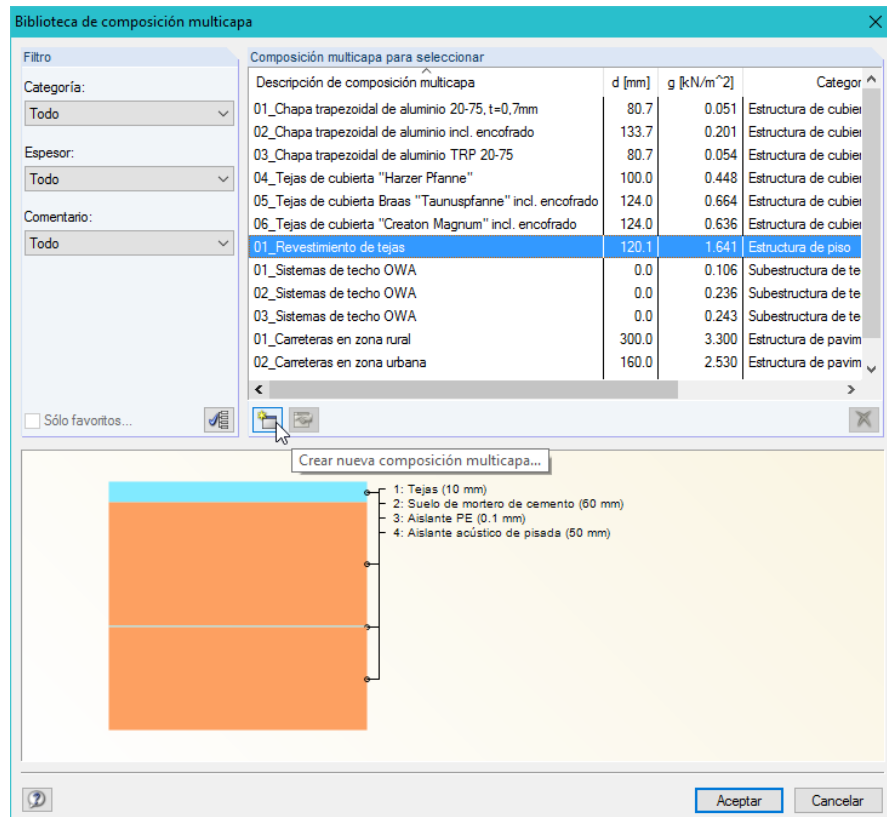
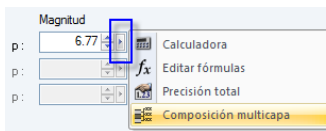


Figura 6.27: Cuadro de diálogo *Biblioteca de composición multicapa*



El concepto de la base de datos de composición multicapa es similar a la biblioteca de materiales (ver capítulo 4.3, página 75). Use los botones de la biblioteca [Nuevo] y [Editar] para crear o modificar composiciones multicapa.

Capas					
Capa núm.	A Descripción del material/capa	B Espesor d [mm]	C Introducir g directamente	D Peso específico γ [kN/m ³]	E Peso por área g [kN/m ²]
1	Superficie bituminosa	80.0	<input type="checkbox"/>	11.00	0.880
2	Homigón asfáltico	40.0	<input type="checkbox"/>	22.00	0.880
3	Capa protectora de homigón asfáltico	30.0	<input type="checkbox"/>	22.00	0.660
4	Aislante <input type="button" value="..."/>	10.0	<input type="checkbox"/>	11.00	0.110
5					
		Σd :	160.0	Σg :	2.530
Comentario:					
<input type="text"/>					

Figura 6.28: Cuadro de diálogo *Nueva composición multicapa*, sección del diálogo *Capas*



Las *Capas* se pueden componer individualmente. Además, puede usar el botón [...] para acceder a la biblioteca de materiales (ver capítulo 4.3, página 75).

RFEM determina el peso por área (columna de tabla D) a partir del *Espesor* y *Peso específico*. Una flecha mostrada en el gráfico del diálogo indica la capa actual.

Confirme todos los cuadros de diálogo al [Aceptar] para importar el peso por área al cuadro de diálogo inicial. Un triángulo verde aparece en el campo de entrada (ver gráfico que se muestra a la izquierda 248), indicando el valor de entrada parametrizado. Haga clic en el triángulo para acceder de nuevo a los parámetros de entrada para modificaciones.

6.5 Cargas en sólido

Descripción general



Las cargas en sólidos actúan sobre todos los elementos 3D de un sólido (ver capítulo 4.5, página 92).

Para aplicar una carga en sólido, previamente se debe definir un sólido.

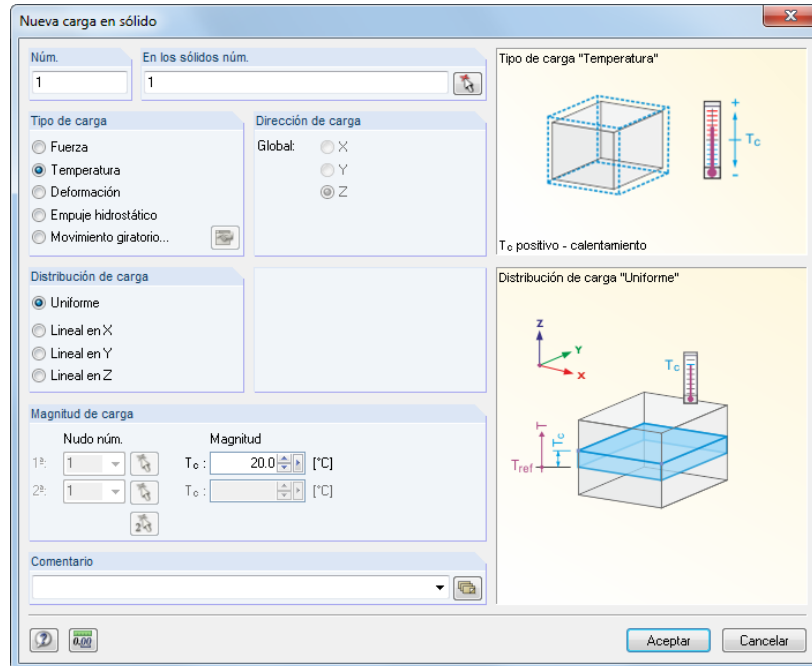


Figura 6.29: Cuadro de diálogo *Nueva carga en sólido*

Núm.	En los sólidos núm.	Tipo de carga	Distribución de carga	1 ^{er} punto de esquina Núm.	2 ^o punto de esquina Núm.	Comentario
1	1	Temperatura	Uniforme	T _{c1}	T _{c2}	
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Figura 6.30: Tabla 3.5 *Cargas en sólidos*

El número de la carga en sólido se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva carga en sólido*, pero se puede cambiar en el campo de entrada.

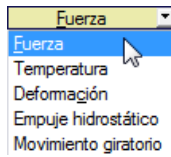
En sólidos



En el campo de entrada, introduzca los números de los sólidos sobre los cuales actúa la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga en sólido*, puede seleccionar también sólidos gráficamente usando la función [↖].



Cuando tiene seleccionada la entrada gráfica mediante un clic del botón de la barra de herramientas, el campo de entrada se deshabilita y tiene que introducir primero los datos de carga. Tras hacer clic en [Aceptar] puede seleccionar sólidos relevantes uno tras otro en la ventana de trabajo.



Tipo de carga

En la sección del diálogo o columna de tabla, puede definir el tipo de carga. Los siguientes tipos de carga se pueden seleccionar:

Tipo de carga	Descripción breve
Fuerza	La carga en sólido actúa uniformemente en una de las direcciones globales.
Temperatura	Cambio de temperatura distribuida uniformemente o linealmente variable en el sólido. Un valor de carga positiva significa un calentamiento.
Deformación	Deformación a tracción o compresión impuesta del sólido que está distribuido uniformemente o linealmente variable. Un valor de carga positivo significa que el sólido se extiende.
Empuje hidrostático	Peso de un material empujado cuya densidad se introduce o selecciona en una [Biblioteca]. La <i>Densidad del entorno del Aire</i> se refiere a una atmósfera estándar de 15°C sobre el nivel del mar.
Movimiento giratorio	Fuerza centrífuga a partir de la masa y de la velocidad angular ω en sólido. El eje de giro se puede definir en un cuadro de diálogo aparte que se abre con el botón [Editar].

Tabla 6.7: Tipos de carga

Se pueden aplicar más fuerzas sobre un sólido en la forma de cargas superficiales o lineales.

Distribución de carga

La carga puede actuar sobre el sólido como *Uniforme* o *Lineal* variable. Se refiere a uno de los ejes X, Y o Z global.

Cuando se seleccionan cargas linealmente variable, especifique los valores de carga de dos nudos. Se admite que los nudos descansen fuera del sólido tensionado existente que los nudos de EF generan en el mismo.

Magnitud de carga

En esta sección del diálogo o columnas de tabla, los valores de carga y, cuando proceda, los nudos asignados se administran. Los campos de entrada se encuentran etiquetados y accesibles dependiendo de los campos de selección activados previamente.

Nudos

Quando se seleccionan cargas linealmente variables, especifique dos nudos sobre los cuales RFEM puede determinar las magnitudes. Los nudos se usan para definir un plano. En el cuadro de diálogo, puede seleccionar nudos también gráficamente usando la función [↖].

Magnitud

Para una distribución de carga uniforme, sólo se requiere un valor numérico. Para una modificación linealmente variable en la temperatura o deformación axial, especifique dos valores de carga.

Los gráficos en el cuadro de diálogo *Nueva carga en sólido* son útiles cuando se introducen parámetros de carga.



6.6 Cargas puntuales libres

Descripción general



Una carga puntual libre actúa como fuerza o momento sobre cualquier posición de la superficie. No se generan nudos de EF sobre el punto de aplicación de carga.

Para aplicar una carga puntual libre, una superficie se debe definir previamente.

Las fuerzas en apoyos en nudos que se importan desde otro modelo usando la función *Importar reacciones en apoyo como carga* (ver Figura 8.14, página 313) se tratan como cargas puntuales libres.

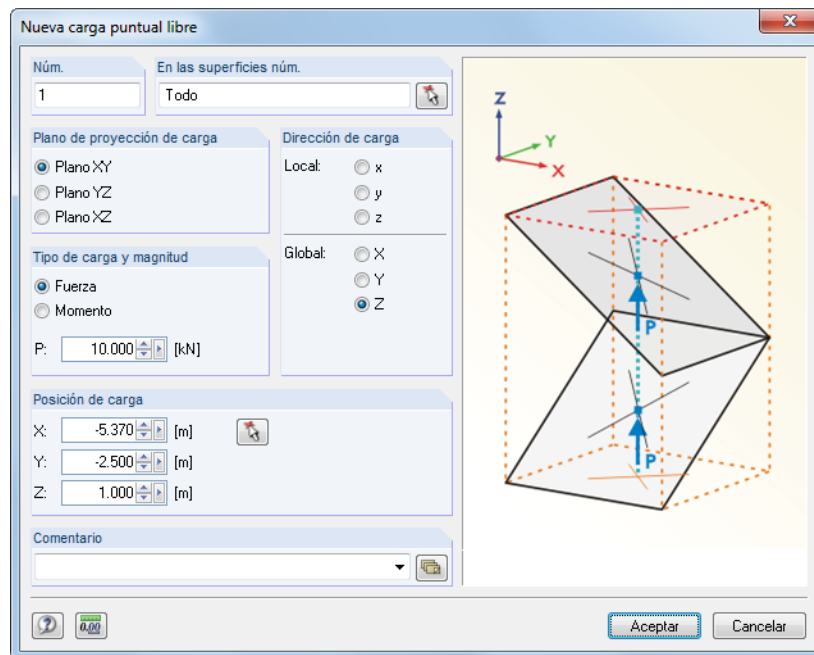


Figura 6.31: Cuadro de diálogo *Nueva carga puntual libre*

3.6 Cargas puntuales libres								
Núm.	A	B	C	D	E	F	G	H
	En las superficies núm.	Proyección	Tipo de carga	Dirección de carga	Posición de la carga		Magnitud	Comentario
					X [m]	Y [m]	P [kN]	
1	1	XY	Fuerza	Z	-5.370	-2.500	10.000	
2	2	XY	Fuerza	z	1.000	2.000	4.000	
3				x - Local en x (1)				
4				y - Local en y (2)				
5				z - Local en z (3)				
6				X - Global en X				
7				Y - Global en Y				
				Z - Global en Z				

Cargas en nudos | Cargas en barras | Cargas lineales | Cargas puntuales libres | Cargas lineales libres | CC2 - Carga útil

Dirección de la carga puntual libre (F7 para seleccionar).

Figura 6.32: Tabla 3.6 *Cargas puntuales libres*

En superficies



En el campo de entrada, introduzca los números de las superficies sobre los cuales actúa la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga puntual libre*, puede seleccionar superficies también gráficamente usando la función [↖].

Comenzando por la *Posición de carga* definida, una línea recta imaginaria se "establece" perpendicular al plano de proyección. Cuando la línea intersecta con cualquiera de las superficies enumeradas, la carga puntual se aplica en el punto de intersección. De esta forma, es posible asignar rápidamente cargas de tipo similar a varias superficies.

Plano de proyección

La carga se puede proyectar en uno de los planos globales XY, YZ o XZ. Tal y como se describe anteriormente, una línea imaginaria se genera, comenzando por la posición de carga y siguiendo perpendicular al plano de proyección. La carga se aplica dondequiera que la línea intersecte a una superficie.

El plano de proyección no debe ser perpendicular a una superficie sobre la cual actúa la carga: no hay ningún punto de intersección claro con la superficie.

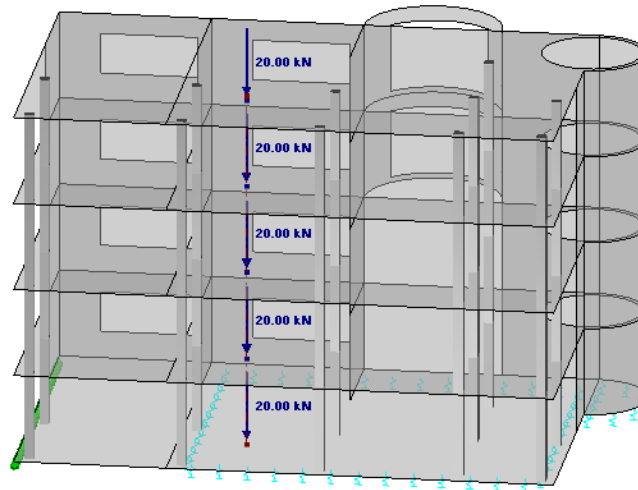


Figura 6.33: Carga puntual libre actuando sobre el forjado: plano de proyección de carga XY con impacto sobre la losa del techo y la losa del piso

Tipo de carga

Especifica si se aplica una fuerza singular o momento puntual. En el siguiente campo de entrada de diálogo puede introducir un valor numérico de la carga.

Dirección de carga

La carga puede actuar en dirección de los ejes X, Y, Z global o de los ejes x, y, z locales de la superficie. Para visualizar los ejes, use el menú contextual (Figura 4.115, página 124) o el navegador *Mostrar* donde selecciona **Modelo** → **Superficies** → **Sistemas de ejes x,y,z de las superficies**.

Posición de carga



Introduce las coordenadas de la posición de carga en los campos de entrada. En el cuadro de diálogo puede seleccionar también la posición de la carga gráficamente usando la función [↖].

Magnitud

En la columna de tabla respectivamente en el campo de entrada introduce el valor numérico de la fuerza o momento puntual.

6.7 Cargas lineales libres

Descripción general



Una carga lineal libre actúa como una fuerza uniforme o linealmente variable a lo largo de una línea libremente definible de una superficie. No se generan nudos de EF a lo largo de esta línea.

Para aplicar una carga lineal libre, se debe definir previamente una superficie.

Los esfuerzos en apoyos en líneas que se importan desde otro modelo usando la función *Importar reacciones en apoyo como carga* (ver Figura 8.14, página 313) se tratan como cargas lineales libres.

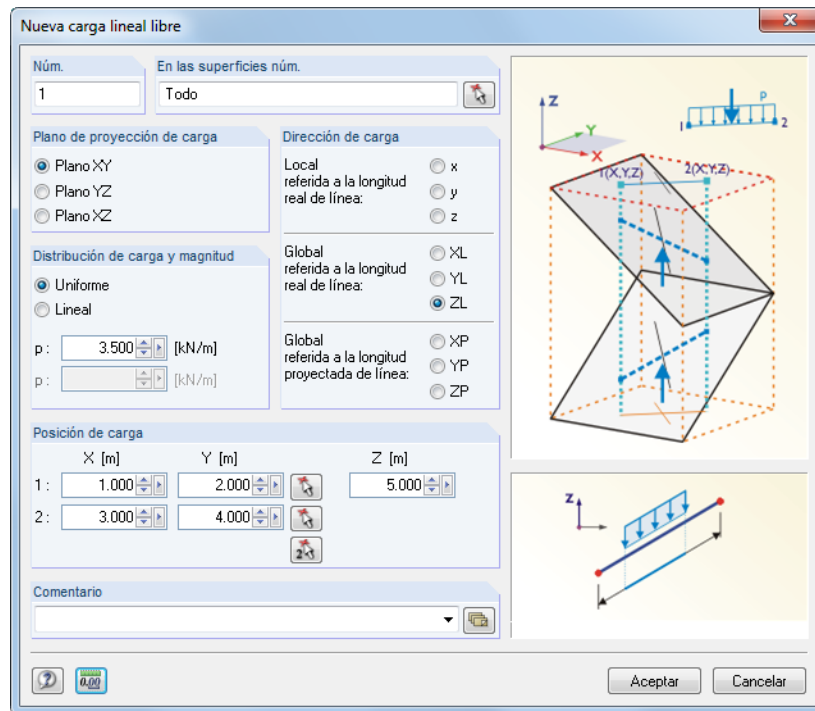


Figura 6.34: Cuadro de diálogo *Nueva carga lineal libre*

Núm.	En las superficies núm.	Proyección	Distribución de carga	Dirección de carga	Posición de la carga				Magnitud [kN/m]	
					X ₁ [m]	Y ₁ [m]	X ₂ [m]	Y ₂ [m]	p ₁	p ₂
1	Todo	XY	Lineal	ZL	1.000	2.000	3.000	4.000	3.500	0.000
2	3	XY	Uniforme	ZL	3.000	3.000	3.000	3.000	5.000	
3										
4										
5										
6										

Figura 6.35: Tabla 3.7 *Cargas lineales libres*



En superficies

Este campo de entrada administra los números de las superficies sobre las cuales actúa la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga lineal libre*, puede también seleccionar superficies gráficamente usando la función [^].

Comenzando por ambos puntos definidos mediante la *Posición de carga*, dos líneas rectas imaginarias se "establecen" perpendiculares al plano de proyección. Cuando las líneas intersectan con cualquiera de las superficies enumeradas, la carga se aplica en la línea de conexión de ambos puntos de intersección. De esta forma, es posible asignar rápidamente cargas de tipo similar a varias superficies.

Plano de proyección

La carga se puede proyectar en uno de los planos XY, YZ o XZ global. Tal y como se describe anteriormente, dos líneas imaginarias se generan, comenzando por ambas posiciones de carga y siguiendo perpendiculares al plano de proyección. Los puntos iniciales y finales de la carga lineal libre se asumen dondequiera que las líneas intersectan una superficie.

El plano de proyección no debe ser perpendicular a una superficie sobre la cual actúa la carga: no hay puntos de intersección claros con la superficie.

Distribución de carga

Especifique si se aplica una fuerza uniforme o linealmente variable. En el siguiente campo de entrada de diálogo, puede introducir uno o dos valores numéricos.

Dirección de carga

La carga puede actuar en dirección de los ejes x, y, z locales o de los ejes X, Y, Z globales de la superficie. Las cargas que actúan perpendiculares a la superficie se generan para ser definidas como locales en dirección **z**.

Si una carga que actúa globalmente no está perpendicular a la línea, el impacto de carga puede estar referido a diferentes longitudes de referencia:

- **referida a la longitud real de línea**

La carga se aplica a toda la longitud de la línea.

- **referida a la longitud proyectada de línea**

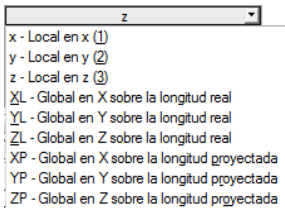
La longitud de aplicación de la carga se convierte en la proyección de la línea en una de las direcciones de los sistemas de coordenadas globales. Las longitudes de proyección se muestran en el gráfico del diálogo en la esquina inferior derecha.

Posición de carga

Introduce las coordenadas de la posición de carga en los campos de entrada. En el cuadro de diálogo puede seleccionar también la posición de la carga gráficamente usando la función [^].

Magnitud

En la columna de tabla respectivamente en el campo de entrada, introduzca el valor numérico de la carga lineal.



6.8 Cargas rectangulares libres

Descripción general

Una carga rectangular libre actúa como carga superficial uniforme o linealmente variable, zona libremente definible de una superficie.

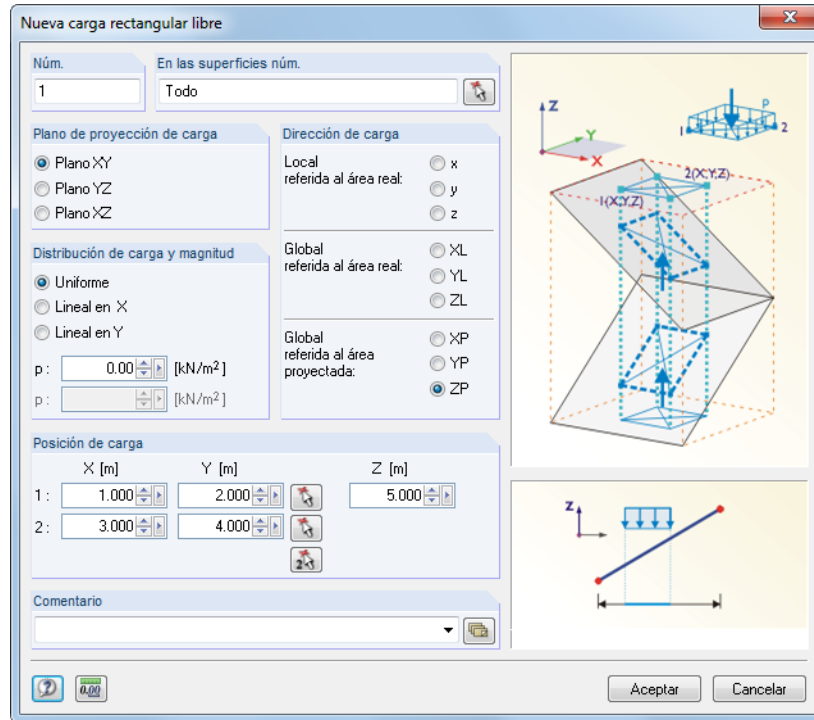


Figura 6.36: Cuadro de diálogo *Nueva carga rectangular libre*

Núm.	En las superficies núm.	Proyección	Distribución de carga	Dirección de carga	X ₁ [m]	Y ₁ [m]	X ₂ [m]	Y ₂ [m]	Magnitud [kN/m]	p ₁	p
1	Todo	XY	Uniforme	ZP	1.000	2.000	3.000	4.000	1.000		
2		XY	Uniforme	z	-1.000	2.350	1.260	7.800			
3											
4											
5											
6											

Figura 6.37: Tabla 3.8 *Cargas rectangulares libres*

En superficies



Este campo de entrada administra los números de las superficies sobre las cuales actúa la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga rectangular libre*, puede también seleccionar superficies gráficamente usando la función [^].

Comenzando por ambos puntos definidos mediante la *Posición de carga*, dos líneas rectas imaginarias se "establecen" perpendiculares al plano de proyección. Cuando las líneas intersectan con cualquiera de las superficies enumeradas, la carga se aplica en la diagonal de conexión de ambos puntos de intersección. De esta forma, es posible asignar rápidamente cargas de tipo similar a varias superficies.

Plano de proyección

La carga se puede proyectar en uno de los planos XY, YZ o XZ globales. Tal y como se describe anteriormente, dos líneas imaginarias se generan, comenzando por ambas posiciones de carga y siguiendo perpendiculares al plano de proyección. Los puntos iniciales y finales de la diagonal del rectángulo se asumen dondequiera que las líneas intersectan una superficie.

El plano de proyección no debe ser perpendicular a una superficie sobre la cual actúa la carga: no hay puntos de intersección claros con la superficie.

Distribución de carga

Especifique si se aplica una carga uniforme o linealmente variable. En el siguiente campo de entrada de diálogo puede introducir uno o dos valores numéricos.

Dirección de carga

La carga puede actuar en dirección de los ejes X, Y, Z globales o de los ejes x, y, z locales de la superficie.

- **Local referida al área real**

Las cargas que actúan perpendicularmente a la superficie se definen usualmente como locales en dirección **z**.

- **Global referida al área real**

La orientación de los ejes locales de superficie es relevante para el cálculo según el análisis estático lineal si la carga actúa en dirección de un eje del sistema de coordenadas XYZ global. Un ejemplo para la carga referida al área real es el peso propio.

- **Global referida al área proyectada**

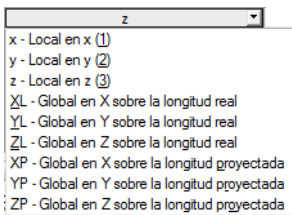
La carga se convierte en la proyección de la superficie en una de las direcciones de los sistemas de coordenadas globales. Un caso para la aplicación es por ejemplo la carga de nieve. El gráfico del diálogo en la esquina inferior derecha representa las superficies proyectadas.

Posición de carga

Introduzca las coordenadas de la posición de carga en los campos de entrada. En el cuadro de diálogo puede seleccionar también la posición de la carga gráficamente usando la función [^].

Magnitud

En la columna de tabla respectivamente en el campo de entrada, introduzca el valor numérico de la carga superficial.



6.9 Cargas circulares libres

Descripción general

Una carga circular libre actúa como carga circular uniforme o linealmente variable, parte libremente definible de una superficie.

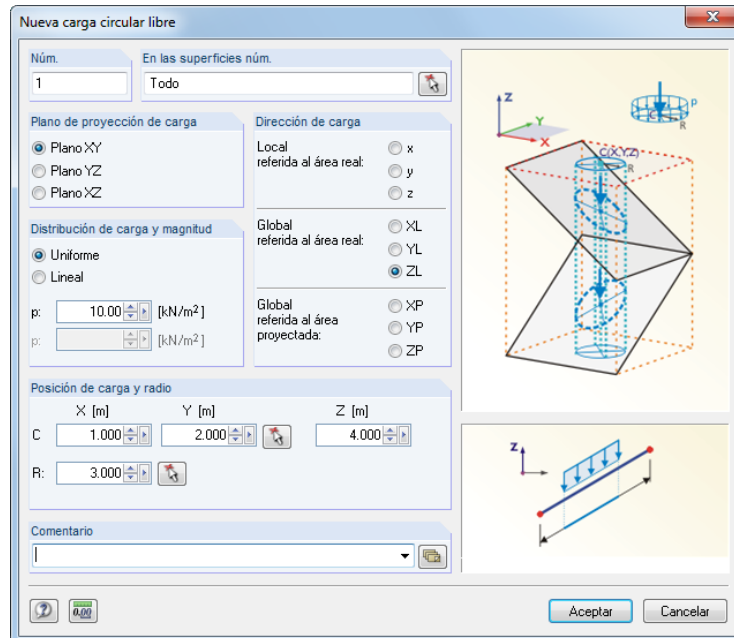


Figura 6.38: Cuadro de diálogo *Nueva carga circular libre*

Núm.	En las superficies núm.	Proyección	Distribución de carga	Dirección de carga	Posición de la carga X ₁ [m]	Y ₁ [m]	Radio R [m]	Magnitud [kN/m ²] p _c	p _R	Com.
1	Todo	XY	Uniforme	ZL	1.000	2.000	3.000	10.000		
2	2	XY	Uniforme	ZL	-1.000	2.000	-3.000			
3										
4										
5										
6										

Figura 6.39: Tabla 3.9 *Cargas circulares libres*

En superficies



Este campo de entrada administra los números de las superficies sobre las cuales actúa la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga circular libre*, puede también seleccionar superficies gráficamente usando la función [↖].

Comenzando por la *Posición de carga* definida, una línea recta imaginaria se "establece" perpendicular al plano de proyección. Cuando la línea intersecta cualquiera de las superficies enumeradas, la carga circular se aplica al punto de intersección representando el centro del círculo con el radio *R*. De esta forma, es posible asignar rápidamente cargas de tipo similar para varias superficies.

Plano de proyección

La carga se puede proyectar en uno de los planos XY, YZ o XZ globales. Tal y como se describe anteriormente, una línea imaginaria se genera, comenzando por la posición de carga y siguiendo perpendicular al plano de proyección. El centro de la carga circular se asume dondequiera que la línea intersecte una superficie.

El plano de proyección no debe ser perpendicular a una superficie sobre la cual actúa la carga: no hay puntos de intersección claros con la superficie.

Distribución de carga

Especifique si se aplica una carga uniforme o linealmente variable. En el siguiente campo de entrada de diálogo puede introducir uno o dos valores numéricos.

Dirección de carga

La carga puede actuar en dirección de los ejes X, Y, Z globales o de los ejes x, y, z locales de la superficie. Las direcciones de carga se describen en el capítulo anterior 6.8 en la página 257.

Posición de carga



En los campos de entrada introduzca las coordenadas del punto medio C de la carga circular. En el cuadro de diálogo puede seleccionar también el centro del círculo gráficamente usando la función [^].

Radio



Introduzca el radio R de la carga superficial circular en el campo de entrada o columna de tabla. En el cuadro de diálogo puede seleccionar también el radio gráficamente usando la ventana de trabajo mediante la función [^].

Magnitud

En la columna de tabla respectivamente en el campo de entrada, introduzca el valor numérico de la carga superficial.

6.10 Cargas poligonales libres

Descripción general

Una carga poligonal libre actúa como carga superficial uniforme o linealmente variable sobre una zona poligonal, libremente definible de una superficie.

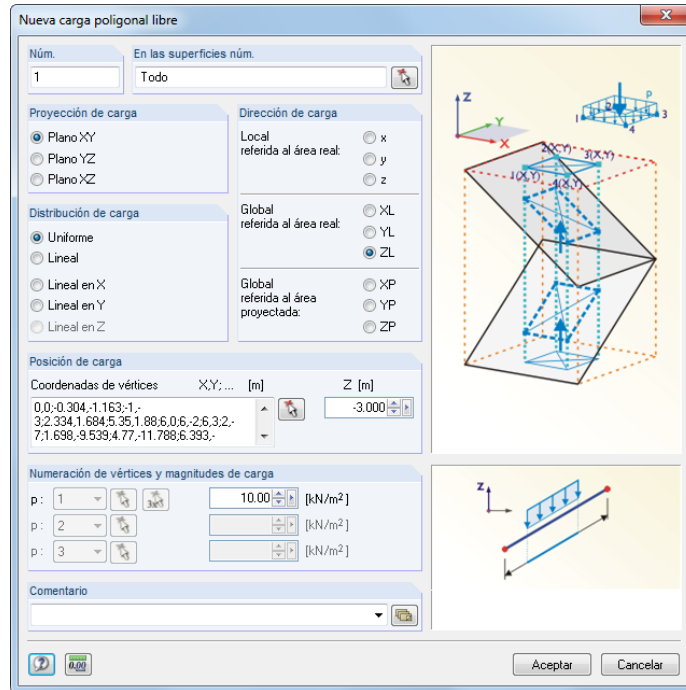


Figura 6.40: Cuadro de diálogo *Nueva carga poligonal libre*

Núm.	En las superficies núm.	Proyección	Distribución de carga	Dirección de carga	Nudos en la base de la superficie [m] X1;Y1; X2;Y2; X3;Y3; ...	1 ^{er} punto de esquina Núm. p1 [kN/m ²]
1		XY	Uniforme	ZL	13;21;11;-24;12;-28;15;-26;17;3723;-19;3356	10.000
2						
3						
4						
5						
6						

Figura 6.41: Tabla 3.10 *Cargas poligonales libres*

En superficies

Este campo de entrada administra los números de las superficies sobre las cuales actúa la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga poligonal libre*, puede también seleccionar superficies gráficamente usando la función [↖].

Comenzando por ambos puntos de esquina definidos mediante la *Posición de carga*, dos líneas rectas imaginarias se "establecen" perpendiculares al plano de proyección. Cuando intersectan cualquiera de las superficies enumeradas, la línea que conecta los puntos de intersección representa el contorno de la carga superficial a aplicar. De esta forma, es posible asignar rápidamente cargas de tipo similar a varias superficies.

Proyección de carga

La carga se puede proyectar en uno de los planos XY, YZ o XZ globales. Tal y como se describe anteriormente, dos líneas imaginarias se generan, comenzando por ambas posiciones de carga



y siguiendo perpendiculares al plano de proyección. Los vértices de la carga poligonal se asumen dondequiera que las líneas intersectan una superficie.

El plano de proyección no debe ser perpendicular a una superficie sobre la cual actúa la carga: no hay puntos de intersección claros con la superficie.

Distribución de carga

Especifique si se aplica una carga superficial uniforme o linealmente variable. En la sección del diálogo *Numeración de vértices y magnitudes de carga* siguiente, puede introducir un valor numérico (*Uniforme*), dos valores numéricos de tipo (*Lineal en X/Y/Z*) o tres valores numéricos de tipo (*Lineal*).

Dirección de carga

La carga puede actuar en dirección de los ejes X, Y, Z globales o de los ejes x, y, z locales de la superficie. Las direcciones de carga se describen en el capítulo anterior 6.8 en la página 257.

Posición de carga

Introduzca las *Coordenadas de vértices* en los campos de entrada. Se recomienda definir la cadena poligonal gráficamente usando la función del diálogo [↶]. En el campo de entrada respectivamente en la columna de tabla, introduzca las coordenadas del punto separadas por coma. Los pares de coordenadas se separan entre ellas por punto y coma.

Ejemplo: coordenadas de vértices X,Y [m] 2,3;1.6,4.7;5.45;6,25;3,2

El tercer componente de coordenada se define automáticamente por el plano de proyección de carga. En el ejemplo, es la coordenada Z la que se puede especificar aparte en un campo de entrada del cuadro de diálogo. Al definir las coordenadas gráficamente, el componente es irrelevante, ya que el plano de trabajo activo es decisivo.

Numeración de vértices

Al definir las cargas superficiales linealmente variables, introduzca dos vértices de tipo (*Lineal en X/Y/Z*) o tres vértices de tipo (*Lineal*) con los valores de carga correspondientes. Puede definir o seleccionar gráficamente sólo aquellos vértices que se enumeran en la sección del diálogo *Posición de carga* usados para definir las líneas de contorno. No es posible seleccionar nudos de RFEM. De este modo, la numeración de vértices se refiere a la secuencia de las *Coordenadas de vértices*.

Magnitud

En la columna de tabla respectivamente en el campo de entrada, introduzca el valor numérico de la carga superficial. Para una distribución linealmente variable, se deben introducir dos o tres valores.

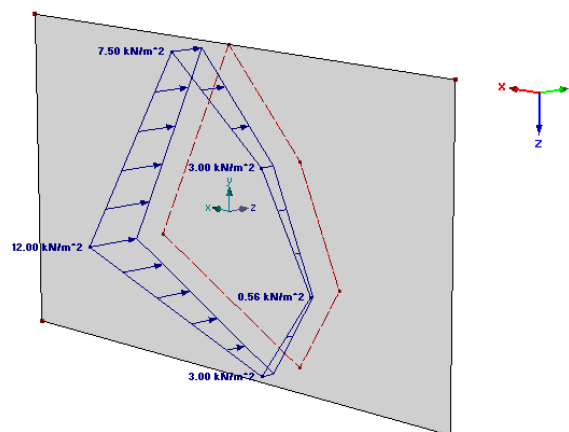


Figura 6.42: Carga poligonal que es linealmente variable en dirección Z: plano de proyección de carga YZ y dirección de carga en Z

z
x - Local en x (1)
y - Local en y (2)
z - Local en z (3)
XL - Global en X sobre la longitud real
YL - Global en Y sobre la longitud real
ZL - Global en Z sobre la longitud real
XP - Global en X sobre la longitud proyectada
YP - Global en Y sobre la longitud proyectada
ZP - Global en Z sobre la longitud proyectada



6.11 Deformaciones impuestas en nudos

Descripción general

Una deformación impuesta en nudo es un desplazamiento o giro de un nudo apoyado, por ejemplo debido al asiento de un pilar.

Las deformaciones impuestas en nudos sólo se pueden aplicar a nudos que tengan un apoyo en la dirección de la deformación.

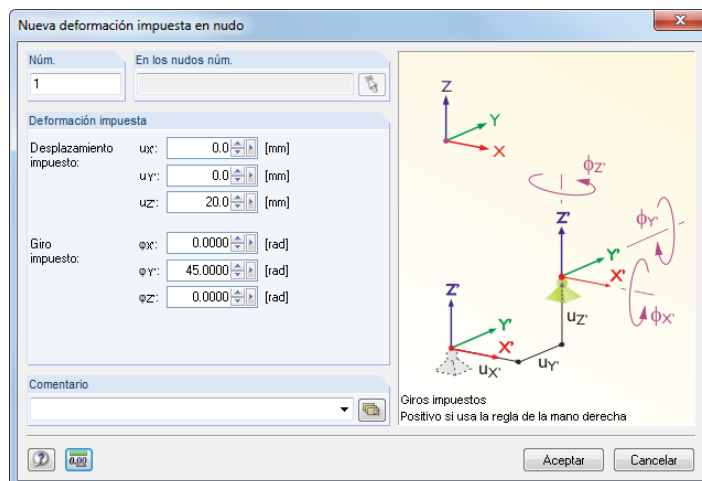


Figura 6.43: Cuadro de diálogo *Nueva deformación impuesta en nudo*

3.11 Deformaciones impuestas en nudos

Núm.	En los nudos núm.	Desplazamiento impuesto			Giro impuesto			Comentario
		u _x [mm]	u _y [mm]	u _z [mm]	φ _x [rad]	φ _y [rad]	φ _z [rad]	
1	2,14	0.0	0.0	20.0	0.0000	0.0000	0.0000	
2	3	10.0	0.0	35.0	0.0000	15.0000	0.0000	
3								
4								
5								
6								
7								

Cargas circulares libres | Cargas poligonales libres | Deformaciones impuestas en nudos | Desplazamientos impuestos lineales

Lista de nudos de los apoyos con deformación impuesta (p.ej.: "1-3,5,7").

Figura 6.44: Tabla 3.12 *Deformaciones impuestas en nudos*

El número de la carga se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva deformación impuesta en nudo*, pero se puede modificar en el campo de entrada.

En nudos

En este campo de entrada, defina los números de los nudos sobre los cuales actúa la deformación impuesta.

En el cuadro de diálogo, puede seleccionar nudos también gráficamente usando la función [↵].

Cuando tiene seleccionada la entrada gráfica mediante un clic del botón de la barra de herramientas, el campo de entrada se deshabilita y tiene que introducir primero las deformaciones. Tras hacer clic en [Aceptar] puede seleccionar nudos relevantes uno tras otro en la ventana de trabajo.



Desplazamiento impuesto $u_x / u_y / u_z$

Desplazamientos impuestos referidos al sistema de coordenadas global. Si un desplazamiento de un nudo apoyado no actúa paralelo a uno de los ejes globales, sus componentes X, Y y Z se deben determinar e introducir en los campos de entrada correspondientes.

El gráfico en el cuadro de diálogo explica cómo los desplazamientos y signos son eficaces.

Giro impuesto $\varphi_x / \varphi_y / \varphi_z$

Los giros en nudos se refieren también al sistema de coordenadas X,Y,Z global. Por consiguiente, un giro impuesto oblicuo requiere la división en componentes X, Y y Z.

Un giro impuesto positivo actúa en sentido de las agujas del reloj respecto al eje positivo global correspondiente.

6.12 Desplazamientos impuestos lineales

Descripción general

Un desplazamiento impuesto lineal es un desplazamiento de una línea apoyada, por ejemplo debido a un asiento de cimentación.

Los desplazamientos impuestos lineales sólo se pueden aplicar a líneas que se apoyen en la dirección del desplazamiento.

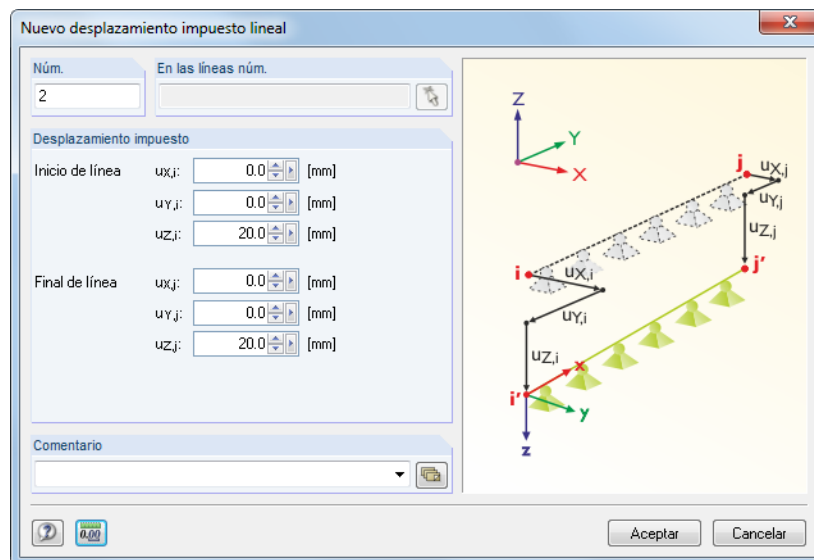


Figura 6.45: Cuadro de diálogo *Nuevo desplazamiento impuesto lineal*

Núm.	En las líneas núm.	Desplazamiento al inicio [mm]			Desplazamiento al final [mm]			Comentario
		$u_{x,i}$	$u_{y,i}$	$u_{z,i}$	$u_{x,j}$	$u_{y,j}$	$u_{z,j}$	
1	1	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	20.0	
2	14	2.0	0.0	25.0	0.0	0.0	30.0	
3								
4								
5								
6								
7								

Figura 6.46: Tabla 3.13 *Desplazamientos impuestos lineales*

El número de la carga se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nuevo desplazamiento impuesto lineal*, pero se puede modificar en el campo de entrada.

En las líneas



En este campo de entrada, defina los números de las líneas sobre las cuales actúa el desplazamiento impuesto. En el cuadro de diálogo, puede seleccionar nudos también gráficamente usando la función [^].



Cuando se selecciona la entrada gráfica, el campo de entrada se deshabilita y puede introducir los primeros desplazamientos. Tras hacer clic en [Aceptar] puede seleccionar líneas relevantes una tras otra en la ventana de trabajo.

Desplazamiento impuesto $u_x / u_y / u_z$

Inicio de línea

Desplazamientos impuestos referidos al sistema de coordenadas X,Y,Z global. Los tres campos de entrada se proporcionan para el desplazamiento en el nudo inicial de la línea apoyada.

Si un desplazamiento de la línea apoyada no actúa paralela a uno de los ejes globales, sus componentes X, Y y Z se deben determinar.

Final de línea

En los campos de entrada, introduzca el desplazamiento en el nudo final de la línea apoyada.



Para visualizar la orientación de línea, use el navegador *Mostrar*: seleccione **Modelo** → **Líneas** → **Orientaciones de línea** (ver Figura 4.26, página 51).

6.13 Imperfecciones

Descripción general



Existen dos maneras sobre cómo se pueden determinar imperfecciones en RFEM:

- Las **cargas equivalentes** se aplican a las barras.
- Se usa un **modelo equivalente** predeformado.

Este capítulo describe imperfecciones en forma de cargas equivalentes. Para la información detallada sobre cómo generar modelos equivalentes usando el módulo adicional **RF-IMP**, ver capítulo 7.3.1 en la página 291.

Para aplicar una imperfección, una barra se debe definir previamente.

Las imperfecciones representan desviaciones producidas en la geometría del modelo y propiedades del material. En EN 1993-1-1, cláusula 5.3, la aplicación de imperfecciones se organiza como verticalidad (traslación) y curvatura (flecha). De este modo, las imperfecciones son consideradas por las cargas equivalentes.

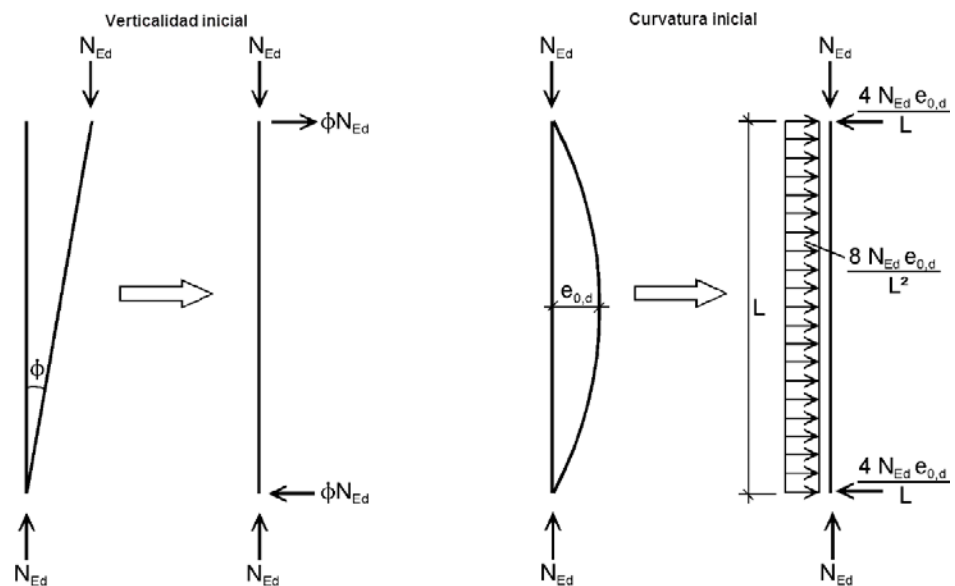


Figura 6.47: Cargas equivalentes según EN 1993-1-1



Las cargas equivalentes también son consideradas por RFEM cuando se realizan los cálculos según el análisis estático lineal. Tenga en cuenta, sin embargo, que un caso de carga de imperfección pura no producirá esfuerzos internos. El modelo debe adicionalmente tener algunas cargas "reales" causando esfuerzos axiales en la barra imperfecta.

Se recomienda administrar las cargas e imperfecciones en casos de carga distintos. Se pueden combinar entre ellas apropiadamente en las combinaciones de carga. Los casos de carga con imperfecciones puras se deben categorizar como tipo de acción **Imperfección** en la base de datos para casos de carga (ver Figura 5.3, página 182). Si no, la comprobación plausible mostraría un mensaje debido a las cargas que no se encuentran.

Generalmente, las imperfecciones se deben establecer afines al valor propio de menor pandeo en la dirección más desfavorable.

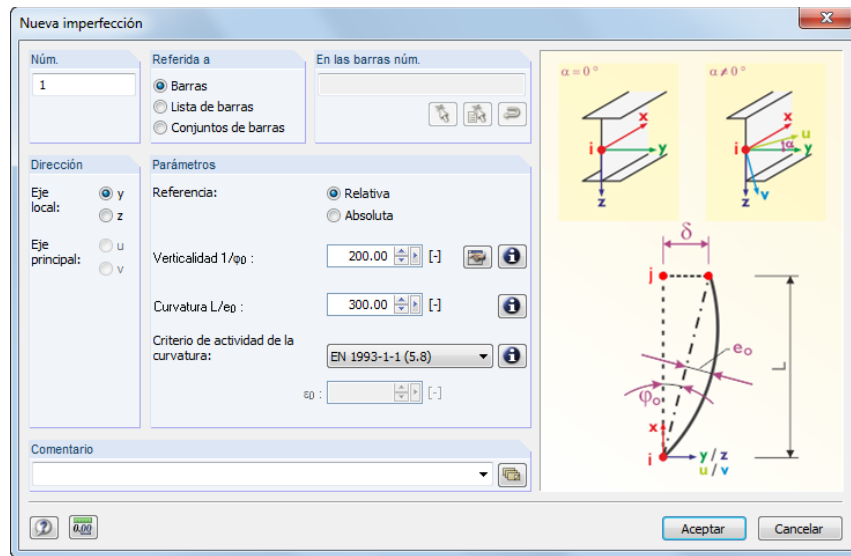


Figura 6.48: Cuadro de diálogo *Nueva imperfección*

Núm.	Referido a	En las barras núm.	Dirección	Referencia	Inclinación 1/ϕ₀ [°]	Curvatura L/w₀ [°]	Criterio de actividad	Aplicar w₀ desde e₀ [°]
1	Barras	1	z	Relativa	200.00	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)	
2	Barras	2	y	Relativa	250.00	350.00	EN 1993-1-1 (5.8)	
3	Barras	20	y	Relativa	100.00	200.00	EN 1993-1-1 (5.8)	
4	Barras	45	y	Relativa	150.00	300.00	EN 1993-1-1 (5.8)	
5	Lista de barras	11,12	z	Relativa	50.00	520.00	EN 1993-1-1 (5.8)	
6	Barras	30	z	Relativa	210.00	20.00	EN 1993-1-1 (5.8)	
7	Barras	25	z	Relativa	320.00	150.00	EN 1993-1-1 (5.8)	

Figura 6.49: Tabla 3.14 *Imperfecciones*

El número de la imperfección se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva imperfección*, pero se puede modificar en el campo de entrada. El orden de la numeración no es importante.

Referida a

Defina los objetos para los cuales desea aplicar la imperfección. Se pueden seleccionar las siguientes opciones:

Barras

La imperfección actúa sobre una barra singular o sobre cada barra de varias barras seleccionadas.

Lista de barras

La imperfección actúa sobre la unión de barras que está definida en la lista. De este modo, las deformaciones previas e inclinaciones no se aplican a cada barra individualmente, sino como imperfección total para todas las barras de la lista de barras. Los efectos de carga de una imperfección sobre barras singulares en contraste con una lista de barras se muestran en la Figura 6.50.

Saque provecho de una lista de barras para aplicar imperfecciones sobre todas las barras sin definir barras continuas.

Conjuntos de barras

La imperfección actúa sobre un conjunto de barras o sobre cada conjunto de varios conjuntos de barras. Similar a la lista de barras descrita anteriormente, los parámetros de carga se aplican a la unión de barras incluidas en el conjunto de barras.

Los conjuntos de barras se subdividen en barras continuas y grupos de barras (ver capítulo 4.21, página 170). Las imperfecciones para conjuntos de barras sólo se pueden aplicar a barras continuas que yacen sobre una línea. No son adecuados para grupos de barras o barras continuas que estén deformados.

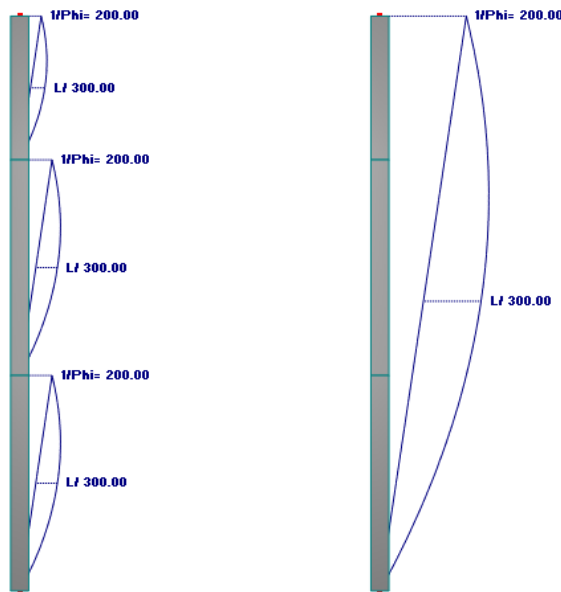


Figura 6.50: Imperfección referida a las barras (izquierda) y a la lista de barras (derecha)

En barras

En el campo de entrada, introduzca los números de las barras o conjuntos de barras sobre la que actúa la imperfección. En el cuadro de diálogo, puede seleccionar nudos también gráficamente usando la función [↖].

Cuando tiene seleccionada la entrada gráfica mediante un clic del botón de la barra de herramientas, el campo de entrada se deshabilita y tiene que introducir primero todos los datos de imperfección. Tras hacer clic en [Aceptar] puede seleccionar las barras relevantes o conjuntos de barras una tras otra en la ventana de trabajo.

Para las imperfecciones que se refieren a una lista de barras es posible administrar los números de barra apropiadamente usando el botón de diálogo [Invertir orientación de barra], por ejemplo para invertir la inclinación para la representación gráfica. Sin embargo, la secuencia es irrelevante para cálculos debido a las cargas equivalentes idénticas.

Dirección

La imperfección sólo se puede aplicar en dirección de los ejes y o z locales de barras. Cuando las secciones asimétricas se usan, los ejes principales u y v están disponibles adicionalmente para la selección (ver capítulo 4.13, página 128). No es posible definir una verticalidad o curvatura que actúa globalmente.

La orientación de ejes de barra se describe en el capítulo 4.17, párrafo *Giro de barra* en la página 156. El eje y representa para las secciones simétricas el llamado "fuerte", el eje z en consecuencia el eje "débil" de la sección de la barra.

Cuando el tipo de modelo para placas y muros se selecciona en el cuadro de diálogo *Datos generales*, sólo es posible seleccionar la dirección z .



Referencia

Los valores para la verticalidad y curvatura se pueden definir de dos maneras:

La Relativa permite la introducción de valores recíprocos de φ_0 y w_0 en relación a la longitud de barra, la *Absoluta* permite la especificación de dimensiones geométricas directamente.

Verticalidad $1/\varphi_0$

φ_0 indica el grado de verticalidad tal y como se describe por ejemplo en EN 1993-1-1, cláusula 5.3.2. Introduzca el valor recíproco de φ_0 , respectivamente el valor absoluto, en el campo de entrada. Una ilustración de parámetros se puede mostrar en el cuadro de diálogo usando el botón [Información].

Además, el cuadro de diálogo le ofrece el botón [Calcular verticalidad] para determinar las verticalidades según las distintas normativas en un cuadro de diálogo aparte.

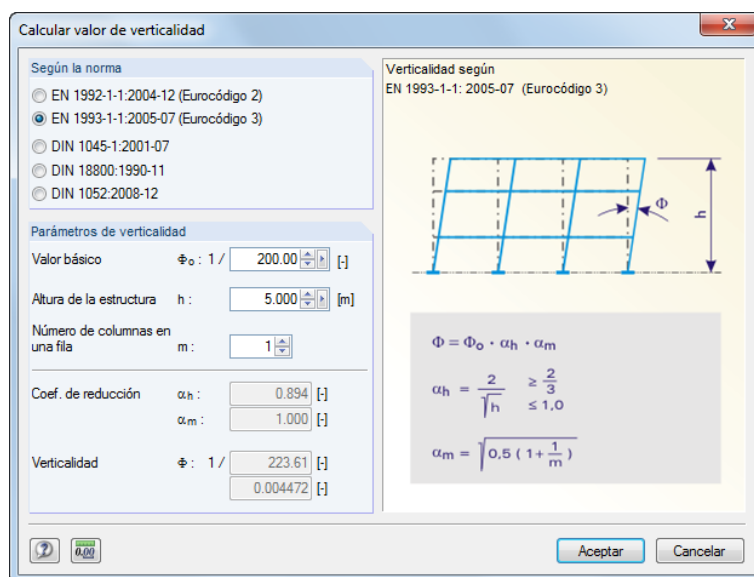


Figura 6.51: Cuadro de diálogo *Calcular valor de verticalidad*

Dependiendo de la configuración seleccionada en la sección del diálogo *Según la norma*, diferentes campos de entrada se encuentran disponibles en la sección del diálogo *Parámetros de verticalidad*. En base a los valores introducidos en los campos de entrada del diálogo, los coeficientes de reducción y verticalidades se calculan conforme a las normas. Haga clic en [Aceptar] para transferir los valores al cuadro de diálogo inicial.

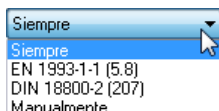
Curvatura $1/w_0$

La curvatura w_0 o $e_{0,d}$ define el grado de flecha para aplicar según la norma (por ejemplo DIN 18800 parte 2, el. (204) o EN 1993-1-1, cláusula 5.3.2). La curvatura depende de la curva de tensión de pandeo de la sección y se refiere a la longitud L de la barra o se introduce como valor absoluto.

Criterio de actividad

Las siguientes opciones están disponibles para selección para definir cómo se administran las curvaturas en interacción con las verticalidades de barra:

- **Siempre**
La curvatura se considera en todos los casos.
- **EN 1993-1-1 (5.8)**
La influencia de la curvatura $e_{0,d}$ se aplica a las barras con esbelteces $\bar{\lambda}$ determinadas según EN 1993-1-1:2005, cláusula 5.3.2 (6), ec. (5.8).
- **DIN 18800-2 (207)**
 w_0 Sólo se aplica si el coeficiente de barra ε sobrepasa un cierto valor. Este reglamento se refiere a la DIN 18800, parte 2, el. (207).



- **Manualmente**

El criterio de actividad puede ser definido por el usuario.



Para mostrar el criterio en el gráfico del diálogo, use el botón [Información].

Para no considerar w_0 antes de ϵ_0

Una curvatura se considera además de la verticalidad si el coeficiente de la barra ϵ es superior al valor definido en este campo de entrada. DIN 18800-2 el. (207) especifica $\epsilon > 1.6$ para la mayoría de los casos.

6.14 Cargas generadas

RFEM ofrece varios generadores que puede usar para crear cargas fácilmente (ver capítulo 11.8, página 562). Las cargas de barra o superficie generadas se reflejan en la tabla 3.14 y en el navegador *Datos*.

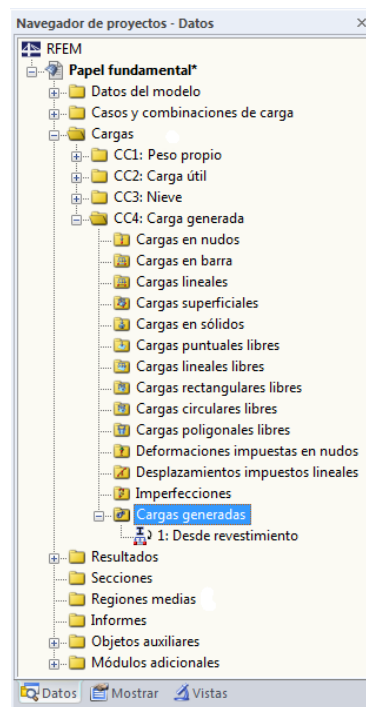


Figura 6.52: Navegador *Datos* para *Cargas generadas*

Núm.	Tipo	Comentario
1	Desde revestimiento	

Figura 6.53: Tabla 3.15 *Cargas generadas*



Los cuadros de diálogo de generación originales se almacenan como objetos de carga específicos a los cuales se puede acceder para modificaciones: haga doble clic en un elemento del navegador o use el botón de tabla [...] para abrir el cuadro de diálogo inicial (ver por ejemplo Figura 11.194, página 574) donde puede ajustar los parámetros de generación de carga.

7. Cálculo

7.1 Comprobar los datos de entrada

Antes de iniciar el cálculo, se recomienda comprobar el modelo y los datos de carga así como el modelado. RFEM comprueba si los datos para cada modelo y objeto de carga están completamente disponibles, si las referencias de los conjuntos de datos no tienen problemas y si el modelado es correcto.

Posibles errores de entrada se pueden corregir rápidamente accediendo directamente a la fila de la tabla con el problema relevante (ver Figura 7.2)

7.1.1 Comprobación plausible



Puede comprobar el modelo así como los datos de carga para su entrada coherente. Para abrir el cuadro de diálogo para la comprobación plausible,

seleccione **Comprobación plausible** en el menú **Herramientas**.

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

Un cuadro de diálogo se abre, donde define los datos de entrada que desea comprobar.

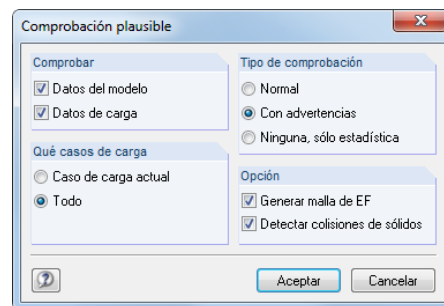


Figura 7.1: Cuadro de diálogo *Comprobación plausible*

En la sección del diálogo *Tipo de comprobación*, puede elegir entre tres opciones:

- **Normal**

La opción estándar comprueba la integridad de los parámetros de entrada y la exactitud de los registros de datos.

- **Con advertencias**

Seleccione esta opción para realizar una comprobación detallada de datos de entrada, buscando también nudos con coordenadas idénticas o articulaciones con grados de libertad ilimitados.

Cuando se detecta una discordancia, aparece un mensaje con información detallada sobre el problema. Puede interrumpir la comprobación con el fin de eliminar el error.

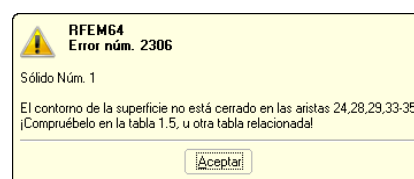


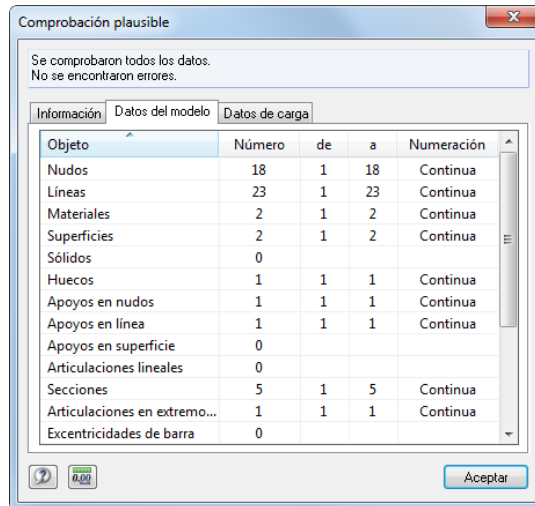
Figura 7.2: Comprobación plausible con advertencia

- **Ninguna, sólo estadística**

Sólo un resumen de datos de entrada se reporta (dimensiones del modelo, peso total, número de nudos, líneas, apoyos, cargas superficiales, cargas en barra etc.).

Cuando la casilla de verificación para *Generar malla de EF* esté marcada en la parte inferior, la malla de EF se puede generar durante la comprobación plausible. Para más información detallada, ver capítulo 7.2, página 276.

Cuando la comprobación plausible sea satisfactoria, el resultado de la comprobación aparece mostrándole un resumen de los datos de entrada.



Objeto	Número	de	a	Numeración
Nudos	18	1	18	Continua
Líneas	23	1	23	Continua
Materiales	2	1	2	Continua
Superficies	2	1	2	Continua
Sólidos	0			
Huecos	1	1	1	Continua
Apoyos en nudos	1	1	1	Continua
Apoyos en línea	1	1	1	Continua
Apoyos en superficie	0			
Articulaciones lineales	0			
Secciones	5	1	5	Continua
Articulaciones en extremo...	1	1	1	Continua
Excentricidades de barra	0			

Figura 7.3: Resultado de la comprobación plausible, pestaña *Datos del modelo*

7.1.2 Comprobación del modelo

Además de la comprobación plausible general, puede usar la comprobación del modelo para buscar específicamente discrepancias producidas durante el modelado. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

señale **Comprobación del modelo** en el menú **Herramientas** y seleccione una entre varias opciones de comprobación.

Nudos idénticos

RFEM filtra todos los nudos con coordenadas idénticas. Se combinan en grupos que se muestran en el cuadro de diálogo

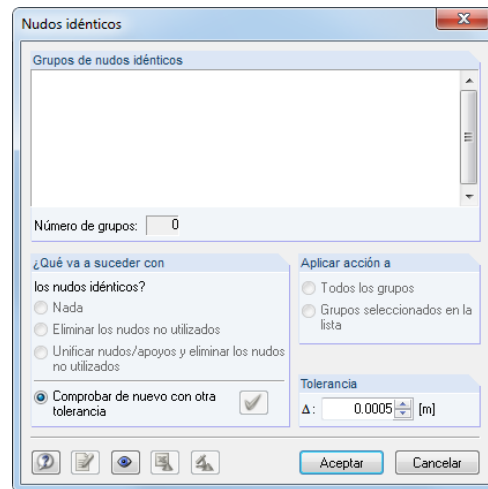


Figura 7.4: Resultados de la comprobación del modelo para los nudos idénticos

En la sección del diálogo *¿Qué va a suceder con los nudos idénticos?*, puede decidir cómo se tratan a los nudos dobles. En la sección del diálogo *Aplicar acción a*, define si su selección se aplica a todos los grupos enumerados anteriormente o sólo a la fila seleccionada.

En la selección del diálogo *Tolerancia*, se encuentra disponible un ajuste sutil para definir la zona donde las coordenadas se evalúan como idénticas. Esta función es especialmente útil para modelos importados desde programas CAD. En este caso, las líneas son con frecuencia cortas debido a los nudos que están próximos entre sí. Si tales nudos se filtran con la tolerancia apropiada y luego se unifican, es posible evitar problemas numéricos debido a barras o líneas cortas.

Barras solapadas

Use esta opción para filtrar todas las barras que se solapan parcialmente o completamente en sus longitudes.



Si las barras solapadas se detectan, se muestran en un cuadro de diálogo donde se clasifican por grupos. El grupo actual se indica mediante una flecha mostrada en la ventana de trabajo. Tras hacer clic en el botón [Aceptar] puede corregir el problema.

Barras de cruce no conectadas

La comprobación busca a las barras que se cruzan pero que no tienen un nudo común en el punto de intersección.

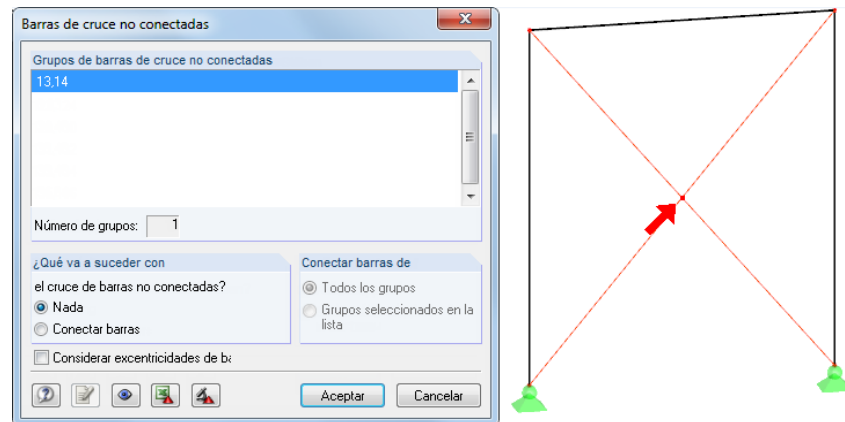


Figura 7.5: Resultados de la comprobación del modelo para barras que se cruzan

Los resultados de la comprobación se muestran en la sección del diálogo *Grupos de barras de cruce no conectadas*. Las barras de cruce se enumeran en grupos. El grupo que está actualmente seleccionado se indica mediante una flecha en el gráfico.

En la sección del diálogo *¿Qué va a suceder con*, decide qué desea hacer con las barras que se cruzan. La opción *Conectar barras* es útil para las posibilidades actuales de transmisión de esfuerzos internos pero no por ejemplo cruces diagonales ordinarios con tirantes.

Líneas superpuestas

Use esta opción para filtrar todas las líneas superpuestas parcialmente o completamente en sus longitudes.

Si las líneas superpuestas se detectan, se muestran en un cuadro de diálogo donde se clasifican por grupos. El grupo actual se indica mediante una flecha mostrada en la ventana de trabajo. Tras hacer clic en el botón [Aceptar] puede corregir el problema.

Líneas de cruce no conectadas

Use esta opción para buscar líneas que se cruzan sin compartir un nudo común en el punto de intersección. Los resultados de la comprobación se muestran en la sección del diálogo *Grupos de líneas de cruce no conectadas* (ver Figura 7.5). Las líneas de cruce se enumeran en grupos. El grupo que está actualmente seleccionado se indica mediante una flecha en el gráfico.

En la sección del diálogo *¿Qué va a suceder con*, decide cómo tratar las líneas que se cruzan.

Superficies superpuestas

Use esta opción para filtrar todas las superficies superpuestas parcialmente o completamente.

Si las superficies superpuestas se detectan, se muestran en un cuadro de diálogo donde se clasifican por grupos. El grupo actual se indica por su color de selección que se muestra en la ventana de trabajo. Tras hacer clic en el botón [Aceptar] puede corregir el problema.

Superficies mínimamente curvadas

Puede buscar superficies con desviación de plano menor.

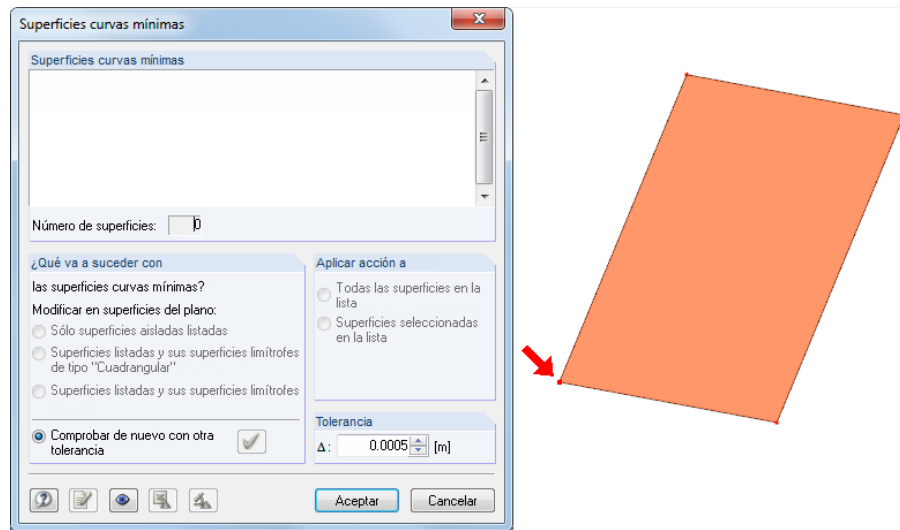


Figura 7.6: Resultados de la comprobación del modelo para superficies mínimamente curvadas

Si las superficies con menor curvatura se detectan, se muestran en un cuadro de diálogo donde se clasifican por grupos. El grupo actual con un nudo desviándose del plano se indica mediante una flecha que se muestra en la ventana de trabajo.

La sección del diálogo *¿Qué va a suceder con* le ofrece opciones de control específicas de cómo tratar tales superficies. En la sección del diálogo *Aplicar acción a*, decide si su configuración se aplica a todos los grupos enumerados anteriormente o sólo a la superficie seleccionada.



En la sección del diálogo *Tolerancia*, un ajuste sutil está disponible para la definición del plano. Es más, es posible *Comprobar de nuevo con otra tolerancia* en las superficies curvas en caso de modificaciones.

Botones

Los botones en los cuadros de diálogo de la comprobación del modelo tienen las siguientes funciones:





	Aplica cambios de la sección del diálogo <i>¿Qué va a suceder con</i>
	Pasa a la ventana de trabajo de RFEM para ajustar la vista
	Exporta objetos enumerados a la tabla de Excel
	Creación de una nueva vista parcial para cada grupo del objeto

Tabla 7.1: Botones en los cuadros de diálogo de la comprobación del modelo

7.1.3 Regenerar modelo



RFEM revisa automáticamente pequeñas inconsistencias existentes en el modelo producidas durante el proceso de modelado o que surgen del intercambio de datos con programas CAD. Para acceder a la función correspondiente,

seleccione **Regenerar modelo** en el menú **Herramientas**.

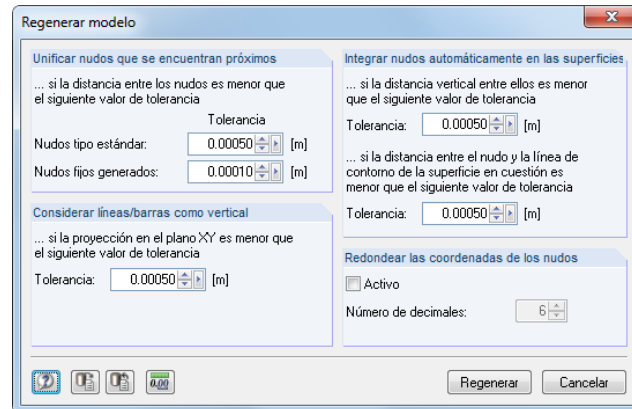


Figura 7.7: Cuadro de diálogo *Regenerar modelo*

En la sección del diálogo *Unificar nudos que se encuentran próximos*, defina un umbral para las distancias de nudos: cuando los valores caen por debajo de la *Tolerancia*, los nudos se considerarán idénticos y se combinarán en un nudo simple. Como los nudos redundantes se eliminarán, una reenumeración de objetos puede ser el resultado.

En la sección del diálogo *Considerar líneas/barras como vertical*, puede controlar la posición de los ejes locales de línea y barra. La orientación de los ejes para barras en posición vertical difiere esencialmente de las barras en la posición general (inclinada) (ver capítulo 4.17, página 157). Para imponer una posición vertical para una posición general, puede usar el campo de entrada *Tolerancia*. De esta forma, previene a los ejes de barras de "cambiar", lo cual es también favorable para la entrada y salida de carga de los esfuerzos internos.

Use las opciones en la sección del diálogo *Integrar nudos automáticamente en superficies* para nudos con sólo una distancia muy pequeña a una superficie o línea de contorno para incluirlos automáticamente en la lista de objetos integrados de la superficie (ver página 89). Como resultado, una integración manual es innecesaria. Tenga en cuenta que una comprobación interna se realiza antes de iniciar el cálculo: si la distancia de nudos a la superficie es demasiado grande, se consideran no pertenecientes a la superficie.

Finalmente, puede activar una función para *Redondear las coordenadas de los nudos* automáticamente. Defina el número relevante de decimales.



Menú Herramientas → Eliminar cargas



7.1.4 Eliminar cargas no usadas

Las cargas se pueden definir sólo sobre objetos existentes en el modelo. Sin embargo, durante el proceso de modelado puede ocurrir que las barras o superficies con cargas asignadas se eliminen del sistema. Normalmente también RFEM elimina sus cargas. Si la comprobación plausible aún encuentra cargas en los objetos no existentes, es posible eliminarlas. Para encontrar cargas no usadas,

señale **Eliminar cargas** en el menú **Herramientas**, y luego seleccione **Cargas no usadas**.

Use el menú que se muestra a la izquierda para seleccionar también otros objetos de carga para una eliminación específica.

7.2 Malla de EF

Con RFEM puede analizar elementos de barra, placas, chapas, losas, muros, paredes, láminas y sólidos. Antes de calcular los datos, la malla de EF se debe generar para crear los elementos

El análisis de EF requiere la división del sistema estructural en subsistemas pequeños representados por elementos finitos. Para cada elemento se establecen condiciones de equilibrio. Se crea un sistema lineal de ecuaciones que tiene muchas cantidades desconocidas. Cuanto más refinado sea el tamaño de malla de los elementos finitos, más preciso serán los resultados. Por otro lado, el tiempo de cálculo aumenta enormemente debido a la cantidad de datos a calcular, como ecuaciones adicionales se debe resolver para cada nudo de EF.

La malla de EF se crea automáticamente. Sin embargo, hay varias opciones que se pueden usar para controlar la generación de malla.

Es posible encontrar referencias útiles concernientes a la discretización y el método de elementos finitos en [15].

7.2.1 Conceptos básicos de elementos finitos en RFEM

Elementos 1D

Para elementos de barra, se asume que la sección permanece plana cuando se deforma. Los elementos de barra 1D se usan para representar vigas, cerchas, nervios, cables y acoplamientos rígidos.

Un elemento de barra 1D tiene un total de 12 grados de libertad: seis al inicio y seis al final del elemento. Están referidos a los desplazamientos (u_x , u_y , u_z) y giros (φ_x , φ_y , φ_z). Al calcular los datos estructurales linealmente, la tracción, compresión y torsión se expresan como funciones lineales del eje x de la barra, independientemente de la flexión y el cortante. Se aproximan mediante un polinomio de 3^{er} grado en x , incluyendo la influencia de tensiones de cortante resultantes de esfuerzos cortantes V_y y V_z . La matriz de rigidez $\mathbf{K}_L(12, 12)$ describe el comportamiento lineal de los elementos 1D. La interacción mutua del esfuerzo axial con flexión en caso de problemas geoméricamente no lineales se expresan en la matriz de rigidez $\mathbf{K}_{ML}(12, 12)$. Puede encontrar más información en [18] y [19].

Para cálculos según el análisis de grandes deformaciones se recomienda usar un refinamiento de malla de EF de las líneas (ver capítulo 4.23, página 178) de forma que los resultados se calculen con exactitud.

Elementos 2D

Normalmente, los elementos cuadrangulares se usan como elementos 2D. El generador de malla añade elementos triangulares, donde sea necesario.

Los grados de libertad en los nudos de esquina de los elementos cuadrangulares y triangulares son los mismos que para los elementos 1D: grados de libertad del desplazamiento (u_x, u_y, u_z) y giro ($\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$). De esta forma, la compatibilidad de elementos 1D y 2D en nudos está garantizada. Los parámetros se definen en el sistema de coordenadas local de los elementos planos y se convierten en el sistema de coordenadas global al crear la matriz de rigidez global.

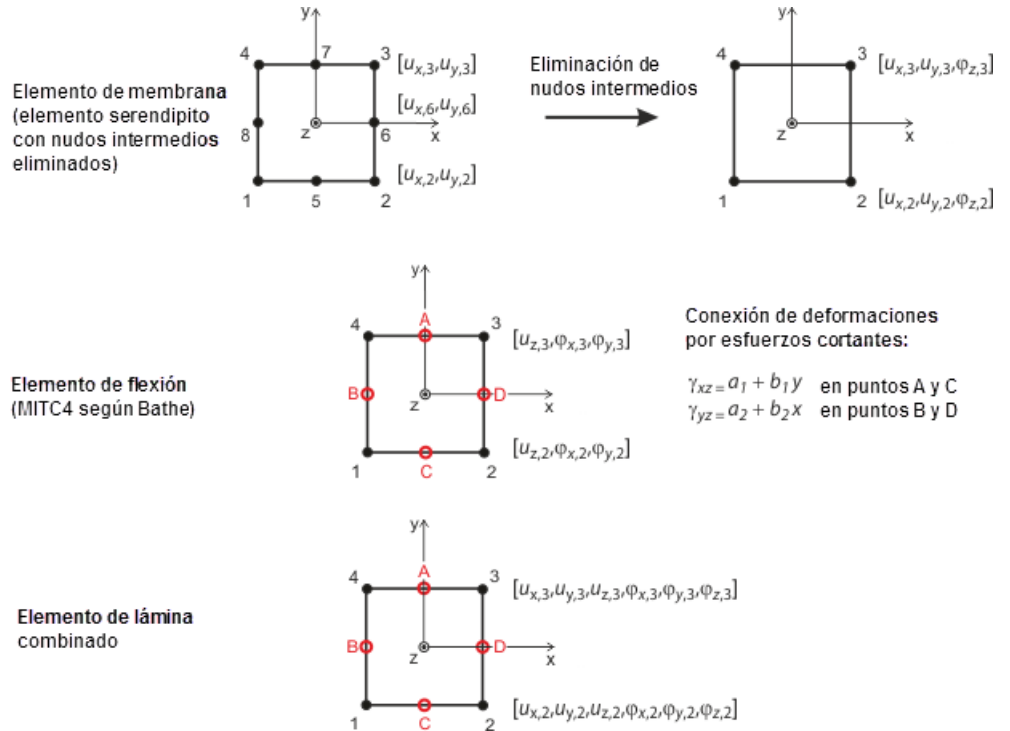


Figura 7.8: Elementos de lámina de RFEM (cuadrangular)

Los elementos de lámina planos se basan en la teoría de MINDLIN/REISSNER. La Figura 7.8 muestra la aproximación de los elementos en las representaciones gráficas. Para asegurar un acoplamiento directo con elementos de barra, se escoge una aproximación en el plano de la lámina (u_x, u_y). Eliminando los nudos intermedios, se crea un elemento de cuatro nudos con un grado de libertad adicional φ_x . Esto permite para elementos de pared que se acoplen directamente con elementos de viga. Basado en una interpolación mixta de deformaciones transversales, los giros de la sección así como las deformaciones transversales a cortante, los elementos MITC4 (*Mixed Interpolation of Tensorial Components*) tal como presentan BATHE y DVORKIN [24] también se aplican.

En la actualidad, los elementos de barra se consideran resolviendo directamente la ecuación diferencial según el análisis de segundo orden. Considerar los efectos de perforación no es posible con la torsión de Saint-Venant.

El análisis de membranas está basado en los principios de BERGAN [20], [21], [22]. Las funciones básicas se subdividen, por ejemplo para elementos triangulares en tres deformaciones de cuerpo rígido, tres condiciones de deformación constante y tres gradientes lineales especiales de tensión y deformación. Dentro de un elemento, el campo de deformaciones es cuadrático y el campo de tensiones es lineal. La matriz de rigidez del elemento K_i se transforma luego en nueve parámetros colectivos de los tipos u_x, u_y, φ_z . Los componentes de esta matriz se agregan luego a la matriz de rigidez total (18, 18), junto con los componentes que causan efectos de flexión y cortante. Esta matriz es el resultado del concepto de LYNN/DHILLON. Luego, las cono-

cidas placas de MINDLIN se aplican, lo que significa que las placas con distinta distorsión por corte se analizan según TIMOSHENKO. De este modo, RFEM es capaz de encontrar la solución correcta para ambas placas de pared delgada y gruesa (placas de NAVIER).

En caso de problemas geoméricamente no lineales, no es posible dividir la condición tensión-deformación en un estado plano y en flexión con cortante. Las influencias mutuas de estos estados se consideran en la matriz K_{NL} . RFEM usa un tipo simple, pero eficaz de matriz K_{NL} que está basada en las aproximaciones de ZIENKIEWICZ [23]. El componente cuadrado ϵ_2 del tensor de deformación de GREEN/LAGRANGE $\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2$ se aplica. Una distribución lineal de $u_z(x, y)$ de la condición de tensiones plana y distribuciones lineales de $u_x(x, y)$ y $u_y(x, y)$ de la interacción con flexión se suponen. Esta suposición es posible debido a que el efecto principal de la interacción depende de la primera derivación de la ecuación diferencial, y debido a que la influencia de componentes de un orden superior disminuye con la división en elementos más pequeños. La exactitud de este procedimiento ha sido probada en varios análisis numéricos.



Para aplicar elementos de lámina, el espesor de los elementos deben ser considerablemente menores que su dimensión. Si no es este el caso, se recomienda modelar objetos como sólidos.

Elementos 3D

Los siguientes elementos 3D se implementan en RFEM: tetraedro, pentaedro (prisma, pirámide) y hexaedro. Para información detallada sobre elementos y matrices aplicados, ver [48]. La documentación correspondiente se puede pedir a DLUBAL SOFTWARE GMBH.

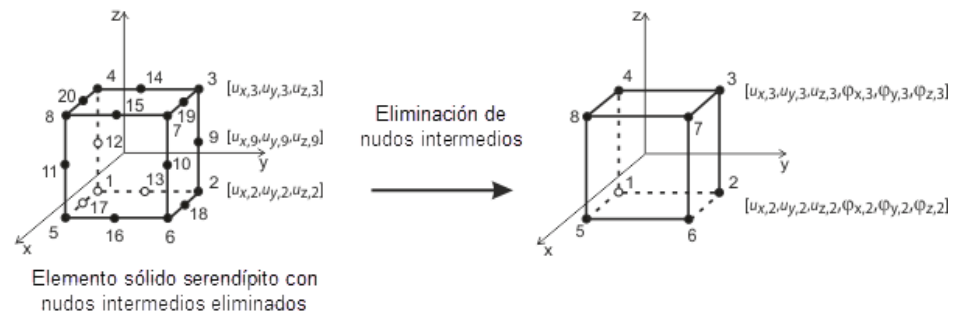


Figura 7.9: Elemento macizo (hexaedro)

7.2.2 Configuración de malla de EF

Para abrir el cuadro de diálogo para configurar los parámetros de malla de EF, seleccione la **Configuración de malla de EF** en el menú **Cálculo**.

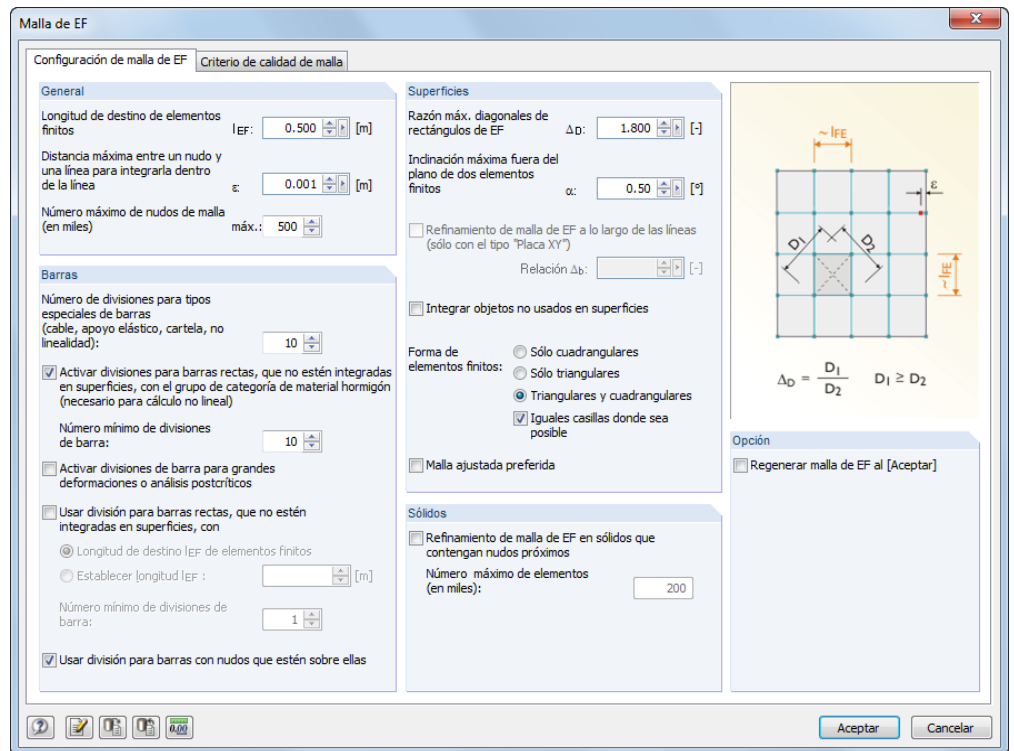


Figura 7.10: Cuadro de diálogo *Configuración de malla de EF*

General

La *Longitud de destino de elementos finitos* controla el tamaño global de la malla. Cuanto más fina sea la malla, generalmente más precisos serán los resultados. Sin embargo, la cantidad de datos a calcular así como el tiempo de cálculo se incrementa también desde que las ecuaciones se deben resolver para cualquier otro nudo de EF. Es más, los efectos de singularidad ocurren más frecuentemente en una malla de EF de malla fina.



La discretización es importante para que se realice el análisis de EF. Un tamaño de malla que sea demasiado fino ralentiza el cálculo sin mejorar la calidad de resultados significativamente. Una longitud de destino que sea demasiado larga no puede determinar las condiciones de contorno de una manera satisfactoria. Como una regla general, la siguiente recomendación se puede realizar para la longitud lateral apropiada de elementos finitos: de ocho a diez elementos finitos se deben generar entre las líneas de contorno de una superficie. Si es posible, evite definir menos de cuatro elementos.

En el segundo campo de entrada de esta sección del diálogo, define la distancia admisible de los nudos de malla ε de una línea. Si la distancia de un nudo es mayor al valor introducido, un nuevo nudo de EF se crea para el mismo.

El *Número máximo de nudos de malla* se define con un límite superior en el último campo de entrada de la sección del diálogo *General* para restringir el número de nudos generados y de este modo asegurar la eficiencia del programa y del equipo.

Barras

Para cables, cimentaciones y barras de sección variable o barras con propiedades plásticas, puede especificar el número de divisiones internas, que conduce a una división real de la barra mediante nudos intermedios. Sin embargo, si una barra se coloca sobre una línea de contorno

de una superficie, o si la línea de definición tiene un refinamiento de malla de EF, el requisito no tiene efecto.

Marque la casilla de verificación para *Activar divisiones de barra para grandes deformaciones o análisis postcríticos* para dividir también vigas por nudos intermedios para el cálculo según el análisis de grandes deformaciones, así que estas barras se calculan con precisión elevada. El número de divisiones de barra se determina mediante el campo de entrada anterior.

Si selecciona *Usar división para barras rectas, que no estén integradas en superficies*, los nudos de EF se generan en todas las barras libres y consideran para los cálculos según el análisis estático lineal y de segundo orden. La longitud de los elementos finitos se determina mediante la longitud de destino global l_{FE} establecida en la sección del diálogo *General* o introducida manualmente.

Con la opción marcada *Usar división para barras con nudos que estén sobre ellas*, RFEM genera nudos de EF en aquellas posiciones de barra donde se encuentran nudos extremos de otras barras, sin ninguna conexión.

Superficies

Para elementos se determinan los resultados más precisos acercándose lo más posible a la forma de un cuadrado. Para un cuadrado, la relación de diagonales es $D_1/D_2=1$. En el campo de entrada *Razón máx. de diagonales de rectángulos de EF*, introduzca el valor límite Δ_D para la razón de diagonales. Si el valor se establece demasiado elevado, hay riesgo de que los elementos se generen con ángulos muy agudos o ángulos reflejos. Puede conducir a problemas numéricos.

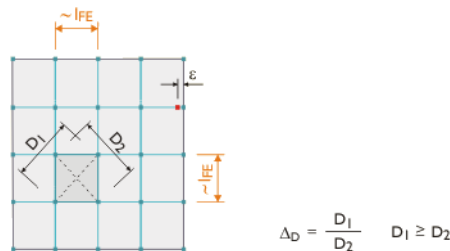


Figura 7.11: Elementos con diagonales D_1 y D_2

Una superficie curva se transforma en elementos planos al crear la malla de EF. El valor introducido en el campo de entrada *Inclinación máxima fuera del plano de dos elementos finitos* define el ángulo máximo de inclinación admisible α : la malla se refina automáticamente en la posición donde se sobrepasa el valor.

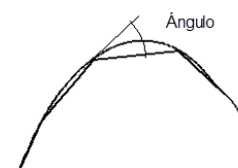


Figura 7.12: Ángulo de inclinación α entre dos elementos finitos

Si el modelo se define como una placa de tipo 2D - en XY, puede especificar un *Refinamiento de malla de EF a lo largo de las líneas* para crear elementos finitos menores sobre todas las líneas, y de este modo aproximar mejor por ejemplo resultados a lo largo de líneas apoyadas. La relación Δb se refiere al tamaño de malla global. Describe la distancia de borde del refinamiento a partir de las líneas.

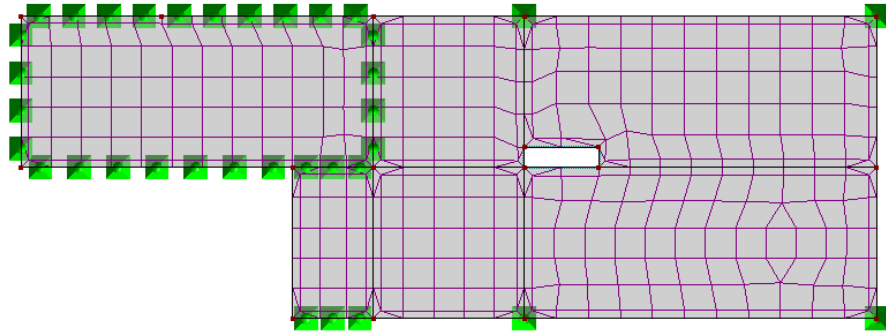


Figura 7.13: Refinamiento de malla de EF a lo largo de las líneas de contorno de una losa 2D

Marque la casilla de verificación *Integrar objetos no usados en superficies* para generar nudos de EF también sobre objetos que no tengan una función específica para una superficie (por ejemplo nudos libres sin apoyo o carga, líneas de construcción en superficies). La función se deshabilita de forma predeterminada de manera que los objetos estructuralmente irrelevantes no deformen la malla de EF.

La *Forma de elementos finitos* se puede determinar a partir de las siguientes tres opciones:

- Triangulares y cuadrangulares: configuración predeterminada
- Sólo triangulares: opción en caso de que los cuadrángulos causen distorsiones de malla fuertes
- Sólo cuadrangulares: opción para una precisión más elevada de resultados

La opción marcada *Asignación de malla preferida* intenta alinear la malla de EF con las líneas de contorno de superficies. Este tipo de generación de malla de EF se puede definir para cada superficie individualmente (cuadro de diálogo *Editar superficie*, pestaña *Malla de EF*).

Una malla asignada se compone exclusivamente de cuadrángulos. En general, una malla asignada ofrece resultados "más precisos". Desde que también cantidades desconocidas ocurren menos frecuentemente en el sistema de ecuaciones, se recomienda para generar la malla.

Opción

Marque la casilla de verificación para *Regenerar malla de EF al [Aceptar]* si desea generar una nueva malla de EF tras confirmar el cuadro de diálogo.

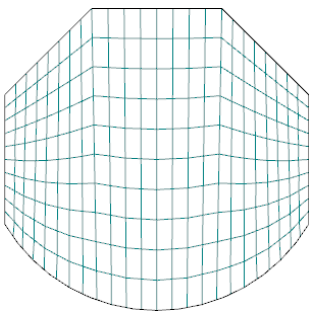
7.2.3 Refinamientos de malla de EF

Saque provecho de los refinamientos de malla de EF para influenciar la generación de malla de EF. Puede refinar la malla en puntos relevantes, por ejemplo en zonas de conexión. Los refinamientos también se usan para realizar un compromiso apropiado entre precisión de resultados y tiempo de cálculo.

Básicamente, hay cuatro tipos de refinamientos de malla de EF:

- Refinamiento alrededor de un nudo
- Refinamiento en una línea
- Refinamiento en una superficie
- Refinamiento en un sólido

La definición de refinamientos de mallas de EF se describe en el capítulo 4.23 en la página 176.



Malla de EF asignada

7.2.4 Generación de malla de EF



Para iniciar la generación de malla de EF,

seleccione **Generar malla de EF** en el menú **Cálculo**.

Además, la malla de EF se genera automáticamente cuando inicia el cálculo de un caso de carga. Sin embargo, se recomienda considerablemente comprobar la malla generada antes de iniciar el cálculo, y comprobar si está disponible una discretización suficiente y "armoniosa" o si las áreas de refinamiento son aún necesarias.

En cambio, las zonas de menor relevancia para la evaluación de resultados se puede cubrir mediante una malla de EF de mallado más grueso. Por ejemplo, defina un "refinamiento de malla" de superficie con un tamaño de malla mayor a la longitud de destino l_{FE} . De esta forma, es posible acelerar el cálculo así como la evaluación.



Cuando la generación de malla de EF es satisfactoria,

seleccione **Estadística de malla de EF** en el menú **Cálculo**

para abrir el cuadro de diálogo con información sobre la malla generada de EF.

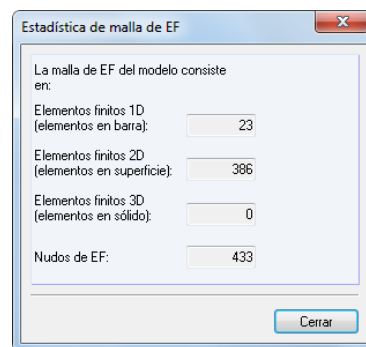


Figura 7.14: Cuadro de diálogo *Estadística de malla de EF*

Las estadísticas muestran tipos y números de elementos finitos generados, que son útiles para seleccionar el método de resolución de ecuaciones apropiado y para estimar el tiempo de cálculo aproximado (ver capítulo 7.3, página 296).



La malla de EF se elimina automáticamente cuando los datos del modelo se modifican. Además, es posible eliminar la malla expresamente. Para activar la función correspondiente,

seleccione **Eliminar malla de EF** en el menú **Cálculo**.

Tenga en cuenta que todos los resultados que puedan estar disponibles se eliminan también.

7.3 Parámetros de cálculo

Cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*

Al crear un caso de carga o combinación de carga, ya es posible definir parámetros de cálculo. La configuración se puede especificar en la pestaña respectiva de la sección del diálogo *Parámetros de cálculo* del cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*.

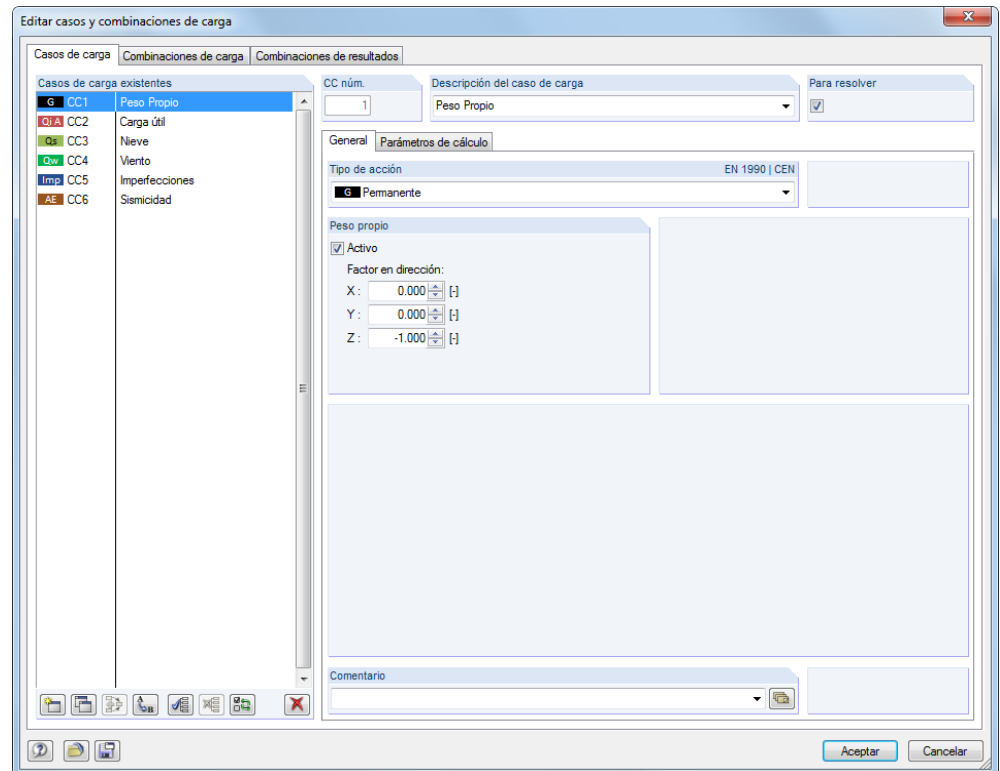


Figura 7.15: Cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga*, pestaña *Casos de carga* y *Parámetros de cálculo*

Además de ofrecer una información general sobre todos los casos y combinaciones de carga, el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* controla los parámetros de cálculo para cada caso de carga, combinación de carga y combinación de resultados.

Cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo*

Además, puede acceder a los parámetros de cálculo en un cuadro de diálogo aparte.

Para abrir el cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo*,

seleccione **Parámetros de cálculo** en el menú **Cálculo**

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

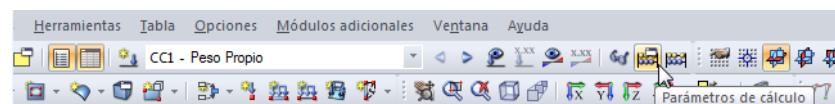


Figura 7.16: Botón [Parámetros de cálculo]

El cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* consta de cuatro pestañas de diálogo. Las tres primeras pestañas administran los parámetros de cálculo de cada caso de carga, respectivamente de la combinación de carga y de resultados. En la cuarta pestaña *Parámetros de cálculo global* (ver Figura 7.22, página 293) puede comprobar y, en caso necesario, ajustar requisitos que sean válidos universalmente.

7.3.1 Casos de carga y combinaciones de carga

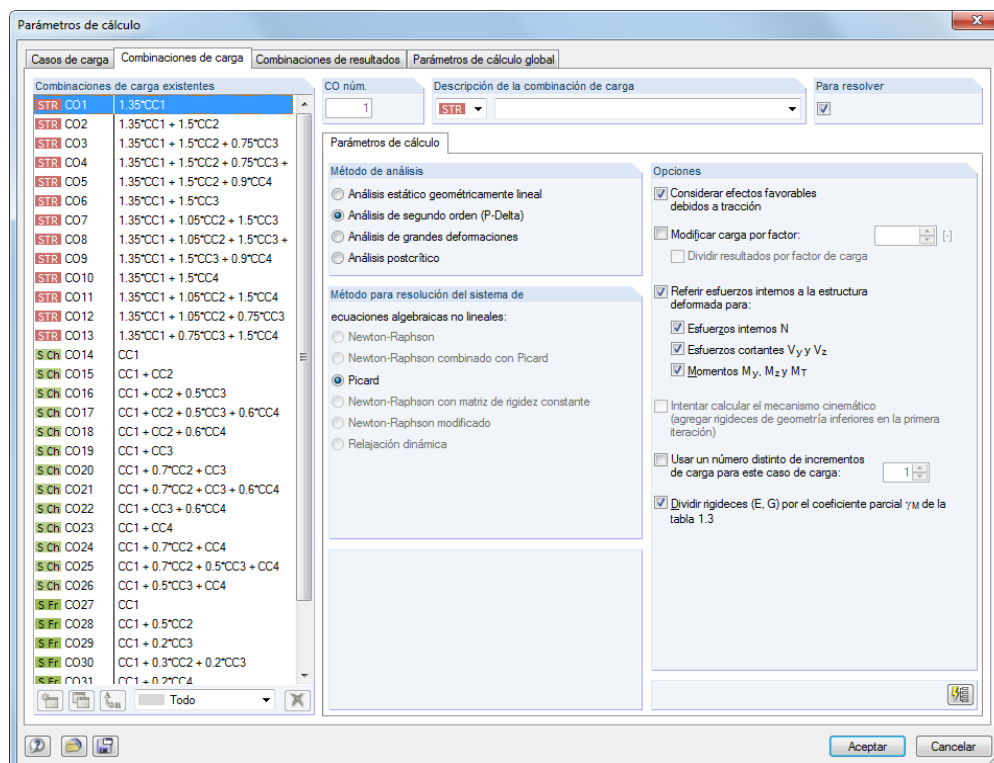


Figura 7.17: Cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo*, pestaña *Combinaciones de carga*

La sección del diálogo *Casos de carga existentes*, respectivamente *Combinaciones de carga existentes*, enumera todos los casos y combinaciones de carga disponibles. Puede ajustar los *Parámetros de cálculo* de la entrada seleccionada en la sección del diálogo a la derecha.



El botón [Aplicar configuración] asigna los requisitos actuales a todos los casos y combinaciones de carga.

La pestaña de diálogo *Combinaciones de carga* se subdivide en las pestañas de la sección del diálogo *Parámetros de cálculo*, *Modificar rigideces* (ver página 288) y, si se aplica, *O* (ver página 289).

7.3.1.1 Pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo*

Método de análisis

En la sección del diálogo, decide si el caso/combinación de carga se calcula según el análisis *estático lineal*, *de segundo orden* o *de grandes deformaciones*. Seleccione la opción *Análisis post-crítico* para realizar un análisis de estabilidad según el análisis de grandes deformaciones con respecto al fallo post-crítico de la estructura completa.

RFEM preestablece el cálculo lineal según el análisis estático lineal para casos de carga, y cálculo no lineal según el análisis de segundo orden para combinaciones de carga.



Cuando el modelo incluye barras de cable, un análisis de grandes deformaciones se sugiere en todos los casos. Las barras de cable se calculan siempre según el análisis de grandes deformaciones, las barras restantes según el método de análisis seleccionado.

Análisis de segundo orden

El análisis de segundo orden común "estructural" se usa para determinar el equilibrio en el sistema deformado. Las deformaciones se suponen pequeñas. Si los esfuerzos axiales están disponibles en el sistema, conducen a un aumento de momentos flectores. De este modo, el cálculo

según el análisis de segundo orden por TIMOSHENKO [10] tiene sólo efecto si los esfuerzos axiales son considerablemente superiores a los esfuerzos cortantes. El momento flector adicional ΔM resulta del esfuerzo axil N y el brazo mecánico elástico e_{el} .

$$\Delta M = N \cdot e_{el}$$

Ecuación 7.1

Para sistemas estructurales sometidos a presión hay una relación constantemente lineal entre carga y esfuerzos internos. Normalmente, tiene que calcular también con acciones de plegado γ .

La diferencia de esfuerzo axil en las iteraciones representa el criterio de ruptura. Para elementos de barra, el esfuerzo axil decisivo que modifica la rigidez para el análisis de segundo orden se asume como constante a lo largo de la barra completa. El cálculo se detiene tan pronto como algún valor de la diferencia del esfuerzo axil disminuye. Es posible influir sobre este límite de rotura en la sección del diálogo *Precisión y tolerancia* de la pestaña del diálogo *Parámetros de cálculo global*.

Para cálculos no lineales según el análisis de segundo orden, las suposiciones del análisis elástico lineal son las mismas con las siguientes adiciones:

- No ocurren deformaciones plásticas.
- Los esfuerzos externos permanecen fieles a la dirección.
- Para las barras con esfuerzo axil no constante (por ejemplo pilares) el valor medio del esfuerzo axil N se aplica para determinar el coeficiente de barra ε .

Análisis de grandes deformaciones

El análisis de grandes deformaciones ("teoría de tercer orden") considera los esfuerzos longitudinales y transversales durante el análisis de esfuerzos internos. Si el cálculo según este análisis de grandes deformaciones se selecciona, todas las superficies y barras se calculan según esta teoría de cálculo.



La matriz de rigidez se crea para el sistema deformado tras cada etapa de iteración. Tenga en cuenta que hay diferencias significativas entre las cargas definidas como locales y como globales: por ejemplo, cuando una carga superficial definida como global en Z actúa sobre un forjado, mantiene su dirección si los elementos se alabean. Pero cuando la carga es eficaz en dirección del eje z de la superficie local, se alabea sobre cada elemento según el alabeo del elemento.

Análisis postcrítico

Se realiza un análisis de estabilidad con respecto al fallo postcrítico. El método representa un cálculo modificado según el análisis de grandes deformaciones por NEWTON-RAPHSON donde la influencia de esfuerzos axiales se considera para cambios que ocurren en rigideces a cortante y a flexión. La matriz de rigidez tangencial se guarda en cada etapa de iteración. En caso de singularidades (lo que significa inestabilidad), la matriz de rigidez de la iteración anterior se usa para nuevas iteraciones geométricas, con incremento hasta que la matriz de rigidez tangencial de la configuración actual se vuelva regular (estable).

Método para resolución del sistema de

ecuaciones algebraicas no lineales:

- Newton-Raphson
- Newton-Raphson combinado con Picard
- Picard
- Newton-Raphson con matriz de rigidez constante
- Newton-Raphson modificado
- Relajación dinámica

Método para resolver el sistema de ecuaciones no lineales

Seis métodos para resolver el sistema no lineal, algebraico de ecuaciones están disponibles para la selección:

Newton-Raphson

La aproximación según NEWTON-RAPHSON se preestablece para el análisis de grandes deformaciones. El sistema de ecuaciones no lineal se resuelve numéricamente por medio de aproximaciones iterativas con tangentes. La matriz de rigidez tangencial se determina como función del estado actual de deformación; se invierte en cada ciclo de iteraciones. En la mayoría de casos, una convergencia rápida (cuadrática) se alcanza.

Puede influenciar en la representación de la convergencia mediante el número de incrementos de carga establecido en la pestaña del diálogo *Parámetros de cálculo global*.

Newton-Raphson combinado con Picard

Primero, se aplica la aproximación según PICARD (ver siguiente). Tras unas pocas iteraciones, el programa cambia al método NEWTON-RAPHSON. La idea básica de esta aproximación es usar el método relativamente fuerte de PICARD para las primeras etapas de iteración con el fin de evitar mensajes de inestabilidad. La aproximación inicial está seguida del método rápido según NEWTON-RAPHSON para buscar el estado último de equilibrio.

En la sección del diálogo *Configuración* de la pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo global*, puede definir el porcentaje que se usa para las iteraciones según PICARD cuando se aplica el método combinado (ver Figura 7.22, página 293).

Picard

El método según PICARD, también conocido como método de la secante, se puede entender como la aproximación de las derivadas por diferencias finitas del método de Newton. El programa considera la diferencia entre el recorrido de iteración actual y el recorrido de iteración original en la etapa de incremento de carga actual.

A menudo, la convergencia es más lenta en el método de cálculo según NEWTON-RAPHSON. Pero el método demuestra ser más fuerte con respecto a problemas no lineales, haciendo el cálculo más estable.

Newton-Raphson con matriz de rigidez constante

Esta versión del método de NEWTON-RAPHSON se puede seleccionar para los cálculos según el análisis de grandes deformaciones. La matriz de rigidez se crea sólo una vez en la primera etapa de iteración, y luego se usa en todas las repeticiones de cálculo posteriores.

De este modo, el cálculo se ejecuta más rápido, pero no tan estable como los cálculos según el método normal o modificado de NEWTON-RAPHSON.

Newton-Raphson modificado

Este método se usa para realizar análisis postcrítico (ver sección del diálogo *Método de análisis* anterior) donde se debe superar un intervalo con inestabilidad. Si una inestabilidad está disponible y la matriz de rigidez no se puede invertir, el programa usa la matriz de rigidez de la última etapa de iteración estable. El programa continúa calculando con esta matriz hasta que un intervalo de estabilidad se alcanza de nuevo.

Relajación dinámica

El método final es apropiado para cálculos según el análisis de grandes deformaciones y para resolver problemas con respecto al análisis postcrítico. Se introduce un parámetro de tiempo artificial. Considerando la inercia y la amortiguación, el fallo se puede manejar como un problema dinámico. Esta aproximación usa el método explícito tiempo-integración; la matriz de rigidez no se invertirá.

Ninguna parte del modelo se admite para tener un peso específico de cero al cálculo con relajación dinámica.

Este método incluye la amortiguación de RAYLEIGH que se puede definir por medio de las constantes α y β según la siguiente ecuación con derivaciones en función del tiempo:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = f$$

donde	M	Matriz de masas
	C	Matriz de amortiguamiento $C = \alpha M + \beta K$
	K	Matriz de rigidez
	f	Vector de fuerzas externas
	u	Vector de desplazamiento discreto

Ecuación 7.2

Opciones

Modificar carga por factor

Tras marcar la casilla de verificación, puede introducir un factor en el campo de entrada por el cual se multiplican todas las cargas contenidas en el caso o combinación de carga. El factor también se refleja en los vectores y valores de carga del gráfico. Generalmente, también se permiten factores negativos.

Normas antiguas reivindican multiplicar cargas globalmente por un cierto factor con el fin de incrementar efectos según el análisis de segundo orden para cálculos de estabilidad. Por otro lado, el cálculo se debe realizar con las cargas características. Ambos requisitos se pueden cumplir introduciendo un factor mayor de 1.00 y marcando la casilla de verificación *Dividir resultados por factor de carga*.

Cuando se analizan estructuras según las normas actuales, las cargas no se deben editar con cualquier factor. En su lugar, los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación se deben aplicar para la superposición en las combinaciones de carga y de resultados.

Modificar rigidez

Si se marca la casilla de verificación, los coeficientes de rigidez de los materiales (ver capítulo 4.3, página 63), las secciones (ver capítulo 4.13, página 127) y las barras (ver capítulo 4.17, página 154) se consideran en el cálculo. La configuración se puede definir en detalle en la pestaña de diálogo *Modificar rigidez* (ver capítulo 7.3.1.2, página 288).

Activar opciones extra

Cuando marca la casilla de verificación de la pestaña de diálogo *Opciones extra* se vuelve disponible donde puede activar las deformaciones o fuerzas iniciales de un caso de carga así como los resultados de un módulo adicional para el cálculo (ver capítulo 7.3.1.3, página 289).

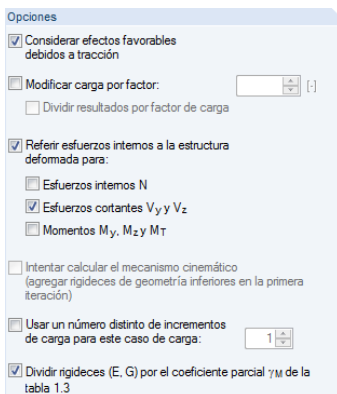
Considerar efectos favorables debidos a la tracción

Los esfuerzos de tracción tienen un efecto favorable sobre los sistemas estructurales predeformados. De este modo, la predeformación se reduce y la estructura se estabiliza.

Existen opiniones diferentes sobre cómo considerar esfuerzos de tracción que actúan de una forma favorable. Las normas contienen reglamentos según los cuales las acciones disipadas se deben considerar con un coeficiente parcial de seguridad menor que los efectos desfavorables.

Los coeficientes parciales de seguridad que varían de una barra a otra no se pueden realizar en un tiempo de cálculo aceptable. Por lo tanto, RFEM le ofrece la opción de establecer esfuerzos de tracción generalmente en cero para cálculos según el análisis de segundo orden. Con esta aproximación siempre está del lado de la seguridad. Si desea usar esta opción, vacíe la casilla de verificación.

Por otro lado, se puede decir que las normas se refieren a las acciones y no a los esfuerzos internos. Por lo tanto, es necesario decidir para la acción como un todo si es favorable o desfavorable. De este modo, si una acción desfavorable tiene un efecto favorable en ciertas zonas del modelo, sin duda es posible considerarlo. Por lo que, si desea considerar los esfuerzos axiales sin



cambio alguno en el cálculo según esta aproximación, la casilla de verificación se debe marcar (configuración predeterminada).

El efecto favorable de los esfuerzos de tracción se debería considerar en la mayoría de casos, por ejemplo para naves con arriostramientos o sistemas estructurales afectados por flexión. Pero por favor tenga en cuenta que el alivio debido a efectos de esfuerzos de tracción para vigas con cables de apoyo puede dar lugar a una reducción indeseada de deformaciones y esfuerzos internos.

Referir esfuerzos internos a la estructura deformada

La opción habilita la salida para cálculos no lineales que muestran esfuerzos axiales y esfuerzos cortantes así como momentos flectores y momentos torsores de barras referidos a los sistemas de coordenadas de revolución del sistema deformado. Hay tres casillas de verificación disponibles para los tipos de esfuerzos internos *Esfuerzos axiales*, *Esfuerzos cortantes* y *Momentos*.

Cálculo de mecanismo cinemático

Puede intentar hacer un modelo inestable disponible para el cálculo: internamente, los muelles pequeños se aplican estabilizando el modelo para la primera iteración. Cuando un estado inicial estable se alcanza, los muelles se quitan para las iteraciones posteriores.

Separar número de incrementos de carga

Puede definir un número individual de etapas de incremento de carga para cada caso de carga y cada combinación de carga. De este modo, el número especificado en la pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo global* deja de ser válido (ver 7.3.3, página 293).

7.3.1.2 Pestaña de diálogo *Modificar rigidez*

La pestaña de diálogo se muestra sólo cuando se marca la casilla de verificación *Modificar rigidez (material, secciones, barras, combinación de carga)* en la pestaña anterior *Parámetros de cálculo*.

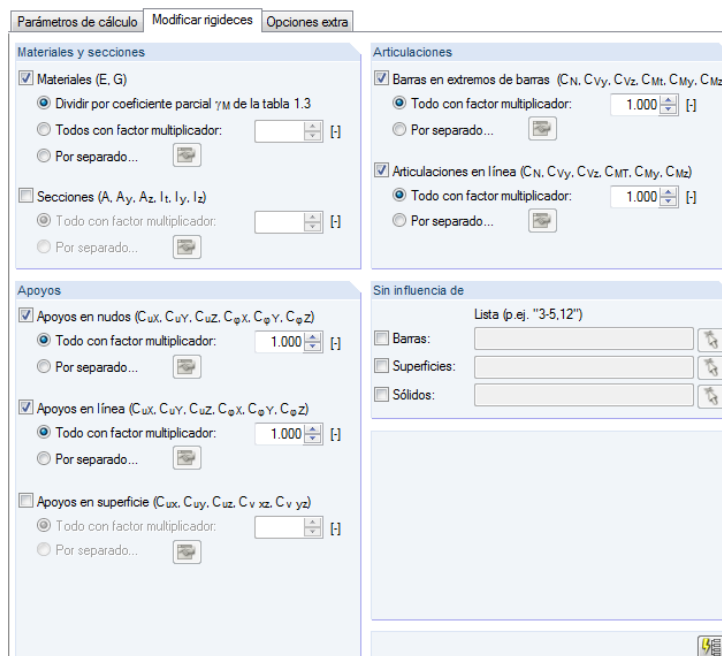


Figura 7.18: Pestaña de diálogo *Modificar rigidez*



La configuración introducida en esta pestaña de diálogo afecta sólo al caso de carga o combinación de carga que esté seleccionado en la lista de la izquierda. El botón [Aplicar configuración] transfiere los parámetros actuales a todos los casos de carga, respectivamente combinaciones.

Materiales y secciones / apoyos / articulaciones

Con los requisitos definidos en las secciones del diálogo puede decidir cómo se consideran las rigideces de los diferentes parámetros del modelo en el cálculo.

- *Todo con factor multiplicador*
Especifique un factor mediante el cual la rigidez de los materiales, secciones, apoyos y articulaciones se multipliquen globalmente.
- *Por separado*
Use el botón [Modificar] para abrir un nuevo cuadro de diálogo donde pueda asignar un factor de rigidez específico para cada objeto.



Desactivar

Use los tres campos de entrada para definir qué *Barras*, *Superficies* o *Sólidos* no están afectados por las modificaciones de rigidez definidas, que significa que se considera con el factor 1,0 en el cálculo. Puede seleccionar objetos también gráficamente usando la función [↵].



7.3.1.3 Pestaña de diálogo Opciones extra

La pestaña de diálogo se muestra sólo cuando la casilla de verificación para *Activar opciones extra* se marca en la pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver Figura 7.17, página 284).

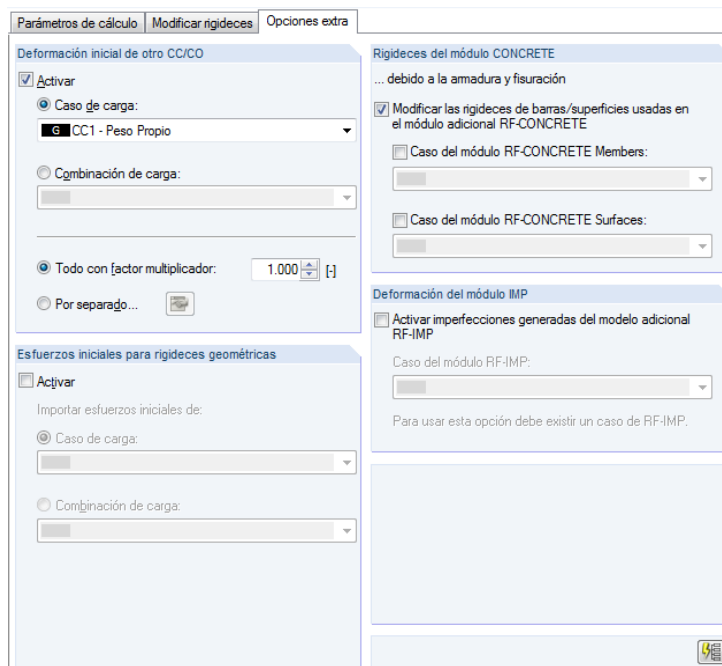


Figura 7.19: Pestaña de diálogo *Opciones extra*

Deformación inicial de otro caso de carga/combinación de carga

Seleccione un caso de carga o combinación de carga cuyas deformaciones desea considerar como deformación inicial en el cálculo. Los nudos de EF se conmutan en consecuencia antes de que se inicie el cálculo. Si los resultados no están aún disponibles para el caso o combinación de carga seleccionado, se calculan automáticamente.

Especifique el factor mediante el cual desea modificar la escala de las deformaciones:

- *Todo con factor multiplicador*
Las deformaciones de barras, superficies y sólidos se multiplican globalmente por el factor especificado.



- *Por separado*

Use el botón [Editar] para abrir un nuevo cuadro de diálogo donde pueda asignar un factor de escala específico de deformación para cada barra, superficie y sólido.

Fuerzas iniciales para rigideces geométricas

Puede seleccionar un caso o combinación de carga cuyos esfuerzos axiales desea usar para una deformación inicial. De esta forma, puede considerar por ejemplo el efecto estabilizador de otro caso de carga (que el especificado anterior en la sección del diálogo *Deformación inicial*).



El acceso a la sección del diálogo está sólo disponible para un cálculo según el análisis de segundo orden.

Rigidez del módulo adicional RF-CONCRETE

Las rigideces de los elementos de hormigón armado, resultantes de análisis de armaduras y fisuras según el método de cálculo no lineal realizado en los módulos de RF-CONCRETE, se pueden considerar en el cálculo. Tras marcar la casilla de verificación, especifique el caso del análisis del módulo adicional **RF-CONCRETE Members** o **RF-CONCRETE Surfaces**.

Los cálculos con rigideces de RF-CONCRETE se realizan con éxito sólo si los casos de cálculo se han creado y si los cálculos son posibles sin situaciones no calculables.

Deformación inicial del módulo adicional RF-IMP

Las imperfecciones se pueden considerar en la forma de un modelo equivalente predeformado creado en el módulo adicional **RF-IMP**. Cuando el programa no tiene licencia, las imperfecciones equivalentes para barras (ver capítulo 6.13, página 265) o deformaciones iniciales de un caso de carga (ver anterior) se pueden aplicar manualmente.

El cálculo sobre el modelo equivalente predeformado sólo es posible si este modelo se ha creado previamente en el módulo adicional RF-IMP. El módulo adicional genera imperfecciones en base a los valores propios de RF-STABILITY, RF-DYNAM o de deformaciones a partir de un caso de carga de RFEM que tiene modificado la escala a una ordenada máxima.

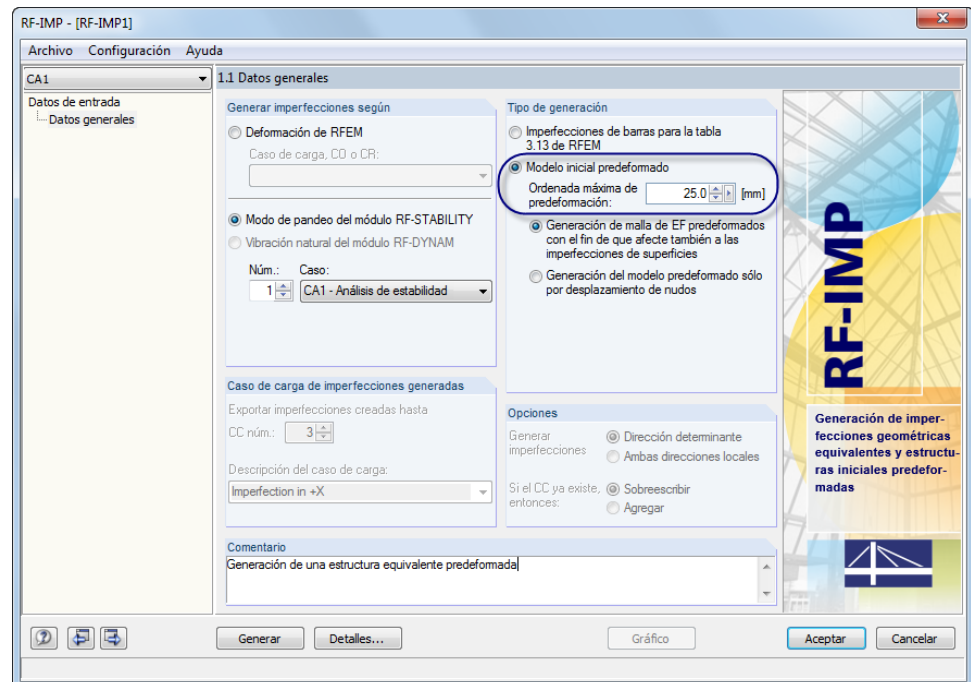


Figura 7.20: Módulo adicional RF-IMP con tipo de generación *Modelo inicial predeformado*

El modelo equivalente se almacena separadamente sin modificar los datos geométricos característicos. Las coordenadas de nodos de EF no se alinean con el modelo equivalente hasta que las combinaciones de carga se calculan.

Puede usar un modelo equivalente diferente para cada combinación de carga. Seleccione el caso relevante en la lista *Caso* del módulo RF-IMP.

7.3.2 Combinaciones de resultados

Para la información básica sobre casos de carga de superposición en combinaciones de resultados, ver capítulo 5.6 *Combinaciones de resultados* en la página 216.

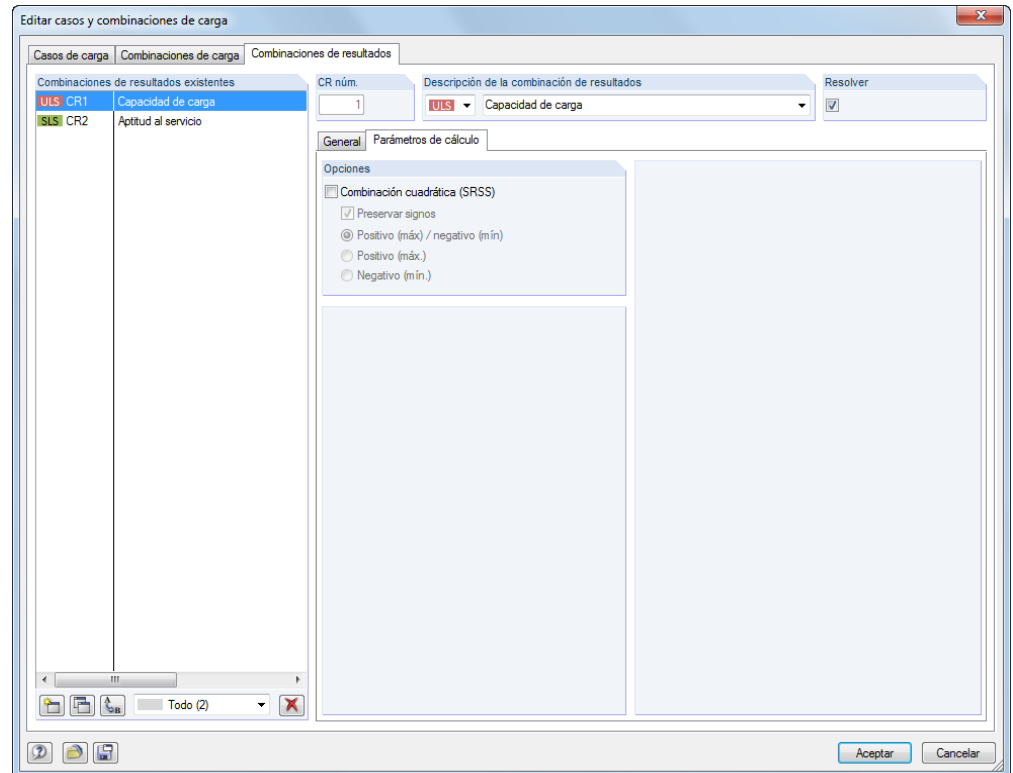


Figura 7.21: Cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo*, pestaña *Combinaciones de resultados*

En la sección del diálogo *Combinaciones de resultados existentes*, puede encontrar una lista de todas las combinaciones de resultados creadas o generadas. Puede editar los *Parámetros de cálculo* de la entrada seleccionada en la sección del diálogo a la derecha.

Opciones

La *Combinación cuadrática* se desactiva de forma predeterminada. De este modo, los esfuerzos internos se superimponen mediante una superposición añadida:

$$B = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

Ecuación 7.3

La configuración predeterminada es apropiada para la mayoría de los casos de aplicación. Una adición cuadrada de esfuerzos internos es relevante para análisis dinámicos, por ejemplo al combinar casos de carga debidos a fuerzas centrífugas. En este caso, la suma de Pitágoras se crea de la forma siguiente:

$$B = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + \dots + A_n^2}$$

Ecuación 7.4

Cuando la adición cuadrada se activa, puede usar las opciones *Positivo/Negativo* para decidir qué valores extremos de los casos de carga se consideran en la supercombinación, y si desea *Preservar signos*. De esta forma, los valores extremos de los esfuerzos internos modales y deformaciones así como los resultados que pertenecen a la componente determinante se puede determinar conforme a los signos.

7.3.3 Parámetros de cálculo global



La pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo global* administra la configuración generalmente aplicada a todos los casos de carga y combinaciones de carga. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

- seleccione **Parámetros de cálculo** en el menú **Cálculo**
- o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

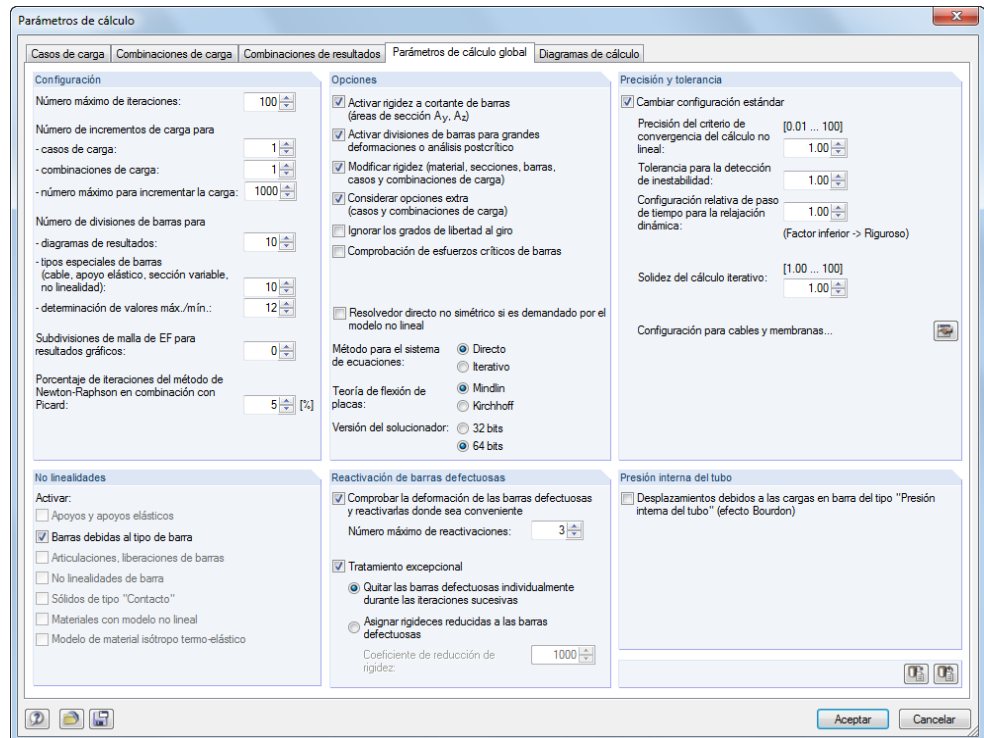


Figura 7.22: Cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo*, pestaña *Parámetros de cálculo global*

Configuración

Número máximo de iteraciones

Al usar el análisis de segundo orden o de grandes deformaciones así como objetos que no son eficaces linealmente, tiene que calcular iterativamente. El valor del campo de entrada define el número mayor posible de ejecuciones de cálculo. El requisito no tiene nada que ver con el método de iteración establecido para el sistema de ecuaciones descrito para la sección del diálogo *Opciones*.

Cuando el cálculo alcanza el número máximo de iteraciones sin conseguir un equilibrio, RFEM muestra un mensaje correspondiente. Los resultados se pueden mostrar de todas formas.

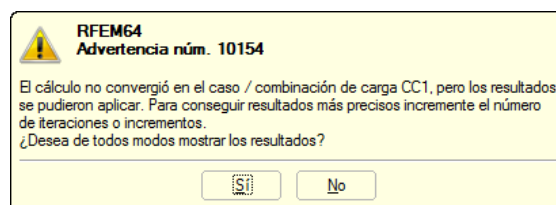


Figura 7.23: Mensaje mostrado para el problema de convergencia

Número de incrementos de carga

Los requisitos de este campo de entrada sólo tienen efecto para el cálculo según el análisis de segundo orden o grandes deformaciones. Encontrar un equilibrio es con frecuencia difícil

cuando se consideran grandes deformaciones. Las inestabilidades se pueden evitar aplicando la carga en varias etapas.

Por ejemplo, cuando dos incrementos de carga se especifican, la mitad de la carga se aplica en la primera etapa. Las iteraciones se realizan hasta que se encuentra el equilibrio. Luego, en la segunda etapa, la carga completa se aplica al sistema ya deformado y las iteraciones se ejecutan de nuevo hasta que se alcanza el estado de equilibrio.

Tenga en cuenta que los incrementos de carga tienen un efecto desfavorable sobre el tiempo de cálculo. Por lo tanto, el valor 1 (incremento de carga no gradual) se preestablece en el campo de entrada.

Además, puede definir para cada caso y combinación de carga cuantos incrementos de carga desee aplicar (ver capítulo 7.3.1.1, página 288). Entonces, los requisitos globales se ignoran.

Número de divisiones de barras para diagramas de resultados

El campo de entrada afecta al diagrama de resultados de barras que no tienen otras divisiones de malla de EF distintas (por ejemplo debido a un refinamiento de malla de EF o a una superficie conectada). Si una división de 10 se establece, RFEM divide la longitud de barra mayor en el sistema entre 10. Con la longitud de división del sistema relacionado RFEM determina para cada barra distribuciones de resultados gráficos en los puntos de división.

En el cuadro de diálogo *Configuración de malla de EF*, hay otra opción de división existente para barras rectas que no estén integradas en superficies (ver Figura 7.10, página 279). Con esta opción puede crear nudos de EF en todas las barras libres cuyos resultados se usen para diagramas de resultados gráficos.

Número de divisiones de barras para tipos especiales de barras (cable, apoyo elástico, sección variable, no linealidad)

En contraste con la opción de división anterior, una división real de la barra se define ahora por nudos intermedios internos. Los requisitos afectan a los cables, barras de apoyo (tensiones de contacto), barras de sección variable (interpolación de valores de la sección) y barras con propiedades plásticas (zonas de fluencia) si no se han dividido aún por nudos de EF: la división es irrelevante si una barra está posicionada sobre una línea de contorno de una superficie o si la línea de división tiene un refinamiento de malla de EF.

Número de divisiones de barras para determinación de valores máx./mín.

El valor especifica la división interna mediante el cual los esfuerzos internos máximos y mínimos de barras se determinan. De este modo, la división (configuración predeterminada: 12) representa las bases para los valores extremos que se muestran en las tablas de resultados y gráfico. La división se usa también para calcular los esfuerzos internos de barra de las combinaciones de carga.

Subdivisiones de malla de EF para resultados gráficos

La división controla la precisión de distribuciones gráficas dentro de los elementos finitos. El siguiente ejemplo compara los resultados con las divisiones de 0 y 3.

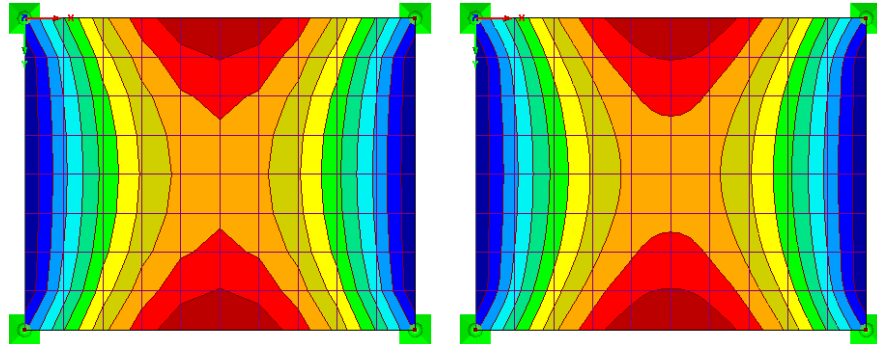


Figura 7.24: Diagrama de resultados gráficos m-x con división 0 (izquierda) y 3 (derecha)

Porcentaje de iteraciones del método *Newton-Raphson* en combinación con *Picard*

La aproximación según *PICARD* actúa en base a la suposición de rigideces secantes, pero el método de *NEWTON-RAPHSON* supone rigideces tangentes (ver capítulo 7.3.1, página 286). Cuando la opción de cálculo *Newton-Raphson combinado con Picard* se selecciona, las rigideces secantes se usan en las primeras iteraciones antes de que se amplíen las rigideces tangentes para las iteraciones restantes.

En el campo de entrada, puede definir el porcentaje de las primeras iteraciones con rigideces secantes. Especifique el valor en relación al número total de iteraciones.

Opciones

Activar rigidez a cortante de barras (áreas de la sección A_y , A_z)

Considerar rigideces a cortante conduce a un incremento de deformaciones debidas a esfuerzos cortantes. Las deformaciones por cortante son casi irrelevantes para secciones laminadas y soldadas. Para secciones macizas y de madera, sin embargo, se recomienda considerar las rigideces a cortante para los análisis de deformación.

Las deformaciones por cortante sólo tienen un efecto sobre los nudos extremos de barras. Por lo tanto, una viga de vano simple se debe dividir en nudos intermedios de manera que el incremento se vuelva eficaz.

Activar divisiones de barra para grandes deformaciones o análisis postcrítico

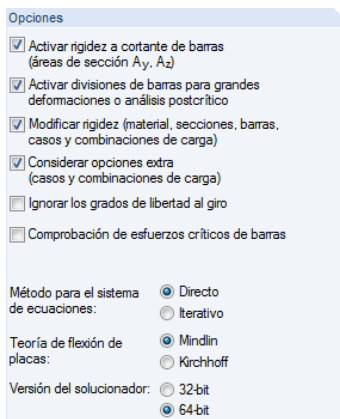
Las vigas se pueden dividir en nudos intermedios para el cálculo según el análisis de grandes deformaciones para calcular tales barras con una precisión elevada. El número de divisiones se toma del campo de entrada para barras de cable y de apoyo.

Modificar rigidez (material, secciones, barras, casos y combinaciones de carga)

Use esta casilla de verificación para definir globalmente si los factores de ajuste de las rigideces para materiales (ver capítulo 4.3, página 63), secciones (ver capítulo 4.13, página 127) y barras (ver capítulo 4.17, página 154) se consideran en el cálculo de casos de carga y combinaciones de carga. Los factores en los cuadros de diálogo de la barra y de la sección se preestablecen cada uno en 1.00. De este modo, la marca de verificación en la casilla de verificación usualmente no conlleva a reducciones o incrementos de la rigideces.

Considerar opciones extra

Si las *Opciones extra* se han definido para los parámetros de cálculo de los casos y combinaciones de carga (ver capítulo 7.3.1.3, página 289), es posible activarlas o desactivarlas marcando o desmarcando esta casilla de verificación.



Ignorar los grados de libertad al giro

Normalmente, seis grados de libertad se deben considerar en los sistemas estructurales espaciales. Para ahorrar tiempo, la opción le permite calcular modelos con sólo tres grados de libertad. Se aplican las siguientes simplificaciones: sólo son posibles desplazamientos, pero no giros. Sólo se calculan esfuerzos axiales como esfuerzos internos, pero no momentos flectores o torsores y no esfuerzos cortantes - como si el sistema constara sólo de vigas de cercha, cables o superficies de membrana.

Al usar esta aproximación, la matriz de rigidez se reduce a la mitad de las filas y tablas, lo cual en consecuencia afecta al tiempo de cálculo.

Comprobación de esfuerzos críticos de barras

A menudo, exceder la carga crítica ya en la primera iteración conduce a un mensaje de inestabilidad. Use esta casilla de verificación para controlar si la carga crítica está comprobada para cerchas, barras de compresión y de pandeo. Las longitudes eficaces de barras definidas se consideran.

Método para el sistema de ecuaciones

Ambas opciones controlan el método usado para resolver sistemas de ecuaciones: *Directo* o *Iterativo*. Para prevenir malentendidos: cuando se resuelve el sistema de ecuaciones directamente, un cálculo iterativo se realiza también, si las no linealidades están disponibles o los datos se calculan según el análisis de segundo orden o de grandes deformaciones. *Directo* e *Iterativo* se refiere a la administración de datos durante el cálculo.

La elección del método de resolución que conduce rápidamente a los resultados depende de la complejidad del modelo, así como del tamaño de la memoria principal (RAM) que esté disponible:

- Para sistemas de tamaño pequeño o mediano, el método de resolución *Directo* es más eficaz.
- Para sistemas grandes y complejos, el método *Iterativo* es más rápido para la salida de resultados.

Cuando las matrices para el método directo ya no se pueden almacenar en la memoria principal, Windows empieza a intercambiar partes de los datos al disco duro, lo cual ralentiza el cálculo directo. Las actividades del disco duro aumentan y la carga del procesador se reduce, lo cual es visible en el Administrador de tareas de Windows. Usando el método de cálculo iterativo ICG (*Incomplete Conjugate Gradient*) puede evitar este problema de almacenamiento.



Es necesario asegurarse de que Windows asigne automáticamente el archivo de intercambio lo suficientemente grande respectivamente el tamaño del archivo. Con un archivo de intercambio demasiado pequeño pueden ocurrir bloqueos del programa.



En el menú de la barra de herramientas **Opciones**, seleccione **Opciones del programa**, o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Opciones del programa*. En la pestaña de diálogo *Asistente de ayuda*, puede definir el número de elementos 2D y 3D para el cual, cuando se sobrepasa, RFEM muestra una advertencia de cálculo usando el método directo.

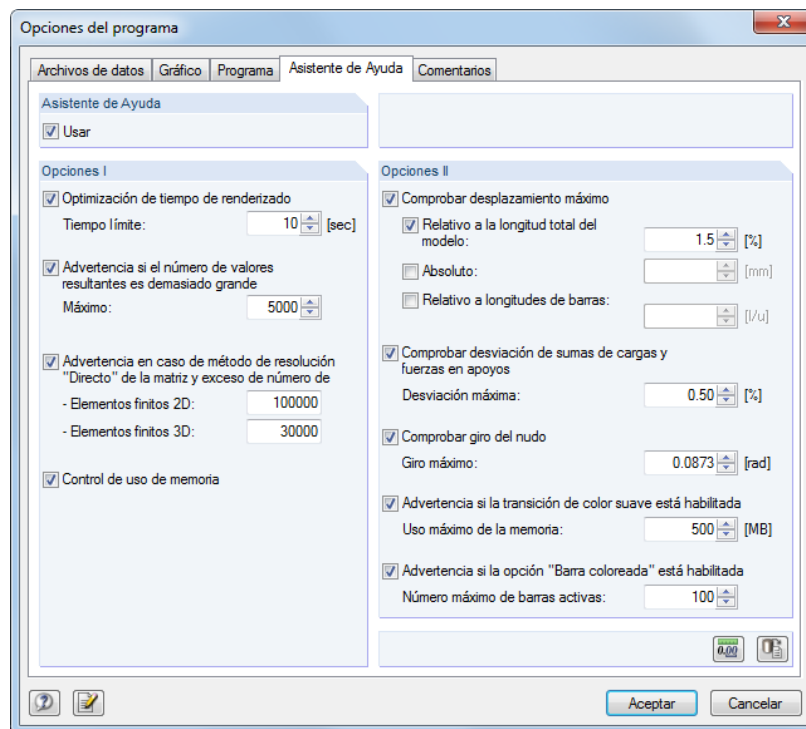


Figura 7.25: Cuadro de diálogo *Opciones del programa*, pestaña *Asistente de ayuda*

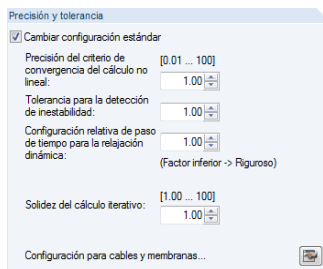


Teoría de flexión de placas

Las superficies se pueden calcular según las teorías de flexión de MINDLIN o KIRCHHOFF. El cálculo según MINDLIN incluye deformaciones por esfuerzo cortante, en el cálculo según KIRCHHOFF no se consideran. Por lo tanto, la opción de cálculo de *Mindlin* es apropiada para placas y láminas de pared relativamente delgada usadas en construcción maciza. La opción de *Kirchhoff* se recomienda para superficies que son relativamente delgadas como láminas metálicas en construcción de acero.

Precisión y tolerancia

Rara vez, es necesario ajustar los parámetros de tolerancia y convergencia preestablecidos. Marque la casilla de verificación *Cambiar configuración estándar* para habilitar los campos de entrada siguientes.



Precisión del criterio de convergencia del cálculo no lineal

Si los efectos no lineales están involucrados, o si el cálculo se realiza según el análisis de segundo orden o de grandes deformaciones, puede influir en el cálculo por medio del criterio de convergencia.

El cambio de esfuerzos axiales de las dos últimas iteraciones se compara barra a barra. Tan pronto como el cambio alcanza una cantidad fraccional específica del esfuerzo axial máximo, el cálculo se detiene. Es posible, sin embargo, que los esfuerzos axiales oscilen entre dos valores durante el proceso de iteración en lugar de convergerse. Con el valor introducido en este campo de entrada, la sensibilidad se puede definir con el fin de omitir estos efectos de oscilación.

La precisión también afecta al criterio de convergencia para los cambios de deformación en cálculos según el análisis de grandes deformaciones donde las no linealidades se consideran.

El valor predeterminado vale 1,0. El coeficiente mínimo vale 0,01, el valor máximo vale 100,0. Cuanto mayor sea el coeficiente, menos sensible será el límite de ruptura.

Tolerancia para la detección de inestabilidad

Hay diferentes aproximaciones por las cuales el comportamiento de estabilidad de un modelo se puede analizar. Sin embargo, ninguna de ellas es capaz de detectar matrices de rigideces singulares con absoluta fiabilidad.

RFEM usa dos procedimientos para determinar la inestabilidad: por un lado, los elementos en la diagonal principal de la matriz de rigidez se comparan con el mismo número en las iteraciones. Por otro lado, cada elemento de la diagonal principal se analiza en relación al número contiguo. La tolerancia se puede ajustar en el campo de entrada. Cuanto menor sea el valor, menos "sensible" se realiza el análisis.

Configuración relativa del paso de tiempo para la relajación dinámica

El parámetro de tiempo controla el cálculo por el método de relajación dinámica (ver 7.3.1.1, página 287). Cuanto menor sea el valor, menor será el paso de tiempo y más exactos serán los resultados.

Diagramas de cálculo

Durante el cálculo, se muestra un diagrama que representa el desarrollo de desplazamientos y giros (ver Figura 7.31, página 303).

En la pestaña *Diagramas de cálculo*, tiene la posibilidad de definir un nudo particular con el componente de deformación (ver Figura 8.2, página 305).

No linealidades

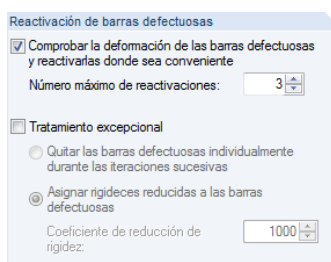
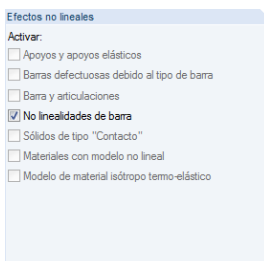
Cuando los elementos que actúan como no linealidades se usan en el modelo, puede desactivar el efecto de los siguientes elementos para el cálculo:

- Apoyos y apoyos elásticos (→ cap. 4.7, pág. 104, cap. 4.8, pág. 110, cap. 4.9, pág. 116)
- Barras debidas al tipo de barra (→ capítulo 4.17, pág. 151)
- Articulaciones en barras, liberaciones de nudos y líneas (→ capítulo 4.14, pág. 138)
- No linealidades de barra (→ capítulo 4.20, pág. 167)
- Sólidos de tipo "Contacto" (→ capítulo 4.5, pág. 96)
- Materiales con modelo no lineal (→ capítulo 4.3, pág. 64)
- Modelo de material isotrópico termo-elástico

No es recomendable suprimir los efectos no lineales salvo para efectos de ensayo, por ejemplo para encontrar la causa de una inestabilidad. Las opciones en esta sección del diálogo le ayudan a encontrar errores: a veces, un criterio de fallo definido incorrectamente es responsable de las interrupciones del cálculo.

Reactivación de barras defectuosas

La configuración en esta sección de diálogo concierne a elementos de barra que pueden fallar (por ejemplo barras traccionadas, barras comprimidas o barras de apoyo). Saque provecho de las opciones para resolver problemas de inestabilidad causados por barras defectuosas: un modelo por ejemplo se refuerza mediante tirantes. Debido a reducciones de panel por cargas verticales, las barras traccionadas reciben pequeños esfuerzos de compresión en la primera etapa de cálculo. Se quitarán del sistema. Luego, en la segunda ejecución de cálculo, el modelo es inestable sin los tirantes.



Comprobar la deformación de las barras defectuosas y reactivarlas donde sea conveniente

Cuando la casilla de verificación se marca, RFEM analiza los desplazamientos de nudos en cada iteración. Si los extremos de barra de un tirante defectuoso se desplazan entre sí, la barra se reactiva.

En algunos casos, las barras reactivadas pueden ser problemáticas: una barra se quita después de la primera iteración, pero se reactiva después de la segunda, se quita de nuevo después de la tercera iteración etc. El cálculo ejecuta esta repetición alcanzando el número máximo de iteraciones sin que converja. Este efecto se puede evitar definiendo un *Número máximo de reactivaciones* especificando con qué frecuencia un elemento de barra se permite para que se reactive antes de que se elimine definitivamente de la matriz de rigidez.

Tratamiento excepcional

Después de marcar la casilla de verificación, dos métodos para tratar barras defectuosas se vuelven disponibles para seleccionar. Se pueden combinar con las opciones de reactivación descritas anteriormente.

- **Quitar las barras defectuosas individualmente durante las iteraciones sucesivas**

Tras la primera iteración, RFEM no quita por ejemplo todas las barras traccionadas con un esfuerzo de compresión sino sólo el tirante con el mayor esfuerzo de compresión. Entonces, en la segunda iteración, sólo una barra se encuentra en la matriz de rigidez. En la siguiente etapa, RFEM quita de nuevo el tirante con el mayor esfuerzo de compresión. A menudo, un mejor comportamiento de convergencia se puede alcanzar de esta manera para el sistema debido a los efectos de redistribución.



Esta opción de cálculo requiere más tiempo, porque el programa se debe ejecutar a través de un gran número de iteraciones. Es más, tiene que asegurarse de que un número suficiente de iteraciones posibles se especifique en la sección superior del diálogo *Configuración*.

- **Asignar rigideces reducidas a las barras defectuosas**

Las barras que han fallado no se eliminan de la matriz de rigidez. En su lugar, RFEM les asigna una rigidez muy pequeña. Especifique en el campo de entrada el *Coefficiente de reducción de rigidez*: un coeficiente de valor 1000 significa una reducción de rigidez a 1/1000.



Tenga en cuenta para esta opción de cálculo que RFEM muestra sobre las barras pequeños esfuerzos internos que no pueden ser actualmente absorbidos por la barra debido a su definición.

7.4 Iniciar cálculo

Puede seleccionar entre varias opciones para iniciar el cálculo. Antes de iniciar el cálculo, es recomendable realizar una pequeña comprobación plausible de los datos de entrada (ver capítulo 7.1.1, página 270).

Calcular todo

Para iniciar la función correspondiente,

seleccione **Calcular todo** en el menú **Cálculo**

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



Figura 7.26: Botón [Calcular todo]

El comando inicia el cálculo de todos los casos de carga, combinaciones de carga y combinaciones de resultados así como de todos los módulos adicionales donde los datos de entrada estén disponibles.

Use la función [Calcular todo] con cuidado:

- No muchos casos de carga pueden ocurrir aislados. Las cargas de viento, por ejemplo, siempre actúan juntas con el peso propio. Para estructuras con apoyos defectuosos a tracción, las inestabilidades pueden ocurrir durante el cálculo de lote de todos los casos de carga simples.
- Si se disponen de muchas combinaciones de carga y casos de cálculo del módulo, RFEM puede necesitar mucho tiempo de cálculo.

Calcular casos de carga seleccionados

Para abrir el cuadro de diálogo para seleccionar los casos de carga que son relevantes para el cálculo,

seleccione **Para calcular** en el menú **Cálculo**.

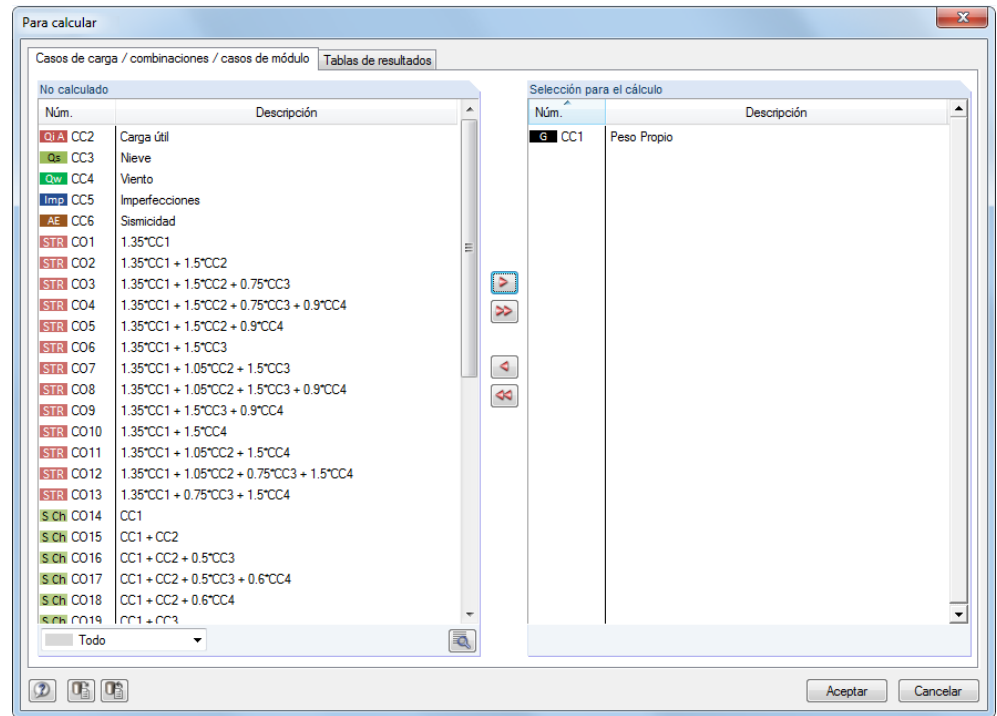


Figura 7.27: Cuadro de diálogo *Para calcular*

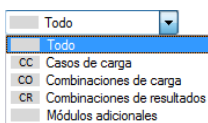
En la sección del diálogo *No se calcula* a la izquierda, RFEM enumera todos los casos de carga, combinaciones de carga y combinaciones de resultados así como casos de análisis de módulos adicionales para los cuales no existen resultados. Use el botón [▶] para transferir las entradas seleccionadas a la lista *Selección para el cálculo*. También puede hacer doble clic sobre los elementos. Para transferir la lista completa a la derecha, use el botón [▶▶].

Si las combinaciones de resultados o casos de módulos que requieren resultados a partir de los casos de carga se seleccionan, los casos de carga relevantes se calculan automáticamente.

Los elementos de carga se pueden clasificar mediante las opciones de filtro disponibles debajo de la lista según el criterio siguiente:

- Casos de carga
- Combinaciones de carga
- Combinaciones de resultados
- Módulos adicionales

El botón [Parámetros de cálculo] que se muestra a la izquierda abre el cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver capítulo 7.3, página 293) donde la configuración se puede comprobar y ajustar para el cálculo.



La pestaña de diálogo *Tablas de resultados* del cuadro de diálogo *Para calcular* controla la disponibilidad de tablas mostradas después del cálculo.

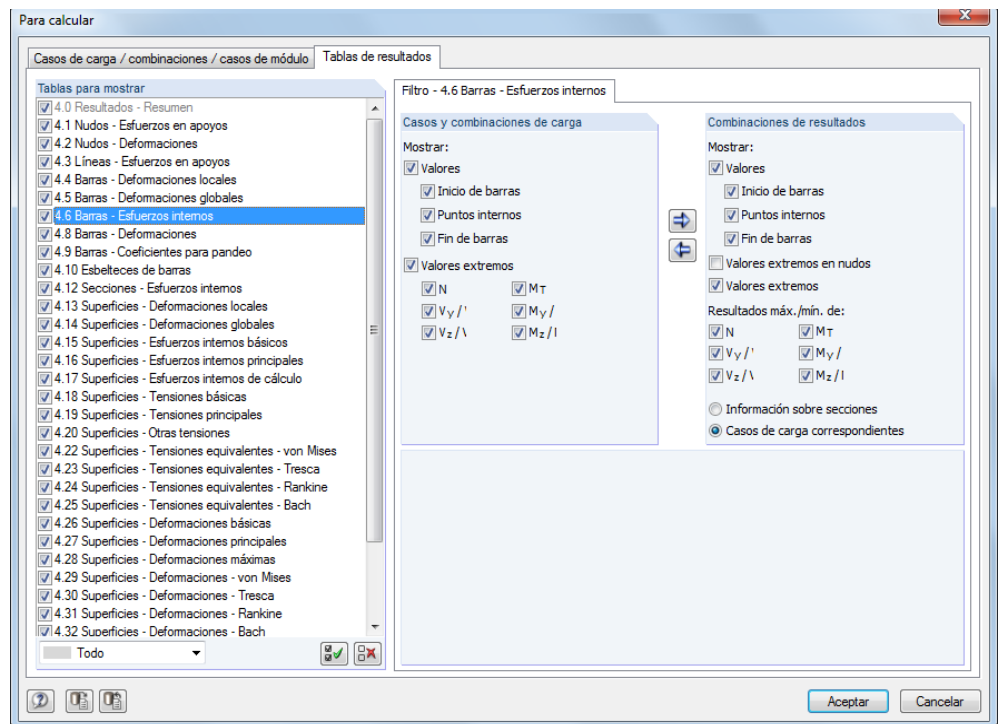


Figura 7.28: Cuadro de diálogo *Para calcular*, pestaña *Tablas de resultados*

Más opciones de filtro están disponibles para varias tablas de resultados. Se presentan en el capítulo 8 *Resultados* junto a las tablas de salida respectivas (ver por ejemplo Figura 8.15, página 314).

Calcular caso de carga actual



Es posible iniciar el cálculo de un caso de carga individual directamente: seleccione el caso de carga, combinación de carga o de resultados en la lista de la barra de herramientas, y luego haga clic en el botón [Mostrar resultados].

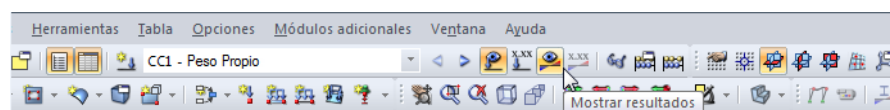


Figura 7.29: Cálculo de caso de carga directamente usando el botón [Mostrar resultados]

El cálculo se puede iniciar después de que un mensaje haya mostrado que no se encontraron resultados.

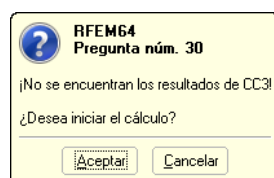


Figura 7.30: Pregunta antes del cálculo

Calcular resultados seleccionados

El menú de la barra de herramientas *Cálculo* le ofrece opciones adicionales para seleccionar resultados para calcular:

- Sólo resultados de RFEM
- Sólo resultados de módulos
- Todos los resultados de todos los modelos abiertos
- Resultados de RFEM sólo para todos los modelos abiertos
- Resultados de módulos sólo para todos los modelos abiertos

El cálculo se inicia inmediatamente después de seleccionar la función correspondiente.

Proceso de cálculo

El proceso de cálculo se muestra en la ventana *Cálculo de EF*. En un diagrama que muestra el proceso de convergencia puede observar el gráfico de los desplazamientos máximos además de las etapas de cálculo que RFEM ejecuta.

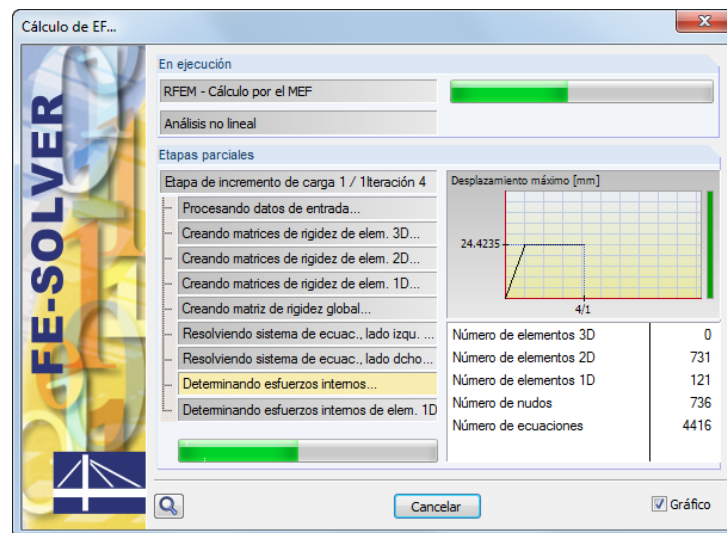


Figura 7.31: Proceso de cálculo

Las barras verdes o rojas a la derecha en la ventana muestran el comportamiento de convergencia durante el cálculo: cada incremento de carga toma una parte del pilar, por ejemplo un 4/5 en la figura anterior representa el cuarto de los cinco incrementos de carga. Cuando la barra está verde, las deformaciones están en una zona de tolerable. Una barra roja simboliza desplazamientos o giros demasiado grandes (≥ 0.1 rad).

8. Resultados

La numeración del capítulo de este manual sigue la numeración de las tablas de resultados, lo que hace más fácil la búsqueda de descripciones de las pestañas respectivas.



Tenga en cuenta que cualquier análisis de EF representa una aproximación. Es necesario interpretar los resultados y realizar una comprobación plausible.



Cuando se calculan los datos, la pestaña adicional *Resultados* aparece en el navegador (ver capítulo 3.4.3, página 25) para controlar la representación de resultados gráfica. Los resultados se enumeran numéricamente en tablas distintas (ver capítulo 3.4.4, página 27).

Escalas de relación de colores en tablas

Las columnas de resultados de tablas se resaltan parcialmente en rojo o azul (ver Figura 8.4, página 306). Las barras de colores representan valores resultantes gráficamente. Se escalan en los valores extremos de los esfuerzos internos o deformaciones de todos los objetos. Los valores negativos se simbolizan mediante barras rojas, y los positivos por barras azules. De este modo, la tabla también permite una evaluación visual de resultados.



Para activar o desactivar las barras de colores,

en el menú **Tabla**, seleccione **Ver** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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

Filtro de tablas

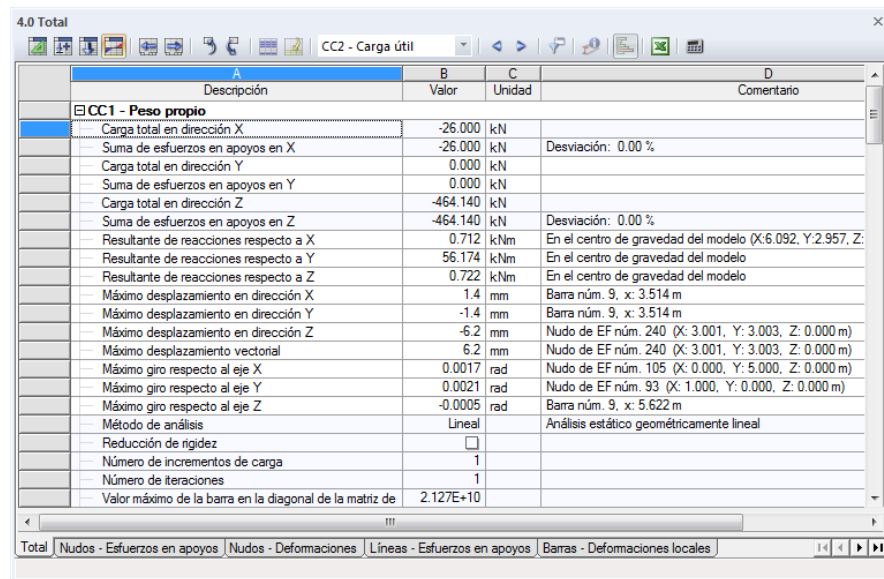


Las tablas representadas dependen del conjunto de selecciones en la pestaña de diálogo *Tablas de resultados* del cuadro de diálogo *Para calcular* (ver capítulo 7.4, página 302).

8.0 Resumen de resultados

Tabla

La tabla 4.0 *Resultados - Resumen* representa un resumen del proceso de cálculo, organizado por casos y combinaciones de carga.



A	B	C	D
Descripción	Valor	Unidad	Comentario
CC1 - Peso propio			
Carga total en dirección X	-26.000	kN	
Suma de esfuerzos en apoyos en X	-26.000	kN	Desviación: 0.00 %
Carga total en dirección Y	0.000	kN	
Suma de esfuerzos en apoyos en Y	0.000	kN	
Carga total en dirección Z	-464.140	kN	
Suma de esfuerzos en apoyos en Z	-464.140	kN	Desviación: 0.00 %
Resultante de reacciones respecto a X	0.712	kNm	En el centro de gravedad del modelo (X:6.092, Y:2.957, Z:
Resultante de reacciones respecto a Y	56.174	kNm	En el centro de gravedad del modelo
Resultante de reacciones respecto a Z	0.722	kNm	En el centro de gravedad del modelo
Máximo desplazamiento en dirección X	1.4	mm	Barra núm. 9, x: 3.514 m
Máximo desplazamiento en dirección Y	-1.4	mm	Barra núm. 9, x: 3.514 m
Máximo desplazamiento en dirección Z	-6.2	mm	Nudo de EF núm. 240 (X: 3.001, Y: 3.003, Z: 0.000 m)
Máximo desplazamiento vectorial	6.2	mm	Nudo de EF núm. 240 (X: 3.001, Y: 3.003, Z: 0.000 m)
Máximo giro respecto al eje X	0.0017	rad	Nudo de EF núm. 105 (X: 0.000, Y: 5.000, Z: 0.000 m)
Máximo giro respecto al eje Y	0.0021	rad	Nudo de EF núm. 93 (X: 1.000, Y: 0.000, Z: 0.000 m)
Máximo giro respecto al eje Z	-0.0005	rad	Barra núm. 9, x: 5.622 m
Método de análisis	Lineal		Análisis estático geoméricamente lineal
Reducción de rigidez	<input type="checkbox"/>		
Número de incrementos de carga	1		
Número de iteraciones	1		
Valor máximo de la barra en la diagonal de la matriz de	2.127E+10		

Figura 8.1: Tabla 4.0 *Resultados - Resumen*

Esta información general le muestra las sumas de comprobación de cargas y esfuerzos en apoyos. Las desviaciones en cada dirección deberían ser inferiores al 1 %. Si no es este el caso, los

problemas numéricos se producen debido a diferencias considerables en la rigidez. Puede que también sea posible que el modelo tenga una estabilidad insuficiente, o el cálculo alcance un número máximo de iteraciones sin convergencia. La información general le informa también sobre las reacciones en apoyos resultantes que son eficaces de una manera idealizada en el centro de gravedad del modelo.

Además, el resumen le muestra los desplazamientos y los giros máximos referidos a los ejes X, Y y Z globales así como al máximo desplazamiento total. Debido a la comprobación de deformaciones, la fiabilidad de resultados se puede evaluar.

El resumen que se enumera por casos de carga se completa mediante los parámetros de cálculo usados. El *Número de iteraciones* requerido para obtener los resultados es de especial interés aquí.

La tabla termina con un *Resumen* de parámetros seleccionados del núcleo del análisis así como de los requisitos de cálculo válidos globalmente (ver Figura 7.22, página 293: cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo*, pestaña *Parámetros de cálculo global*)

Diagramas de cálculo

La deformación en desarrollo se representa gráficamente durante el cálculo (ver Figura 7.31, página 303). Puede usar este diagrama de iteración también después del cálculo para la evaluación de "registro". Para acceder a este diagrama,

seleccione la pestaña **Diagramas de cálculo** en el cuadro de diálogo **Parámetros de cálculo** en el menú **Cálculo**.

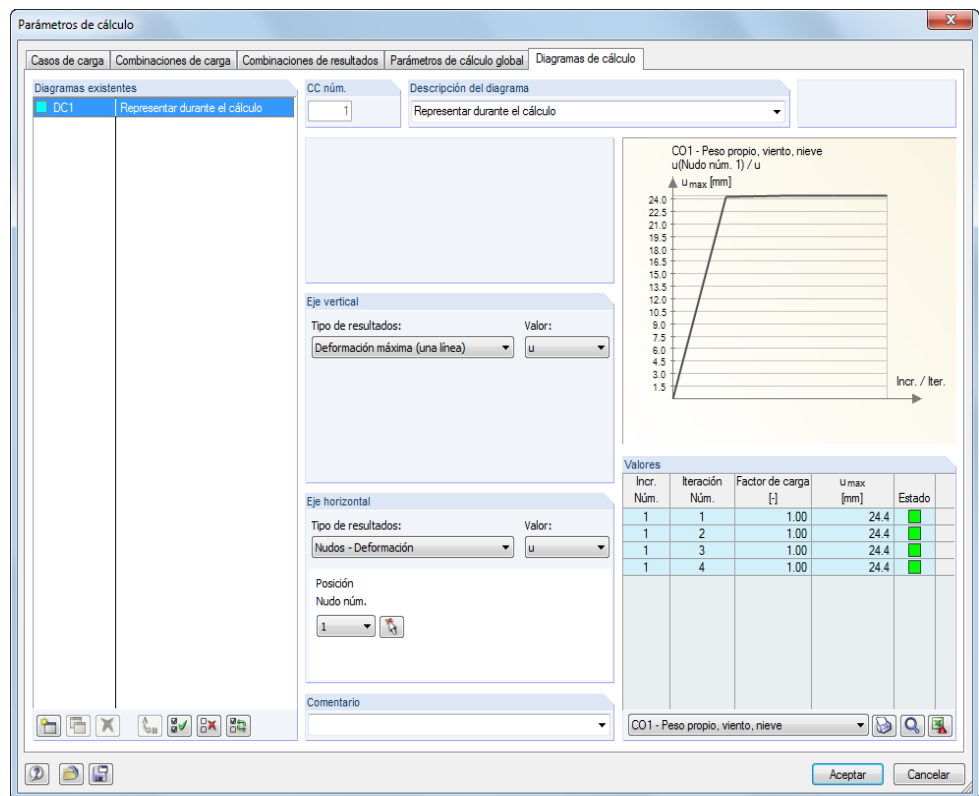


Figura 8.2: Cuadro de diálogo *Diagramas de cálculo*

8.1 Nudos - Esfuerzos en apoyos

Con las entradas en *Reacciones en apoyos* en el navegador *Resultados* decide qué componentes se representan gráficamente en la ventana de trabajo. Pueden estar referidas a los ejes locales de apoyos girados o al sistema de ejes XYZ global. La tabla 4.1 muestra los esfuerzos en apoyos y momentos en forma numérica.

Si la estructura es un modelo 2D, RFEM sólo muestra las columnas de esfuerzos en apoyos y momentos que son relevantes para un sistema estructural plano.

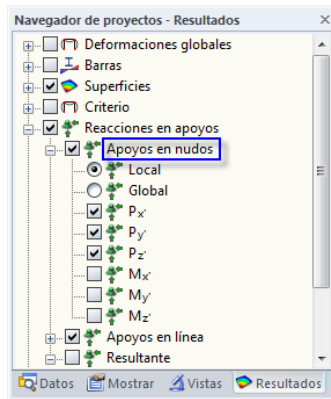


Figura 8.3: Navegador *Resultados*: *Reacciones en apoyos* → *Apoyos en nudos*

Nudo num.	Esfuerzos en apoyos [kN]			Momentos en apoyos [kNm]			G
	P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
10	2.880	-2.434	-53.876	0.000	0.000	0.000	
15	-7.881	-0.897	-17.506	0.000	0.000	0.000	
16	2.712	2.407	-56.079	0.000	0.000	0.000	
17	-6.978	0.827	-15.702	0.000	0.000	0.000	
Σ Fuerzas	-6.437	-0.083	-136.840				
Σ cargas	-26.000	0.000	-464.140				

Figura 8.4: Tabla 4.1 *Nudos - Esfuerzos en apoyos*

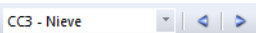
Para visualizar las reacciones en apoyos de un caso de carga particular, seleccione el caso de carga de la lista en la barra de herramientas principal o en la barra de herramientas de la tabla.

Esfuerzos en apoyos P_x / P_y / P_z

Los esfuerzos en apoyos se enumeran en tres columnas de tabla donde se organizan por nudos. Normalmente, los esfuerzos están referidos a los ejes X, Y y Z del sistema de coordenadas global. Para mostrar los esfuerzos referidos a los ejes X', Y' y Z' locales del apoyo (apoyos girados) en el gráfico así como en la tabla, vaya al navegador *Resultados* y establezca **Reacciones en apoyos** → **Apoyos en nudos** → **Local**.

Los nudos con giros de apoyos se marcan mediante un asterisco (*) tal como se muestra en la Figura 8.4. Los esfuerzos se colocan en relación al sistema de ejes seleccionado. En la columna de tabla final, se indica el ángulo de giro del apoyo.

La tabla muestra los esfuerzos que se transfieren al apoyo. De este modo, con respecto a los signos, la tabla no muestra los esfuerzos de reacción en la parte del apoyo. Los signos resultan de la dirección de los ejes globales. Si el eje Z global tiene dirección descendente, entonces el caso de carga peso propio por ejemplo resulta como un esfuerzo positivo del apoyo P_z, y una carga de viento contraria al eje X global tiene un esfuerzo negativo del apoyo P_x. De este modo, los esfuerzos en apoyos mostrados en la tabla representan a las cargas de cimentación.



En contraste, los vectores verdes representados en el gráfico de la ventana de trabajo muestran los esfuerzos de reacción en la parte de los apoyos. Las componentes de las reacciones en apoyos se visualizan por el tamaño y dirección de los vectores.

Puede representar los signos de las reacciones en apoyos en la ventana de trabajo. Seleccione *Resultados* en el navegador *Mostrar* y marque la casilla de verificación de la opción correspondiente.

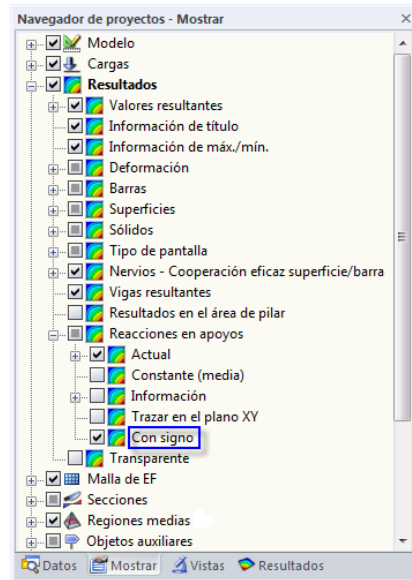


Figura 8.5: Navegador *Mostrar*, *Resultados* → *Reacciones en apoyos* → *Con signo*

Los signos en el gráfico se refieren al sistema de ejes XYZ global o al sistema de ejes X'Y'Z' local que está girado. Una reacción positiva en el apoyo actúa en dirección del eje positivo correspondiente. Por ejemplo, una carga de viento contraria al eje X global resulta en una reacción positiva del apoyo P_x .

Es aconsejable representar estos signos sólo para propósitos de pruebas. Pueden conllevar a malinterpretaciones el hecho de que los vectores ya tengan signo. Los signos en los gráficos pretenden ser una característica extra de representación del vector, que indican las direcciones para valores en relación a los ejes globales.

Momentos en apoyos M_x / M_y / M_z

Los momentos en apoyos se enumeran en tres columnas de tabla donde se organizan por nudos. Normalmente, los momentos están referidos a los ejes X, Y y Z del sistema de coordenadas global. Use el navegador *Resultados* para representar los momentos referidos a los ejes X', Y' y Z' local del apoyo en el gráfico así como en la tabla.

La tabla muestra los momentos que se introducen en el apoyo. Con respecto a los signos, al igual que para los esfuerzos en apoyos, la tabla no muestra las reacciones en la parte del apoyo. Los signos son el resultado de la dirección de los ejes globales. De este modo, los momentos en apoyos mostrados en la tabla representan a las cargas de cimentación.

En la ventana de trabajo, sin embargo, los momentos de reacción se muestran en la parte del apoyo.

Los signos para los momentos del apoyo también se pueden representar en el gráfico (ver Figura 8.5). Un momento positivo del apoyo actúa en sentido de las agujas del reloj respecto al eje positivo global correspondiente. Similar a los vectores para esfuerzos en apoyos, los vectores ya tienen signos, y las indicaciones del valor se tienen que considerar de forma independiente: los signos indican las direcciones de los momentos en relación a los ejes globales.

En el gráfico, los momentos del apoyo se pueden representar como vector o arco. Para cambiar el tipo de representación,

señale **Propiedades de visualización** en el menú **Opciones**, y seleccione **Editar**.

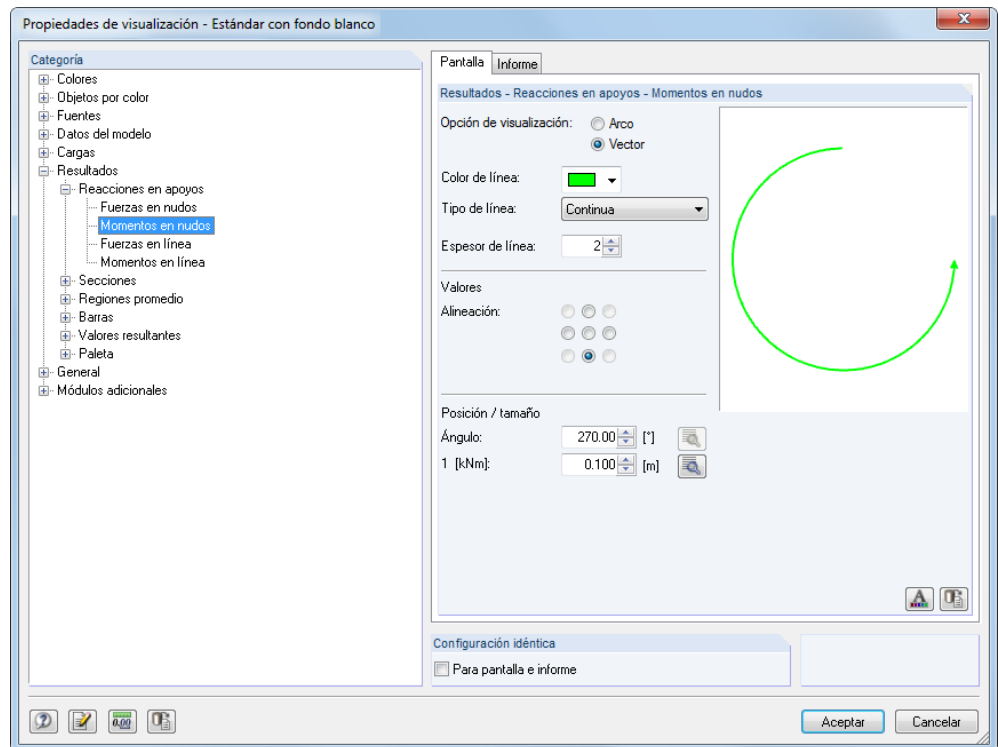


Figura 8.6: Cuadro de diálogo *Propiedades de visualización* (sección del diálogo): *Momentos en nudos* con la opción de visualización *Arco*

En la sección del diálogo *Categoría* a la izquierda, establezca *Resultados*, *Reacciones en apoyos* y *Momentos en nudos*, y luego seleccione la *Opción de visualización Arco* a la derecha.

Apoyos en nudos girados

En la última columna de tabla se muestran los ángulos de giro de los apoyos girados en nudos (ver Figura 8.4, página 306). Los nudos correspondientes se marcan mediante un asterisco (*).

Sumatorio de control

Para casos de carga y combinaciones de carga, RFEM muestra sumas de control de cargas y reacciones en apoyos al final de la tabla. Las diferencias ocurrirán entre las sumas de Σ *Fuerzas* y Σ *Cargas* si el modelo tiene apoyos en línea adicionales y barras o superficies con apoyos elásticos. Por lo tanto, también el Σ *Fuerzas* disponible en las tablas 4.3, 4.7 y 4.20 se debe considerar para el resumen total.

Importar esfuerzos en apoyos como carga

Los esfuerzos y momentos en apoyos en nudos de otro modelo de RFEM se pueden aplicar como cargas en el modelo en el que está actualmente trabajando. De esta forma, las cargas se pueden transferir a través de las plantas para analizar las losas de forjado 2D. La función se describe en el capítulo 8.3 en la página 313.

Los esfuerzos en apoyos en nudos que se han importado se aplican como cargas puntuales libres.



Filtrar esfuerzos en apoyos de combinaciones de resultados



Para combinaciones de resultados es posible ajustar la configuración predeterminada para los valores extremos que se muestran en la tabla de resultados. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados** o use el botón en la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

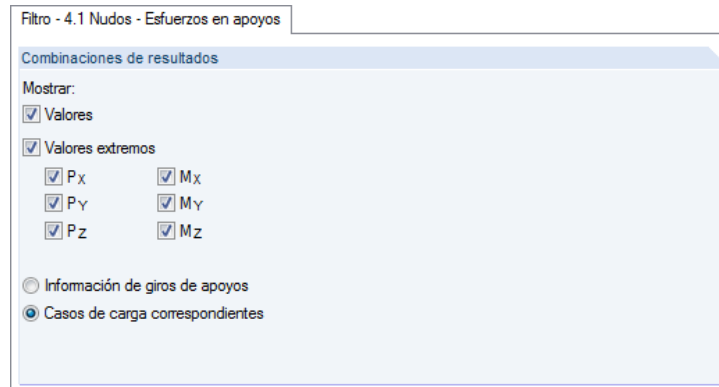


Figura 8.7: Cuadro de diálogo *Filtro de tablas* (sección del diálogo)

Las casillas de verificación en el cuadro de diálogo *Filtro de tablas* controlan el tipo y cantidad de salidas numéricas para esfuerzos en apoyos.

Resultante de reacciones en apoyos

Las resultantes de reacciones en apoyos para casos de carga y combinaciones de carga se muestran en forma numérica en la tabla 4.0 *Resultados - Resumen* para cada dirección global (ver Figura 8.1, página 304). Use el navegador *Resultados* para visualizar también en el modelo los esfuerzos resultantes.

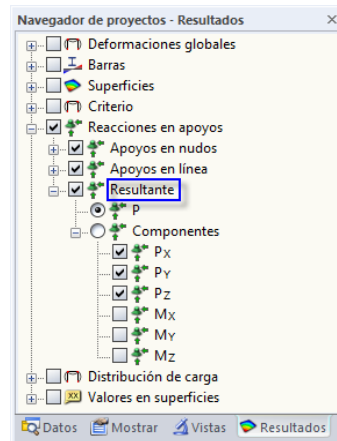


Figura 8.8: Navegador *Resultados*: *Reacciones en apoyos* → *Resultante*

Además de la *P* resultante total, es posible mostrar *Componentes* individuales que sean eficaces de una manera idealizada en el centro de gravedad del modelo. De este modo, puede comprobar la posición y tamaño de los esfuerzos en apoyos resultantes de un vistazo.

8.2 Nudos - Deformaciones

Para controlar la presentación gráfica de los desplazamientos de nudos y giros de nudos, marque la casilla de verificación para *Deformaciones globales* en el navegador *Resultados*. La tabla 4.2 muestra las deformaciones de nudos en forma numérica.

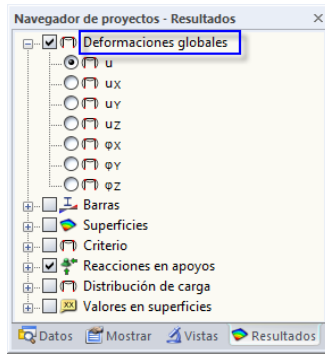


Figura 8.9: Navegador *Resultados*: *Deformaciones globales*

Nudo n.º	u	Desplazamientos [mm]			Giros [rad]		
		ux	uy	uz	φx	φy	φz
1	0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.0006	0.0004	0.0000
2	0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.0006	-0.0005	-0.0001
3	0.2	-0.1	0.0	-0.2	0.0006	-0.0005	0.0001
4	0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0006	0.0004	0.0000
5	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0000	-0.0001	0.0000
6	2.2	-0.1	0.0	-2.2	0.0007	-0.0016	0.0001
7	5.4	-0.1	0.0	-5.4	0.0009	0.0000	0.0000
8	6.0	-0.1	0.0	-6.0	0.0002	-0.0001	0.0000
9	2.8	-0.1	0.0	-2.8	0.0004	-0.0017	0.0000
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.4	-0.2	-0.2	-0.2	0.0002	0.0001	-0.0001
12	0.2	-0.2	0.0	-0.1	0.0001	-0.0001	0.0001
13	0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.0001	0.0001	0.0000
14	0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.0001	-0.0001	0.0000
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0001	0.0001	0.0000
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0001	0.0001	0.0000
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.0000
Max	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0009	0.0004	0.0001
Min	0.0	-0.2	-0.2	-6.0	-0.0006	-0.0017	-0.0001

Figura 8.10: Tabla 4.2 *Nudos - Deformaciones*

Los desplazamientos y giros se enumeran por nudos.

Desplazamientos / Giros

Las deformaciones tienen los siguientes significados:

u	Desplazamiento total
ux	Desplazamiento en dirección del eje X global
uy	Desplazamiento en dirección del eje Y global
uz	Desplazamiento en dirección del eje Z global
φx	Giro respecto al eje X global
φy	Giro respecto al eje Y global
φz	Giro respecto al eje Z global

Tabla 8.1: Deformaciones en nudos

8.3 Líneas - Esfuerzos en apoyos

Con las entradas en *Reacciones en apoyos* en el navegador *Resultados* decide qué componentes se representan gráficamente en la ventana de trabajo. Pueden estar referidas a los ejes locales de apoyos girados o al sistema de ejes XYZ global. La tabla 4.3 muestra los esfuerzos en apoyos y momentos en forma numérica.

Si la estructura es un modelo 2D, RFEM sólo muestra las columnas de esfuerzos en apoyos y momentos que son relevantes para un sistema estructural plano.

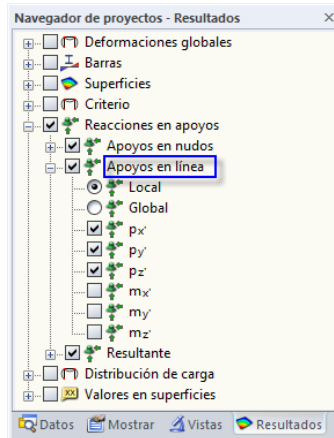
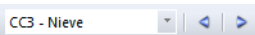


Figura 8.11: Navegador *Resultados*: *Reacciones en apoyos* → *Apoyos en línea*

Línea núm.	Nudo núm.	Posición x [m]	Esfuerzos en apoyos [kN/m]			Momentos en apoyos [kNm/m]		
			p _x	p _y	p _z	m _x	m _y	m _z
22	17	0.000	-5.648	0.670	-12.711	0.000	0.000	0.000
		0.471	8.659	0.177	-102.130	0.000	0.000	0.000
		0.942	5.006	0.418	-95.096	0.000	0.000	0.000
		1.414	0.052	1.964	-77.421	0.000	0.000	0.000
		1.885	-4.369	4.789	-53.720	0.000	0.000	0.000
		2.356	-7.102	7.851	-31.059	0.000	0.000	0.000
		2.827	-7.567	9.945	-12.609	0.000	0.000	0.000
		3.299	-6.207	10.161	0.713	0.000	0.000	0.000
		3.770	-4.083	8.264	9.318	0.000	0.000	0.000
		4.241	-2.298	4.641	14.126	0.000	0.000	0.000
		4.712	-1.618	0.063	15.923	0.000	0.000	0.000
18		5.184	-2.315	-4.538	14.962	0.000	0.000	0.000
		5.655	-4.125	-8.214	10.840	0.000	0.000	0.000
		6.126	-6.276	-10.163	2.630	0.000	0.000	0.000
		6.597	-7.634	-9.967	-10.703	0.000	0.000	0.000
		7.069	-7.108	-7.854	-29.654	0.000	0.000	0.000
		7.540	-4.238	-4.757	-53.358	0.000	0.000	0.000
		8.011	0.378	-1.921	-78.667	0.000	0.000	0.000
		8.482	5.647	-0.417	-98.503	0.000	0.000	0.000

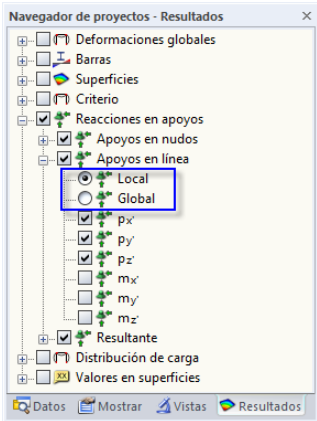
Figura 8.12: Tabla 4.3 *Líneas - Esfuerzos en apoyos*



Para visualizar las reacciones en apoyos de un caso de carga particular, seleccione el caso de carga de la lista en la barra de herramientas principal o en la barra de herramientas de la tabla.

Posición x

Los esfuerzos en apoyos se enumeran por líneas. Las posiciones de x que se muestran en la columna de tabla representan las separaciones de nudos de EF a lo largo de la línea. Están referidas al nudo inicial de la línea. La rejilla de la superficie no es relevante para los esfuerzos en apoyos de la línea.

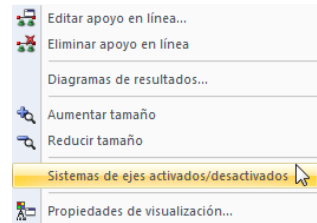


Esfuerzos en apoyos $p_x / p_y / p_z$

Los esfuerzos en apoyos se enumeran en tres columnas de tabla donde se organizan por líneas. Los esfuerzos se pueden referir a los ejes X, Y y Z globales o a los ejes X', Y' y Z' locales de los apoyos de la línea. La referencia del eje en la tabla se controla mediante la configuración en el navegador *Resultados* (ver figura a la izquierda).

La tabla muestra los esfuerzos que se transfieren al apoyo. De este modo, con respecto a los signos, la tabla no muestra los esfuerzos de reacción en la parte del apoyo. Si los esfuerzos en apoyos se refieren al sistema de coordenadas global, los signos resultan de las direcciones de los ejes globales. Si el eje Z global tiene dirección descendente, entonces el caso de carga peso propio por ejemplo resulta como un esfuerzo positivo del apoyo P_z y una carga de viento contraria al eje X global tiene un esfuerzo negativo del apoyo P_x . De este modo, los esfuerzos en apoyos mostrados en la tabla representan a las cargas de cimentación.

Si los esfuerzos en apoyos locales p_x , p_y y p_z se representan, los esfuerzos se refieren a los ejes X', Y' y Z' de los apoyos en línea. De este modo, los signos en la tabla para las fuerzas introducidas resultan de las direcciones de los ejes locales del apoyo. Use el navegador *Mostrar* o el menú contextual de los apoyos en línea para mostrar estos ejes.



Menú contextual del apoyo en línea

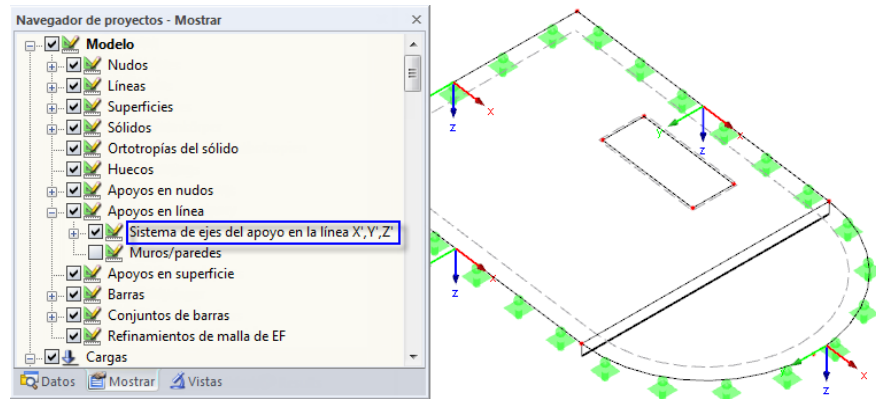


Figura 8.13: Activación del sistema de ejes de los apoyos en línea locales en el navegador *Mostrar*

En contraste, los vectores verdes representados en el gráfico de la ventana de trabajo muestran los esfuerzos de reacción en la parte de los apoyos. Las componentes de las reacciones en apoyos se visualizan por el tamaño y dirección de los vectores.

Momentos en apoyos $m_x / m_y / m_z$

Los momentos en apoyos se enumeran en tres columnas de tabla donde se organizan por líneas. Están referidos al sistema de ejes XYZ global o al sistema de ejes X'Y'Z' local del apoyo en línea. Si tiene que establecer la referencia local, los momentos en el apoyo se indican con m_x , m_y y m_z .

La tabla muestra los momentos que se introducen en el apoyo. De este modo, con respecto a los signos, la tabla no muestra las reacciones en la parte del apoyo en línea.

En la ventana de trabajo, sin embargo, los momentos de reacción se muestran en la parte del apoyo. Además de la representación del vector, una visualización del arco se puede establecer: señale *Propiedades de visualización* en el menú *Opciones*, y seleccione *Editar* (ver Figura 8.6, página 308).

Sumatorio de control

Para casos de carga y combinaciones de carga, RFEM muestra sumatorio de control de cargas y reacciones en apoyos al final de la tabla. Siempre están referidas al sistema de ejes global. Las diferencias ocurrirán entre las sumas de $\Sigma Fuerzas$ y $\Sigma Cargas$ si el modelo tiene apoyos en nudo adicionales y barras o superficies con apoyos elásticos. Por lo tanto, también la $\Sigma Fuerzas$ disponible en estas tablas se debe considerar para el resumen total.

Diagramas de resultados

Los diagramas de resultados de los apoyos en línea se pueden evaluar expresamente en una nueva ventana: haga clic con el botón secundario del ratón en los apoyos en línea (seleccionados), y luego haga clic en la opción *Diagramas de resultados* en el menú contextual (ver figura en el margen izquierdo en la Figura 8.13).

p-Z
 Σ : 445.08 kN
 Φ : 63.58 kN/m
 x: 3.500 m
 e: 0.284 m
 M: 126.350 kNm

Para una información más detallada sobre la ventana *Diagrama de resultados*, ver capítulo 9.5 en la página 382.

En la ventana de trabajo, se encuentra disponible información adicional para cada apoyo en línea:

- Σ Suma como esfuerzo resultante
- Φ Valor medio
- x Distancia desde el punto medio de la línea hasta el inicio de la línea
- e Excentricidad del esfuerzo resultante referido al punto medio de la línea
- M Momento debido a la excentricidad del esfuerzo resultante

Para visualizar esta información, seleccione *Resultados* en el navegador *Mostrar*, haga doble clic en *Reacciones en apoyos*, y luego marque la casilla de verificación para *Información*.



Importar esfuerzos en apoyos como carga

Los componentes Z de apoyos en nudos y apoyos en línea de otro modelo de RFEM se pueden aplicar como cargas en el modelo en el que está actualmente trabajando. De esta forma, puede transferir por ejemplo cargas por plantas para analizar las losas de forjado 2D.

Los esfuerzos en apoyos se importan al caso de carga actual. Por lo tanto, puede que sea favorable el que primero cree un caso de carga para nuevas cargas.

Para abrir el cuadro de diálogo de importación,

seleccione **Importar reacciones en apoyo como carga** en el menú **Herramientas**.

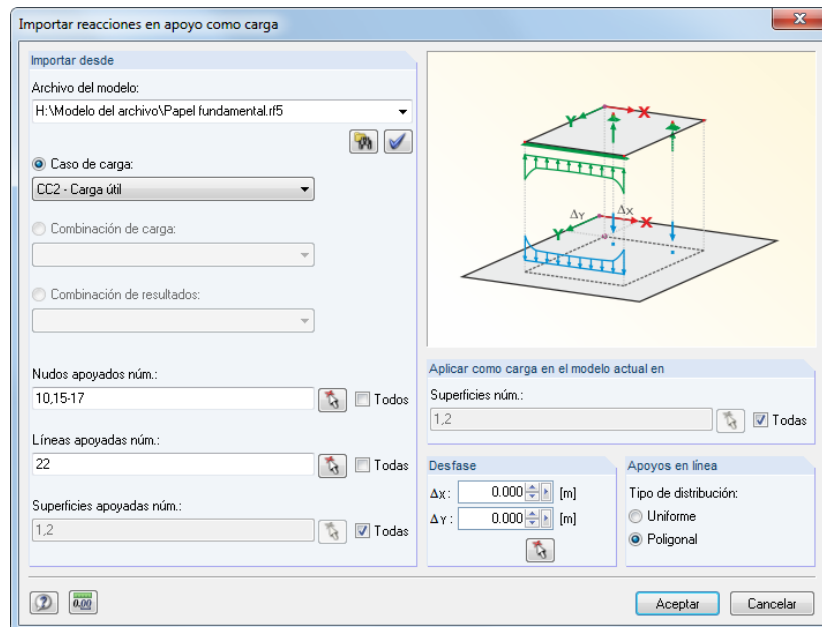


Figura 8.14: Cuadro de diálogo *Importar reacciones en apoyo como carga*



Primero, especifique el modelo relevante en la sección del diálogo *Importar desde*. El botón que se muestra a la izquierda le ayuda a seleccionar el modelo correcto. Luego, RFEM importa los casos de carga calculados, combinaciones de carga y combinaciones de resultados para los cuales tiene que tomar la siguiente decisión. Cuando una combinación de resultados (CR) se establece, puede también definir si desea importar los esfuerzos en apoyos máximos o mínimos.



Si no desea importar *Todos* los esfuerzos en apoyos, puede especificar los números de los nudos, líneas y superficies relevantes. También es posible seleccionarlos gráficamente en el modelo original usando la función [↖].



En la sección del diálogo *Aplicar como carga en el modelo actual en*, introduzca los números de las superficies para las cuales desee crear las cargas. Es posible también seleccionarlos gráficamente.

Si las superficies originales y objetivo están situadas con exactitud una encima de la otra, no se requiere ninguna entrada en la sección del diálogo *Desfase*. Si no, puede usar los campos de entrada para definir los desfases globales ΔX e ΔY para la importación. Están referidos a los ejes globales.

En la sección del diálogo *Apoyos en línea*, puede elegir si los esfuerzos en apoyos se crean como cargas lineales libres con una distribución de carga uniforme o poligonal.

Filtrar esfuerzos en apoyos de combinaciones de resultados



Para combinaciones de resultados es posible ajustar la configuración predeterminada para los valores extremos que se muestran en la tabla de resultados. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados** o use el botón en la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

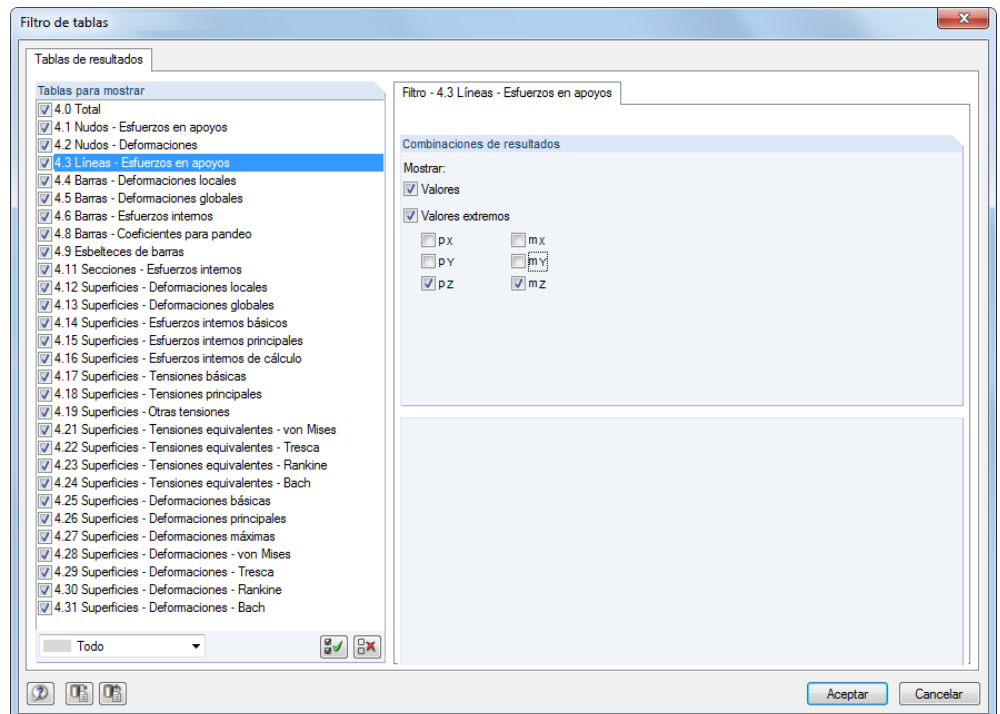


Figura 8.15: Cuadro de diálogo *Filtro de tablas*

Las casillas de verificación en el cuadro de diálogo *Filtro de tablas* controlan el tipo y cantidad de salidas numéricas.

8.4 Barras - Deformaciones

Para controlar la presentación gráfica de los desplazamientos de barras y giros de barras, marque la casilla de verificación para *Barras* en el navegador *Resultados*. Cuando se usan secciones asimétricas, puede seleccionar si los resultados se refieren a los ejes principales *u* y *v* (ver gráfico en la página 127) o a los ejes *y* y *z* de entrada estándar. La tabla 4.4 muestra las deformaciones locales de barra en forma numérica.

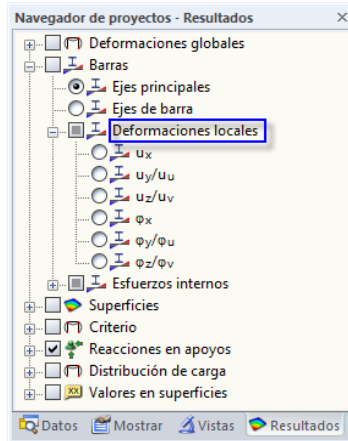


Figura 8.16: Navegador *Resultados*: *Barras* → *Deformaciones locales*

Barra núm.	Nudo núm.	Posición x [m]	C	Desplazamientos [mm]			Giros [rad]	Sección		
				u _x	u _y /u _u	u _z /u _v			φ _x	φ _y /φ _u
1	2	0.000	0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.0001	0.0005	+0.0006	1 - HE A 300 ; DIN 1025-3:1994
	11	3.732	0.4	-0.2	0.2	-0.2	-0.0001	+0.0001	0.0002	
	Max u _x	0.000	0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.0001	0.0005	+0.0006	
	Min u _x	3.732	0.4	-0.2	0.2	-0.2	-0.0001	+0.0001	0.0002	
	Max u _y	3.732	0.4	-0.2	0.2	-0.2	-0.0001	+0.0001	0.0002	
	Min u _y	1.493	0.6	-0.2	-0.4	-0.5	-0.0001	0.0001	0.0001	
	Max u _z	0.000	0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.0001	0.0005	+0.0006	
	Min u _z	1.493	0.6	-0.2	-0.4	-0.5	-0.0001	0.0001	0.0001	
	Max φ _x	3.732	0.4	-0.2	0.2	-0.2	-0.0001	+0.0001	0.0002	
	Min φ _x	0.000	0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.0001	0.0005	+0.0006	
	Max φ _y	0.000	0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.0001	0.0005	+0.0006	
	Min φ _y	2.986	0.4	-0.2	0.0	-0.3	-0.0001	-0.0001	0.0003	
	Max φ _z	2.986	0.4	-0.2	0.0	-0.3	-0.0001	+0.0001	0.0003	
	Min φ _z	0.000	0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.0001	0.0005	-0.0006	
2	1	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.1	0.0000	-0.0004	+0.0006	1 - HE A 300 ; DIN 1025-3:1994
	12	3.732	0.2	-0.1	0.0	-0.2	0.0001	-0.0001	0.0001	

Figura 8.17: Tabla 4.4 *Barras - Deformaciones locales*



Para visualizar las deformaciones de un caso de carga particular, seleccione el caso de carga de la lista en la barra de herramientas principal o en la barra de herramientas de la tabla.

Nudo núm.

Los números del nudo inicial y final se muestran para cada barra en las primeras dos filas de la tabla, de forma que pueda leer los valores de nudos. En las filas posteriores, ve información sobre la deformación máxima o mínima que se muestra en las columnas de tabla D hasta I.

Posición x

La tabla enumera las deformaciones de cada barra en las siguientes posiciones:

- Nudo inicial y final
- Puntos de división según la división de barra definida (ver capítulo 4.16, página 147)
- Valores extremos (*Máx/Min*) de desplazamientos y giros



Para ajustar la configuración predeterminada de las posiciones x que se muestran en la tabla de resultados,

seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados** o use el botón en la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

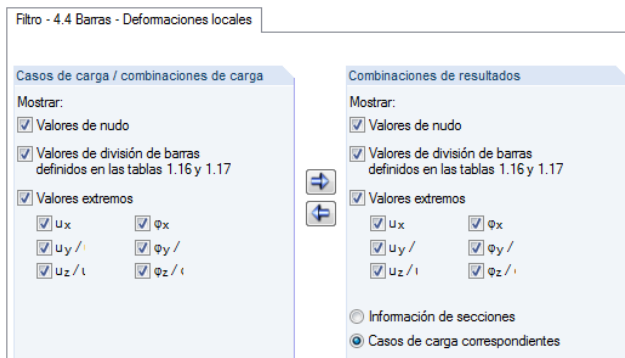


Figura 8.18: Cuadro de diálogo *Filtro de tablas* (sección del diálogo)

Las casillas de verificación en el cuadro de diálogo *Filtro de tablas* (ver Figura 8.15, página 314) controlan el tipo y cantidad de salidas numéricas.

Desplazamientos / Giros

Las deformaciones en barra tienen los siguientes significados:

$ u $	Desplazamiento absoluto total (no para combinaciones de resultados)
u_x	Desplazamiento de barra en dirección de su eje longitudinal
u_y / u_u	Desplazamiento de barra en dirección del eje y o u local (ver página 127)
u_z / u_v	Desplazamiento de barra en dirección del eje z o y local
φ_x	Giro de barra respecto a su eje longitudinal
φ_y / φ_u	Giro de barra respecto al eje y o u local
φ_z / φ_v	Giro de barra respecto al eje z o v local

Tabla 8.2: Deformaciones en barra

Para comprobar la posición de los ejes de barras locales, seleccione *Modelo y Barras* en el navegador *Mostrar* y active *Sistemas de ejes x,y,z de las barras* (ver Figura 8.24, página 320). Puede también usar el menú contextual de barra que muestra a la izquierda.

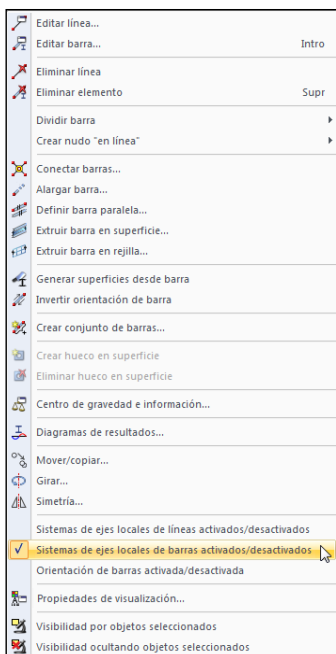
Es más, el sistema de ejes local de barra repercute en los signos de deformaciones. Un desplazamiento positivo sigue la dirección del eje positivo local, un giro positivo actúa en sentido de las agujas del reloj respecto al eje positivo de barra.

Sección

La columna de tabla final le informa sobre las secciones usadas en barras o sobre los casos de carga correspondientes (para combinaciones de resultados).

En la ventana de trabajo, las deformaciones de barras se pueden representar con una visualización de dos colores o multicolor, así como en el modo de renderizado (ver capítulo 9.3, página 372).

Además, es posible visualizar las deformaciones en barra como una animación del proceso de deformación (ver capítulo 9.10, página 406).



Menú contextual de barra

8.5 Barras - Deformaciones globales



Para controlar la representación gráfica de los desplazamientos de barra y giros de barra relacionados con los ejes X, Y y Z globales, marque la casilla de verificación para *Deformaciones globales* en el navegador *Resultados*. La tabla 4.5 muestra las deformaciones globales de barras en forma numérica.

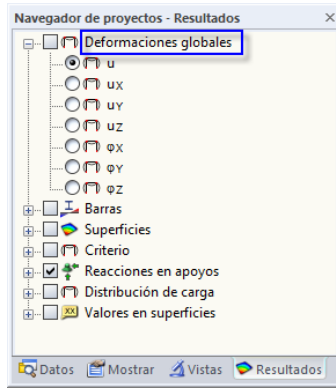


Figura 8.19: Navegador *Resultados*: *Deformaciones globales*

Barra núm.	Nudo núm.	Posición x [m]	u	Desplazamientos [mm]			Giros [rad]			Sección
				u _x	u _y	u _z	φ _x	φ _y	φ _z	
	2	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.0006	-0.0005	-0.0001	1 - HE A 300 : DIN 1025-3:1994
	11	3.732	0.4	-0.2	-0.2	-0.2	0.0002	0.0001	-0.0001	
	Max u _x	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.0006	-0.0005	-0.0001	
	Min u _x	1.493	0.6	-0.5	0.4	-0.2	0.0001	-0.0001	-0.0001	
	Max u _y	1.493	0.6	-0.5	0.4	-0.2	0.0001	-0.0001	-0.0001	
	Min u _y	3.732	0.4	-0.2	-0.2	-0.2	0.0002	0.0001	-0.0001	
	Max u _z	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.0006	-0.0005	-0.0001	
	Min u _z	1.493	0.6	-0.5	0.4	-0.2	0.0001	-0.0001	-0.0001	
	Max φ _x	2.986	0.4	-0.3	0.0	-0.2	0.0003	0.0001	-0.0001	
	Min φ _x	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.0006	-0.0005	-0.0001	
	Max φ _y	2.986	0.4	-0.3	0.0	-0.2	0.0003	0.0001	-0.0001	
	Min φ _y	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.0006	-0.0005	-0.0001	
	Max φ _z	3.732	0.4	-0.2	-0.2	-0.2	0.0002	0.0001	-0.0001	
	Min φ _z	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.0006	-0.0005	-0.0001	
2	1	0.000	0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.0006	0.0004	0.0000	1 - HE A 300 : DIN 1025-3:1994
	12	3.732	0.2	-0.2	0.0	-0.1	0.0001	-0.0001	0.0001	

Figura 8.20: Tabla 4.5 *Barras - Deformaciones globales*

Las columnas de tabla *Nudo núm.* y *Posición x* corresponden a las columnas de la tabla de resultados anterior 4.4 *Barras - Deformaciones locales*.

Desplazamientos / Giros

Las deformaciones en barra tienen los siguientes significados:

u	Desplazamiento absoluto total (no para combinaciones de resultados)
u _x	Desplazamiento de barra en dirección del eje X global
u _y	Desplazamiento de barra en dirección del eje Y global
u _z	Desplazamiento de barra en dirección del eje Z global
φ _x	Giro de barra respecto al eje X global
φ _y	Giro de barra respecto al eje Y global
φ _z	Giro de barra respecto al eje Z global

Tabla 8.3: Deformaciones en barra globales

8.6 Barras - Esfuerzos internos

Para controlar la presentación gráfica de los esfuerzos internos de barras, marque la casilla de verificación para *Barras* en el navegador *Resultados*. La tabla 4.6 muestra los esfuerzos en apoyos y momentos en forma numérica.

Si la estructura es un modelo 2D, RFEM sólo muestra las columnas de esfuerzos internos que son relevantes para un sistema estructural plano.

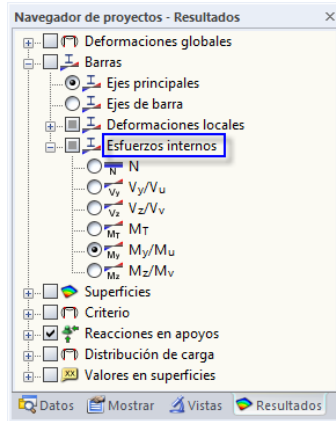


Figura 8.21: Navegador *Resultados*: *Barras* → *Esfuerzos internos*

Barra n.º	Nudo n.º	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]			Sección
			N	V _y / V _u	V _z / V _v	M _T	M _y / M _u	M _z / M _v	
1	2	0.000	-5.855	3.117	4.684	0.001	-15.379	8.785	1 - HE A 300
	11	3.732	-2.545	3.157	4.684	0.001	2.102	-2.923	
	Max N	3.732	-2.545	3.157	4.684	0.001	2.102	-2.923	
	Min N	0.000	-5.855	3.117	4.684	0.001	-15.379	8.785	
	Max V _y	3.732	-2.545	3.157	4.684	0.001	2.102	-2.923	
	Min V _y	0.000	-5.855	3.117	4.684	0.001	-15.379	8.785	
	Max V _z	0.000	-5.855	3.117	4.684	0.001	-15.379	8.785	
	Min V _z	0.000	-5.855	3.117	4.684	0.001	-15.379	8.785	
	Max M _T	0.000	-5.855	3.117	4.684	0.001	-15.379	8.785	
	Min M _T	0.000	-5.855	3.117	4.684	0.001	-15.379	8.785	
2	Max M _y	3.732	-2.545	3.157	4.684	0.001	2.102	-2.923	
	Min M _y	0.000	-5.855	3.117	4.684	0.001	-15.379	8.785	
	Max M _z	0.000	-5.855	3.117	4.684	0.001	-15.379	8.785	
	Min M _z	3.732	-2.545	3.157	4.684	0.001	2.102	-2.923	
	1	0.000	-6.834	2.845	-4.708	0.001	14.836	8.009	1 - HE A 300
	12	3.732	-3.524	2.885	-4.708	0.001	-2.734	-2.684	

Figura 8.22: Tabla 4.6 *Barras* – *Esfuerzos internos*



Para visualizar los esfuerzos internos de un caso de carga particular, seleccione el caso de carga de la lista en la barra de herramientas principal o en la barra de herramientas de las tablas.

Posición x

La tabla enumera los esfuerzos internos de cada barra en las siguientes posiciones:

- Nudo inicial y final
- Puntos de división según la división de barra definida (ver capítulo 4.16, página 147)
- Valores extremos (*Máx/Min*) de esfuerzos internos



Para ajustar la configuración predeterminada de las posiciones x que se muestran en la tabla de resultados,

seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados** o use el botón en la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

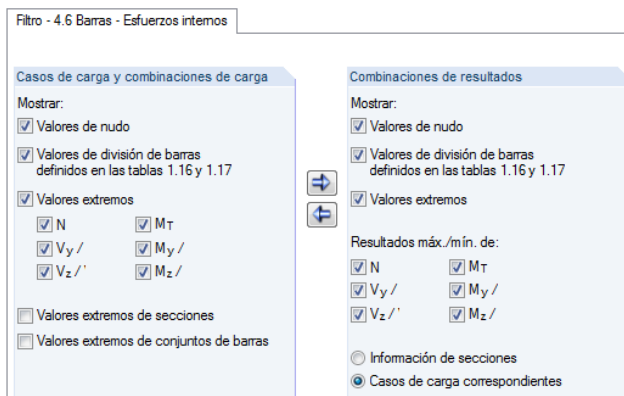


Figura 8.23: Cuadro de diálogo *Filtro de tablas* (sección del diálogo)

Las casillas de verificación en el cuadro de diálogo *Filtro de tablas*, controlan el tipo y cantidad de salidas numéricas (ver capítulo 11.5.5, página 527).

El gráfico del diagrama para esfuerzos internos está basado en los valores de resultados disponibles en los nudos de malla de EF o divisiones de barra que se han definido en la pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo global* del cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver capítulo 7.3.3 página 294).

Fuerzas / Momentos

Los esfuerzos internos en barra tienen los siguientes significados:

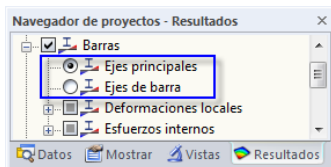
N	Esfuerzo axial en barra
V_y / V_u	Esfuerzo cortante en dirección del eje y o u local de barra (ver página 127)
V_z / V_v	Esfuerzo cortante en dirección del eje z o v local de barra
M_T	Momento torsor
M_y / M_u	Momento flector respecto al eje y o u
M_z / M_v	Momento flector respecto al eje z o v

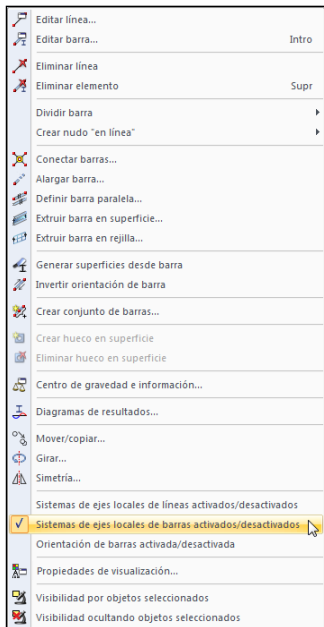
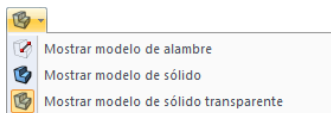
Tabla 8.4: Esfuerzos internos de barras

Los ejes y y z o u y v locales de barra son los ejes principales de la sección. El eje y o u representa al eje "fuerte", al eje "débil" lo representa el eje z o v (ver capítulo 4.17, página 156). Cuando se usan secciones asimétricas, puede seleccionar si los esfuerzos internos se refieren a los ejes principales u y v (ver gráfico en la página 127) o a los ejes de entrada estándar y y z.

Para establecer la representación de resultados, use el navegador *Resultados* como que se muestra a la izquierda. La configuración de pantalla afecta a la salida de resultados gráficos y a la salida de resultados en las tablas.

Cuando se realiza un análisis no lineal, los esfuerzos internos se pueden también referir a los sistemas de ejes de barra deformada. La referencia de los esfuerzos internos se establece en la sección del diálogo *Opciones* del cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver capítulo 7.3.1, página 288).





Menú contextual de barra

Para comprobar la posición de barra, use el renderizado 3D. Puede también usar el navegador *Mostrar*, donde selecciona *Modelo* y *Barras*, y luego hace clic en la casilla de verificación para *Sistemas de ejes x,y,z de las barras* (ver figura siguiente).

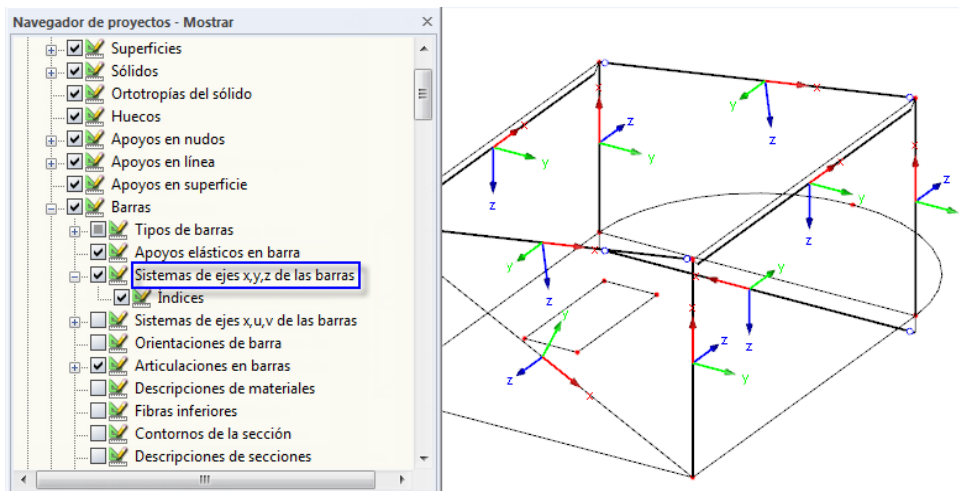


Figura 8.24: Selección de los sistemas de eje local de barra en el navegador *Mostrar*

También es posible activar la representación de los ejes de barra en el menú contextual de barra que se muestra a la izquierda.

El sistema local de ejes de barra afecta a los signos de los esfuerzos internos.

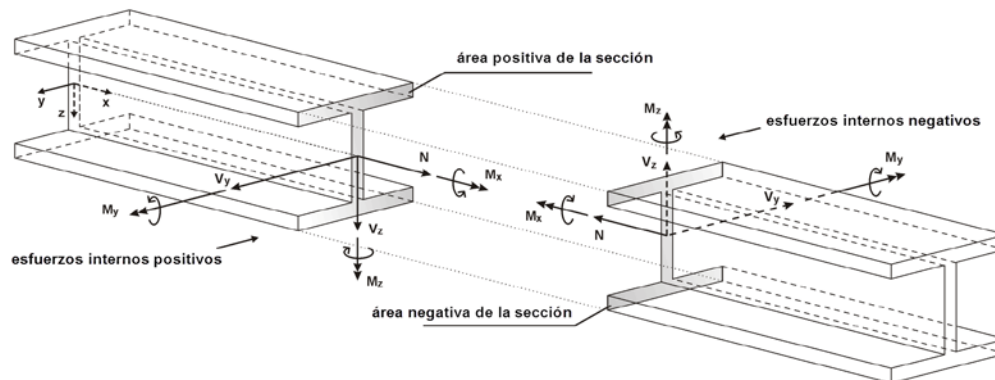


Figura 8.25: Definición positiva de esfuerzos internos



El momento flector M_y es positivo si las tensiones de tracción ocurren en el lado positivo de la barra (en dirección del eje z). M_z es positivo si las tensiones de compresión ocurren en el lado positivo de la barra (en dirección del eje y). La definición del signo para momentos torsores, esfuerzos axiales y esfuerzos cortantes corresponde con los convenios usuales. Estos esfuerzos internos son positivos si actúan en una dirección positiva.

Valores extremos

Si la representación de la tabla de los valores extremos está activada (ver Figura 8.23, página 319), RFEM le muestra los esfuerzos internos positivo máximo (*Max*) y negativo mínimo (*Min*) para cada barra. En la tabla de resultados, se resaltan los valores extremos en negrita. Los valores en las columnas restantes de la fila de tabla respectiva representan los esfuerzos internos referidos al valor extremo (ver también capítulo 11.5.5, página 527).



Casos de carga de la sección / correspondientes

La última columna de tabla le informa sobre las secciones usadas en las barras.

Combinaciones de resultados

Cuando examina los resultados de las combinaciones de resultados, la columna se titula *Casos de carga correspondientes* (ver Figura 8.22). La tabla muestra los números de los casos de carga o combinaciones que se han usado para determinar los esfuerzos internos máximos y mínimos de la fila de tabla respectiva. Los casos de carga clasificados como *Permanente* aparecen siempre en esta columna de tabla. Los casos de carga *Variables* sólo se representan en caso de que sus esfuerzos internos tengan un efecto desfavorable en el resultado (ver capítulo 5.6, página 219).

Al mismo tiempo, la tabla se prolonga mediante una columna de tabla nueva, la cual es la tercera columna C. Al final de la lista de esfuerzos internos de una barra, es posible leer los valores máximos positivos (*Máx*) y mínimos negativos (*Mín*).



Es posible reducir la cantidad de datos en las tablas de combinación de resultados usando funciones de filtro específicas en el cuadro de diálogo *Filtro de tablas* (ver Figura 8.23, página 319). Para abrir el cuadro de diálogo,

seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados**

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

8.7 Barras - Fuerzas de contacto

Cuando las barras con apoyos elásticos existen en el modelo (ver capítulo 4.19, página 164), las fuerzas de contacto y momentos se muestran numéricamente en la tabla 4.6. Para controlar la presentación gráfica de los resultados, marque la casilla de verificación para *Barras* en el navegador *Resultados*.

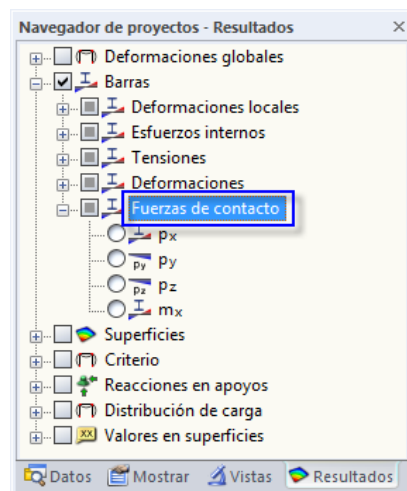


Figura 8.26: Navegador *Resultados*: *Barras* → *Fuerzas de contacto*

Barra núm.	A Nudo núm.	B Posición x [m]	C Fuerzas de contacto [kN/m]			F Momentos m _x [kNm/m]	G Sección	
			p _x	p _y	p _z			
1	1	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	1 - HE B 240 ; DIN 1025-2:1995	
	2	4.000	-0.002	0.000	0.000	0.000		
	Max p _x	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000		
	Min p _x	4.000	-0.002	0.000	0.000	0.000		
	Max p _y	4.000	-0.002	0.000	0.000	0.000		
	Min p _y	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000		
	Max p _z	4.000	-0.002	0.000	0.000	0.000		
	Min p _z	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000		
	Max m _x	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000		
	Min m _x	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000		
	Σ Fuerza			-0.002	0.000	0.004		
	Σ cargas			-0.008	0.008	4018.900		

Figura 8.27: Tabla 4.7 Barras - Fuerzas de contacto

Nudo núm.

En las dos primeras filas de tabla, los números de los nudos inicial y final se muestran para cada barra con apoyos elásticos. Las filas restantes le informan sobre los tipos de valores extremos disponibles para fuerzas de contacto y momentos.



Para ajustar la configuración predeterminada para la salida de valores extremos, seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados** o use el botón en la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

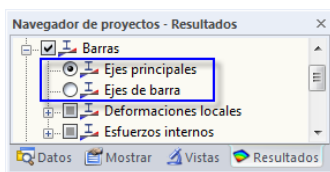
Posición x

La tabla enumera las fuerzas de contacto para cada barra en las siguientes posiciones:

- Nudo inicial y final
- Puntos de división según la división de barra definida (ver capítulo 4.16, página 147)
- Valores extremos (*Máx/Mín*) de fuerzas de contacto y momentos

Fuerzas de contacto p_x / p_y / p_z

Las fuerzas de contacto que son eficaces en dirección de los ejes x, y y z local de barra se muestran en relación a la longitud estándar. Cuando se usan secciones asimétricas, puede seleccionar si las fuerzas de contacto se refieren a los ejes principales *u* y *v* (ver gráfico en la página 127) o a los ejes y y z de entrada estándar. Para establecer la representación de resultados, use el navegador *Resultados*.



Para comprobar la posición de los ejes de barras locales, seleccione *Modelo* y *Barras* en el navegador *Mostrar* y active *Sistemas de ejes x,y,z de las barras* (ver Figura 8.24). Los signos cumplen con las definiciones usuales explicadas en el capítulo 8.6 en la página 320 describiendo los esfuerzos internos de las barras.

Cuando desee determinar presiones de contacto del suelo en las bases de los valores de tabla, tiene que dividir adicionalmente los resultados entre los anchos de secciones respectivos.

Momentos m_x

Los momentos de contacto respecto al eje x longitudinal de barra también se refieren a una longitud estándar. Los momentos de contacto m_x están influenciados por la constante elástica de torsión C_φ.

Casos de carga de la sección / correspondientes

La columna de tabla final le informa sobre las secciones usadas en las barras. Cuando una combinación de resultados se establece, puede ver los casos y combinaciones de carga que se han usado para determinar las fuerzas de contacto máximas o mínimas en la fila de la tabla respectiva.

Sumatorio de control

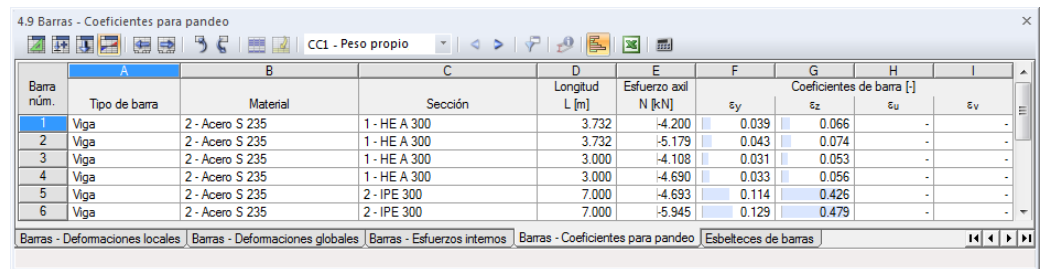
Para casos de carga y combinaciones de carga, RFEM muestra sumas de control de cargas y reacciones en apoyos al final de la tabla. Se producen diferencias entre las sumas de Σ Fuerzas y Σ Cargas en caso de que el modelo tenga nudos adicionales y apoyos en línea así como superficies con apoyos elásticos. Por lo tanto, también las Σ Fuerzas disponibles en las tablas 4.1, 4.3 y 4.20 se deben considerar para el resumen total.

8.8 Barras - Coeficientes de barra para pandeo

Cuando calcule modelos de barra sujetos a presión según el análisis de segundo orden, el coeficiente de barra ϵ es importante (ver capítulo 7.3.1, página 285). Cada barra tiene su propio coeficiente de barra que se determina a partir del esfuerzo de compresión, longitud de barra y rigidez de barra.

Las barras con coeficientes de barra superiores a 1 tienen que analizarse, según proceda, según el análisis de segundo orden. También normativas de diversos países tales como EEUU tienen reglas donde deben limitarse los coeficientes de barra.

La tabla 4.9 muestra los coeficientes de barra que son determinantes para el pandeo. No hay ninguna opción de salida gráfica.



Barra núm.	A Tipo de barra	B Material	C Sección	D Longitud L [m]	E Esfuerzo axial N [kN]	F ϵ_y	G Coeficientes de barra [·] ϵ_z	H ϵ_u	I ϵ_v
1	Viga	2 - Acero S 235	1 - HE A 300	3.732	-4.200	0.039	0.066	-	-
2	Viga	2 - Acero S 235	1 - HE A 300	3.732	-5.179	0.043	0.074	-	-
3	Viga	2 - Acero S 235	1 - HE A 300	3.000	-4.108	0.031	0.053	-	-
4	Viga	2 - Acero S 235	1 - HE A 300	3.000	-4.690	0.033	0.056	-	-
5	Viga	2 - Acero S 235	2 - IPE 300	7.000	-4.693	0.114	0.426	-	-
6	Viga	2 - Acero S 235	2 - IPE 300	7.000	-5.945	0.129	0.479	-	-

Figura 8.28: Tabla 4.9 Barras - Coeficientes para pandeo

Los coeficientes de barra enumerados se ordenan por números de barra.

Tipo de barra

Los tipos de barra se indican como información (ver capítulo 4.17, página 150). RFEM determina coeficientes de barra sólo para barras que sean capaces de absorber esfuerzos de compresión.

Material

Las características del material afectan a la rigidez de barra.

Sección

Los momentos de inercia de área de la sección son necesarios para determinar las rigideces de barra.

Longitud L

La columna de tabla D le muestra las longitudes de barra.

Esfuerzo axial N

La columna enumera los esfuerzos axiales usados para la determinación del coeficiente de barra. Aquí, las fuerzas son los esfuerzos axiales que están disponibles en el centro de la barra ($x = L/2$).

Los coeficientes de barra sólo se determinan para barras que tengan fuerzas de compresión en al menos una porción de la barra (viga en celosía) o a lo largo de toda la barra (barra comprimida, barra a pandeo etc.).

Coefficientes de barra ϵ_y / ϵ_z

El coeficiente de barra depende de la longitud de barra L, de la fuerza de compresión N y de la rigidez E · I.

$$\epsilon = L \cdot \sqrt{\frac{|N|}{E \cdot I}}$$

Ecuación 8.1: Coeficiente de barra ϵ

Las columnas F y G de la tabla muestran los coeficientes de barra referidos al sistema de ejes y y z local de barra. Cuando se usan secciones asimétricas como las angulares, aparecen dos columnas más donde se muestran también las esbelteces en relación a los ejes u y v principales.

8.9 Esbelteces de barra

La tabla 4.10 le muestra las esbelteces de las barras. Son significativas para la evaluación del comportamiento de pandeo de barras sujetas a presión. No hay ninguna opción de salida gráfica.

Barra núm.	Sección	Longitud L [m]	Coef. de longitudes eficaces [-]		Esbeltez [-]			
			$k_{cr,y}$	$k_{cr,z}$	λ_y	λ_z	λ_u	λ_v
1	1 - HE A 300	3.732	1.000	1.000	29.36	49.94	-	-
2	1 - HE A 300	3.732	1.000	1.000	29.36	49.94	-	-
3	1 - HE A 300	3.000	1.000	1.000	23.60	40.15	-	-
4	1 - HE A 300	3.000	1.000	1.000	23.60	40.15	-	-
5	2 - IPE 300	7.000	1.000	1.000	56.15	208.92	-	-
6	2 - IPE 300	7.000	1.000	1.000	56.15	208.92	-	-
7	2 - IPE 300	5.999	1.000	1.000	48.13	179.05	-	-
8	2 - IPE 300	5.999	1.000	1.000	48.13	179.05	-	-
9	3 - L 120x10	7.027	1.000	1.000	154.99	298.66	154.99	298.66
10	4 - Círculo 300	4.000	1.000	1.000	53.33	53.33	-	-

Figura 8.29: Tabla 4.10 Esbelteces de barras

Las esbelteces de barras enumeradas se ordenan por números de barra.

Sección

Los radios de giro de la sección son necesarios para determinar las esbelteces.

Longitud L

Las longitudes de barra se indican en la columna B de la tabla.

Coefficientes de longitud eficaz $k_{cr,y} / k_{cr,z}$

Los coeficientes de longitud de pandeo describen la relación entre longitud de pandeo y longitud de barra.

$$k_{cr} = \frac{L_{cr}}{L}$$

Ecuación 8.2: Coeficiente de longitud de pandeo k_{cr}

La longitud de pandeo L_{cr} está referida al comportamiento de pandeo perpendicular al eje y "fuerte" de la barra, respectivamente al eje z "débil" de la barra. Si no se definen longitudes de pandeo manualmente (ver capítulo 4.17, página 160), se asume el modo de pandeo 2 de EULER: En este caso, la longitud de pandeo es igual a la longitud de barra. Es posible realizar análisis más actualizados con el módulo adicional RF-STABILITY o en módulos de cálculo de Dlubal tales como RF-STEEL EC3.

Esbelteces λ_y / λ_z

La esbeltez representa un valor geométrico puro. Se determina del coeficiente de longitud eficaz k_{cr} , de la longitud de barra L y del radio de giro i .

$$\lambda = \frac{k_{cr} \cdot L}{i}$$

Ecuación 8.3: Esbeltez λ

Las columnas E y F de la tabla muestran los coeficientes de barra referidos al sistema de ejes y y z local de barra. Cuando se usan secciones asimétricas como las angulares, aparecen dos columnas más donde se muestran también las esbelteces en relación a los ejes u y v principales.

8.10 Conjuntos de barras - Esfuerzos internos

La tabla 4.11 muestra los esfuerzos internos ordenados por conjuntos de barras (ver capítulo 4.21, página 170).

Barra núm.	A Nudo núm.	B Posición x [m]	Cuerdas [kN]			Momentos [kNm]			Sección
			N	V_y / V_u	V_z / V_v	M_T	M_y / M_u	M_z / M_v	
Conjunto de barras núm. 1: Viga principal									
2	1	0.000	-9.778	2.341	-3.755	0.001	8.221	4.994	1 - HE A 300
	12	3.732	-9.778	2.341	-3.755	0.001	-5.794	-3.743	
8	14	0.000	-3.609	0.003	4.481	0.000	-3.849	-0.004	2 - IPE 300
	12	5.999	-2.511	0.003	-4.451	0.000	-3.762	-0.020	
8	MAX N	5.999	-2.511	0.003	-4.451	0.000	-3.762	-0.020	
2	MIN N	0.000	-9.778	2.341	-3.755	0.001	8.221	4.994	
2	MAX V_y	0.000	-9.778	2.341	-3.755	0.001	8.221	4.994	
8	MIN V_y	0.000	-3.609	0.003	4.481	0.000	-3.849	-0.004	
8	MAX V_z	0.000	-3.609	0.003	4.481	0.000	-3.849	-0.004	
8	MIN V_z	5.999	-2.511	0.003	-4.451	0.000	-3.762	-0.020	
2	MAX M_T	0.000	-9.778	2.341	-3.755	0.001	8.221	4.994	
8	MIN M_T	0.000	-3.609	0.003	4.481	0.000	-3.849	-0.004	
2	MAX M_y	0.000	-9.778	2.341	-3.755	0.001	8.221	4.994	
2	MIN M_y	3.732	-9.778	2.341	-3.755	0.001	-5.794	-3.743	
2	MAX M_z	0.000	-9.778	2.341	-3.755	0.001	8.221	4.994	
2	MIN M_z	3.732	-9.778	2.341	-3.755	0.001	-5.794	-3.743	

Figura 8.30: Tabla 4.11 *Conjunto de barras - Esfuerzos internos*

La estructura de tabla es similar a la de la tabla 4.6 *Barras - Esfuerzos internos* descrita en el capítulo 8.6. Ahora, los resultados se ordenan por barras continuas o grupos de barras. Las descripciones de conjuntos de barras se mantienen fijas en la fila superior de la tabla de forma que sea más fácil para informar sobre los datos de resultados durante el desplazamiento.

La tabla incluye los resultados de barra por barra de todas las barras contenidas en el conjunto de barras. La lista de resultados de un conjunto de barras termina con las filas de la tabla resaltadas con color: muestran los extremos totales **MAX** y **MIN** de cada tipo de esfuerzo interno en el conjunto de barra. Los valores extremos se resaltan en negrita. Los valores en las columnas restantes de la fila de tabla respectiva representan los esfuerzos internos referidos al valor extremo.



Es posible reducir la cantidad de datos en la tabla usando funciones de filtro específicas en el cuadro de diálogo *Filtro de tablas* (ver capítulo 11.5.5, página 527). Para abrir el cuadro de diálogo,

- seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados**
- o use el botón en la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

8.11 Secciones - Esfuerzos internos

La tabla 4.12 muestra los esfuerzos internos ordenados por secciones.

Barra n.º	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Nudo n.º	Posición x [m]	N	Fuerzas [kN] V _y /V _u	V _z /V _v	M _T	Momentos [kNm] M _y /M _u	M _z /M _v	
Sección n.º 1: HE A 300									
1	2	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056	
	11	3.732	-9.557	2.444	3.751	0.000	5.659	-4.066	
2	1	0.000	-9.778	2.341	-3.755	0.001	8.221	4.994	
	12	3.732	-9.778	2.341	-3.755	0.001	-5.794	-3.743	
3	3	0.000	-9.922	-2.565	4.718	-0.001	-8.502	-4.305	
	13	3.000	-9.922	-2.565	4.718	-0.001	5.653	-3.389	
4	4	0.000	-10.166	-3.032	-4.708	-0.001	8.264	-5.246	
	14	3.000	-10.166	-3.032	-4.708	-0.001	-5.859	3.849	
1	MAX N	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056	
4	MIN N	0.000	-10.166	-3.032	-4.708	-0.001	8.264	-5.246	
1	MAX V _y	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056	
4	MIN V _y	0.000	-10.166	-3.032	-4.708	-0.001	8.264	-5.246	
3	MAX V _z	0.000	-9.922	-2.565	4.718	-0.001	-8.502	-4.305	
4	MIN V _z	0.000	-10.166	-3.032	-4.708	-0.001	8.264	-5.246	
2	MAX M _T	0.000	-9.778	2.341	-3.755	0.001	8.221	4.994	
4	MIN M _T	0.000	-10.166	-3.032	-4.708	-0.001	8.264	-5.246	
4	MAX M _y	0.000	-10.166	-3.032	-4.708	-0.001	8.264	-5.246	
3	MIN M _y	0.000	-9.922	-2.565	4.718	-0.001	-8.502	-4.305	
1	MAX M _z	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056	
4	MIN M _z	0.000	-10.166	-3.032	-4.708	-0.001	8.264	-5.246	
Sección n.º 2: IPE 300									
5	11	0.000	-3.764	0.001	5.228	0.000	-5.665	-0.013	
	12	7.000	-3.764	0.001	-5.272	0.000	-5.816	-0.018	
6	13	0.000	-4.705	0.004	5.221	0.000	-5.655	0.023	
	14	7.000	-4.705	0.004	-5.279	0.000	-5.859	-0.005	
7	13	0.000	-3.115	-0.013	4.353	0.000	-3.390	-0.022	
	11	5.999	-2.017	-0.013	-4.579	0.000	-4.066	0.056	
8	14	0.000	-3.609	0.003	4.481	0.000	-3.849	-0.004	
	12	5.999	-2.511	0.003	-4.451	0.000	-3.762	-0.020	
7	MAX N	5.999	-2.017	-0.013	-4.579	0.000	-4.066	0.056	

Figura 8.31: Tabla 4.12 Secciones - Esfuerzos internos

La estructura de tabla es similar a la de la tabla 4.6 *Barras – Esfuerzos internos* descrita en el capítulo 8.6. Ahora, los resultados se ordenan por secciones. Las descripciones de las secciones permanecen fijas en la fila superior de la tabla de manera que sea más fácil ver la información general de los datos de resultados durante el desplazamiento.

La tabla incluye resultados de barra por barra de todas las barras que usan la sección relevante. La lista de resultados para una sección termina con las filas de la tabla resaltadas con color: muestran los extremos totales **MAX** y **MIN** de cada tipo de esfuerzo interno en la sección. Los valores extremos se resaltan en negrita. Los valores en las columnas restantes de la fila de tabla respectiva representan los esfuerzos internos referidos al valor extremo.



Es posible reducir la cantidad de datos en la tabla usando funciones de filtro específicas en el cuadro de diálogo *Filtro de tablas* (ver capítulo 11.5.5, página 527).

8.12 Superficies - Deformaciones locales



Para controlar la presentación gráfica de las deformaciones locales de superficie, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*. La tabla 4.13 muestra las deformaciones locales de superficie en forma numérica.

Para estructuras 2D de RFEM sólo se muestran columnas de tabla de deformaciones relevantes.

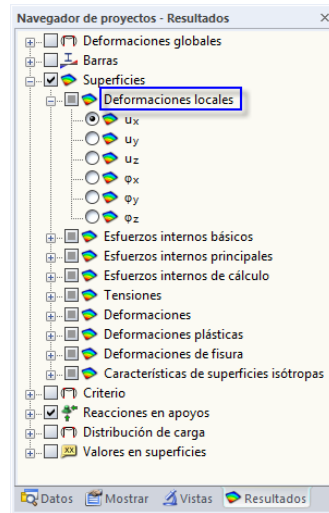


Figura 8.32: Navegador *Resultados*: *Superficies* → *Deformaciones locales*

Superf. núm.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto en rejilla [m]			u	Desplazamientos [mm]			φ _x	Giros [rad]
		X	Y	Z		u _x	u _y	u _z		
1	1	0.000	6.000	0.000	0.1	-0.1	-0.0	0.1	0.0003	-0.0002
2	0.500	6.000	0.000	0.3	-0.0	-0.0	0.3	0.0007	-0.0008	
3	1.000	6.000	0.000	0.7	-0.0	-0.0	0.7	0.0006	-0.0009	
4	1.500	6.000	0.000	1.2	-0.0	-0.0	1.2	0.0005	-0.0008	
5	2.000	6.000	0.000	1.5	-0.0	-0.0	1.5	0.0005	-0.0006	
6	2.500	6.000	0.000	1.8	-0.0	-0.0	1.8	0.0004	-0.0004	
7	3.000	6.000	0.000	2.0	-0.0	-0.0	2.0	0.0004	-0.0002	
8	3.500	6.000	0.000	2.0	-0.0	-0.0	2.0	0.0003	0.0001	
9	4.000	6.000	0.000	1.9	-0.0	-0.0	1.9	0.0003	0.0003	
10	4.500	6.000	0.000	1.7	-0.0	-0.0	1.7	0.0003	0.0006	
11	5.000	6.000	0.000	1.4	-0.0	0.0	1.4	0.0003	0.0007	
12	5.500	6.000	0.000	1.0	-0.0	0.0	1.0	0.0003	0.0008	
13	6.000	6.000	0.000	0.6	-0.0	0.0	0.6	0.0004	0.0007	
14	6.500	6.000	0.000	0.3	-0.0	0.0	0.3	0.0004	0.0006	
15	7.000	6.000	0.000	0.1	-0.0	0.0	0.1	0.0003	0.0002	

Figura 8.33: Tabla 4.13 *Superficies - Deformaciones locales*

La tabla muestra los desplazamientos y giros ordenados por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Representan las características de una superficie. El número y disposición de puntos de rejilla se puede ajustar en la pestaña *Rejilla* del cuadro de diálogo *Editar superficie*.

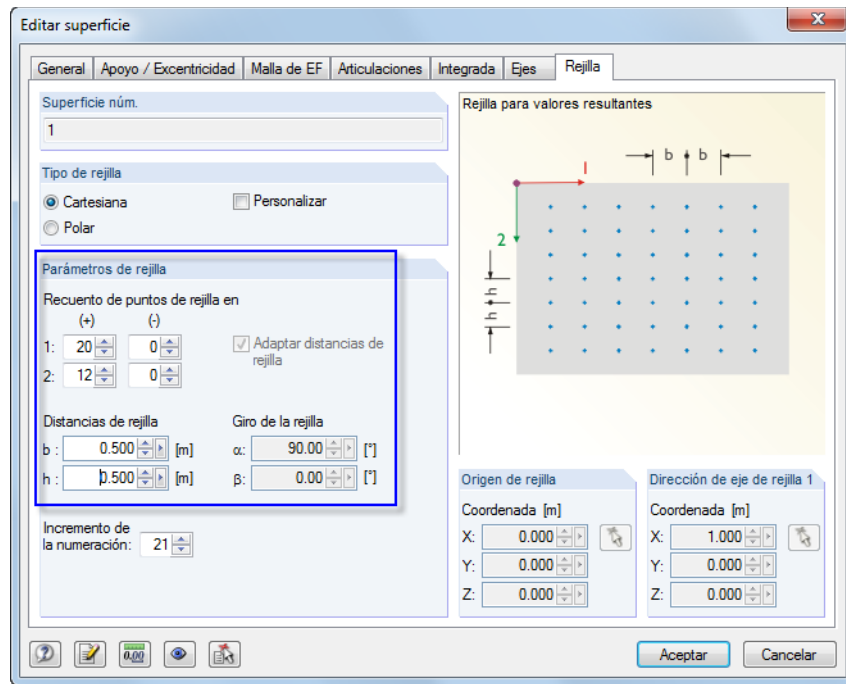


Figura 8.34: Cuadro de diálogo *Editar superficie*, pestaña *Rejilla*

En la pestaña de diálogo *Rejilla*, puede definir el *Tipo de rejilla*, *Parámetros de rejilla* y, en caso necesario, el *Origen de rejilla* así como la *Dirección de eje de rejilla 1*. La configuración predeterminada se trata de una rejilla de superficie Cartesiana con *Distancias de rejilla* de 0,5 cm para los puntos de rejilla en ambas direcciones.



La rejilla admite una salida de resultados en puntos de resultados ajustables, equidistantes que no dependan de la malla de EF. Para superficies pequeñas de tamaño de malla de rejilla estándar de 0,5 m es posible que se produzcan sólo pocos puntos de rejilla (o incluso sólo un punto de rejilla resultante en el origen de rejilla). Entonces, el *recuento* y *distancias* de los puntos de rejilla se deberían ajustar al tamaño de superficie con el fin de generar más puntos de rejilla.

Cuando se modifica la rejilla de superficie, no es necesario un nuevo cálculo de resultados, porque los valores de rejilla se interpolan a partir de los valores de resultados de los nudos de EF.

La salida de resultados en la tabla está basada en la rejilla de resultados de la superficie. En la ventana de trabajo se pueden visualizar ambos valores de nudos de EF y puntos de rejilla. Para establecer la representación de resultados use el navegador *Resultados*:

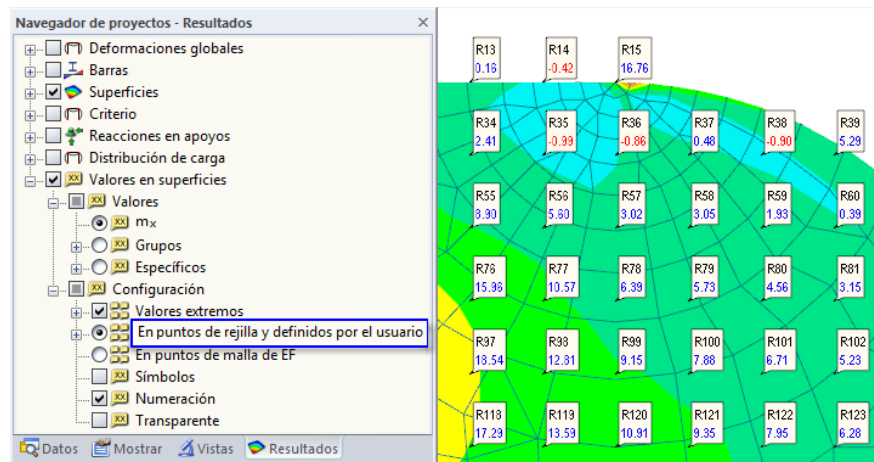


Figura 8.35: Navegador *Resultados*: *Valores en superficies* → *Configuración* → *En puntos de rejilla* o *En puntos de malla de EF*

RFEM enumera los puntos de rejilla automáticamente. Para visualizar los números de puntos de rejilla en el gráfico de resultados, marque la casilla de verificación para *Numeración* en el navegador *Resultados* tal como se muestra en la figura anterior.

Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas B hasta D de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global. Al hacer clic en una fila de la tabla, el punto de rejilla correspondiente se indica en la ventana de trabajo mediante una flecha.

Desplazamientos / Giros

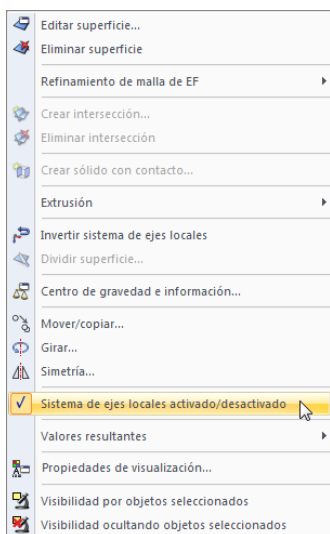
Las deformaciones tienen los siguientes significados:

u	Desplazamiento absoluto total (no para combinaciones de resultados)
U _x	Desplazamiento de superficie en dirección del eje x local
U _y	Desplazamiento de superficie en dirección del eje y local
U _z	Desplazamiento de superficie en dirección del eje z local
φ _x	Giro de superficie respecto al eje x local
φ _y	Giro de superficie respecto al eje y local
φ _z	Giro de superficie respecto al eje z local

Tabla 8.5: Deformaciones locales de superficies

Para visualizar los ejes locales de superficie, use el menú contextual o el navegador *Mostrar* donde selecciona **Modelo** → **Superficies** → **Sistemas de ejes x,y,z de las superficies**.

Cuando analiza superficies curvas, los ejes de superficie se refieren a los ejes de los elementos finitos (ver Figura 8.40, página 332).



Menú contextual de superficie

8.13 Superficies - Deformaciones globales



Para controlar la presentación gráfica de los desplazamientos de superficie y giros de superficie relacionados con los ejes X, Y y Z globales, marque la casilla de verificación para *Deformaciones globales* en el navegador *Resultados*. La tabla 4.14 muestra las deformaciones globales de superficies en forma numérica.

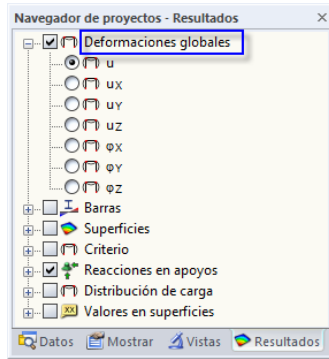


Figura 8.36: Navegador *Resultados*: *Deformaciones globales*

Superf. num.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Desplazamientos [mm]						Giros [rad]	
		X	Y	Z	u	ux	uy	uz	φx	φy		
1	1	0.000	6.000	0.000	0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0003	0.0002	
	2	0.500	6.000	0.000	0.3	-0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0007	0.0008	
	3	1.000	6.000	0.000	0.7	-0.0	0.0	0.0	-0.7	0.0006	0.0009	
	4	1.500	6.000	0.000	1.2	-0.0	0.0	0.0	-1.2	0.0005	0.0008	
	5	2.000	6.000	0.000	1.5	-0.0	0.0	0.0	-1.5	0.0005	0.0006	
	6	2.500	6.000	0.000	1.8	-0.0	0.0	0.0	-1.8	0.0004	0.0004	
	7	3.000	6.000	0.000	2.0	-0.0	0.0	0.0	-2.0	0.0004	0.0002	
	8	3.500	6.000	0.000	2.0	-0.0	0.0	0.0	-2.0	0.0003	-0.0001	
	9	4.000	6.000	0.000	1.9	-0.0	0.0	0.0	-1.9	0.0003	-0.0003	
	10	4.500	6.000	0.000	1.7	-0.0	0.0	0.0	-1.7	0.0003	-0.0006	
	11	5.000	6.000	0.000	1.4	-0.0	0.0	0.0	-1.4	0.0003	-0.0007	
	12	5.500	6.000	0.000	1.0	-0.0	-0.0	0.0	-1.0	0.0003	-0.0008	
	13	6.000	6.000	0.000	0.6	-0.0	-0.0	0.0	-0.6	0.0004	-0.0007	
	14	6.500	6.000	0.000	0.3	-0.0	-0.0	0.0	-0.3	0.0004	-0.0006	
	15	7.000	6.000	0.000	0.1	-0.0	-0.0	0.0	-0.1	0.0003	-0.0002	

Figura 8.37: Tabla 4.14 *Superficies - Deformaciones globales*

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.13 anterior *Superficies - Deformaciones locales*.

Desplazamientos / Giros

Las deformaciones en superficie tienen los siguientes significados:

u	Desplazamiento absoluto total (no para combinaciones de resultados)
ux	Desplazamiento de superficie en dirección del eje X global
uy	Desplazamiento de superficie en dirección del eje Y global
uz	Desplazamiento de superficie en dirección del eje Z global
φx	Giro de superficie respecto al eje X global
φy	Giro de superficie respecto al eje Y global
φz	Giro de superficie respecto al eje Z global

Tabla 8.6: Deformaciones globales de superficies

8.14 Superficies - Esfuerzos internos básicos

Para controlar la presentación gráfica de los esfuerzos internos básicos, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Esfuerzos internos básicos*. La tabla 4.15 muestra los esfuerzos internos básicos de superficies en forma numérica.

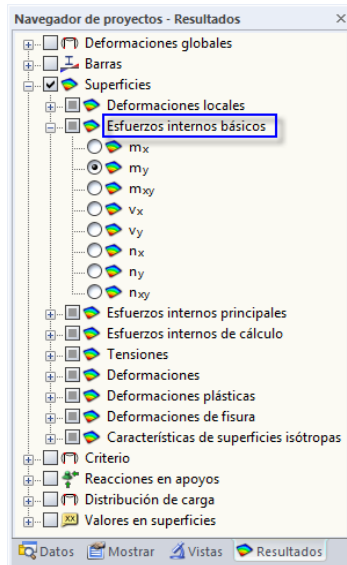


Figura 8.38: Navegador *Resultados*: *Superficies* → *Esfuerzos internos básicos*

Superf. num.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Momentos [kNm/m]			Esfuerzos cortantes [kN/m]		Esfuerzos axiales [kN/m]	
		X	Y	Z	m_x	m_y	m_{xy}	v_x	v_y	n_x	n_y
1	1	0.000	6.000	0.000	-26.438	-21.272	-18.416	97.547	63.303	25.025	
	2	0.500	6.000	0.000	-11.236	-2.719	-4.327	47.573	8.963	15.107	
	3	1.000	6.000	0.000	-0.401	-0.311	1.557	20.824	5.243	7.989	
	4	1.500	6.000	0.000	3.237	0.164	1.617	17.051	1.315	5.994	
	5	2.000	6.000	0.000	5.204	0.277	1.419	12.873	0.928	6.118	
	6	2.500	6.000	0.000	6.370	0.124	1.029	8.334	1.198	7.513	
	7	3.000	6.000	0.000	7.003	0.094	0.466	3.940	0.934	9.231	
	8	3.500	6.000	0.000	7.435	0.131	0.357	-0.214	-0.272	9.999	
	9	4.000	6.000	0.000	6.954	0.037	-0.092	-2.791	0.205	8.224	
	10	4.500	6.000	0.000	5.253	0.087	-0.026	-4.233	0.078	5.287	
	11	5.000	6.000	0.000	3.044	0.033	-0.118	-5.916	-0.091	2.004	
	12	5.500	6.000	0.000	0.288	-0.110	-0.297	-8.450	1.115	0.605	
	13	6.000	6.000	0.000	-2.697	0.335	-0.225	-9.604	1.868	-2.571	
	14	6.500	6.000	0.000	-7.867	0.688	0.261	-12.760	-17.226	-20.885	
	15	7.000	6.000	0.000	-12.607	-9.297	1.587	-2.243	62.947	7.404	

Figura 8.39: Tabla 4.15 *Superficies - Esfuerzos internos básicos*

La tabla muestra los esfuerzos internos básicos ordenados por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas B hasta D de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global. Al hacer clic en una fila de la tabla, el punto de rejilla correspondiente se indica en la ventana de trabajo mediante una flecha.

Momentos / esfuerzos cortantes / esfuerzos axiales

En contraste con los esfuerzos internos de la barra, los esfuerzos internos de la superficie se simbolizan mediante letras pequeñas. De la definición integral de los momentos flectores m_x y m_y se presenta el hecho de que los momentos están referidos a las direcciones de los ejes de superficie donde las tensiones normales correspondientes se crean. Para visualizar los ejes de la superficie, use el menú contextual de la superficie (ver Figura 4.115, página 124).

Cuando se analizan superficies curvas, los esfuerzos internos se refieren a los ejes locales de los elementos finitos individuales. Es posible visualizar los ejes marcando la casilla de verificación correspondiente en el navegador *Mostrar*:

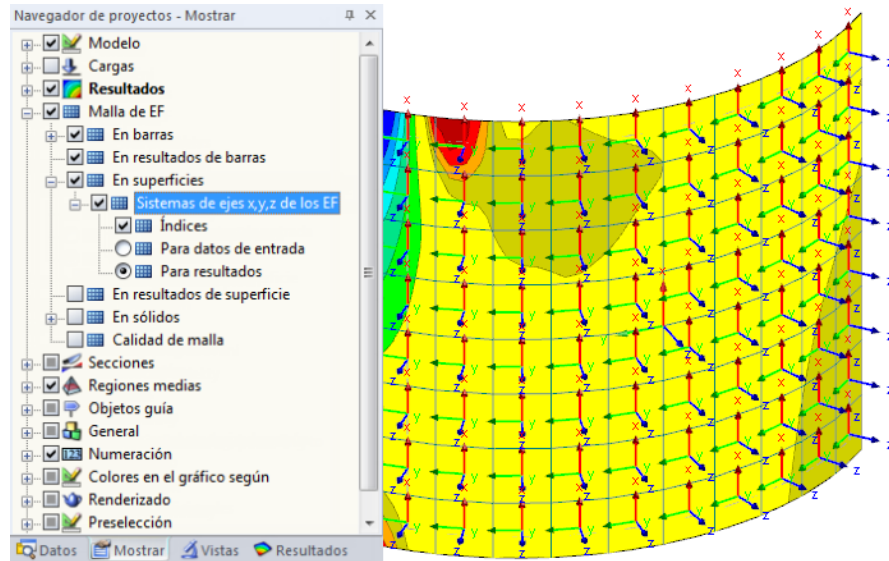


Figura 8.40: Navegador *Mostrar* Sistema de ejes x,y,z de los EF



Hay una diferencia básica en la comprensión de esfuerzos internos en superficies y barras: un momento en barra M_y "gira" respecto al eje y local de barra, mientras que un momento en superficie m_y actúa en dirección del eje y local de superficie, es decir respecto al eje x de la superficie.

La siguiente figura explica la definición de los esfuerzos internos básicos en superficies:

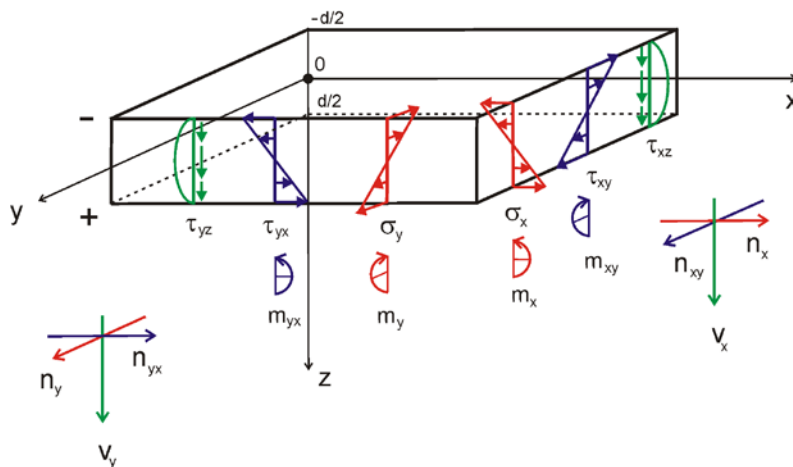


Figura 8.41: Esfuerzos internos en superficie y tensiones de superficie

Los momentos así como las tensiones tangenciales que actúan perpendicularmente a la superficie siguen una gráfica parabólica a través del espesor de superficie.



Los signos le ayudan a ver en qué lado de la superficie están disponibles los esfuerzos internos. Sin embargo, los signos también dependen de la orientación del eje Z global: si el eje Z global tiene dirección descendente (estándar), los esfuerzos internos positivos generan tensión de tracción en el lado positivo de la superficie (lo que significa en dirección del eje z positivo de la superficie). En la tabla se visualizan mediante barras azules. Los esfuerzos internos negativos resultan en tensiones de compresión en el lado positivo de la superficie. En la tabla se representan mediante barras rojas.

Si el eje Z global tiene dirección ascendente, se invierten los signos de los momentos flectores y esfuerzos cortantes.

Cuando el eje Z tiene dirección descendente, los esfuerzos internos básicos se determinan de la forma siguiente:

m_x	Momento flector que crea tensiones en dirección del eje x local $m_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x z dz$
m_y	Momento flector que crea tensiones en dirección del eje y local $m_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_y z dz$
m_{xy}	Momento torsor $m_{xy} = m_{yx} = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xy} z dz$
v_x	Esfuerzo cortante v_x $v_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$
v_y	Esfuerzo cortante v_y $v_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{yz} dz$
n_x	Esfuerzo axil en dirección del eje x local $n_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x dz$
n_y	Esfuerzo axil en dirección del eje y local $n_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_y dz$
n_{xy}	Flujo de cortante $n_{xy} = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xy} dz$

Tabla 8.7: Esfuerzos internos básicos

8.15 Superficies - Esfuerzos internos principales

Para controlar la presentación gráfica de los esfuerzos internos principales, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Esfuerzos internos principales*. La tabla 4.16 muestra los esfuerzos internos principales de superficies en forma numérica.

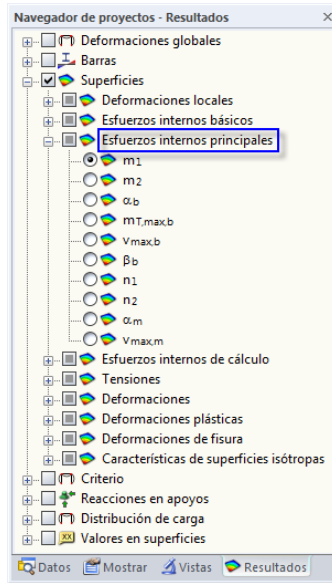


Figura 8.42: Navegador *Resultados*: *Superficies* → *Esfuerzos internos principales*

Superf. n.º	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Momentos [kNm/m]				Esfuerzos cortantes [kN/m]		
		X	Y	Z	m1	m2	α_b [°]	mT,max,b	V máx,b	β_b [°]	n1
1	1	0.000	6.000	0.000	-5.259	-42.451	-48.99	18.596	116.287	32.98	30.696
	2	0.500	6.000	0.000	-0.906	-13.048	-67.27	6.071	48.410	10.67	17.257
	3	1.000	6.000	0.000	1.202	-1.913	45.82	1.557	21.474	14.13	7.994
	4	1.500	6.000	0.000	3.930	-0.530	23.23	2.230	17.102	4.41	5.995
	5	2.000	6.000	0.000	5.584	-0.102	14.97	2.943	12.906	4.12	6.122
	6	2.500	6.000	0.000	6.535	-0.041	9.11	3.288	8.420	8.18	7.535
	7	3.000	6.000	0.000	7.034	0.063	3.84	3.486	4.049	13.33	9.302
	8	3.500	6.000	0.000	7.453	0.113	2.79	3.670	0.346	-128.18	10.024
	9	4.000	6.000	0.000	6.955	0.035	-0.77	3.460	2.798	175.80	8.302
	10	4.500	6.000	0.000	5.253	0.086	-0.29	2.583	4.233	178.95	5.308
	11	5.000	6.000	0.000	3.048	0.029	-2.24	1.510	5.917	-179.12	2.041
	12	5.500	6.000	0.000	0.446	-0.268	-28.06	0.357	8.523	172.48	1.181
	13	6.000	6.000	0.000	0.352	-2.714	-85.78	1.533	9.784	169.00	2.381
	14	6.500	6.000	0.000	0.696	-7.874	88.25	4.285	21.437	-126.53	-7.912
	15	7.000	6.000	0.000	-7.639	-14.265	-71.64	3.313	65.472	90.21	67.858

Figura 8.43: Tabla 4.16 *Superficies - Esfuerzos internos principales*

La tabla muestra los esfuerzos internos principales ordenados por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.15 anterior *Superficies - Esfuerzos internos básicos*.

Momentos / esfuerzos cortantes / esfuerzos axiales

Los *Esfuerzos internos básicos* descritos en el capítulo anterior se refieren al sistema de coordenadas xyz de una superficie definidos con más o menos libertad. En contraste, los *Esfuerzos internos principales* representan los valores extremos de los esfuerzos internos en un elemento de superficie. Para ello, los esfuerzos internos básicos se transforman en las direcciones de ambos ejes principales. Los ejes principales 1 (valor máximo) y 2 (valor mínimo) se organizan ortogonalmente.

Los esfuerzos internos principales se determinan a partir de los esfuerzos internos básicos:

m_1	Momento flector en dirección del eje principal 1 $\frac{1}{2} \left(m_x + m_y + \sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2} \right)$
m_2	Momento flector en dirección del eje principal 2 $\frac{1}{2} \left(m_x + m_y - \sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2} \right)$
α_b	Ángulo entre el eje x (o y) local y el eje 1 (o 2) principal $\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot m_{xy}}{m_x - m_y} \right) \right]$
$m_{T,max,b}$	Momento torsor máximo $\frac{\sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2}}{2}$
$v_{max,b}$	Esfuerzo cortante máximo resultante a partir de componentes de flexión $v_{max,b} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$
β_b	Ángulo entre el esfuerzo cortante principal $v_{max,b}$ y el eje x local $\beta = \arctan \frac{v_y}{v_x}$
n_1	Esfuerzo axil en dirección del eje 1 principal $\frac{1}{2} \left(n_x + n_y + \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2} \right)$
n_2	Esfuerzo axil en dirección del eje 2 principal $\frac{1}{2} \left(n_x + n_y - \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2} \right)$
α_m	Ángulo entre el eje x y el eje 1 principal (para el esfuerzo axil n_1) $\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot n_{xy}}{n_x - n_y} \right) \right]$
$v_{max,m}$	Esfuerzo cortante máximo a partir de componentes de membrana $\frac{\sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}}{2}$

Tabla 8.8: Esfuerzos internos principales

Las direcciones de los ejes principales α_b (para momentos flectores), β_b (para esfuerzos cortantes) y α_m (para esfuerzos axiales) se pueden visualizar como trayectorias en la ventana de trabajo.

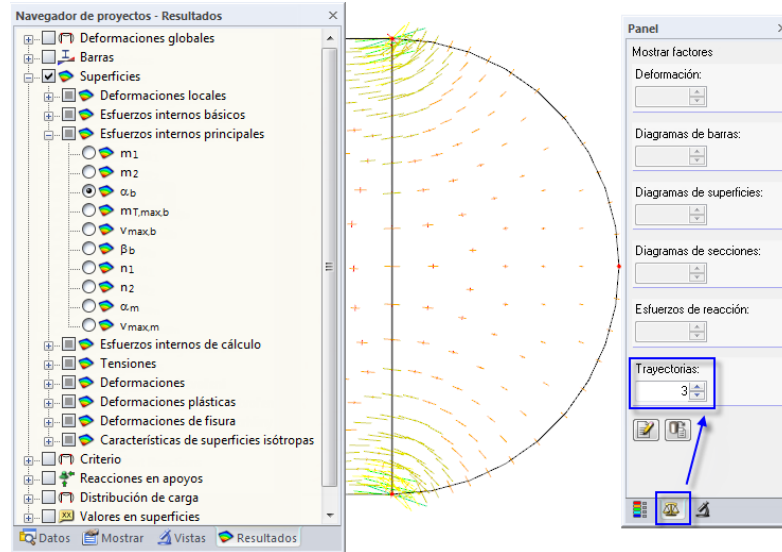


Figura 8.44: Trayectorias de los ejes principales

En la figura anterior, la representación del ángulo α_b también muestra el tamaño de los momentos principales respectivos, debido a que las trayectorias se escalan para los valores de los momentos m_1 y m_2 .

8.16 Superficies - Esfuerzos internos de cálculo

Para controlar la presentación gráfica de los esfuerzos internos de cálculo, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Esfuerzos internos de cálculo*. La tabla 4.17 muestra los esfuerzos internos de cálculo de superficies en forma numérica.

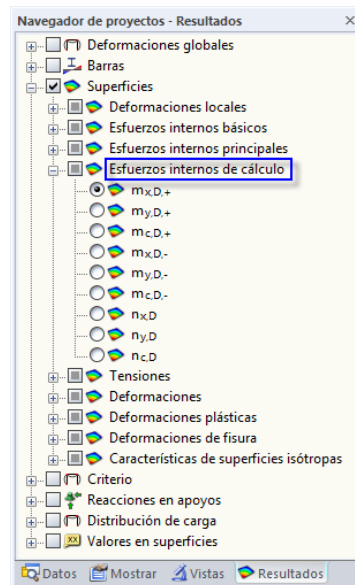


Figura 8.45: Navegador *Resultados*: *Superficies* → *Esfuerzos internos de cálculo*

4.17 Superficies - Esfuerzos internos de cálculo

CC2 - Carga útil

Superf. num.	A Punto de rejilla	B, C, D Coordenadas del punto de rejilla [m]			G Momentos [kNm/m]							K n.x.D
		X	Y	Z	m _{x,D+}	m _{y,D+}	m _{o,D+}	m _{x,D-}	m _{y,D-}	m _{o,D-}		
1	1	0.000	6.000	0.000	0.000	-8.444	-39.266	44.854	39.688	-36.832	36	
2	2	0.500	6.000	0.000	0.000	-1.053	-12.902	15.563	7.045	-8.653	20	
3	3	1.000	6.000	0.000	1.156	1.246	-3.114	1.957	1.868	-3.114	8	
4	4	1.500	6.000	0.000	4.853	1.781	-3.233	0.000	0.643	-4.044	6	
5	5	2.000	6.000	0.000	6.623	1.696	-2.838	0.000	0.109	-5.591	6	
6	6	2.500	6.000	0.000	7.399	1.152	-2.057	0.000	0.042	-6.537	7	
7	7	3.000	6.000	0.000	7.469	0.561	-0.933	0.000	-0.063	-7.034	10	
8	8	3.500	6.000	0.000	7.792	0.487	-0.713	0.000	-0.113	-7.452	10	
9	9	4.000	6.000	0.000	7.046	0.129	-0.185	0.000	-0.035	-6.955	9	
10	10	4.500	6.000	0.000	5.279	0.112	-0.052	0.000	-0.086	-5.253	5	
11	11	5.000	6.000	0.000	3.161	0.151	-0.236	0.000	-0.029	-3.048	2	
12	12	5.500	6.000	0.000	0.585	0.186	-0.593	0.009	0.407	-0.593	1	
13	13	6.000	6.000	0.000	0.000	0.354	-2.716	2.848	0.000	-0.486	0	
14	14	6.500	6.000	0.000	0.000	0.697	-7.875	7.966	0.000	-0.787	0	
15	15	7.000	6.000	0.000	-4.064	-4.181	-13.659	15.090	11.780	-4.966	43	

Figura 8.46: Tabla 4.17 Superficies - Esfuerzos internos de cálculo

La tabla muestra los esfuerzos internos de cálculo ordenados por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas B hasta D de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global.

Momentos / esfuerzos axiales

Los momentos y esfuerzos axiales de cálculo mostrados en esta tabla están basados en la aproximación descrita en DIN V ENV 1992-1-1, apéndice 2, A 2.8 y A 2.9. De esta forma, RFEM ofrece a los usuarios que no tengan acceso al módulo de cálculo RF-CONCRETE Superficies, una herramienta de ayuda requerida para el cálculo manual de hormigón armado. Ya que el módulo adicional usa el método de BAUMANN, los esfuerzos internos de cálculo de RFEM no son aplicables en el módulo.



En este contexto, es importante tener en cuenta que los momentos y esfuerzos axiales de cálculo de la tabla 4.17 no se deben combinar. Como se explicó en DIN V ENV 1992-1-1, anejo 2.8, los momentos se refieren exclusivamente a las armaduras de la losa. Los esfuerzos axiales están basados en el cálculo de los elementos de muro descrito en el anejo 2.9.

Los esfuerzos internos de cálculo tienen los siguientes significados:

$m_{x,D+}$	<p>Momento de cálculo en dirección del eje x local en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie)</p> $m_x + m_{xy} \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_x \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_y \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_x < - m_{xy} $ $m_x + \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_y < - m_{xy} $
$m_{y,D+}$	<p>Momento de cálculo en dirección del eje y local en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie)</p> $m_y + m_{xy} \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_x \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_y \geq - m_{xy} $ $m_y + \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_x < - m_{xy} $ $0 \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_x < - m_{xy} $
$m_{c,D+}$	<p>Momento de cálculo para el cálculo de tensión del hormigón en el lado positivo de la superficie.</p> $-2 \cdot m_{xy} \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_x \geq - m_{xy} $ $0 \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_y \geq - m_{xy} $ $m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_x < - m_{xy} $ $m_y - \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_x < - m_{xy} $
$m_{x,D-}$	<p>Momento de cálculo en dirección del eje x en el lado negativo de la superficie</p> $-m_x + m_{xy} \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_y \leq m_{xy} $ $0 \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_x \leq m_{xy} $ $-m_x + \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_y > m_{xy} $ $0 \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_x > m_{xy} $

$m_{y,D-}$	<p>Momento de cálculo en dirección del eje y en el lado negativo de la superficie</p> $-m_y + m_{xy} \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_y \leq m_{xy} $ $0 \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_x \leq m_{xy} $ $0 \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_y > m_{xy} $ $-m_y + \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_x > m_{xy} $
$m_{c,D-}$	<p>Momento de cálculo para el cálculo de tensión del hormigón en el lado negativo de la superficie.</p> $-2 \cdot m_{xy} \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_y \leq m_{xy} $ $-m_y - \frac{m_{xy}^2}{ m_y } \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_x \leq m_{xy} $ $-m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{para } m_x \leq m_y \text{ y } m_y > m_{xy} $ $-m_x - \frac{m_{xy}^2}{ m_x } \quad \text{para } m_x > m_y \text{ y } m_x > m_{xy} $
$n_{x,D}$	<p>Esfuerzo de cálculo en dirección del eje x local</p> $n_x + n_{xy} \quad \text{para } n_x \leq n_y \text{ y } n_x \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{para } n_x > n_y \text{ y } n_y \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{para } n_x \leq n_y \text{ y } n_x < - n_{xy} $ $n_x + \frac{n_{xy}^2}{ n_y } \quad \text{para } n_x > n_y \text{ y } n_y < - n_{xy} $
$n_{y,D}$	<p>Esfuerzo de cálculo en dirección del eje y local</p> $n_y + n_{xy} \quad \text{para } n_x \leq n_y \text{ y } n_x \geq - n_{xy} $ $0 \quad \text{para } n_x > n_y \text{ y } n_y \geq - n_{xy} $ $n_y + \frac{n_{xy}^2}{ n_x } \quad \text{para } n_x \leq n_y \text{ y } n_x < - n_{xy} $ $0 \quad \text{para } n_x > n_y \text{ y } n_y < - n_{xy} $
$n_{c,D}$	<p>Esfuerzo de cálculo para el cálculo de la tensión del hormigón</p> $-2 \cdot n_{xy} \quad \text{para } n_x \leq n_y \text{ y } n_x \geq - n_{xy} $ $- n_x - \frac{n_{xy}^2}{ n_x } \quad \text{para } n_x > n_y \text{ y } n_y \geq - n_{xy} $ $- n_x - \frac{n_{xy}^2}{ n_x } \quad \text{para } n_x \leq n_y \text{ y } n_x < - n_{xy} $

	$-\left n_y\right - \frac{n_{xy}^2}{\left n_y\right }$	para $n_x > n_y$ y $n_y < -\left n_{xy}\right $
--	---	---

Tabla 8.9: Esfuerzos internos de cálculo

8.17 Superficies - Tensiones básicas

Para controlar la presentación gráfica de las tensiones básicas, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Tensiones*. La tabla 4.18 muestra las tensiones básicas de superficies en forma numérica.

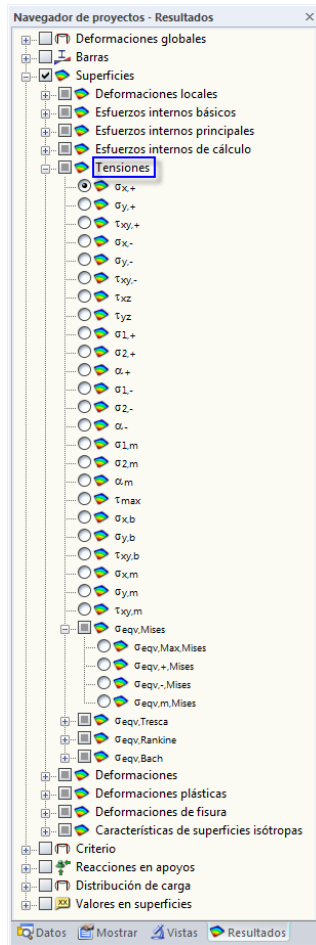


Figura 8.47: Navegador *Resultados*: *Superficies* → *Tensiones*

Superf. núm.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Tensiones normales [MPa]						Tensiones tangenciales [MPa]		
		X	Y	Z	$\sigma_{x,+}$	$\sigma_{y,+}$	$\sigma_{x,-}$	$\sigma_{y,-}$	$\sigma_{z,-}$	$\tau_{xy,+}$	$\tau_{xy,-}$	τ_{xz}	
1	1	0.000	6.000	0.000	-4.757	-3.893	5.035	3.985	-3.348	3.473	0.813		
2	2	0.500	6.000	0.000	-1.997	-0.477	2.165	0.530	-0.772	0.830	0.396		
3	3	1.000	6.000	0.000	-0.030	-0.057	0.119	0.058	0.287	-0.289	0.174		
4	4	1.500	6.000	0.000	0.633	0.029	-0.566	-0.032	0.299	-0.300	0.142		
5	5	2.000	6.000	0.000	0.998	0.051	-0.930	-0.052	0.262	-0.264	0.107		
6	6	2.500	6.000	0.000	1.221	0.023	-1.138	-0.023	0.188	-0.193	0.069		
7	7	3.000	6.000	0.000	1.348	0.017	-1.246	-0.018	0.082	-0.091	0.033		
8	8	3.500	6.000	0.000	1.432	0.027	-1.321	-0.021	0.063	-0.069	-0.002		
9	9	4.000	6.000	0.000	1.333	0.004	-1.242	-0.009	-0.013	0.022	-0.023		
10	10	4.500	6.000	0.000	1.002	0.017	-0.943	-0.015	-0.003	0.007	-0.035		
11	11	5.000	6.000	0.000	0.575	0.006	-0.552	-0.007	-0.020	0.023	-0.049		
12	12	5.500	6.000	0.000	0.057	-0.016	-0.050	0.025	-0.058	0.052	-0.070		
13	13	6.000	6.000	0.000	-0.514	0.074	0.485	-0.050	-0.048	0.035	-0.080		
14	14	6.500	6.000	0.000	-1.573	0.083	1.341	-0.171	0.049	-0.047	-0.106		
15	15	7.000	6.000	0.000	-2.294	-1.409	2.376	2.034	0.199	-0.388	-0.019		

Figura 8.48: Tabla 4.18 Superficies - Tensiones básicas

La tabla muestra las tensiones básicas ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

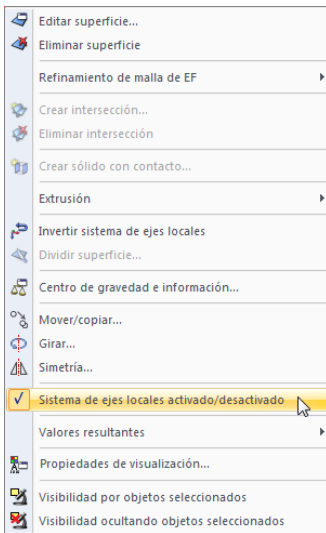
Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas B hasta D de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global.

Tensiones básicas

Las tensiones están referidas a las direcciones de los ejes locales de superficie. Cuando analiza superficies curvas, están referidas a los ejes locales de los elementos finitos individuales (ver Figura 8.40, página 332).

Las tensiones básicas se muestran en la Figura 8.41 en la página 332 y tienen los siguientes significados:



Menú contextual de superficie

$\sigma_{x,+}$	Tensión en dirección del eje x local en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie) $\sigma_{x,+} = \frac{n_x}{d} + \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$ con d: espesor de superficie
$\sigma_{y,+}$	Tensión en dirección del eje y local en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie) $\sigma_{y,+} = \frac{n_y}{d} + \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\sigma_{x,-}$	Tensión en dirección del eje x en el lado negativo de la superficie $\sigma_{x,-} = \frac{n_x}{d} - \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$
$\sigma_{y,-}$	Tensión en dirección del eje y en el lado negativo de la superficie $\sigma_{y,-} = \frac{n_y}{d} - \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$

$\tau_{xy,+}$	Tensión de torsión en el lado positivo de la superficie $\tau_{xy,+} = \frac{n_{xy}}{d} + \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
$\tau_{xy,-}$	Tensión de torsión en el lado negativo de la superficie $\tau_{xy,-} = \frac{n_{xy}}{d} - \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
τ_{xz}	Tensión tangencial ortogonal a la superficie en dirección del eje x $\frac{3 \cdot v_x}{2 \cdot d}$ <p style="text-align: right;">con d: espesor de superficie</p>
τ_{yz}	Tensión tangencial ortogonal a la superficie en dirección del eje y $\frac{3 \cdot v_y}{2 \cdot d}$

Tabla 8.10: Tensiones básicas

8.18 Superficies - Tensiones principales

Para controlar la presentación gráfica de las tensiones principales, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Tensiones* (ver Figura 8.47, página 340). La tabla 4.19 muestra las tensiones principales de superficies en forma numérica.

Superf. núm.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Tensiones principales [MPa]						
		X	Y	Z	$\sigma_{1,+}$	$\sigma_{2,+}$	$\alpha_+ [^\circ]$	$\sigma_{1,-}$	$\sigma_{2,-}$	$\alpha_- [^\circ]$	$\sigma_{1,m}$
1	1	0.000	6.000	0.000	-0.949	-7.701	-48.68	8.023	0.998	40.70	0.171
2	2	0.500	6.000	0.000	-0.154	-2.320	-67.26	2.512	0.182	22.72	0.096
3	3	1.000	6.000	0.000	0.244	-0.331	43.65	0.379	-0.203	-42.03	0.044
4	4	1.500	6.000	0.000	0.756	-0.094	22.37	0.103	-0.700	-65.86	0.033
5	5	2.000	6.000	0.000	1.065	-0.017	14.48	0.021	-1.003	-74.51	0.034
6	6	2.500	6.000	0.000	1.250	-0.006	8.72	0.010	-1.170	-80.47	0.042
7	7	3.000	6.000	0.000	1.353	0.012	3.50	-0.012	-1.252	-85.79	0.052
8	8	3.500	6.000	0.000	1.435	0.025	2.57	-0.017	-1.325	-86.98	0.056
9	9	4.000	6.000	0.000	1.334	0.004	-0.54	-0.009	-1.242	88.99	0.046
10	10	4.500	6.000	0.000	1.002	0.017	-0.17	-0.015	-0.943	89.59	0.029
11	11	5.000	6.000	0.000	0.575	0.005	-2.04	-0.006	-0.553	87.55	0.011
12	12	5.500	6.000	0.000	0.088	-0.048	-28.85	0.051	-0.077	62.78	0.007
13	13	6.000	6.000	0.000	0.078	-0.518	-85.37	0.488	-0.053	3.77	0.013
14	14	6.500	6.000	0.000	0.085	-1.574	88.30	1.342	-0.173	-1.79	-0.044
15	15	7.000	6.000	0.000	-1.085	-2.618	-76.32	2.745	1.665	-57.31	0.377

Figura 8.49: Tabla 4.19 Superficies - Tensiones principales

La tabla muestra las tensiones principales ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.18 anterior *Superficies - Tensiones básicas*.

Tensiones principales

Las tensiones básicas descritas en el capítulo 8.17 se refieren al sistema de coordenadas xyz de la superficie. Las tensiones principales, sin embargo, representan los valores extremos de las tensiones en un elemento de superficie. Los ejes principales 1 (valor máximo) y 2 (valor mínimo) se organizan ortogonalmente.

Es posible visualizar las orientaciones de los ejes principales α como trayectorias en la ventana de trabajo (ver Figura 8.44, página 336).

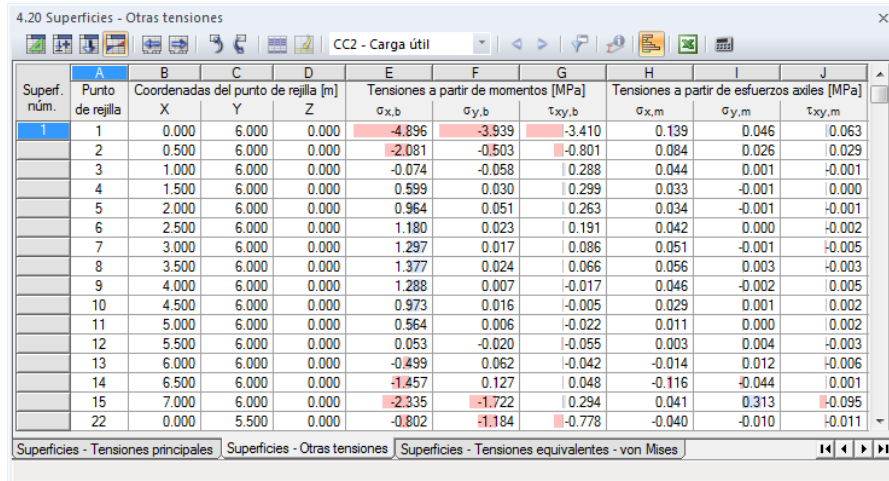
Las tensiones principales se determinan a partir de las tensiones básicas:

$\sigma_{1,+}$	Tensión en dirección del eje 1 principal en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie) $\sigma_{1,+} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2} \right)$
$\sigma_{2,+}$	Tensión en dirección del eje 2 principal en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie) $\sigma_{2,+} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} - \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2} \right)$
α_+	Ángulo entre el eje x (o y) local y el eje 1 (o 2) principal para las tensiones en el lado positivo de la superficie $\alpha_+ = \frac{1}{2} \operatorname{atan}2(2 \cdot \tau_{xy,+}, \sigma_{x,+} - \sigma_{y,+}) \in (-90^\circ, 90^\circ]$
$\sigma_{1,-}$	Tensión en dirección del eje 1 principal en el lado negativo de la superficie $\sigma_{1,-} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2} \right)$
$\sigma_{2,-}$	Tensión en dirección del eje 2 principal en el lado negativo de la superficie $\sigma_{2,-} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} - \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2} \right)$
α_-	Ángulo entre el eje x (o y) local y el eje 1 (o 2) principal para las tensiones en el lado negativo de la superficie $\alpha_- = \frac{1}{2} \operatorname{atan}2(2 \cdot \tau_{xy,-}, \sigma_{x,-} - \sigma_{y,-}) \in (-90^\circ, 90^\circ]$
$\sigma_{1,m}$	Tensión de membrana en dirección del eje 1 principal $\sigma_{1,m} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} + \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2} \right)$
$\sigma_{2,m}$	Tensión de membrana en dirección del eje 2 principal $\sigma_{2,m} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} - \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2} \right)$
α_m	Ángulo entre el eje x local y el eje 1 principal para tensiones de membrana $\alpha_m = \frac{1}{2} \operatorname{atan}2(2 \cdot \tau_{xy,m}, \sigma_{x,m} - \sigma_{y,m}) \in (-90^\circ, 90^\circ]$
τ_{\max}	Tensión tangencial máxima perpendicular a la superficie $\tau_{\max} = \sqrt{\tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2}$

Tabla 8.11: Tensiones principales

8.19 Superficies - Otras tensiones

Para controlar la presentación gráfica de componentes de tensiones debido a momentos flectores y esfuerzos de membrana, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Tensiones* (ver Figura 8.47, página 340). La tabla 4.20 muestra estas tensiones en forma numérica.



Superf. num.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Tensiones a partir de momentos [MPa]			Tensiones a partir de esfuerzos axiales [MPa]		
		X	Y	Z	$\sigma_{x,b}$	$\sigma_{y,b}$	$\tau_{xy,b}$	$\sigma_{x,m}$	$\sigma_{y,m}$	$\tau_{xy,m}$
1	1	0.000	6.000	0.000	-4.896	-3.939	-3.410	0.139	0.046	0.063
2	2	0.500	6.000	0.000	-2.081	-0.503	-0.801	0.084	0.026	0.029
3	3	1.000	6.000	0.000	-0.074	-0.058	0.288	0.044	0.001	-0.001
4	4	1.500	6.000	0.000	0.599	0.030	0.299	0.033	-0.001	0.000
5	5	2.000	6.000	0.000	0.964	0.051	0.263	0.034	-0.001	-0.001
6	6	2.500	6.000	0.000	1.180	0.023	0.191	0.042	0.000	-0.002
7	7	3.000	6.000	0.000	1.297	0.017	0.086	0.051	-0.001	-0.005
8	8	3.500	6.000	0.000	1.377	0.024	0.066	0.056	0.003	-0.003
9	9	4.000	6.000	0.000	1.288	0.007	-0.017	0.046	-0.002	0.005
10	10	4.500	6.000	0.000	0.973	0.016	-0.005	0.029	0.001	0.002
11	11	5.000	6.000	0.000	0.564	0.006	-0.022	0.011	0.000	0.002
12	12	5.500	6.000	0.000	0.053	-0.020	-0.055	0.003	0.004	-0.003
13	13	6.000	6.000	0.000	-0.499	0.062	-0.042	-0.014	0.012	-0.006
14	14	6.500	6.000	0.000	-1.457	0.127	0.048	-0.116	-0.044	0.001
15	15	7.000	6.000	0.000	-2.335	-1.722	0.294	0.041	0.313	-0.095
22	22	0.000	5.500	0.000	-0.802	-1.184	-0.778	-0.040	-0.010	-0.011

Figura 8.50: Tabla 4.20 Superficies - Otras tensiones

La tabla muestra otras tensiones ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas B hasta D de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global.

Tensiones debidas a momentos flectores / esfuerzos axiales

Las tensiones están referidas a las direcciones de los ejes locales de superficie. Cuando analiza superficies curvas, se refieren a los ejes de los elementos finitos (Figura 8.40/Figura 8.40332308).

Las tensiones tienen los siguientes significados:

$\sigma_{x,b}$	Tensión debida al momento flector m_x $\sigma_{x,b} = \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$ con d: espesor de superficie
$\sigma_{y,b}$	Tensión debida al momento flector m_y $\sigma_{y,b} = \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\tau_{xy,b}$	Tensión debida al momento torsor m_{xy} $\tau_{xy,b} = \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$

$\sigma_{x,m}$	Tensión de membrana debida al esfuerzo axil n_x $\sigma_{x,m} = \frac{n_x}{d}$
$\sigma_{y,m}$	Tensión de membrana debida al esfuerzo axil n_y $\sigma_{y,m} = \frac{n_y}{d}$ con d: espesor de superficie
$\tau_{xy,m}$	Tensión de membrana debida al flujo de cortante n_{xy} $\tau_{xy,m} = \frac{n_{xy}}{d}$

Tabla 8.12: Otras tensiones

8.20 Superficies - Tensiones de contacto

Cuando el modelo tiene apoyos en superficie (ver capítulo 4.9, página 111), la tabla 4.20 muestra las tensiones de contacto ("presiones de contacto del suelo") de superficies en forma numérica. Para controlar la presentación gráfica de los resultados, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Tensiones de contacto*.

Para losas 2D sólo se visualiza la columna de tabla σ_z

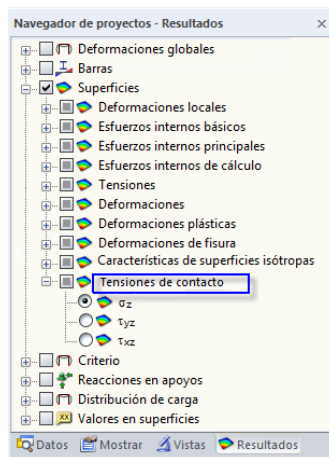


Figura 8.51: Navegador *Resultados*: *Superficies* → *Tensiones de contacto*

Superf. núm.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Tensiones de contacto [kPa]		
		X	Y	Z	σ_z	τ_{yz}	τ_{xz}
1	1	0.000	6.000	0.000	218.19	-19.97	-36.39
2	2	0.500	6.000	0.000	-40.25	-0.00	7.39
3	3	1.000	6.000	0.000	16.01	-0.00	0.09
4	4	1.500	6.000	0.000	-4.53	-0.00	0.76
5	5	2.000	6.000	0.000	4.95	0.63	0.94
6	6	2.500	6.000	0.000	0.64	0.23	-2.82
7	7	3.000	6.000	0.000	2.65	-9.11	-0.13
8	8	3.500	6.000	0.000	1.63	-2.19	-0.39
9	9	4.000	6.000	0.000	2.34	-0.41	1.57
10	10	4.500	6.000	0.000	1.49	-0.34	-0.12
11	11	5.000	6.000	0.000	3.02	-0.22	-0.48
12	12	5.500	6.000	0.000	-0.17	-0.10	2.72
13	13	6.000	6.000	0.000	6.49	-0.75	2.64
14	14	6.500	6.000	0.000	-13.40	1.97	-10.73
15	15	7.000	6.000	0.000	79.98	-105.75	-75.09
22	22	0.000	5.500	0.000	-35.60	9.94	0.00

Figura 8.52: Tabla 4.21 Superficies - Tensiones de contacto

La tabla muestra las tensiones de contacto ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas B hasta D de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global. Cuando hace clic en una fila de tabla, el punto de rejilla correspondiente se indica en la ventana de trabajo mediante una flecha, siempre que se active la sincronización de la selección (ver capítulo 11.5.4, página 526).

Tensiones de contacto

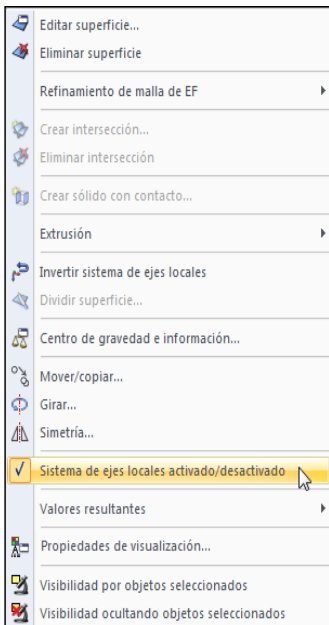
Las tensiones están referidas a las direcciones de los ejes locales de superficie. Cuando analiza superficies curvas, se refieren a los ejes de los elementos finitos (ver Figura 8.40, página 332).

Las tensiones de contacto tienen los siguientes significados:

σ_z	<p>Tensión de contacto ("empuje del terreno") en dirección del eje z de superficie</p> $\sigma_z = v \cdot (\sigma_x + \sigma_y)$ <p>con σ_x / σ_y: tensiones en suelo v: coeficiente de Poisson del suelo</p>
τ_{yz}	<p>Tensión tangencial del apoyo en superficie</p> $\tau_{yz} = \frac{3 \cdot v_y}{2 \cdot d}$ <p>con d: espesor de superficie</p>
τ_{xz}	<p>Tensión tangencial del apoyo en superficie</p> $\tau_{xz} = \frac{3 \cdot v_x}{2 \cdot d}$

Tabla 8.13: Tensiones de contacto

Las tensiones de contacto positivas se visualizan mediante barras azules en la tabla. En consecuencia, las tensiones negativas se representan mediante barras rojas.



Menú contextual de superficie



La tabla muestra las tensiones como fuerzas por superficie pasadas al apoyo. De este modo, con respecto a los signos, la tabla no muestra las reacciones en la parte del apoyo. Si el eje z local de superficie tiene orientación descendente, por ejemplo una carga que actúa en dirección del eje z resulta en una tensión positiva σ_z . De este modo, los signos resultan de la dirección del eje z de superficie (ver Figura 4.73, página 90).

La orientación del eje z local de superficie se puede cambiar rápidamente para modelos 3D: haga clic con el botón secundario para abrir el menú contextual de superficie (ver figura anterior), y luego seleccione la opción *Invertir sistema de ejes locales*. Tenga en cuenta, sin embargo, que una ineficacia definida cambiará entonces también la dirección de la acción.

8.21 Superficies - Tensiones equivalentes - von Mises

Para controlar la presentación gráfica de las tensiones equivalentes de superficies, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Tensiones*. La tabla 4.22 muestra las tensiones equivalentes determinadas según VON MISES en forma numérica.

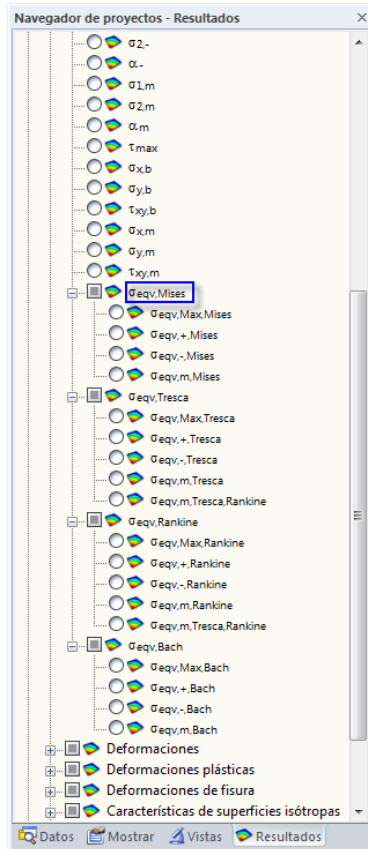


Figura 8.53: Tensiones equivalentes en el navegador *Resultados*: *Superficies* → *Tensiones* → $\sigma_{eqv.Mises}$

Superf. núm.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Tensiones equivalentes von Mises [MPa]			
		X	Y	Z	$\sigma_{v,max}$	$\sigma_{v,+}$	$\sigma_{v,-}$	$\sigma_{v,m}$
1	1	0.000	6.000	0.000	1.307	1.307	1.307	0.000
2	0.500	6.000	0.000	0.125	0.125	0.125	0.000	
3	1.000	6.000	0.000	0.067	0.067	0.067	0.000	
4	1.500	6.000	0.000	0.031	0.031	0.031	0.000	
5	2.000	6.000	0.000	0.014	0.014	0.014	0.000	
6	2.500	6.000	0.000	0.007	0.007	0.007	0.000	
7	3.000	6.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	
8	3.500	6.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	
9	4.000	6.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	
10	4.500	6.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	
11	5.000	6.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	
12	5.500	6.000	0.000	0.006	0.006	0.006	0.000	
13	6.000	6.000	0.000	0.013	0.013	0.013	0.000	
14	6.500	6.000	0.000	0.022	0.022	0.022	0.000	
15	7.000	6.000	0.000	0.303	0.303	0.303	0.000	

Figura 8.54: Tabla 4.22 *Superficies - Tensiones equivalentes - von Mises*

La tabla muestra las tensiones equivalentes ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas B hasta D de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global.

Tensiones equivalentes

En el navegador *Resultados*, hay cuatro hipótesis de tensiones equivalentes para el estado plano de tensiones disponibles para selección. La aproximación por VON MISES es conocida también como la "hipótesis de modificación de forma". Se asume que el material falla tan pronto como la energía que modifica la forma excede de un cierto límite. Esta energía es la clase de energía que causa distorsión o deformación del objeto.

La aproximación representa hipótesis de tensiones equivalentes más conocidas y más frecuentemente usadas. Es apropiada para todos los materiales que no sean frágiles. Por lo tanto, su uso está muy extendido en construcción de edificación de acero. Sin embargo, la hipótesis no es adecuada para condiciones de tensión hidrostática con tensiones principales iguales en todas direcciones, aquí la tensión equivalente vale cero.

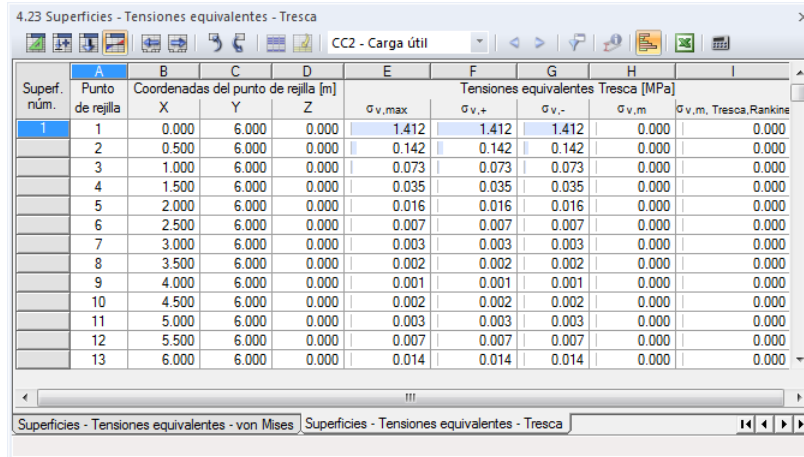
Las tensiones equivalentes según VON MISES para los estados planos de tensiones tienen los siguientes significados:

$\sigma_{\text{eqv},+}$	<p>Tensión equivalente en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de superficie)</p> $\sigma_{v,+} = \sqrt{\sigma_{x,+}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,+} \cdot \sigma_{y,+} + 3 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
$\sigma_{\text{eqv},-}$	<p>Tensión equivalente en el lado negativo de la superficie</p> $\sigma_{v,-} = \sqrt{\sigma_{x,-}^2 + \sigma_{y,-}^2 - \sigma_{x,-} \cdot \sigma_{y,-} + 3 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{\text{eqv},m}$	<p>Tensión equivalente de membrana</p> $\sigma_{v,m} = \sqrt{\sigma_{x,m}^2 + \sigma_{y,m}^2 - \sigma_{x,m} \cdot \sigma_{y,m} + 3 \cdot \tau_{xy,m}^2}$

Tabla 8.14: Tensiones equivalentes según VON MISES

8.22 Superficies - Tensiones equivalentes - Tresca

Para controlar la presentación gráfica de las tensiones equivalentes de superficies, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Tensiones* (ver Figura 8.53, página 348). La tabla 4.23 muestra las tensiones equivalentes de superficies determinadas según TRESCA en forma numérica.



Superf. num.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Tensiones equivalentes Tresca [MPa]				
		X	Y	Z	$\sigma_{v,max}$	$\sigma_{v,+}$	$\sigma_{v,-}$	$\sigma_{v,m}$	$\sigma_{v,m, Tresca, Ranking}$
1	1	0.000	6.000	0.000	1.412	1.412	1.412	0.000	0.000
2	2	0.500	6.000	0.000	0.142	0.142	0.142	0.000	0.000
3	3	1.000	6.000	0.000	0.073	0.073	0.073	0.000	0.000
4	4	1.500	6.000	0.000	0.035	0.035	0.035	0.000	0.000
5	5	2.000	6.000	0.000	0.016	0.016	0.016	0.000	0.000
6	6	2.500	6.000	0.000	0.007	0.007	0.007	0.000	0.000
7	7	3.000	6.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000
8	8	3.500	6.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000
9	9	4.000	6.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
10	10	4.500	6.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000
11	11	5.000	6.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000
12	12	5.500	6.000	0.000	0.007	0.007	0.007	0.000	0.000
13	13	6.000	6.000	0.000	0.014	0.014	0.014	0.000	0.000

Figura 8.55: Tabla 4.23 Superficies - Tensiones equivalentes - Tresca

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.22 anterior *Superficies - Tensiones equivalentes - von Mises*. La aproximación por TRESCA es también conocida como la "teoría de la tensión tangencial máxima". Se supone que la tensión tangencial máxima causa el fallo. Como esta hipótesis se aplica especialmente para materiales frágiles, en ingeniería mecánica se usa con frecuencia.

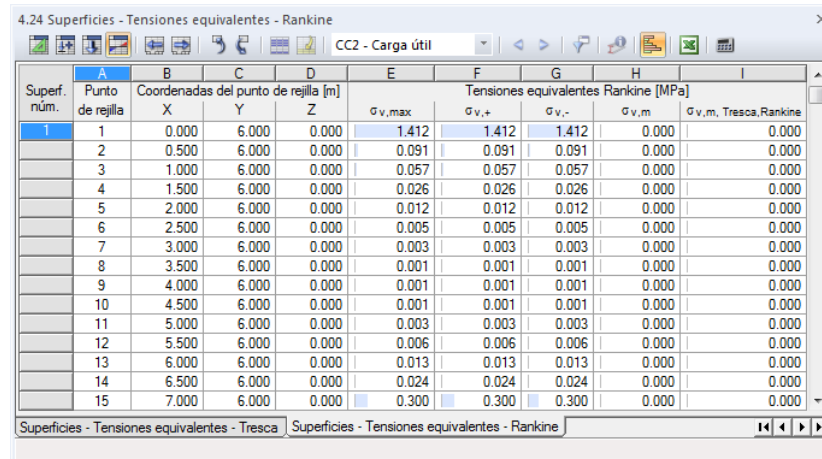
Las tensiones equivalentes según TRESCA se determinan de la forma siguiente:

$\sigma_{eqv,max}$	Tensión equivalente máxima en el lado positivo y negativo de la superficie
$\sigma_{eqv,+}$	<p>Tensión equivalente en el lado positivo de la superficie</p> $\sigma_{v,+} = \max(\sigma_{1,+} - \sigma_{2,+} ; \sigma_{2,+} ; \sigma_{1,+}) \quad \circ$ $\sigma_{v,+} = \max\left(\sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}; \sigma_{2,+} ; \sigma_{1,+} \right)$
$\sigma_{eqv,-}$	<p>Tensión equivalente en el lado negativo de la superficie</p> $\sigma_{v,-} = \max(\sigma_{1,-} - \sigma_{2,-} ; \sigma_{2,-} ; \sigma_{1,-}) \quad \circ$ $\sigma_{v,-} = \max\left(\sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}; \sigma_{2,-} ; \sigma_{1,-} \right)$
$\sigma_{eqv,m}$	<p>Tensión equivalente de membrana</p> $\sigma_{v,m} = \max(\sigma_{1,m} - \sigma_{2,m} ; \sigma_{2,m} ; \sigma_{1,m}) \quad \circ$ $\sigma_{v,m} = \max\left(\sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}; \sigma_{2,m} ; \sigma_{1,m} \right)$

Tabla 8.15: Tensión equivalente según TRESCA

8.23 Superficies - Tensiones equivalentes - Rankine

Para controlar la presentación gráfica de las tensiones equivalentes de superficies, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Tensiones* (ver Figura 8.53, página 348). La tabla 4.24 muestra las tensiones equivalentes de superficies determinadas según RANKINE en forma numérica.



Superf. num.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Tensiones equivalentes Rankine [MPa]				
		X	Y	Z	σ _{v,max}	σ _{v,+}	σ _{v,-}	σ _{v,m}	σ _{v,m, Tresca, Rankine}
1	1	0.000	6.000	0.000	1.412	1.412	1.412	0.000	0.000
2	2	0.500	6.000	0.000	0.091	0.091	0.091	0.000	0.000
3	3	1.000	6.000	0.000	0.057	0.057	0.057	0.000	0.000
4	4	1.500	6.000	0.000	0.026	0.026	0.026	0.000	0.000
5	5	2.000	6.000	0.000	0.012	0.012	0.012	0.000	0.000
6	6	2.500	6.000	0.000	0.005	0.005	0.005	0.000	0.000
7	7	3.000	6.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000
8	8	3.500	6.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
9	9	4.000	6.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
10	10	4.500	6.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
11	11	5.000	6.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000
12	12	5.500	6.000	0.000	0.006	0.006	0.006	0.000	0.000
13	13	6.000	6.000	0.000	0.013	0.013	0.013	0.000	0.000
14	14	6.500	6.000	0.000	0.024	0.024	0.024	0.000	0.000
15	15	7.000	6.000	0.000	0.300	0.300	0.300	0.000	0.000

Figura 8.56: Tabla 4.24 Superficies - Tensiones equivalentes - Rankine

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.23 anterior *Superficies - Tensiones equivalentes - von Mises*.

La hipótesis de tensiones equivalentes según RANKINE es también conocida como el "criterio de tensiones principales máximas". Se supone que la tensión principal máxima causa el fallo.

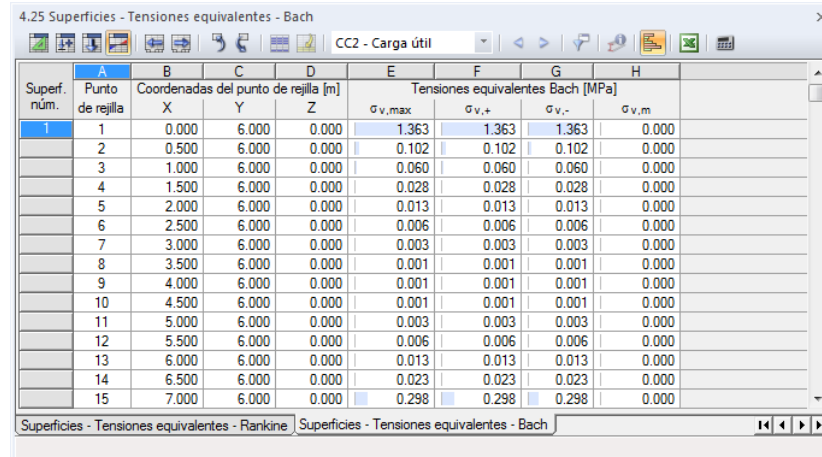
Las tensiones equivalentes según RANKINE se determinan de la forma siguiente:

σ _{eqv,max}	Tensión equivalente máxima en el lado positivo y negativo de la superficie
σ _{eqv,+}	Valor máximo absoluto de la tensión equivalente en el lado positivo de la superficie $\sigma_{v,+} = \frac{1}{2} \sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
σ _{eqv,-}	Valor máximo absoluto de la tensión equivalente en el lado negativo de la superficie $\sigma_{v,-} = \frac{1}{2} \sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
σ _{eqv,m}	Valor máximo absoluto de la tensión equivalente de membrana $\sigma_{v,m} = \frac{1}{2} \sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$

Tabla 8.16: Tensiones equivalentes según RANKINE

8.24 Superficies - Tensiones equivalentes - Bach

Para controlar la presentación gráfica de las tensiones equivalentes de superficies, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Tensiones* (ver Figura 8.53, página 348). La tabla 4.25 muestra las tensiones equivalentes de superficies determinadas según BACH en forma numérica.



Superf. núm.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Tensiones equivalentes Bach [MPa]			
		X	Y	Z	$\sigma_{v,max}$	$\sigma_{v,+}$	$\sigma_{v,-}$	$\sigma_{v,m}$
1		0.000	6.000	0.000	1.363	1.363	1.363	0.000
2		0.500	6.000	0.000	0.102	0.102	0.102	0.000
3		1.000	6.000	0.000	0.060	0.060	0.060	0.000
4		1.500	6.000	0.000	0.028	0.028	0.028	0.000
5		2.000	6.000	0.000	0.013	0.013	0.013	0.000
6		2.500	6.000	0.000	0.006	0.006	0.006	0.000
7		3.000	6.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000
8		3.500	6.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
9		4.000	6.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
10		4.500	6.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
11		5.000	6.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000
12		5.500	6.000	0.000	0.006	0.006	0.006	0.000
13		6.000	6.000	0.000	0.013	0.013	0.013	0.000
14		6.500	6.000	0.000	0.023	0.023	0.023	0.000
15		7.000	6.000	0.000	0.298	0.298	0.298	0.000

Figura 8.57: Tabla 4.25 Superficies - Tensiones equivalentes - Bach

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.22 anterior *Superficies - Tensiones equivalentes - von Mises*.

La hipótesis de tensiones equivalentes según BACH se conoce también como el "criterio de deformaciones principales". Se supone que el fallo ocurre en la dirección de la deformación mayor. La aproximación es similar a la determinación de tensiones según RANKINE descrita en el capítulo 8.23. Aquí, la deformación principal se usa en lugar de la tensión principal.

Las tensiones equivalentes según BACH se determinan de la forma siguiente:

$\sigma_{eqv,max}$	Tensión equivalente máxima en el lado positivo y negativo de la superficie
$\sigma_{eqv,+}$	<p>Valor máximo absoluto de la tensión equivalente en el lado positivo de la superficie</p> $\sigma_{v,+} = \max \left[\frac{1-\nu}{2} \sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \frac{1+\nu}{2} \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}, \nu \sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} \right]$ <p>con ν: coeficiente de Poisson (ver capítulo 4.3, página 63)</p>
$\sigma_{eqv,-}$	<p>Valor máximo absoluto de la tensión equivalente en el lado negativo de la superficie</p> $\sigma_{v,-} = \max \left[\frac{1-\nu}{2} \sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \frac{1+\nu}{2} \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}, \nu \sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} \right]$
$\sigma_{eqv,m}$	<p>Valor máximo absoluto de la tensión equivalente de membrana</p> $\sigma_{v,m} = \max \left[\frac{1-\nu}{2} \sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} + \frac{1+\nu}{2} \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}, \nu \sigma_{x,m} + \sigma_{y,m} \right]$

Tabla 8.17: Tensiones equivalentes según BACH

8.25 Superficies - Deformaciones básicas

Para controlar la presentación gráfica de las deformaciones de superficie, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Deformaciones*. La tabla 4.26 muestra las deformaciones básicas de superficies en forma numérica.

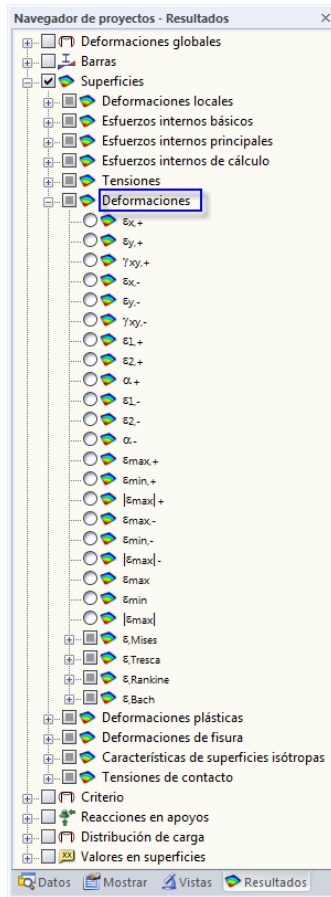


Figura 8.58: Navegador *Resultados*: *Superficies* → *Deformaciones*

Superf. n.º	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Deformaciones básicas []					
		X	Y	Z	$\epsilon_{x,+}$	$\epsilon_{y,+}$	$\gamma_{xy,+}$	$\epsilon_{x,-}$	$\epsilon_{y,-}$	$\gamma_{xy,-}$
1	1	0.000	6.000	0.000	-0.00003	-0.00002	-0.00005	0.00003	0.00002	0.00005
2	0.500	6.000	0.000	-0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
3	1.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000
4	1.500	6.000	0.000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
5	2.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000
6	2.500	6.000	0.000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000
7	3.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000
8	3.500	6.000	0.000	-0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
9	4.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	-0.00000
10	4.500	6.000	0.000	-0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
11	5.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000
12	5.500	6.000	0.000	-0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
13	6.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000
14	6.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
15	7.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	-0.00000

Figura 8.59: Tabla 4.26 *Superficies - Deformaciones básicas*

La tabla muestra las deformaciones ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

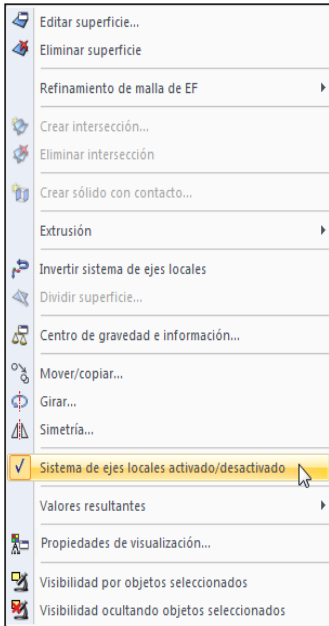
Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas B hasta D de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global.

Deformaciones básicas

Las deformaciones están referidas a las direcciones de los ejes locales de superficie. Cuando analiza superficies curvas, se refieren a los ejes de los elementos finitos (ver Figura 8.40, página 332).

Las deformaciones básicas tienen los siguientes significados:



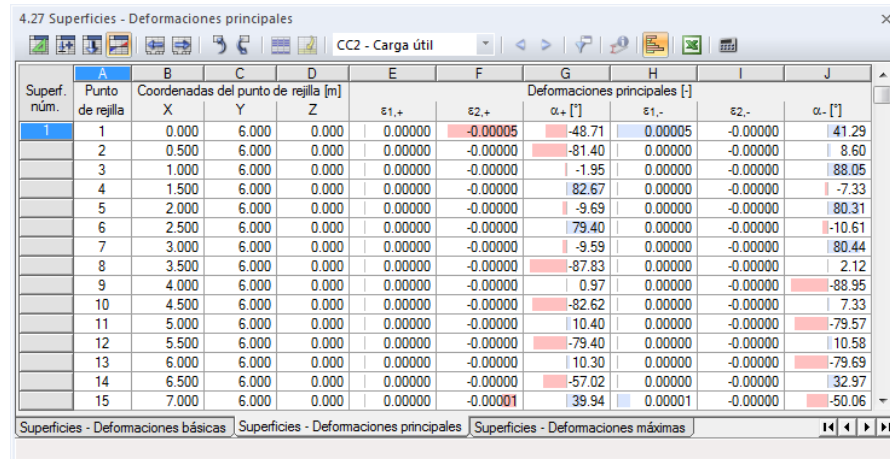
Menú contextual de superficie

$\epsilon_{x,+}$	Deformación en dirección del eje x local en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie) $\epsilon_{x,+} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{d}{2} \cdot \frac{\partial \varphi_y}{\partial x}$ con d: espesor de superficie
$\epsilon_{y,+}$	Deformación en dirección del eje y local en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie) $\epsilon_{x,+} = \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{d}{2} \cdot \left(-\frac{\partial \varphi_x}{\partial y} \right)$
$\gamma_{xy,+}$	Giro respecto al lado positivo de la superficie $\gamma_{xy,+} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{\partial \varphi_y}{\partial y} - \frac{\partial \varphi_x}{\partial x} \right)$
$\epsilon_{x,-}$	Deformación en dirección del eje x en el lado negativo de la superficie $\epsilon_{x,-} = \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{d}{2} \cdot \frac{\partial \varphi_y}{\partial x}$
$\epsilon_{y,-}$	Deformación en dirección del eje y en el lado negativo de la superficie $\epsilon_{x,-} = \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{d}{2} \cdot \left(-\frac{\partial \varphi_x}{\partial y} \right)$
$\gamma_{xy,-}$	Giro respecto al lado negativo de la superficie $\gamma_{xy,+} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{d}{2} \cdot \left(\frac{\partial \varphi_y}{\partial y} - \frac{\partial \varphi_x}{\partial x} \right)$

Tabla 8.18: Deformaciones básicas

8.26 Superficies - Deformaciones principales

Para controlar la presentación gráfica de las deformaciones, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Deformaciones* (ver Figura 8.58, página 353). La tabla 4.27 muestra las deformaciones principales de superficies en forma numérica.



Superf. núm.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Deformaciones principales [-]					
		X	Y	Z	$\epsilon_{1,+}$	$\epsilon_{2,+}$	$\alpha_+ [^\circ]$	$\epsilon_{1,-}$	$\epsilon_{2,-}$	$\alpha_- [^\circ]$
1	1	0.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00005	-48.71	0.00005	-0.00000	41.29
2	2	0.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-81.40	0.00000	-0.00000	8.60
3	3	1.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-1.95	0.00000	-0.00000	88.05
4	4	1.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	82.67	0.00000	-0.00000	-7.33
5	5	2.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-9.69	0.00000	-0.00000	80.31
6	6	2.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	79.40	0.00000	-0.00000	-10.61
7	7	3.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-9.59	0.00000	-0.00000	80.44
8	8	3.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-87.83	0.00000	-0.00000	2.12
9	9	4.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.97	0.00000	-0.00000	-88.95
10	10	4.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-82.62	0.00000	-0.00000	7.33
11	11	5.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	10.40	0.00000	-0.00000	-79.57
12	12	5.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-79.40	0.00000	-0.00000	10.58
13	13	6.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	10.30	0.00000	-0.00000	-79.69
14	14	6.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	-57.02	0.00000	-0.00000	32.97
15	15	7.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00001	39.94	0.00001	-0.00000	-50.06

Figura 8.60: Tabla 4.27 Superficies - Deformaciones principales

La tabla muestra las deformaciones principales ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.26 anterior *Superficies - Deformaciones básicas*.

Deformaciones principales

Las deformaciones básicas descritas en el capítulo 8.25 se refieren al sistema de coordenadas xyz de la superficie. Las deformaciones principales, sin embargo, representan los valores extremos de las deformaciones en un elemento de superficie. Los ejes principales 1 (valor máximo) y 2 (valor mínimo) se organizan ortogonalmente.

Es posible visualizar las orientaciones de los ejes principales α como trayectorias en la ventana de trabajo (ver Figura 8.44, página 336 para esfuerzos internos principales).

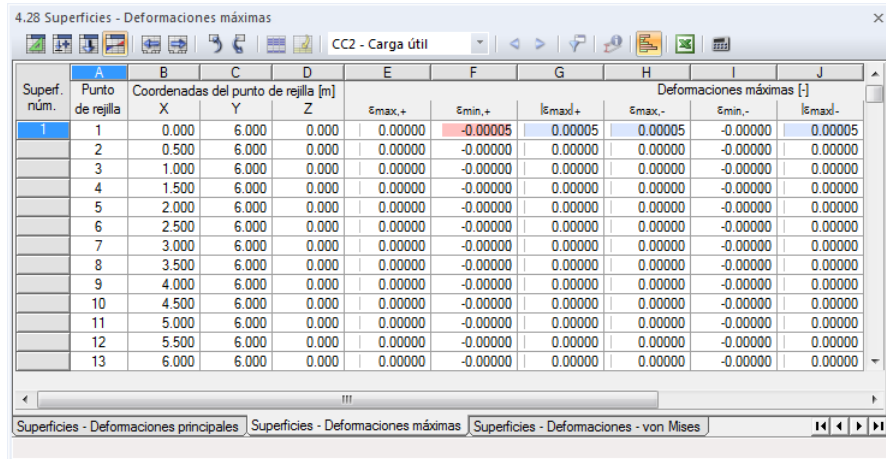
Las deformaciones principales tienen los siguientes significados:

$\varepsilon_{1,+}$	<p>Deformación en dirección del eje 1 principal en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie)</p> $\varepsilon_{1,+} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,+} + \varepsilon_{y,+} + \sqrt{(\varepsilon_{x,+} - \varepsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2} \right)$
$\varepsilon_{2,+}$	<p>Deformación en dirección del eje 2 principal en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie)</p> $\varepsilon_{2,+} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,+} + \varepsilon_{y,+} - \sqrt{(\varepsilon_{x,+} - \varepsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2} \right)$
α_+	<p>Ángulo entre el eje x (o y) local y el eje 1 (o 2) principal para las deformaciones en el lado positivo de la superficie</p> $\alpha_+ = \frac{1}{2} \left(\arctan \left(\frac{\gamma_{xy,+}}{\varepsilon_{x,+} - \varepsilon_{y,+}} \right) \right)$
$\varepsilon_{1,-}$	<p>Deformación en dirección del eje 1 principal en el lado negativo de la superficie</p> $\varepsilon_{1,-} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,-} + \varepsilon_{y,-} + \sqrt{(\varepsilon_{x,-} - \varepsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2} \right)$
$\varepsilon_{2,-}$	<p>Deformación en dirección del eje 2 principal en el lado negativo de la superficie</p> $\varepsilon_{2,-} = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_{x,-} + \varepsilon_{y,-} - \sqrt{(\varepsilon_{x,-} - \varepsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2} \right)$
α_-	<p>Ángulo entre el eje x (o y) local y el eje 1 (o 2) principal para las tensiones en el lado negativo de la superficie</p> $\alpha_- = \frac{1}{2} \left(\arctan \left(\frac{\gamma_{xy,-}}{\varepsilon_{x,-} - \varepsilon_{y,-}} \right) \right)$

Tabla 8.19: Deformaciones principales

8.27 Superficies - Deformaciones máximas

Para controlar la presentación gráfica para los valores extremos de deformaciones, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Deformaciones* (ver Figura 8.58, página 353). La tabla 4.28 muestra estas deformaciones en forma numérica.



Superf. num.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Deformaciones máximas [-]					
		X	Y	Z	$\epsilon_{max,+}$	$\epsilon_{min,+}$	$ \epsilon_{max} _+$	$\epsilon_{max,-}$	$\epsilon_{min,-}$	$ \epsilon_{max} _-$
1	1	0.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00005	0.00005	0.00005	-0.00000	0.00005
	2	0.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	3	1.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	4	1.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	5	2.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	6	2.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	7	3.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	8	3.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	9	4.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	10	4.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	11	5.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	12	5.500	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000
	13	6.000	6.000	0.000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000

Figura 8.61: Tabla 4.28 Superficies - Deformaciones máximas

La tabla muestra los valores extremos de deformaciones ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.26 anterior *Superficies - Deformaciones básicas*.

Deformaciones máximas

Estos valores representan a los valores extremos de las deformaciones determinadas por las ecuaciones que se muestran en la Tabla 8.19.

$\epsilon_{max,+}$	Valor máximo de deformación en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z de la superficie)
$\epsilon_{min,+}$	Valor mínimo de deformación en el lado positivo de la superficie
$ \epsilon_{max} _+$	Valor máximo absoluto de ambos valores extremos en el lado positivo de la superficie
$\epsilon_{max,-}$	Valor máximo de deformación en el lado negativo de la superficie
$\epsilon_{min,-}$	Valor mínimo de deformación en el lado negativo de la superficie
$ \epsilon_{max} _-$	Valor máximo absoluto de ambos valores extremos en el lado negativo de la superficie
ϵ_{max}	Valor máximo de deformación en el lado positivo o negativo de la superficie (columnas E y H)
ϵ_{min}	Valor mínimo de deformación en el lado positivo o negativo de la superficie (columnas F y I)
$ \epsilon_{max} $	Valor máximo absoluto de deformación en el lado positivo o negativo de la superficie (columnas K y L)

Tabla 8.20: Deformaciones máximas

8.28 Superficies - Deformaciones - von Mises

Para controlar la presentación gráfica de deformaciones de superficies disponibles con la hipótesis según *von Mises*, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Deformaciones*. La tabla 4.29 muestra estas deformaciones en forma numérica.

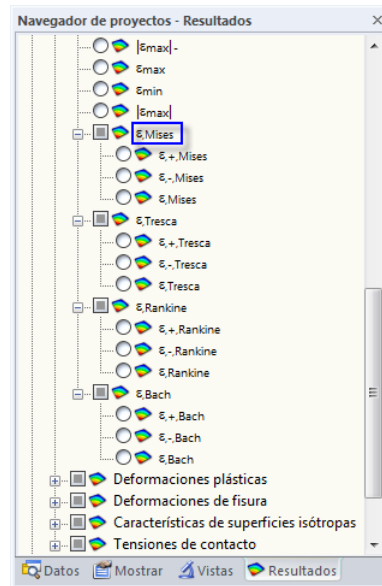


Figura 8.62: Deformaciones equivalentes en el navegador *Resultados*: *Superficies* → *Deformaciones*

4.29 Superficies - Deformaciones - von Mises

Superf. núm.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			von Mises [-]		
		X	Y	Z	ε+,Mises	ε-,Mises	εMises
1	1	0.000	6.000	0.000	0.00005	0.00005	0.00005
2	0.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
3	1.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
4	1.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
5	2.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
6	2.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
7	3.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
8	3.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
9	4.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
10	4.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
11	5.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
12	5.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
13	6.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
14	6.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
15	7.000	6.000	0.000	0.00001	0.00001	0.00001	

Figura 8.63: Tabla 4.29 *Superficies - Deformaciones - von Mises*

La tabla muestra las deformaciones equivalentes ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas B hasta D de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global.

Deformaciones según VON MISES

Las aproximaciones para la condición plana de la deformación descrita en los capítulos 8.21 hasta 8.24 están disponibles para selección en el navegador *Resultados*. La aproximación según VON MISES se conoce también como la "hipótesis de modificación de forma". Se supone que el material falla tan pronto como la energía de modificación de forma excede un cierto límite. Esta energía es de la clase de energía que causa distorsión o deformación del objeto (ver capítulo 8.21, página 348).

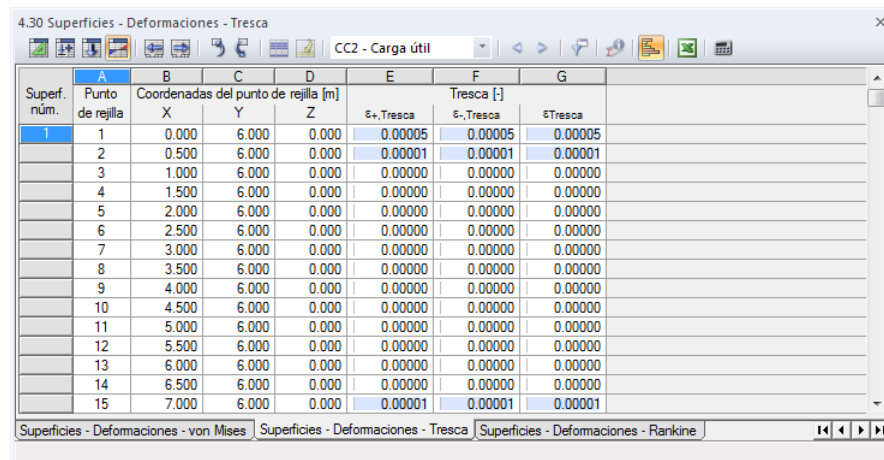
Las deformaciones según VON MISES para la condición plana de deformación tienen los siguientes significados:

$\epsilon_{+,Mises}$	Deformación equivalente en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie) $\epsilon_{+} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \left(\frac{\epsilon_{x,+} + \nu \cdot \epsilon_{y,+}}{1-\nu}\right)^2 + \left(\frac{\nu \cdot \epsilon_{x,+} + \epsilon_{y,+}}{1-\nu}\right)^2 + \frac{3}{2} \gamma_{xy,+}^2}}{\sqrt{2} \cdot (1+\nu)}$
$\epsilon_{-,Mises}$	Deformación equivalente sobre el lado negativo de la superficie $\epsilon_{-} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \left(\frac{\epsilon_{x,-} + \nu \cdot \epsilon_{y,-}}{1-\nu}\right)^2 + \left(\frac{\nu \cdot \epsilon_{x,-} + \epsilon_{y,-}}{1-\nu}\right)^2 + \frac{3}{2} \gamma_{xy,-}^2}}{\sqrt{2} \cdot (1+\nu)}$
ϵ_{Mises}	Deformación máxima equivalente sobre el lado positivo o negativo de la superficie (columnas E y F)

Tabla 8.21: Deformaciones según VON MISES

8.29 Superficies - Deformaciones - Tresca

Para controlar la presentación gráfica de deformaciones de superficies disponibles con la hipótesis según TRESCA, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Deformaciones* (ver Figura 8.62, página 358). La tabla 4.30 muestra estas deformaciones en forma numérica.



Superf. num.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Tresca [-]		
		X	Y	Z	$\epsilon_{+,Tresca}$	$\epsilon_{-,Tresca}$	ϵ_{Tresca}
1	1	0.000	6.000	0.000	0.00005	0.00005	0.00005
2	0.500	6.000	0.000	0.00001	0.00001	0.00001	
3	1.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
4	1.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
5	2.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
6	2.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
7	3.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
8	3.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
9	4.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
10	4.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
11	5.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
12	5.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
13	6.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
14	6.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	
15	7.000	6.000	0.000	0.00001	0.00001	0.00001	

Figura 8.64: Tabla 4.30 Superficies - Deformaciones - Tresca

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.29 anterior *Superficies - Deformaciones - von Mises*.

Con la aproximación según TRESCA se supone que el fallo es causado por la tensión tangencial máxima (ver capítulo 8.22, página 350).

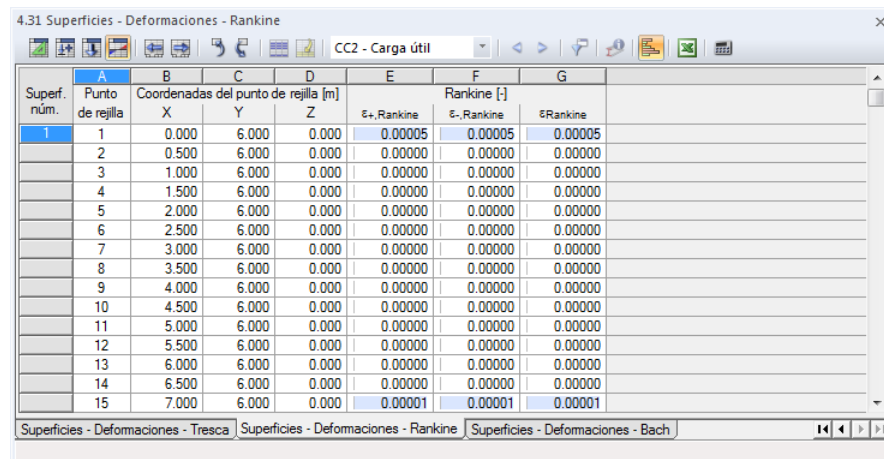
Las deformaciones según TRESCA se determinan de la forma siguiente:

$\epsilon_{+,Tresca}$	<p>Deformación equivalente en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie)</p> $\epsilon_{+} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2}}{1 + \nu}$ <p>Al mismo tiempo, la deformación equivalente según RANKINE se analiza (ver capítulo siguiente 8.30). Si con esta hipótesis se alcanza una gran deformación, este valor se muestra en la columna E de tabla.</p>
$\epsilon_{-,Tresca}$	<p>Deformación equivalente sobre el lado negativo de la superficie</p> $\epsilon_{-} = \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2}}{1 + \nu}$ <p>Si la hipótesis según RANKINE resulta en una deformación equivalente mayor, este valor se muestra en la columna F.</p>
ϵ_{Tresca}	Deformación máxima equivalente sobre el lado positivo o negativo de la superficie (columnas E y F)

Tabla 8.22: Deformaciones según TRESCA

8.30 Superficies - Deformaciones - Rankine

Para controlar la presentación gráfica de deformaciones de superficies disponibles con la hipótesis según RANKINE, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Deformaciones* (ver Figura 8.62, página 358). La tabla 4.31 muestra estas deformaciones en forma numérica.



Superf. num.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			Rankine [-]		
		X	Y	Z	$\epsilon_{+,Rankine}$	$\epsilon_{-,Rankine}$	$\epsilon_{Rankine}$
1	1	0.000	6.000	0.000	0.00005	0.00005	0.00005
	2	0.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	3	1.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	4	1.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	5	2.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	6	2.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	7	3.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	8	3.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	9	4.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	10	4.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	11	5.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	12	5.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	13	6.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	14	6.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
	15	7.000	6.000	0.000	0.00001	0.00001	0.00001

Figura 8.65: Tabla 4.31 Superficies - Deformaciones - Rankine

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.29 anterior *Superficies - Deformaciones - von Mises*.

Con la aproximación según RANKINE se supone que el fallo causado por la tensión principal máxima (ver capítulo 8.23, página 351).

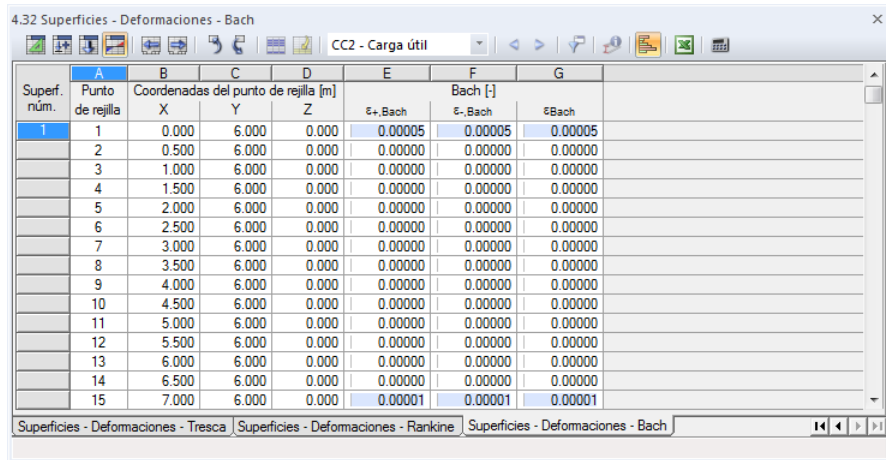
Las deformaciones según RANKINE se determinan de la forma siguiente:

$\epsilon_{+,Rankine}$	Deformación equivalente en el lado positivo de la superficie (p.ej. lado en dirección del eje z positivo de la superficie) $\epsilon_{+} = \frac{1}{2} \left(\frac{ \epsilon_{x,+} + \epsilon_{y,+} }{1-\nu} + \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,+} - \epsilon_{y,+})^2 + \gamma_{xy,+}^2}}{1+\nu} \right)$
$\epsilon_{-,Rankine}$	Deformación equivalente sobre el lado negativo de la superficie $\epsilon_{-} = \frac{1}{2} \left(\frac{ \epsilon_{x,-} + \epsilon_{y,-} }{1-\nu} + \frac{\sqrt{(\epsilon_{x,-} - \epsilon_{y,-})^2 + \gamma_{xy,-}^2}}{1+\nu} \right)$
$\epsilon_{Rankine}$	Deformación máxima equivalente sobre el lado positivo o negativo de la superficie (columnas E y F)

Tabla 8.23: Deformaciones según RANKINE

8.31 Superficies - Deformaciones - Bach

Para controlar la presentación gráfica de deformaciones de superficies disponibles con la hipótesis según BACH, marque la casilla de verificación para *Superficies* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Deformaciones* (ver Figura 8.62, página 358). La tabla 4.32 muestra estas deformaciones en forma numérica.



Superf. núm.	A Punto de rejilla	B Coordenadas del punto de rejilla [m]			F Bach [·]		
		X	Y	Z	$\epsilon_{+,Bach}$	$\epsilon_{-,Bach}$	ϵ_{Bach}
1	1	0.000	6.000	0.000	0.00005	0.00005	0.00005
2	2	0.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
3	3	1.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
4	4	1.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
5	5	2.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
6	6	2.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
7	7	3.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
8	8	3.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
9	9	4.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
10	10	4.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
11	11	5.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
12	12	5.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
13	13	6.000	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
14	14	6.500	6.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00000
15	15	7.000	6.000	0.000	0.00001	0.00001	0.00001

Figura 8.66: Tabla 4.32 Superficies - Deformaciones - Bach

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.29 anterior *Superficies - Deformaciones - von Mises*.

Con la aproximación según BACH se supone que el fallo ocurre en dirección de la deformación máxima (ver capítulo 8.24, página 352).

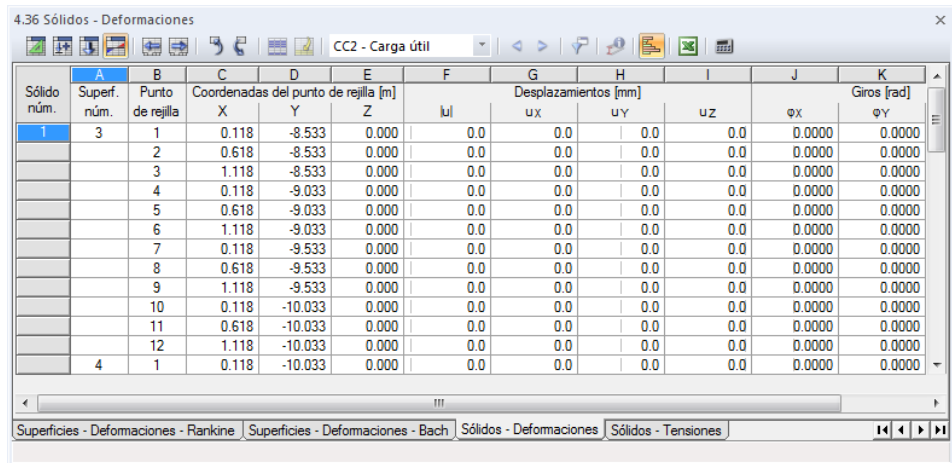
Las deformaciones según BACH se determinan de la forma siguiente:

$\epsilon_{+,Bach}$	Valor máximo absoluto de la deformación principal ϵ_{1+} o ϵ_{2+} en el lado positivo de la superficie (ver capítulo 8.26, página 356).
$\epsilon_{-,Bach}$	Valor máximo absoluto de la deformación principal ϵ_{1-} o ϵ_{2-} en el lado negativo de la superficie (p.ej. lado en dirección opuesta al eje z positivo de la superficie)
ϵ_{Bach}	Deformación máxima equivalente en el lado positivo o negativo de la superficie (columnas E y F)

Tabla 8.24: Deformaciones según BACH

8.32 Sólidos - Deformaciones

Para controlar la presentación gráfica de las deformaciones para sólidos, marque la casilla de verificación para *Deformaciones globales* en el navegador *Resultados* (ver Figura 8.36, página 330). La tabla 4.36 muestra las deformaciones para las superficies de contorno de sólidos en forma numérica.



Sólido n.º	A Superf. n.º	B Punto de rejilla	C Coordenadas del punto de rejilla [m]			E Z	G Desplazamientos [mm]				K Giros [rad]	
			X	Y	Z		F u	ux	uy	uz	φx	φy
1	3	1	0.118	-8.533	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		2	0.618	-8.533	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		3	1.118	-8.533	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		4	0.118	-9.033	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		5	0.618	-9.033	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		6	1.118	-9.033	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		7	0.118	-9.533	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		8	0.618	-9.533	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		9	1.118	-9.533	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		10	0.118	-10.033	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		11	0.618	-10.033	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
		12	1.118	-10.033	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000
4	1	1	0.118	-10.033	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000

Figura 8.67: Tabla 4.36 Sólidos - Deformaciones

La tabla muestra desplazamientos y giros para los puntos de rejilla de las superficies de contorno individuales. Las deformaciones dentro del sólido no se muestran.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas C hasta E de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global.

Desplazamientos / Giros

Las deformaciones tienen los siguientes significados:

$ u $	Desplazamiento absoluto total (no para combinaciones de resultados)
u_x	Desplazamiento del sólido en dirección del eje X global
u_y	Desplazamiento del sólido en dirección del eje Y global
u_z	Desplazamiento del sólido en dirección del eje Z global
φ_x	Giro del sólido respecto al eje X global
φ_y	Giro del sólido respecto al eje Y global
φ_z	Giro del sólido respecto al eje Z global

Tabla 8.25: Deformaciones en sólidos

8.33 Sólidos - Tensiones

Para controlar la presentación gráfica de las tensiones de sólidos, marque la casilla de verificación para *Sólidos* en el navegador *Resultados*. La tabla 4.37 muestra las tensiones de sólidos en forma numérica.



Los resultados en la tabla se refieren a los puntos de rejilla de las superficies de contorno. Esto significa que la tabla no enuncia ninguna de las tensiones disponibles dentro del sólido. Sin embargo, las tensiones dentro del sólido se pueden representar gráficamente en el interior de los puntos de malla de EF: en el navegador *Resultados*, marque la casilla de verificación para *Valores en superficies*, y luego seleccione *Configuración* y *En puntos de malla de EF*. Para visualizar los valores expresamente, use un plano de recorte (ver capítulo 9.9.2, página 403).

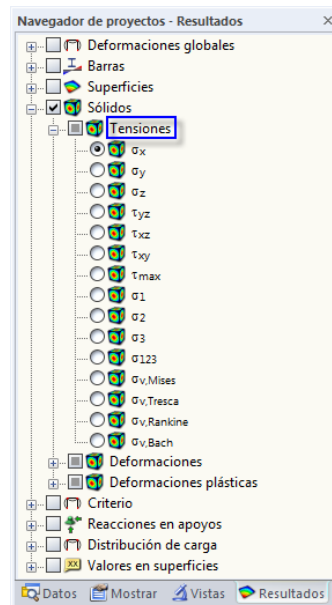


Figura 8.68: Navegador *Resultados*: *Sólidos* → *Tensiones*

Sólido núm.	A Superf. núm.	B Punto de rejilla	C Coordenadas del punto de rejilla [m]			F Tensiones básicas [MPa]			Tensiones tangenciales [MPa]			
			X	Y	Z	σ_x	σ_y	σ_z	τ_{yz}	τ_{xz}	τ_{xy}	$\tau_{m\acute{a}x}$
1	3	1	0.118	-8.533	0.000	-0.001	-0.000	-0.001	-0.000	0.000	-0.001	0.002
		2	0.618	-8.533	0.000	0.001	-0.000	-0.000	0.000	-0.000	0.000	0.001
		3	1.118	-8.533	0.000	0.003	0.002	0.001	-0.000	-0.001	0.000	0.002
		4	0.118	-9.033	0.000	-0.001	-0.000	-0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
		5	0.618	-9.033	0.000	0.001	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.000	0.001
		6	1.118	-9.033	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	-0.001	-0.001	0.002
		7	0.118	-9.533	0.000	-0.001	-0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
		8	0.618	-9.533	0.000	0.001	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.001	0.001
		9	1.118	-9.533	0.000	0.002	0.001	0.001	-0.000	-0.001	-0.001	0.001
		10	0.118	-10.033	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
		11	0.618	-10.033	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	-0.000	-0.001	0.001
		12	1.118	-10.033	0.000	-0.001	0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.001	0.001
4	1	0.118	-10.033	0.000	-0.001	0.000	-0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	

Figura 8.69: Tabla 4.37 Sólidos - Tensiones

La tabla muestra las tensiones de sólidos ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie.

Punto de rejilla

Los números de los puntos de rejilla se enumeran por superficie. Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

Coordenadas del punto de rejilla

Las columnas C hasta E de la tabla muestran las coordenadas de los puntos de rejilla en el sistema de coordenadas XYZ global.

Tensiones básicas / tensiones tangenciales / tensiones principales

A diferencia de las tensiones de superficie, las tensiones de sólidos no se pueden describir mediante simples ecuaciones. Las *Tensiones básicas* σ_x , σ_y y σ_z así como las *Tensiones tangenciales* τ_{xy} , τ_{yz} y τ_{xz} se determinan directamente mediante el análisis básico.

Si un cubo con longitudes de borde d_x , d_y y d_z se corta a partir de un objeto 3D con carga multiaxial, las tensiones en cada superficie cúbica se puede dividir en tensiones normales y tangenciales. Si no se consideran ningunas diferencias de fuerza espacial ni tensión sobre las superficies paralelas, la condición de tensión en el sistema local de coordenadas del cubo se puede describir mediante nueve componentes de tensiones.

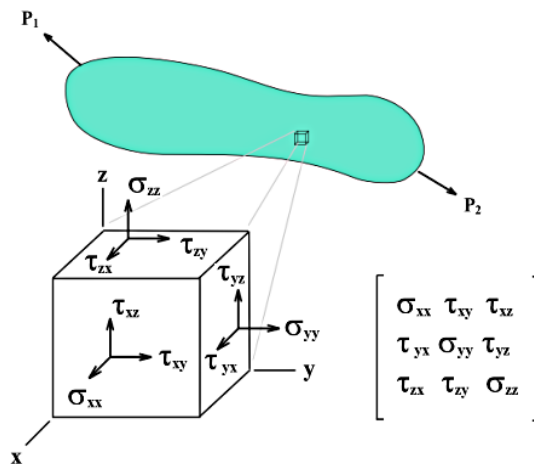


Figura 8.70: Elemento macizo con componentes de tensiones

La matriz del tensor de tensiones es la siguiente:

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}$$

Ecuación 8.4: Matriz del tensor de tensiones

Las *Tensiones principales* σ_1 , σ_2 y σ_3 son el resultado de los valores propios del tensor según la siguiente fórmula:

$$\det(S - \sigma E) = 0$$

con E: 3x3 matriz unidad

Ecuación 8.5: Tensiones principales

La *Tensión tangencial* máxima τ_{\max} se determina según el círculo de Mohr:

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$$

Ecuación 8.6: Tensión tangencial máxima

Las trayectorias de las tensiones principales se pueden representar gráficamente seleccionando la entrada del navegador σ_{123} .

Tensiones equivalentes

La *Tensión equivalente* σ_{eqv} según VON MISES se puede expresar mediante las siguientes ecuaciones homólogas:

$$\sigma_{v,\text{Mises}} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}$$

Ecuación 8.7: Tensión equivalente de las tensiones principales según VON MISES

$$\sigma_{v,\text{Mises}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \sigma_y - \sigma_x \sigma_z - \sigma_y \sigma_z + 3 \cdot (\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

Ecuación 8.8: Tensión equivalente de las tensiones básicas según VON MISES

Para la determinación de la *Tensión equivalente* σ_{eqv} según TRESCA, RFEM analiza las diferencias de las tensiones principales para determinar el valor máximo fuera de ellas.

$$\sigma_{v,\text{Tresca}} = \max(|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1|)$$

Ecuación 8.9: Determinación de la tensión equivalente según TRESCA

La *Tensión equivalente* σ_{eqv} según RANKINE se determina a partir de los valores máximos de las tensiones principales.

$$\sigma_{v,\text{Rankine}} = \max(|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|)$$

Ecuación 8.10: Determinación de la tensión equivalente según RANKINE

Para la determinación de la *Tensión equivalente* σ_{eqv} según BACH, RFEM analiza las diferencias de tensiones principales, considerando el coeficiente de Poisson, para determinar el valor máximo fuera de ellas.

$$\sigma_{v,\text{Bach}} = \max[|\sigma_1 - \nu \cdot (\sigma_2 + \sigma_3)|, |\sigma_2 - \nu \cdot (\sigma_3 + \sigma_1)|, |\sigma_3 - \nu \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)|]$$

Ecuación 8.11: Determinación de la tensión equivalente según BACH

8.34 Sólidos - Deformaciones

Para controlar la presentación gráfica de las deformaciones de sólidos, marque la casilla de verificación para *Sólidos* en el navegador Resultados, y luego seleccione *Deformaciones*. La tabla 4.38 muestra estas deformaciones en forma numérica.

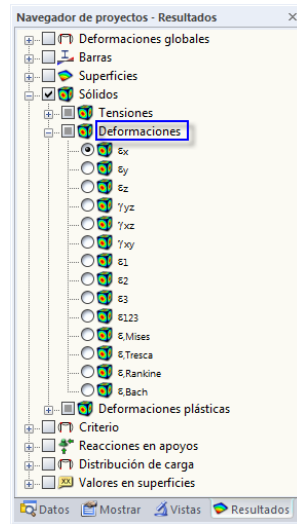
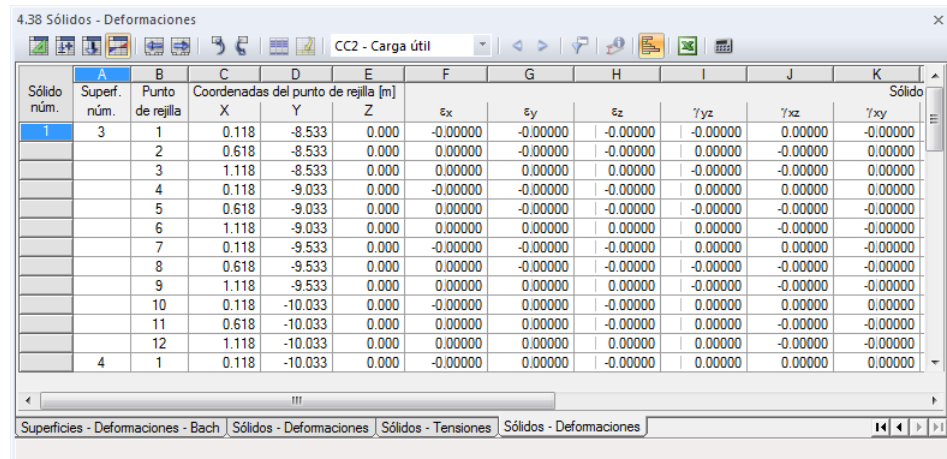


Figura 8.71: Navegador Resultados: Sólidos → Deformaciones



Sólido núm.	Superf. núm.	Punto de rejilla	Coordenadas del punto de rejilla [m]			ϵ_x	ϵ_y	ϵ_z	γ_{yz}	γ_{xz}	γ_{xy}	
			X	Y	Z							
1	3	1	0.118	-8.533	0.000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	-0.00000	
		2	0.618	-8.533	0.000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	
		3	1.118	-8.533	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	
	4	3	4	0.118	-9.033	0.000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
			5	0.618	-9.033	0.000	0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
			6	1.118	-9.033	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000
		4	7	0.118	-9.533	0.000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000
			8	0.618	-9.533	0.000	0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
			9	1.118	-9.533	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	-0.00000
		4	10	0.118	-10.033	0.000	-0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
			11	0.618	-10.033	0.000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000
			12	1.118	-10.033	0.000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000
4	1	0.118	-10.033	0.000	-0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		

Figura 8.72: Tabla 4.38 Sólidos - Deformaciones

La tabla muestra las deformaciones ordenadas por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie que encierra al sólido.

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.37 anterior *Sólidos - Tensiones*.

Sólidos - Deformaciones

Las deformaciones se determinan directamente mediante el análisis básico en base a los valores propios de la matriz de deformaciones. Cuando el modelo se analiza según el análisis estático lineal o el análisis de segundo orden, se realiza un cálculo lineal. Para un cálculo según el análisis de grandes deformaciones, las deformaciones se determinan por aproximación logarítmica.

Las deformaciones equivalentes se determinan según las cuatro hipótesis de tensiones de la forma siguiente:

ϵ_{Mises}	$\epsilon_{\text{Mises}} = \frac{1}{1+\nu} \sqrt{\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_z^2 - \epsilon_x \epsilon_y - \epsilon_y \epsilon_z - \epsilon_z \epsilon_x + \frac{3}{4}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{xz}^2)}$
ϵ_{Tresca}	Máximo de las diferencias de valores propios según la matriz R (ver Ecuación 8.12) $\epsilon_{\text{Tresca}} = \max(R_1 - R_2 , R_2 - R_3 , R_3 - R_1)$
$\epsilon_{\text{Rankine}}$	Máximo de los valores propios según la matriz R $\epsilon_{\text{Rankine}} = \max(R_1 , R_2 , R_3)$
ϵ_{Bach}	Máximo de las diferencias de valores propios considerando el coeficiente de Poisson ν según la matriz R $\epsilon_{\text{Bach}} = \max[R_1 - \nu \cdot (R_2 + R_3) , R_2 - \nu \cdot (R_3 + R_1) , R_3 - \nu \cdot (R_1 + R_2)]$

Tabla 8.26: Deformaciones equivalentes

$$R = \frac{1}{1+\nu} \cdot \begin{bmatrix} (1-\nu) \cdot \epsilon_x + \nu \cdot (\epsilon_y + \epsilon_z) & \frac{\gamma_{xy}}{2} & \frac{\gamma_{xz}}{2} \\ \frac{\gamma_{xy}}{2} & (1-\nu) \cdot \epsilon_y + \nu \cdot (\epsilon_x + \epsilon_z) & \frac{\gamma_{yz}}{2} \\ \frac{\gamma_{xz}}{2} & \frac{\gamma_{yz}}{2} & (1-\nu) \cdot \epsilon_z + \nu \cdot (\epsilon_x + \epsilon_y) \end{bmatrix}$$

Ecuación 8.12: Matriz R

8.35 Sólidos - Presión del gas

Para controlar la presentación gráfica de la presión del gas, marque la casilla de verificación para *Sólidos* en el navegador *Resultados*, y luego seleccione *Tensiones* y *Presión P*. La tabla 4.41 muestra la presión del gas de sólidos en forma numérica.



Figura 8.73: Navegador *Resultados*: *Sólidos* → *Tensiones* → *Presión P*

Sólido núm.	A Superf. núm.	B Punto de rejilla	C Coordenadas del punto de rejilla [m]			F Presión p p [kN/cm ²]
			X	Y	Z	
1	1	22	0.500	2.000	0.000	0.01
		23	1.000	2.000	0.000	0.01
		24	1.500	2.000	0.000	0.01
		25	2.000	2.000	0.000	0.01
2	2	1	0.000	0.000	1.000	0.01
		2	0.500	0.000	1.000	0.01
		3	1.000	0.000	1.000	0.01
		4	1.500	0.000	1.000	0.01
		5	2.000	0.000	1.000	0.01
		6	0.000	0.500	1.000	0.01

Figura 8.74: Tabla 4.41 *Sólidos - Presión del gas*

La tabla muestra la distribución de presión ordenada por superficies. Los resultados se enumeran en referencia a los puntos de rejilla de cada superficie que encierra al sólido.

Las columnas de tabla *Punto de rejilla* y *Coordenadas del punto de rejilla* corresponden a las columnas de los resultados de la tabla 4.37 anterior *Sólidos - Tensiones*.

Presión del gas p

La presión del gas es un tipo específico de tensión para sólidos del tipo "gas" (ver capítulo 4.5, página 95). Se determina con las funciones del estado para el volumen *V* y temperatura *T* según la siguiente condición:

$$p \cdot \frac{V}{T} = \text{const}$$

donde *T* en [K] referida al punto cero absoluto

Ecuación 8.13: Ecuación de estado para gases

9. Evaluación de resultados

9.1 Resultados disponibles

Para abrir el cuadro de diálogo y mostrar los resultados disponibles, seleccione **Resultados disponibles** en el menú **Resultados**.

Aparece un cuadro de diálogo con una información general sobre todos los casos y combinaciones de carga calculados.

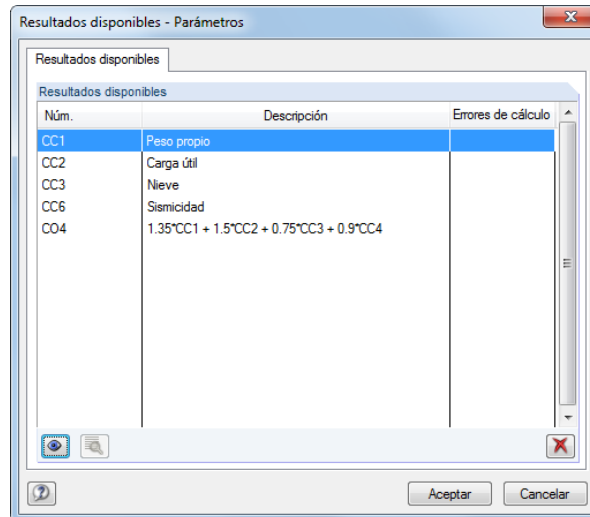


Figura 9.1: Cuadro de diálogo *Resultados disponibles - Configuración*

En la lista puede ver qué casos de carga, combinaciones de carga y resultados se calculan. Las causas de los problemas que pueden ocurrir durante el proceso de cálculo se indican en la columna de tabla *Errores de cálculo*. Para ver detalles de errores, seleccione el caso de carga relevante y haga clic en el botón [Detalles] que se muestra a la izquierda.

Para visualizar un resultado particular en el gráfico, selecciónelo en el cuadro de diálogo y haga clic en el botón [Mostrar]. También puede hacer doble clic sobre la entrada. Los resultados que no se necesiten se pueden eliminar mediante el botón [X].

También es posible seleccionar casos de carga, combinaciones de carga o resultados en la lista de la barra de herramientas principal o la barra de herramientas de las tablas de resultados. La pantalla del gráfico de resultados y la tabla se actualizan automáticamente si la sincronización de selección está activa (ver capítulo 11.5.4, página 526).



CC3 - Nieve

9.2 Selección de resultados



Use el navegador Resultados para controlar la pantalla para deformaciones, esfuerzos internos, tensiones, deformaciones y/o reacciones en apoyos así como secciones e intervalos suaves, según proceda.

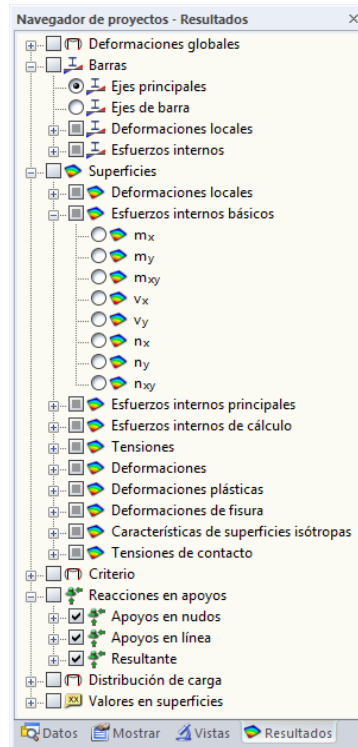


Figura 9.2: Navegador Resultados

Puede también seleccionar resultados usando la barra de herramientas *Resultados*.



Figura 9.3: Botones en la barra de herramientas Resultados



Para activar y desactivar la visualización para el gráfico de resultados, use el botón de la barra de herramientas [Mostrar resultados] que se muestra a la izquierda. Para visualizar los valores resultantes, use el botón de la barra de herramientas [Mostrar valores resultantes] a la derecha.

Para los resultados de una combinación de resultados (CR) la entrada adicional *Combinaciones de resultados* se ofrece en el navegador.

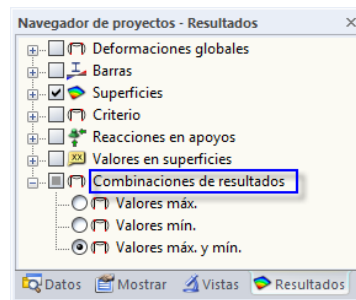


Figura 9.4: Navegador *Resultados* para una combinación de resultados

Puede elegir entre tres opciones afectando la representación de resultados gráfica de deformaciones, esfuerzos internos y esfuerzos en apoyos: los valores *Máx.* y *Mín.* se pueden visualizar separadamente. La opción *Valores máx. y mín.* muestra ambas envolventes a partir de todos los valores extremos en el modelo.

9.3 Representación de resultados

La forma en la que se representan los resultados se establece en el navegador *Mostrar*.

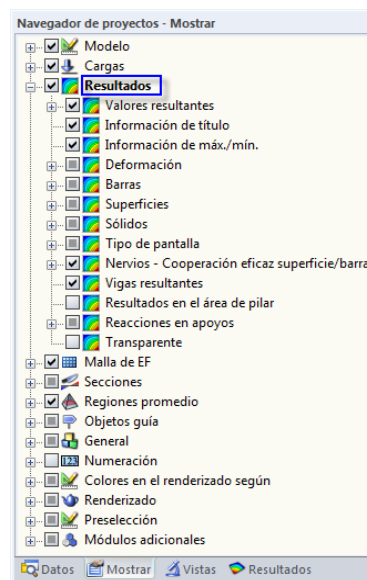


Figura 9.5: Navegador *Mostrar: Resultados*



En el navegador *Resultados*, especifica qué resultados se muestran. El navegador *Mostrar* define en la cual se representan los resultados.

9.3.1 Resultados de barras

Los esfuerzos internos de barras se muestran *De dos colores* de forma predeterminada. Los esfuerzos internos positivos se representan mediante líneas azules claras, los esfuerzos internos negativos mediante líneas rojas. Las deformaciones de barras se muestran como *Líneas* de un solo color de forma predeterminada.



El diagrama gráfico de resultados se controla mediante el número que se introduce en el campo de entrada *Número de divisiones de barras para diagramas de resultados* en la pestaña de diálogo *Parámetros de cálculo global* del cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver Figura 7.22, página 293). Si una división se establece en 10, RFEM divide la longitud de la barra mayor en el sistema entre 10. Con la longitud de división del sistema relacionado RFEM determina para cada barra distribuciones de resultados gráficos en los puntos de división.



Si los esfuerzos internos de barra se representan con colores usando la opción *Mostrar Con diagrama* o *Sin diagrama*, los colores se asignan para los resultados gráficos según el espectro que se muestra en el panel de control. Encuentre notas para ajustar el valor y el espectro de color en el capítulo 3.4.6 en la página 30.

Los esfuerzos internos también se pueden mostrar como *Secciones*: una representación fotorealista de barras aparece mostrando diagramas de esfuerzos internos coordinados mediante colores sobre las barras representadas.

Análogamente, puede mostrar la deformación de *Secciones* (renderizado 3D de deformación) o *Secciones de colores* (renderizado de deformación con escala de color).

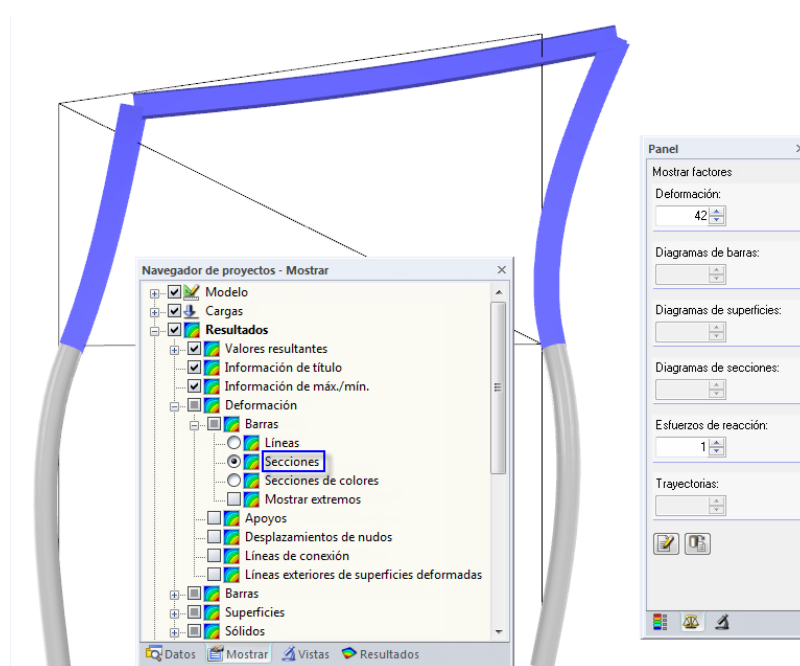


Figura 9.6: Imagen escalada de deformaciones de barra en renderizado 3D

9.3.2 Resultados de superficies y sólidos

Los resultados de superficies y sólidos se muestran como *Isobandas* de forma predeterminada. La asignación de color se administra en el panel de control (ver capítulo 3.4.6, página 30).

Es más, el navegador *Mostrar* ofrece varias opciones de representación para resultados de superficies y sólidos seleccionando *Resultados* y *Tipo de representación*.

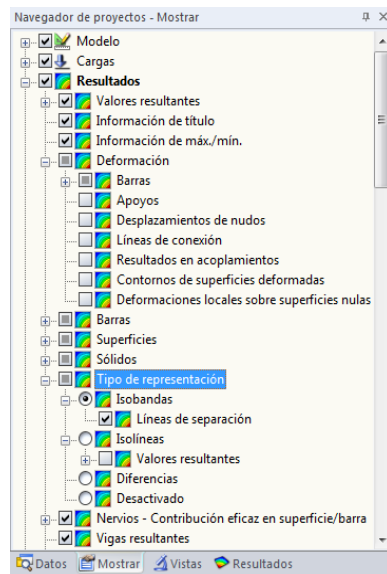


Figura 9.7: Navegador *Mostrar*: *Resultados* → *Tipo de representación*

Los resultados de superficies y sólidos se pueden mostrar como *Isobandas* o *Isolíneas*. A menudo, las *isolíneas* son útiles para una salida por impresora monocromática.

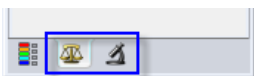
La opción de visualización *Sin representación gráfica* admite una salida de valores resultantes puros: las *isobandas* o *isolíneas* se ocultan de manera que sólo se muestren los valores resultantes en puntos de rejilla o en puntos de malla de EF. Esta configuración también es apropiada para impresión.

La opción de visualización *Diferencias* sólo está disponible para tensiones. Con esta configuración, puede ver los cambios de tensiones en los elementos finitos, lo cual hace posible sacar conclusiones relativas a la calidad de la malla de EF: si hay diferencias significativas en elementos de EF contiguos, debe pensar en el refinamiento de malla de EF en estas posiciones.



Tensiones en sólidos

Puede seleccionar la opción *Nudos de EF de sólidos* para evaluar las tensiones dentro de un sólido existente para el cual la malla de EF sea suficiente. La asignación de color de nudos de EF sigue el espectro del panel de control. Si activa adicionalmente *Valores* en los puntos de malla de EF en el navegador *Resultados*, puede ver directamente las tensiones de sólido representadas sobre el modelo.



Puede controlar la escala de deformaciones y esfuerzos internos mediante la configuración en la pestaña del panel de control *Factores* (intermedia). La pestaña *Filtro* (derecha) se usa para una selección específica de barras, superficies o sólidos cuyos resultados desee representar (ver Figura 9.51, página 406). Ambas pestañas del panel se describen en el capítulo 3.4.6, página 32.

Criterio para propiedades no lineales del material

Quando se ha seleccionado un modelo de material con efectos no lineales (ver capítulo 4.3, página 64), puede comprobar gráficamente qué áreas están afectadas por rigideces reducidas por ejemplo cuando alcanza el límite elástico. Tenga en cuenta que puede usar esta opción sólo si el módulo adicional **RF-MAT NL** tiene licencia.

La opción de representación de resultados *Índice de no linealidad* muestra la porción de puntos de GAUSS que fueron analizados no linealmente al menos una vez durante el análisis. Con el *criterio de fluencia* puede por ejemplo encontrar qué zonas de fluencia surgen sobre los apoyos de una placa.

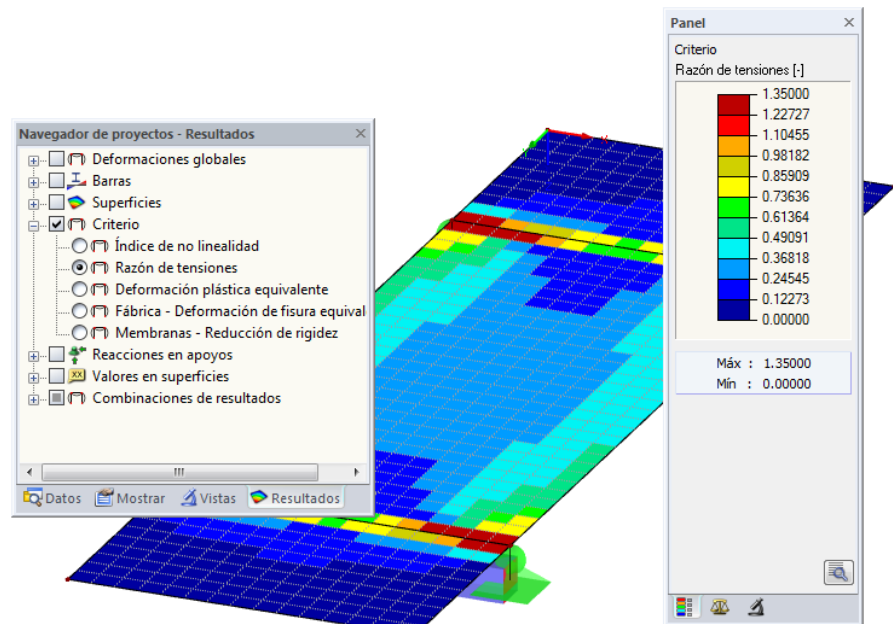


Figura 9.8: Criterio de fluencia de un ancho de placa con zonas

Distribución de carga

Haciendo clic en las casillas de verificación en la entrada del navegador *Distribución de carga*, puede representar las fuerzas y momentos recibidos por *Nudos de EF* o *Elementos de EF* de las cargas introducidas. Las fuerzas de los elementos finitos se pueden representar en relación al sistema de ejes XYZ global o al sistema de ejes xyz local de la superficie.

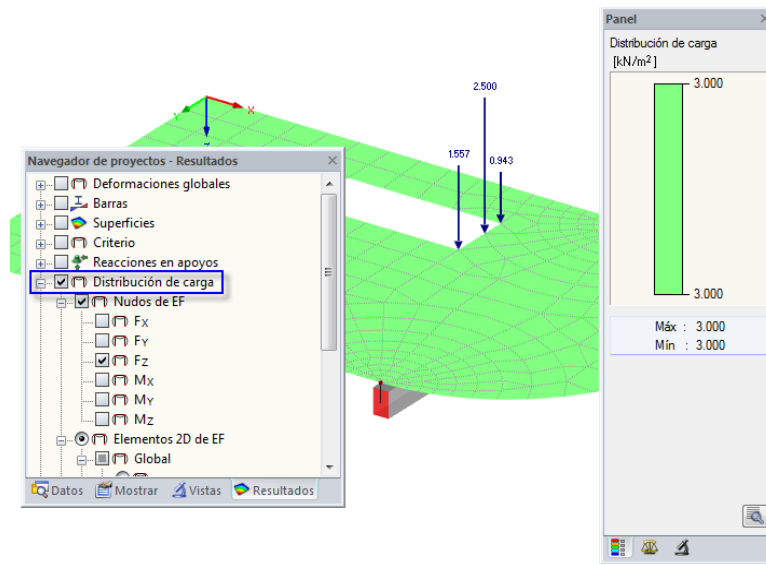


Figura 9.9: Distribución de carga con cargas de malla para carga lineal (F_z) y carga superficial (p_z)

El uso de cargas de malla hace posible la comprobación de cargas introducidas. Por ejemplo para cargas puntuales libres puede comprobar si la carga actúa sobre todas las superficies especificadas en la lista *En las superficies* (ver Figura 6.31, página 252).

9.4 Representación de valores

La representación de valores se administra en el navegador Resultados (ver capítulo 3.4.3, página 26).

9.4.1 Valores resultantes

La categoría del navegador *Valores* controla los valores resultantes que se muestran en la ventana de trabajo.

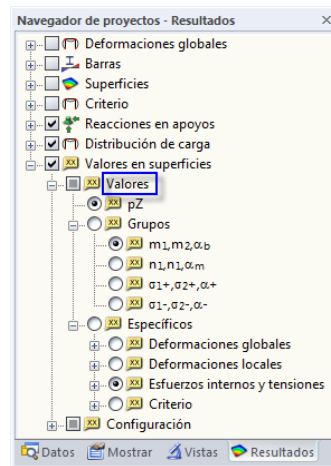


Figura 9.10: Navegador *Resultados*: *Valores en superficies* → *Valores*

Valores del gráfico de resultados

La primera opción ($m-1$ en la figura anterior) está armonizada con el tipo de resultados que se representa en la ventana de trabajo. Cuando el campo de selección está activo, RFEM muestra los valores resultantes del gráfico de deformaciones, gráfico de tensiones o gráfico de esfuerzos internos actuales.

Grupos de valores

Con la opción *Grupos* es posible mostrar dos valores resultantes para cada posición para los resultados de superficies. Se preestablecen cuatro grupos. La siguiente figura muestra el primer grupo con los momentos principales m_1 y m_2 . Los valores de rejilla organizados se giran respecto al ángulo α_b .

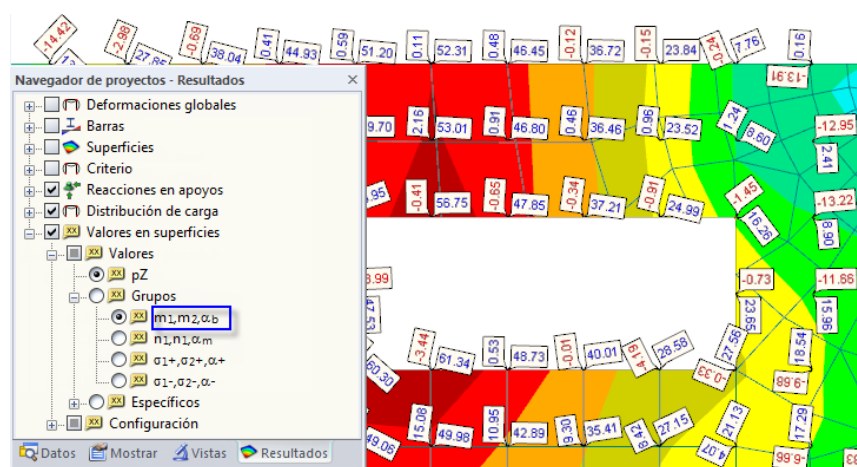
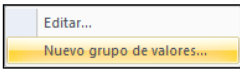


Figura 9.11: Grupo de valores de los momentos principales en el gráfico



Es posible crear grupos de valores definidos por el usuario: haga clic con el botón secundario en el elemento del navegador *Grupos* para abrir el menú contextual que se muestra a la izquierda. Seleccione *Nuevo grupo de valores* para abrir el siguiente cuadro de diálogo.

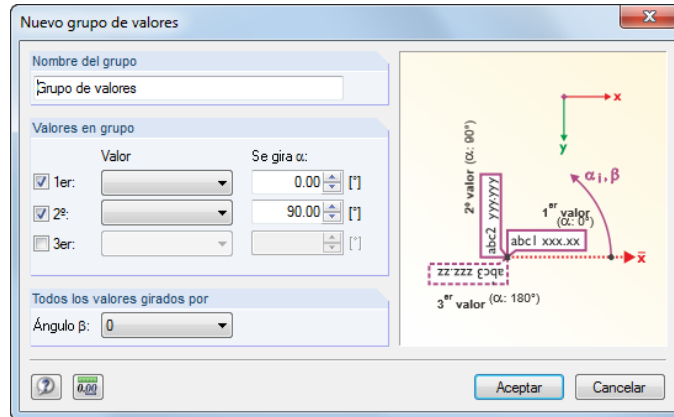
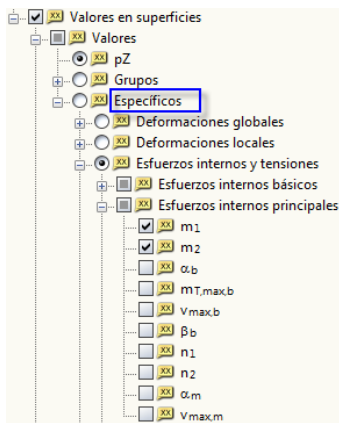


Figura 9.12: Cuadro de diálogo *Nuevo grupo de valores*



Primero, defina el *Nombre del grupo* que aparece como elemento en el navegador más tarde. En la sección del diálogo *Valores en grupo*, puede seleccionar los tipos de resultados de las listas *1er valor*, *2º valor* y *3er valor*. El giro de los valores se especifican en los campos *Se gira α*.

Valores resultantes específicos

Puede usar el campo de selección *Especificos* para determinar los valores resultantes (deformaciones, esfuerzos internos, tensiones, deformaciones) que desea representar, independientemente del tipo de resultados activo en la ventana de trabajo. De este modo, puede mostrar los datos simultáneamente, por ejemplo ofreciendo las deformaciones de una superficie gráficamente y mostrando los valores de los esfuerzos internos principales m_1 y m_2 como se muestra a la izquierda.

9.4.2 Configuración

Las opciones de visualización disponibles en la entrada del navegador *Configuración* controlan las posiciones de cálculo de los valores resultantes y su representación.

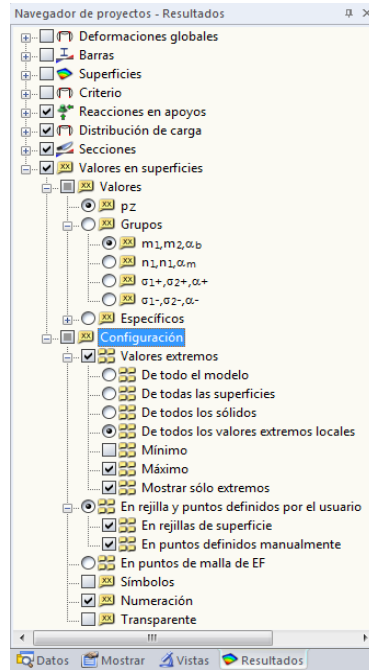


Figura 9.13: Navegador *Resultados*: *Valores en superficies* → *Configuración*

Valores extremos

Si se selecciona la opción *Valores extremos*, sólo se representa el mínimo o máximo respectivo, dependiendo de la configuración.

Puntos de rejilla / puntos de malla de EF

Además, los valores resultantes se pueden representar o *En rejilla y puntos definidos por el usuario* o *En puntos de malla de EF*. Tenga cuidado con el uso de la última opción mencionada, porque la importación de todos los valores resultantes de EF requiere tiempo para modelos grandes.

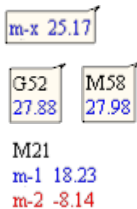
Símbolos / Numeración / Transparente

Las tres últimas casillas de verificación enumeradas en *Configuración* controlan el tipo y la extensión de etiquetado.

- Los *Símbolos* del tipo de resultados establecido (u , m_x , σ_z etc.) también se muestran.
- La *Numeración* de los puntos de rejilla o nudos de malla de EF ($G1$, $M1$ etc.) se pueden representar adicionalmente.
- Los valores se pueden representar en *modo* Transparente, p.ej. sin marco y fondo.

Para ajustar los colores y fuentes de los valores resultantes,

señale **Propiedades de visualización** en el menú **Opciones**, y luego seleccione **Editar**.



Un cuadro de diálogo con la configuración global para *Propiedades de visualización* se abre. Seleccione *Valores resultantes* en la categoría *Resultados*, y luego haga clic en *Valores resultantes* para especificar su configuración.

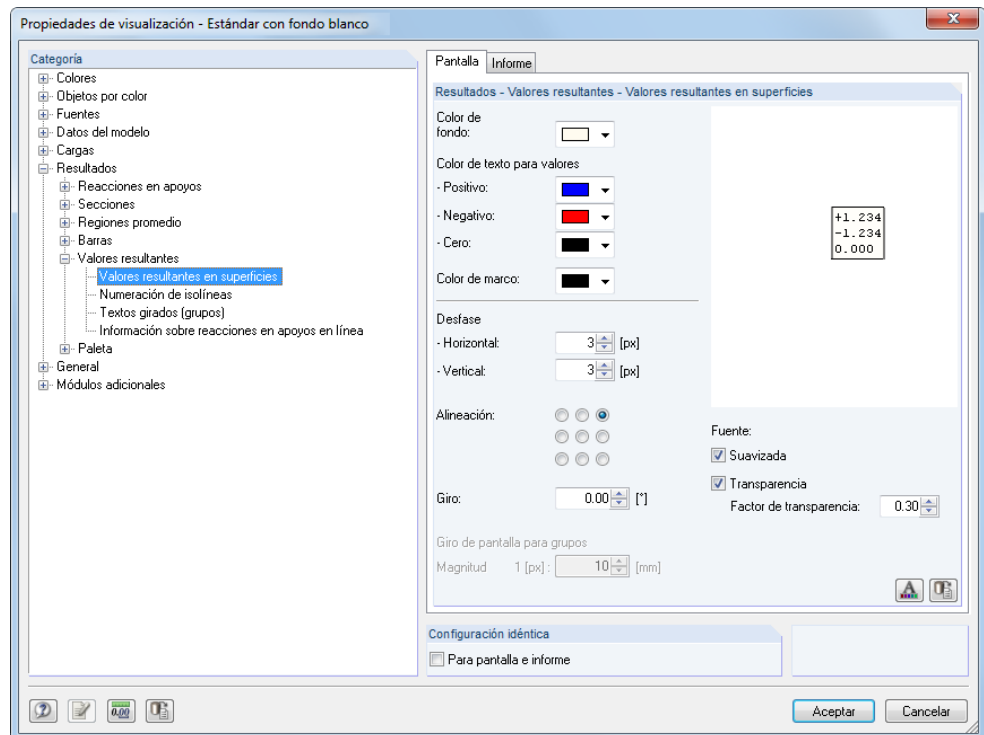


Figura 9.14: Cuadro de diálogo *Propiedades de visualización*: categoría *Resultados* → *Valores resultantes* → *Valores resultantes en superficies*

9.4.3 Valores resultantes definidos por el usuario

Valores de rejilla

Los puntos de rejilla representan un atributo de la superficie. Por lo tanto, el número y distribución de los puntos de rejilla se puede ajustar en la pestaña *Rejilla* del cuadro de diálogo *Editar superficie*. La salida de resultados en tablas está basada en la rejilla de resultados para superficies. En el gráfico, se pueden representar ambos valores de nudos de EF así como de puntos de rejilla.

Para más información sobre puntos de rejilla, ver capítulo 8.12 en la página 328.

Valores gráficos



En la ventana de trabajo, puede establecer los valores de resultados sobre cualquier posición del modelo. Si la representación de resultados está activa, puede acceder a la función de la siguiente forma:

Seleccione **Asignar valores resultantes manualmente** en el menú **Resultados** o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda (ver Figura 9.15).

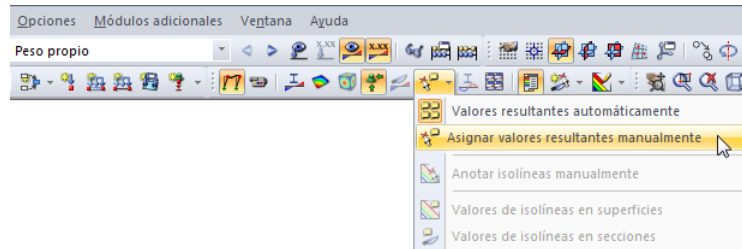


Figura 9.15: Función *Asignar valores resultantes manualmente* en la barra de herramientas Resultados

Cuando mueve el ratón a través de una superficie, los valores resultantes aparecen para la posición actual del puntero del ratón. Ahora, los valores resultantes se pueden posicionar mediante un clic de ratón sobre las posiciones relevantes.

Un valor posicionado manualmente se puede eliminar fácilmente: seleccione el valor mediante un clic de ratón, y luego presione la tecla [Supr] en su teclado. Para una selección múltiple, mantenga presionada la tecla [Ctrl] o trace una ventana a través de los valores que desee seleccionar.

Para acceder al menú contextual de los valores resultantes, haga clic con el botón secundario del ratón sobre uno de los valores. El menú contiene funciones de visualización y filtros específicos para la evaluación gráfica.

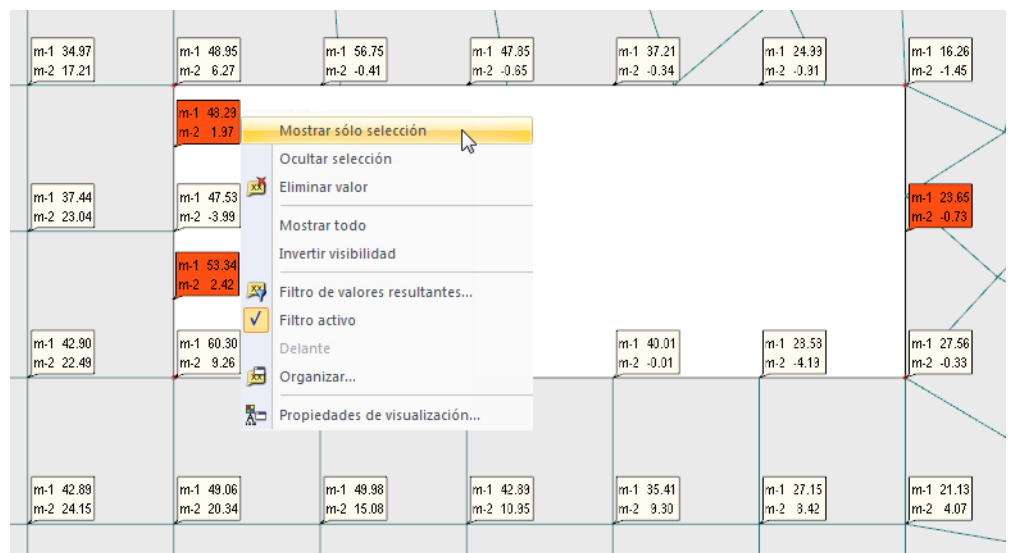


Figura 9.16: Menú contextual de valores resultantes



Con la función del menú contextual *Filtro de valores resultantes* (ver figura anterior) puede definir los requisitos precisos para los valores resultantes a mostrar. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

señale **Opciones de visualización** en el menú **Resultados**

donde seleccione la entrada correspondiente. Aparece el siguiente cuadro de diálogo para introducción del criterio de filtros.

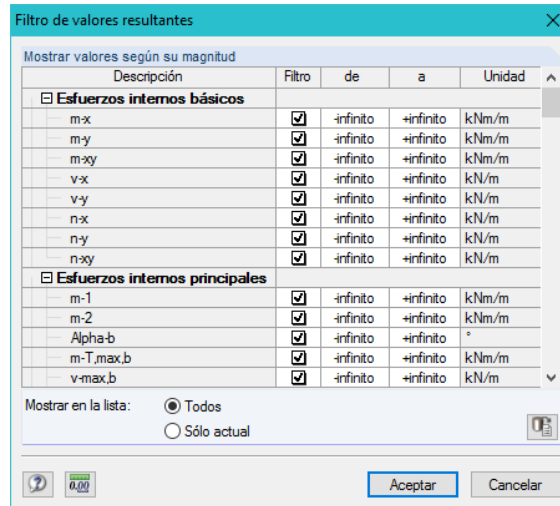


Figura 9.17: Cuadro de diálogo *Filtro de valores resultantes*

En la lista *Mostrar valores según su magnitud*, puede definir límites para los valores resultantes en las columnas de tabla *de* y *a*. Los valores que pertenezcan a estos intervalos no se mostrarán en el gráfico después.

Criterio de búsqueda para valores extremos locales

Para controlar la salida de los valores extremos gráficos para superficies,

señale **Opciones de visualización** en el menú **Resultados**, y luego seleccione **Criterio de búsqueda para valores extremos locales**

o use el menú contextual de la entrada del navegador *Resultados De todos los valores extremos locales*.

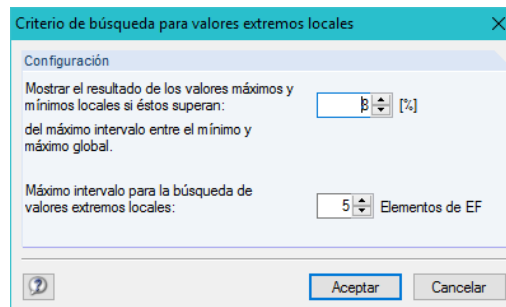


Figura 9.18: Cuadro de diálogo *Criterio de búsqueda para valores extremos locales*

El primer campo de entrada, especifica el porcentaje mediante el cual un valor resultante se considera un pico local. Luego, la diferencia entre el máximo y mínimo global de todas las superficies activas se multiplica por un valor especificado. Cuanto más bajo sea el umbral, más valores extremos locales se representan.

En el segundo campo de entrada, puede definir cuantos elementos finitos generados alrededor de un punto desee aplicar para el análisis de valores extremos. Cuanto mayor sea el número, más valores extremos locales se representan.

9.4.4 Información sobre objeto



Para resultados de barra y superficie puede acceder a una función de salida especial. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

seleccione **Información sobre objeto** en el menú **Herramientas** o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

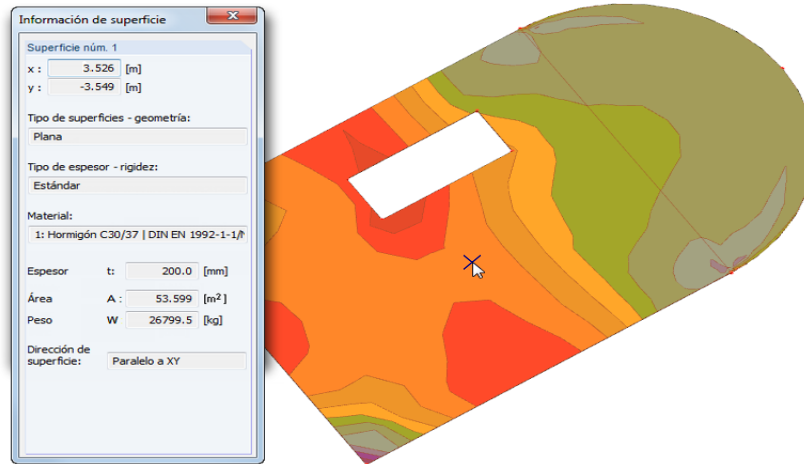
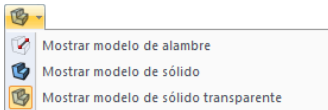


Figura 9.19: Cuadro de diálogo *Información de superficie*

Aparece una ventana de *información*. Cuando desplaza el puntero a través de una superficie, una barra o un sólido, la ventana le informa sobre los datos del objeto (material, espesor, sección etc.) así como valores de deformación, esfuerzos internos o tensiones en la posición del puntero actual.

Para evaluar los resultados de la superficie le recomendamos activar el tipo de representación *Sólido Transparente*.



9.5 Diagramas de resultados

El diagrama de resultados hace que sea posible el ver la distribución de resultados de objetos en detalle:

- Sección
- Barra
- Conjunto de barras
- Línea
- Apoyo en línea

Primero, seleccione los objetos en la ventana de trabajo (selección múltiple manteniendo presionada la tecla [Ctrl]). Luego, para acceder a la función correspondiente, seleccione **Diagramas de resultados para secciones/barras/conjuntos de barras/líneas/apoyos en línea seleccionados/os** en el menú **Resultados**

o use el menú contextual del objeto correspondiente. Para barras y conjuntos de barras, el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda está disponible adicionalmente.

Una nueva ventana se abre mostrando los diagramas de resultados del objeto seleccionado.

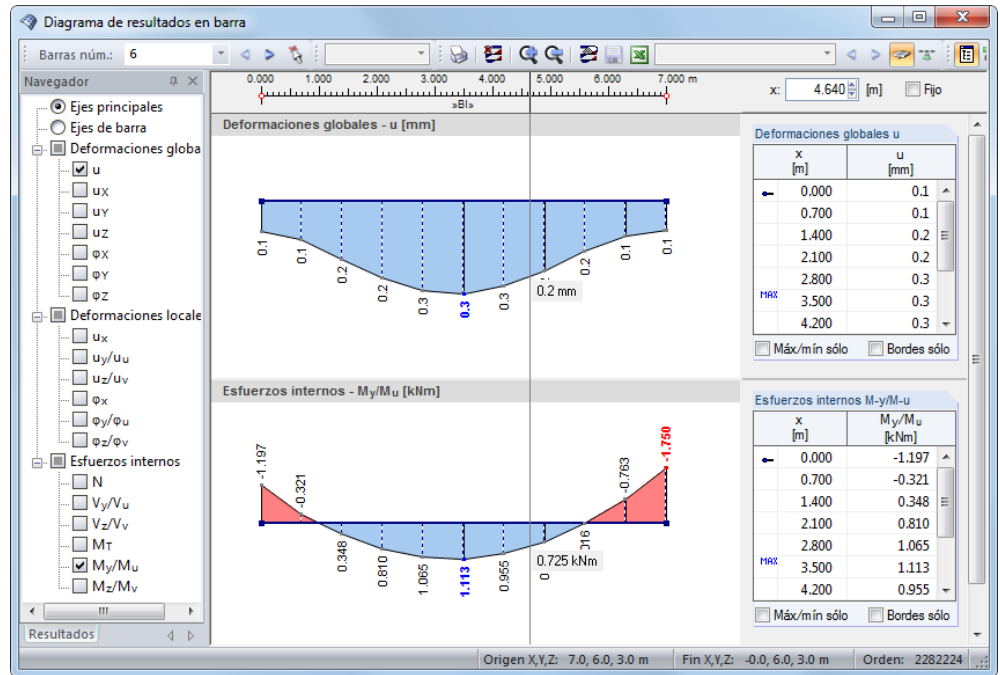


Figura 9.20: Cuadro de diálogo *Diagrama de resultados en la sección*



CC3 - Nieve

Barras núm.: 2

El navegador *Resultados* a la izquierda administra las deformaciones, esfuerzos internos, tensiones, deformaciones o esfuerzos en apoyos que aparecen en el diagrama de resultados. Use la lista en la barra de herramientas para elegir un caso de carga, combinación de carga o combinación de resultados particular.

En el diagrama de resultados para barras, los números de las barras seleccionadas se enuncian en la esquina superior izquierda de la ventana. Es posible introducir números manualmente en el campo de entrada *Barra núm.*. De esta forma, puede extender, reducir o reorganizar completamente la selección.

Cuando desplaza el ratón a lo largo de la línea o la barra seleccionada en el diagrama de resultados, puede ver los valores resultantes "moviéndose" para la posición x actual. La posición x está referida al inicio de la línea o barra y se indica en la esquina superior derecha de la ventana. También es posible introducir una posición x específica manualmente en el campo de entrada. La casilla de verificación *Fijo* ancla el puntero en la posición indicada.

En la sección derecha de la ventana, se enumeran los valores resultantes numéricamente, representando resultados sobre los nudos de borde así como sobre las posiciones de los valores extremos y puntos de división. Esta última corresponde a los nudos de malla de EF o divisiones de barra según los requisitos establecidos en la pestaña *Parámetros de cálculo global* del cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver Figura 7.22, página 293). En caso de líneas separando dos superficies entre ellas, la ventana muestra los resultados de superficie de ambos lados.

Los botones en la barra de herramientas *Operaciones del usuario*, en particular las opciones de suavizado para esfuerzos en apoyos, líneas o secciones, le ayudan a evaluar resultados para propósitos de ingeniería civil.



Figura 9.21: Barra de herramientas flotante *Operaciones de usuario*

Los botones tienen los siguientes significados:















Botón	Función
	Imprime diagramas de resultados
	Quita todos los diagramas de resultados representados
	Maximiza los diagramas de resultados
	Minimiza los diagramas de resultados
	Accede a los parámetros de control que se muestran en la Figura 9.22
	Guarda los diagramas de resultados suavizados
	Abre el cuadro de diálogo <i>Exportar tabla</i> (ver Figura 11.126, página 529)
	Muestra resultados de barras con o sin componentes de nervio
	Activa o desactiva el diagrama de resultados sobre el área del pilar
	Invierte la dirección x de la barra
	Activa y desactiva las ordenadas con valores máximos
	Activa y desactiva la representación de valores promedio
	Abre el cuadro de diálogo para definir zonas de suavizado (ver Figura 9.36, página 394)
	Activa y desactiva la representación de zonas de suavizado

Tabla 9.1: Botones de la barra de herramientas *Operaciones de usuario*



Use el botón [Configuración del diagrama de resultados] para abrir un cuadro de diálogo ofreciendo varias opciones para ajustar la ventana del *Diagrama de resultados*.

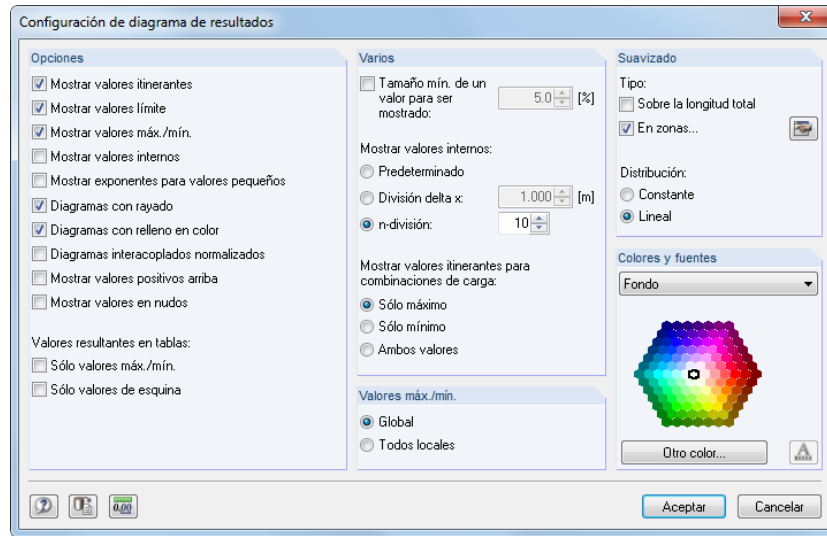


Figura 9.22: Cuadro de diálogo *Configuración del diagrama de resultados*

9.6 Secciones

Puede crear secciones definidas por el usuario en RFEM definiendo un plano cortándolo a través del modelo. Con la ayuda de secciones es posible evaluar en detalle resultados que estén disponibles en las líneas del plano intersectando superficies y sólidos. Las secciones se administran como objetos independientes en las pestañas del navegador de proyectos.



Para generar una sección nueva,

seleccione **Sección** en el menú **Insertar**

o use el menú contextual correspondiente en el navegador *Datos*.

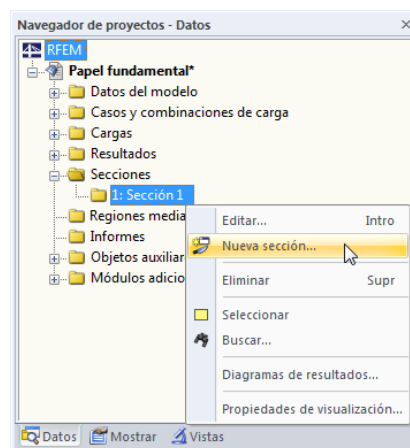


Figura 9.23: Navegador *Datos*: menú contextual de *Secciones*

Un cuadro de diálogo se abre, donde puede definir los parámetros de la sección.

9.6.1 Sección a través de la superficie

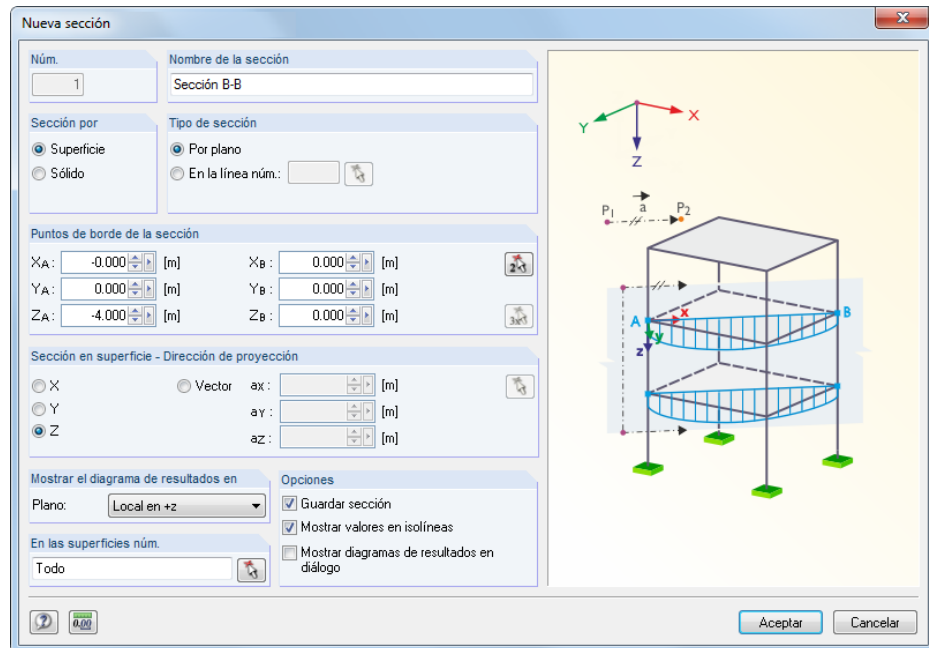


Figura 9.24: Cuadro de diálogo *Nueva sección* para superficie

Además del *núm.* de la sección, tiene que introducir el *Nombre de la sección* que asegura una designación fiable al evaluar los resultados. Todas las secciones se almacenan en *Secciones* en el navegador *Datos* donde se pueden ajustar subsecuentemente. No es necesaria la introducción del número y el nombre si la casilla de verificación *Guardar sección* está vacía en la sección del diálogo *Opciones*.

Cuando crea una *Sección a través de una Superficie*, puede ver los parámetros de superficie específicos en las secciones del diálogo *Tipo de sección* y *Dirección de la proyección* así como el gráfico correspondiente a la derecha.



El *Tipo de sección* se puede crear como *Plano* cortando el modelo. Como una alternativa, puede cortar con la sección a lo largo de cualquier *línea* en el modelo. El número de la línea se puede introducir manualmente o determinado con la función [↖] en la ventana de trabajo.



Los *Puntos de borde de la sección* se deben especificar mediante las coordenadas XYZ globales de ambos puntos A y B. Puede también seleccionarlos gráficamente usando la función [↖]. Para seleccionar puntos libres (lo que significa no nudos) en el plano de trabajo, ajuste el plano de trabajo actual, donde se requiera.



Empezando por los puntos A y B, dos líneas rectas se "trazan" en la dirección de la proyección. Si las líneas intersectan una superficie contenida en la lista *En las superficies núm.*, el diagrama de resultados se muestra a lo largo de la línea de conexión de ambos puntos de intersección. En el caso de que varias superficies se corten mediante el plano de proyección, los diagramas de resultados se representan para cada una de estas superficies.



Además de la *Dirección de la proyección* en X, Y y Z, es posible definir un vector. Con la función [↖] puede seleccionar dos puntos en la ventana de trabajo para definir el vector.

La sección del diálogo *Mostrar el diagrama de resultados en Plano* define el plano de la superficie en el cual se representa la sección. La configuración sólo afecta a la ventana de trabajo (ver Figura 9.27, página 387) pero no al cuadro de diálogo *Diagrama de resultados* (Figura 9.25).

La sección del diálogo *En las superficies núm.* enumera los números de las superficies en las cuales se representan las líneas de corte. Esta opción es útil si el plano de la sección intersecta

con varias superficies. También puede seleccionar superficies relevantes gráficamente usando la función [↖].

Use las tres casillas de verificación en la sección del diálogo *Opciones* para decidir si los diagramas de resultados se representan como un cuadro de diálogo (Figura 9.25) después de hacer clic en [Aceptar] y si desea *Guardar la sección*. Cuando marca la casilla de verificación para *Mostrar valores sobre isolíneas*, las isolíneas se etiquetan automáticamente en la ventana de trabajo.

Cuando complete la entrada en el diálogo haga clic en [Aceptar]. Usualmente, el cuadro de diálogo *Diagrama de resultados* aparece (ver la siguiente figura).

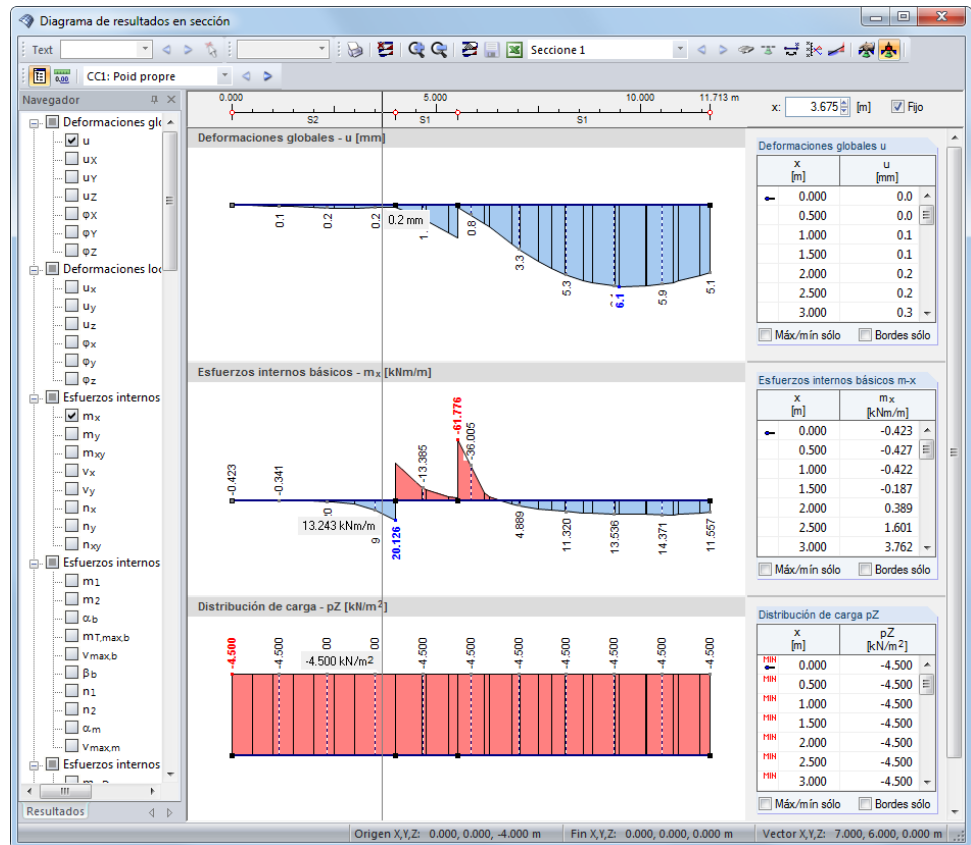


Figura 9.25: Cuadro de diálogo *Diagrama de resultados en la sección*

Cuando desplaza el ratón en el diagrama a lo largo de la sección, puede ver los valores resultantes "moviéndose" para la posición *x* actual. La posición *x* está referida al inicio A de la sección y se indica en la esquina superior derecha de la ventana. También es posible introducir una posición *x* específica manualmente en el campo de entrada. La casilla de verificación *Fijo* ancla el puntero en la posición indicada.

Use la lista en la barra de herramientas para cambiar entre secciones individuales.

Los botones del cuadro de diálogo *Diagrama de resultados* se describen en el capítulo 9.5 en la página 383.



Con el botón que se muestra a la izquierda, puede activar y desactivar las secciones en la ventana de trabajo. También puede usar el navegador *Resultados* el cual adicionalmente le permite seleccionar secciones específicas entre secciones que se han guardado.

El navegador *Mostrar* le ofrece opciones de configuración global para la representación de secciones.

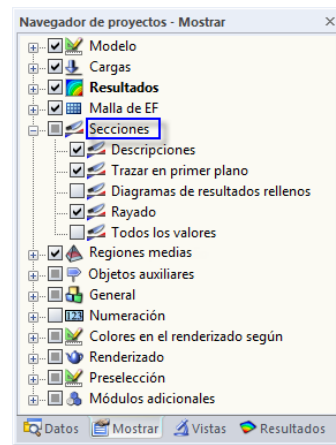


Figura 9.26: Navegador *Mostrar* para la representación de secciones

La siguiente figura muestra una sección a través de un plano y una superficie curva que se cortan ambas por el plano de la sección. Para la representación gráfica, la opción *Secciones -> Diagramas de resultados rellenos* se marca en el navegador *Mostrar*.

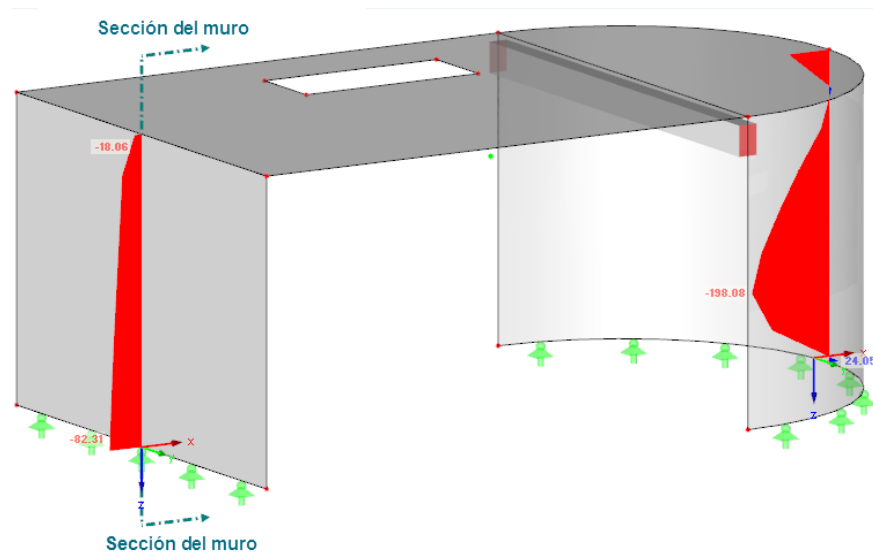


Figura 9.27: Representación de la sección de los esfuerzos axiales $n-2$ sobre el modelo de RFEM

9.6.2 Sección a través del sólido

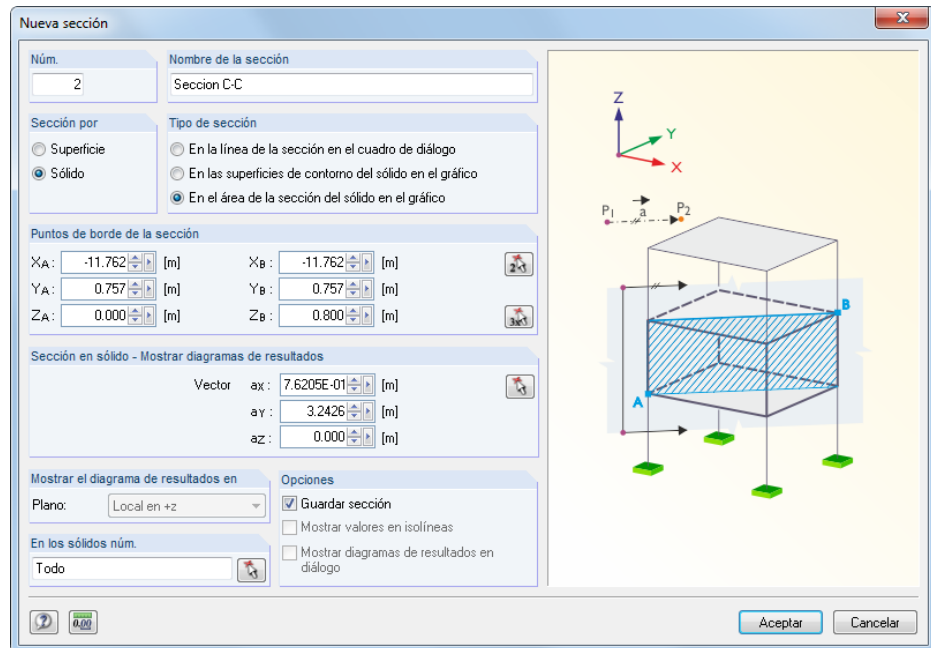


Figura 9.28: Cuadro de diálogo *Nueva sección* para sólido

Similar a una sección a través de superficies, introduzca el *Núm.* y el *Nombre de la sección* si desea *Guardar la sección* (ver sección del diálogo *Opciones*).

Cuando crea una *Sección a través de un Sólido*, puede ver los parámetros de sólido específicos en las secciones del diálogo *Tipo de sección* y *Mostrar el diagrama de resultados en* así como el gráfico correspondiente a la derecha.

Cuando la sección corta a un sólido a través, puede generar una *línea de sección* que atrevese al objeto. Luego, los resultados se representan para las superficies en el cuadro de diálogo *Diagrama de resultados* (ver Figura 9.25, página 386). Alternativamente, los resultados se pueden representar en la ventana de trabajo *En las superficies de contorno del sólido* intersectados por el plano. La opción *En el área de la sección del sólido en el gráfico* muestra los resultados directamente en el plano de la sección.



Los *Puntos de borde de la sección* se deben introducir tal y como se describe para las superficies, pero puede seleccionarlas también gráficamente.

Empezando por los puntos A y B, dos líneas rectas se "trazan" en la dirección del *Vector*. Si las líneas intersectan a un sólido contenido en la lista *En los sólidos núm.*, los resultados se representan a lo largo de la línea de conexión de ambos puntos de intersección, respectivamente como un plano de sección entre líneas rectas. En caso de que varios sólidos se corten mediante un plano de proyección, los diagramas de resultados se representan para cada uno de estos sólidos.



El *Vector* define la dirección de la proyección de la sección. Con la función [↖] puede seleccionar dos puntos en la ventana de trabajo para definir el vector.

9.7 Suavizar resultados

El análisis de EF determina los resultados para cada nudo de malla de EF. Usualmente, una distribución continua del esfuerzo interno o deformación es preferible para el gráfico. Para ello, es necesario suavizar los resultados, por ejemplo interpolando.

Las siguientes opciones de suavizado están disponibles para superficies y sólidos:

- Constante sobre elementos
- No continua
- Continua dentro de las superficies/los sólidos
- Continua total

Además, es posible definir zonas de suavizado para diagramas de resultados (ver Figura 9.36, página 394).

9.7.1 Ventana de trabajo

El navegador *Mostrar* controla el suavizado de resultados influenciando la ventana de trabajo.

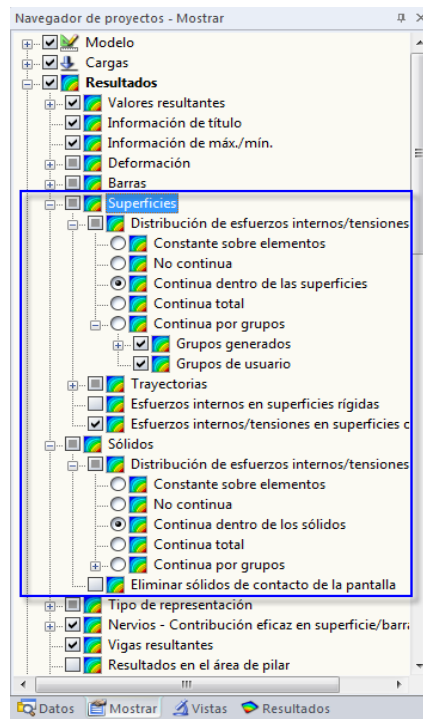


Figura 9.29: Navegador *Mostrar Resultados* → *Superficies* o *Sólidos* → *Distribución de esfuerzos internos/tensiones*

Ejemplo

Un ejemplo le muestra los efectos de las distintas opciones de suavizado.

Una placa de acero de dimensión 3 m · 3 m y espesor 3 cm es soportada por dos líneas con apoyos articulados unos en frente de otros. La placa no está modelada por una superficie completa sino por dos superficies con las mismas propiedades que yacen una al lado de la otra. Los ejes z locales de ambas superficies están orientados en direcciones opuestas.

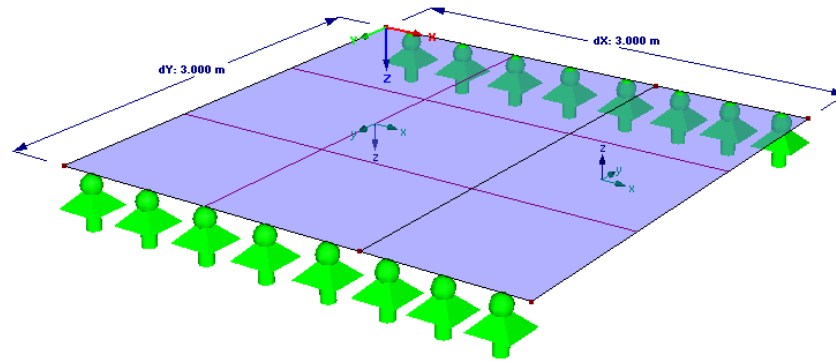


Figura 9.30: Placa de acero - modelada con dos superficies

El tamaño de la longitud de EF se ha establecido generosamente en 1 m. Este tamaño de elemento no puede ofrecer resultados apropiados. Sólo se usa para demostrar las representaciones de resultados de los distintos modos de suavizado.

La superficie de acero está tensionada sólo por su peso propio.

Distribución de esfuerzos internos *Constante sobre elementos*

Esfuerzos internos básicos m-y
CC1: Peso propio

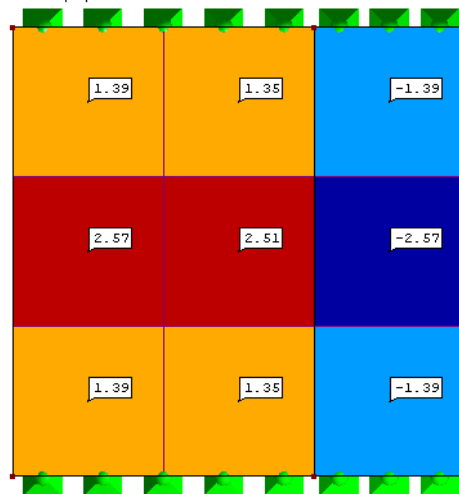


Figura 9.31: Distribución de esfuerzos internos *Constante sobre elementos* (nav. *Mostrar*), valores *En puntos de malla de EF* (nav. *Resultados*)

Los valores de los nudos de EF se promedian y el resultado se muestra en el centro de cada elemento. La distribución en cada elemento finito es constante. Este tipo de representación de resultados se recomienda para modelos de materiales plásticos (ver capítulo 4.3, página 64).

Distribución de esfuerzos internos *No continua*

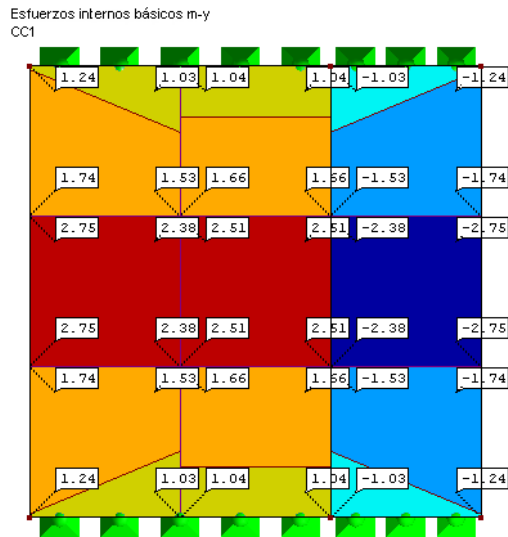


Figura 9.32: Distribución de esfuerzos internos *No continua*, valores En puntos de malla de EF

La representación muestra los valores de nudos de EF resultantes de los desplazamientos y giros de cada elemento simple. Por lo tanto, varios valores se muestran para cada nudo de EF. Una línea de puntos sobre el valor del nudo indica el elemento al cual pertenece el valor.

Para la representación gráfica, se define un plano por los valores de esquina de cada elemento. Como los resultados de elementos contiguos no se consideran, ve una distribución discontinua.

Distribución de esfuerzos internos *Continua dentro de las superficies/los sólidos*

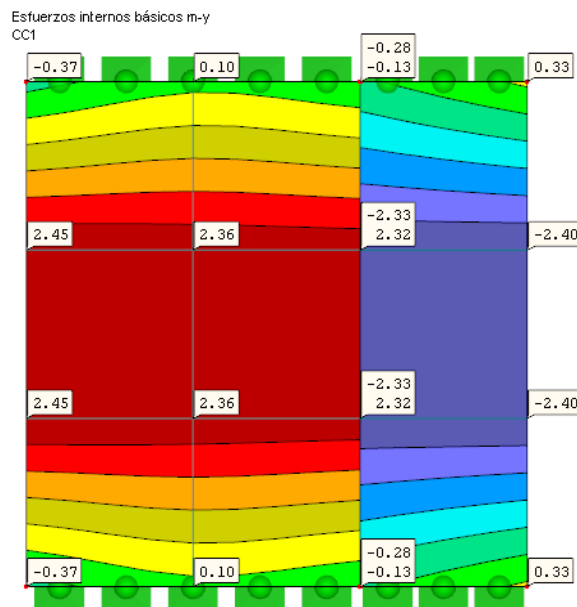


Figura 9.33: Distribución de esfuerzos internos *Continua dentro de las superficies*, valores En puntos de malla de EF

Los valores sobre los nudos de EF se promedian. El promedio se detiene en el contorno de superficie que puede resultar en discontinuidades entre superficies contiguas. Sin embargo, esto es absolutamente correcto en nuestro ejemplo. En la línea de contorno se representan dos valores de nudos de EF.

Esta opción de suavizado se establece de forma predeterminada ya que en la mayoría de los casos ofrece los mejores resultados.

Distribución de esfuerzos internos *Continua total*

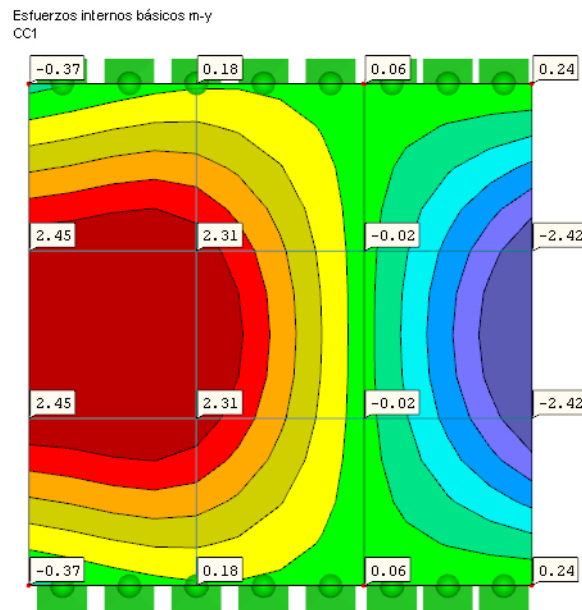


Figura 9.34: Distribución de esfuerzos internos *No continua*, valores *En puntos de malla de EF*

Los valores promedio se determinan considerando los valores de EF además de los contornos de superficie. Esto conduce a la distribución entre superficies contiguas, lo cual no es correcto para nuestro ejemplo.



Los siguientes requisitos se deben encontrar para aplicar esta representación de resultados correctamente:

- La orientación de los sistemas de ejes de la superficie es congruente.
- Sólo dos superficies coinciden.
- Las superficies descansan sobre un plano simple.
- Ninguna articulación lineal se define en la línea de contorno.

Si no se da una de estas condiciones, una distribución incorrecta de resultados se representa.

Distribución de esfuerzos internos *Continua por grupos*

Además, es posible suavizar resultados por grupos. RFEM ofrece *Grupos generados* con propiedades de materiales similares.

Incluso es posible crear grupos definidos por el usuario de superficies o sólidos usando el menú contextual del navegador (haga clic con el botón secundario sobre *Grupos de usuario*).

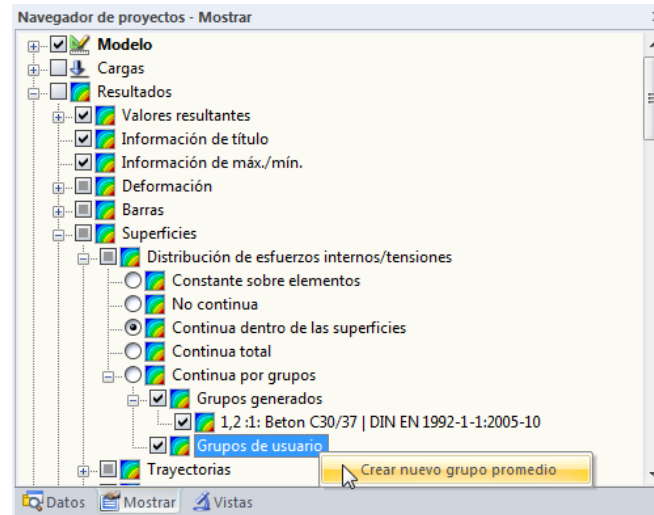


Figura 9.35: *Crear nuevo grupo promedio* a través del menú contextual del navegador

Entonces se abre un cuadro de diálogo donde puede definir los objetos que desee examinar como un grupo.

9.7.2 Diagramas de resultados



En el cuadro de diálogo *Diagrama de resultados* (ver capítulo 9.5, página 382), puede crear zonas de suavizado para preparar resultados para propósitos de ingeniería civil. Para usar esta función, haga clic en el botón de la barra de herramientas del diagrama que se muestra a la izquierda. Se abre el siguiente cuadro de diálogo:

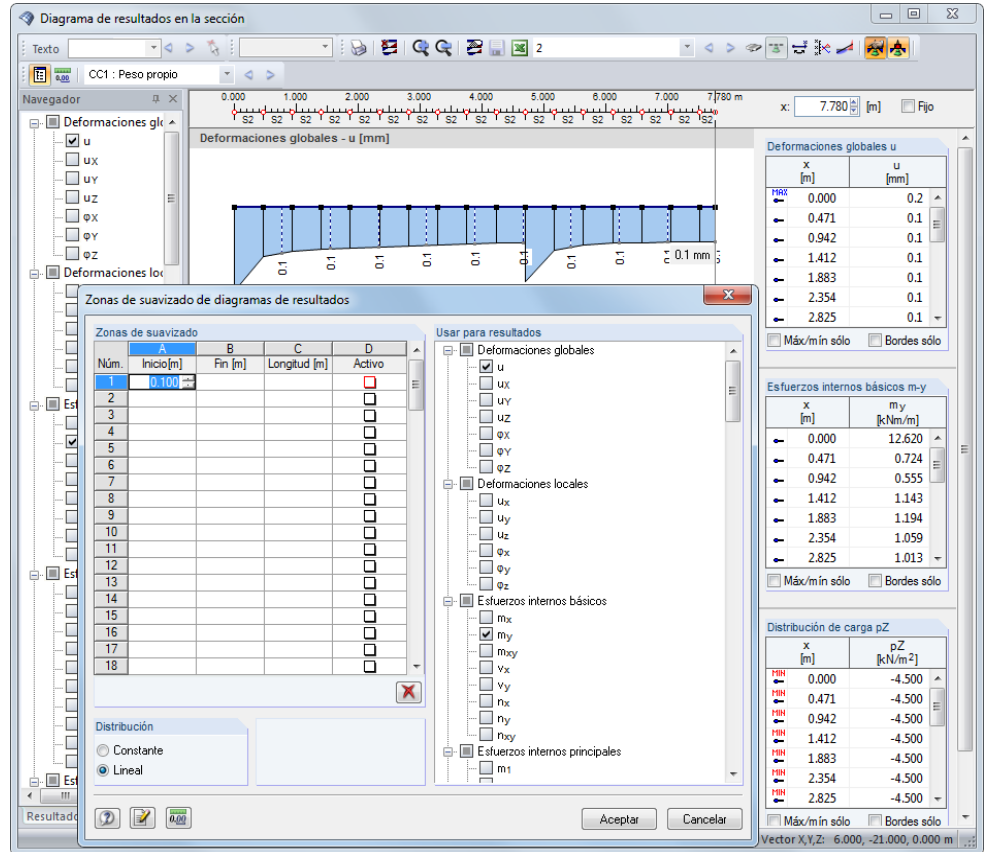
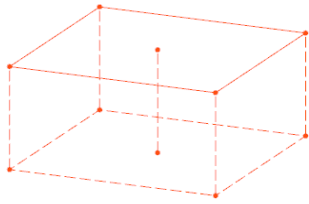


Figura 9.36: Cuadro de diálogo *Zonas de suavizado de diagramas de resultados*

En las columnas de tabla de la izquierda, defina las *Zonas de suavizado*. Tenga en cuenta que las entradas para *Inicio*, *Fin* y *Longitud* son interactivas. Cada zona se puede establecer separadamente como *Activo*. En la sección del diálogo *Usar para resultados* a la derecha, decide para qué deformaciones y esfuerzos internos desea aplicar un suavizado.

El suavizado se puede definir como de distribución *Constante* (tal como se muestra en la figura anterior) o como *Lineal* para todas las zonas de suavizado.

9.7.3 Región media



Es posible definir una región en el modelo donde los resultados gráficos no se representan con las distribuciones actuales sino como valores promedio. Esta región media admite, para una evaluación de la superficie media, esfuerzos internos y tensiones. Las regiones se administran como objetos independientes en las pestañas del navegador de proyectos.

Para crear una región media,

seleccione **Nueva región media** en el menú **Resultados**

o use el menú contextual correspondiente en el navegador *Datos*.

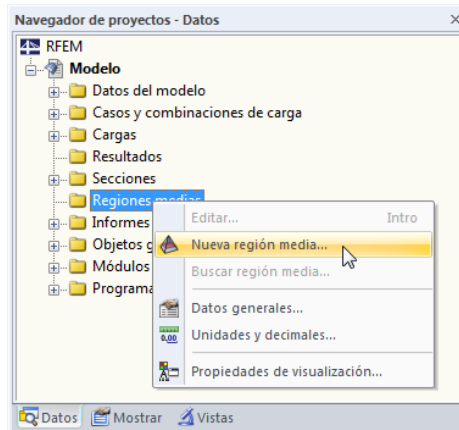


Figura 9.37: Navegador *Datos*: menú contextual de *Regiones medias*

Un cuadro de diálogo se abre, donde puede especificar los parámetros de la región.

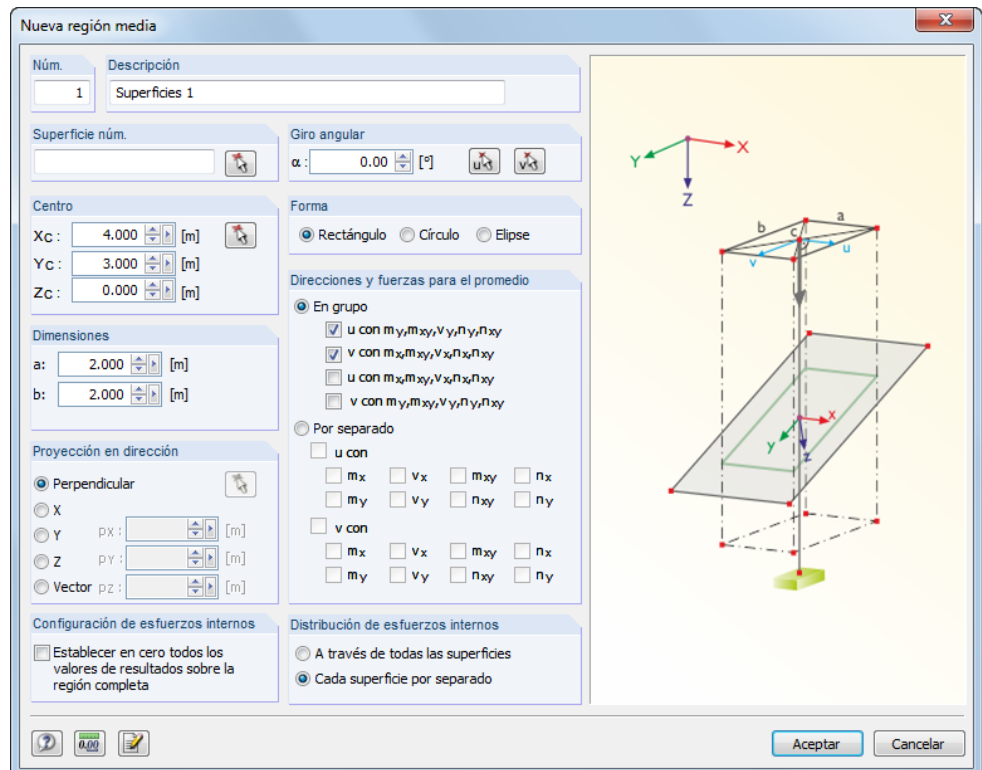


Figura 9.38: Cuadro de diálogo *Nueva región media* para resultados medios

Además del *Núm.* puede introducir la *Descripción* de la región, facilitando más la selección al evaluar los resultados. Las regiones se almacenan en *Regiones medias* en el navegador *Datos* donde se pueden ajustar subsecuentemente.



La sección del diálogo *En las superficies núm.* enuncia los números de las superficies para las cuales desea resultados medios. Esta opción es útil si la proyección de la región intersecta con varias superficies. También puede seleccionar superficies relevantes gráficamente usando la función [↖].



La *Forma* de la región se puede definir como rectángulo, círculo y elipse. Los parámetros respectivos se muestran en el gráfico del diálogo a la derecha.

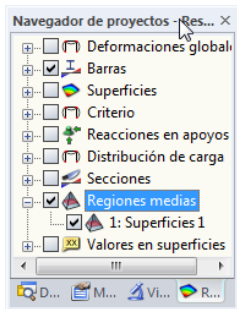


En la sección del diálogo *Centro*, especifique el punto central C de la región. Las coordenadas se pueden introducir manualmente o seleccionar gráficamente en la ventana de trabajo usando la función [↖]. Las *Dimensiones* describen la forma de la región por medio de parámetros relevantes para su configuración.

La sección del diálogo *Proyección en dirección* describe la referencia de la región definida para las superficies. Generalmente, la proyección se establece perpendicular a las superficies seleccionadas, pero direcciones de proyección en X, Y y Z global también son posibles al igual que la introducción de cualquier vector de proyección. Con la función [↖] puede seleccionar dos puntos en la ventana de trabajo para definir el vector.

Finalmente, el cuadro de diálogo ofrece una opción para *Establecer en cero todos los valores de resultados sobre la región completa*. De esta forma, es posible desactivar los valores resultantes en una zona seleccionada del modelo.

En el navegador *Resultados*, puede mostrar y ocultar las regiones medias individualmente o globalmente.



Control de regiones en el navegador *Resultados*

9.8 Vista de ventanas múltiples

En la pantalla, es posible representar varias ventanas a la vez mostrando diferentes deformaciones o esfuerzos internos. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

seleccione **Organizar ventana de resultados** en el menú **Resultados**

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

Se abre un cuadro de diálogo con un árbol de navegador donde puede marcar los tipos de resultados que desea representar en las ventanas simples.

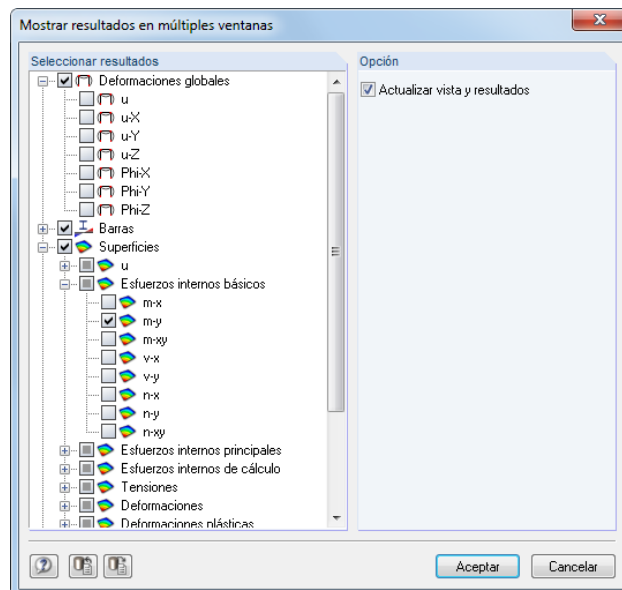


Figura 9.39: Cuadro de diálogo *Mostrar resultados en ventanas múltiples*



La representación de ventanas múltiples también se puede usar para el informe (ver capítulo 10.2.1, página 437).

9.9 Filtrar resultados

Varias funciones de filtro están disponibles, las cuales son especialmente útiles en caso de modelos complejos para evaluar y documentar resultados.

9.9.1 Vistas

Las vistas definidas por el usuario (ángulos de vista, configuración de zoom etc.) hacen más fácil la evaluación de resultados. Usando "visibilidades" puede subdividir el modelo en vistas parciales definidas por el usuario o generadas cumpliendo con cierto criterio. De este modo, es posible activar por ejemplo sólo las superficies de un plano o barras con una sección particular para la pantalla. Por supuesto, puede usar estas posibilidades para la evaluación de resultados y para la entrada de modelo o datos de carga.

Puede acceder a diferentes funciones en un **navegador** independiente (capítulo 9.9.1.1) y usando los **botones lista** o las **funciones del menú** (capítulo 9.9.1.2).

9.9.1.1 Navegador Vistas

La pestaña *Vistas* del Navegador de proyectos le permite crear vistas del modelo definidas por el usuario que puede usar para la entrada y evaluación. La pestaña administra también las visibilidades que se pueden crear automáticamente o definidas por el usuario.

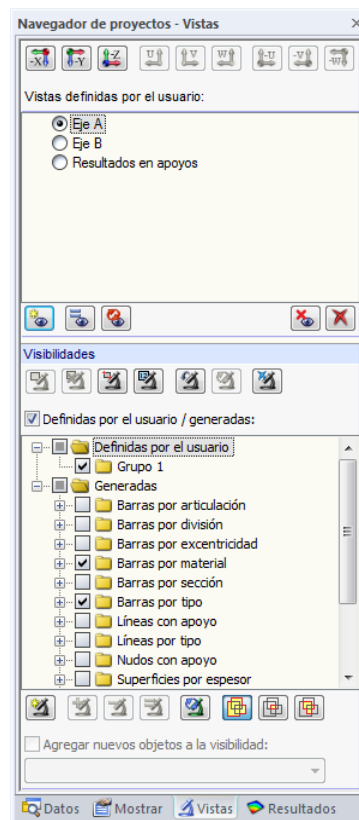


Figura 9.40: Pestaña *Vistas* del Navegador

Vistas definidas por el usuario

En contraste con las *Visibilidades* (ver debajo), las *vistas definidas por el usuario* le permiten guardar e importar ángulos de vista particulares, vistas ampliadas así como la configuración en el navegador *Mostrar*.

La vista de conjunto actual se guarda como configuración de pantalla - no importa qué requisitos de filtro sean eficaces en la lista de *Visibilidades*: RFEM usa siempre la configuración de visibilidades actual para la representación del objeto de una *vista definida por el usuario*. Una vista definida por el usuario administra sólo el ángulo de vista, el factor de zoom y los requisitos establecidos en el navegador *Mostrar*.

Use los botones [Vista] para establecer rápidamente los siguientes ángulos estándares de la vista:










	Vista contraria al eje X
	Vista contraria al eje Y
	Vista contraria al eje Z
 	Vista en dirección o contraria al eje U del plano de trabajo (ver capítulo 11.3.1, página 467)
 	Vista en dirección o contraria al eje V del plano de trabajo
 	Vista en dirección o contraria al eje W del plano de trabajo

Tabla 9.2: Botones [Vista]

Los botones bajo la lista *Vistas* tienen las siguientes funciones:






	Crea una nueva <i>vista definida por el usuario</i> a partir de la vista actual (ver Figura 9.41)
	Redefine la <i>vista definida por el usuario</i> activa mediante la vista
	Restaura la <i>vista definida por el usuario</i> activa después de las modificaciones
	Elimina la entrada seleccionada en la lista de <i>Vistas definidas por el usuario</i>
	Elimina todas las <i>Vistas definidas por el usuario</i>

Tabla 9.3: Botones en la sección del navegador *Vistas definidas por el usuario*

Crear vistas definidas por el usuario

La vista establecida actualmente se puede guardar usando el botón [Nueva] que se muestra a la izquierda. Un cuadro de diálogo aparece donde tiene que introducir el *Nombre* de la configuración de pantalla nueva.

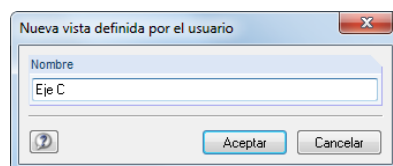


Figura 9.41: Cuadro de diálogo *Nueva vista definida por el usuario*

Visibilidades

Con las denominadas "visibilidades" es posible representar vistas parciales del modelo o grupos de objetos tales como superficies situadas en un plano o columnas de un forjado particular.

Botones de visibilidades

Los botones encima de la lista de *Visibilidades* (ver Figura 9.40, página 397) le permiten seleccionar los objetos para la representación mediante un criterio particular. Los botones tienen las siguientes funciones:








	Representa objetos seleccionados en la ventana de trabajo como una vista parcial
	Oculto objetos seleccionados en la ventana de trabajo
	Crea una visibilidad trazando una ventana (ver página 401)
	Define una nueva visibilidad por medio de números de objetos (ver página 401)
	Restaura la visibilidad anterior
	Invierte la representación actual (visibilidad nueva: objetos ocultos)
	Quita el modo de visibilidad Todos los objetos se representan de nuevo.

Tabla 9.4: Botones sobre la lista de *Visibilidades*

La lista de *Visibilidades* contiene visibilidades definidas por el usuario y generadas.

Visibilidades definidas por el usuario



Con la selección gráfica y numérica de objetos (ver capítulo 11.2, página 462) puede crear una visibilidad.



Use el botón [Crear nueva visibilidad definida por el usuario] (bajo la lista de *Visibilidades*) para guardar la vista parcial actual. El cuadro de diálogo *Nueva visibilidad definida por el usuario* se abre donde define un nombre y el *grupo* (ver Figura 9.45, página 402).

Los botones debajo de la lista de *Visibilidades* tienen las siguientes funciones:









	El cuadro de diálogo <i>Nueva visibilidad definida por el usuario</i> aparece (ver Figura 9.45, página 402).
	Añade los objetos seleccionados en la ventana de trabajo al grupo marcado en la lista anterior (ver página 402)
	Quita los objetos seleccionados en la ventana de trabajo del grupo marcado en la lista anterior (ver página 402)
	Reasigna los objetos seleccionados al grupo marcado arriba
	Invierte la representación actual (visibilidad nueva: objetos ocultos)
	Muestra todos los objetos activados en la lista <i>Visibilidades</i>
	Muestra sólo objetos disponibles en cada entrada de <i>Visibilidades</i> activas
	Muestra los objetos disponibles en cada <i>Grupo activo</i>

Tabla 9.5: Botones bajo la lista de *Visibilidades*



Con la casilla de verificación *Agregar nuevos objetos a la visibilidad* puede decidir cómo desea tratar los nudos nuevos, líneas nuevas, barras nuevas etc. al trabajar en una visibilidad definida por el usuario. Si se marca la opción, puede definir el grupo relevante en la siguiente lista.

Un símbolo de color se le asigna automáticamente a cada visibilidad definida por el usuario. Los colores se pueden usar también en el navegador *Mostrar* para la representación gráfica de objetos (ver capítulo 11.1.9, página 460). De esta forma, puede detectar las visibilidades personalizadas rápidamente en el modelo. Para establecer la representación para grupos, use el navegador *Vistas*.

Visibilidades generadas

RFEM genera automáticamente visibilidades para superficies, líneas, barras etc. según un criterio particular.

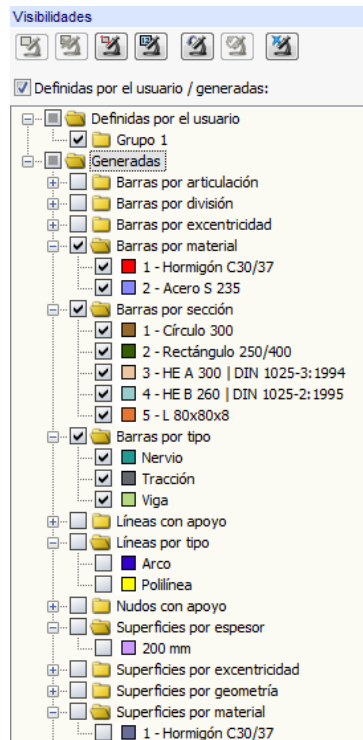


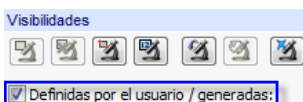
Figura 9.42: Visibilidades generadas en el navegador *Vistas*

Estos tipos de visibilidades generadas le ayudan a obtener una información general rápida del modelo, ya que puede tomar la lista para filtrar objetos expresamente. De esta forma, puede comprobar fácilmente ambas entradas y resultados en RFEM.



Además de la selección múltiple de vistas generadas (predeterminada), la lista admite crear un conjunto intersectándose. Use los botones del navegador que se muestran a la izquierda para establecer la intersección. Los encuentra debajo de la lista. Las funciones se describen en la Tabla 9.5 anterior.

Con la casilla de verificación *Definidas por el usuario / generadas* en la parte superior de la lista, puede decidir si la función de filtro es eficaz para la ventana de trabajo. Todos los objetos se representan de nuevo tras quitar la marca de verificación.



9.9.1.2 Botones y menú de visibilidad

Para acceder a las distintas funciones de visibilidad,

señale **Visibilidad** en el menú **Ver**

o use el botón lista correspondiente del menú desplegable en la barra de herramientas.

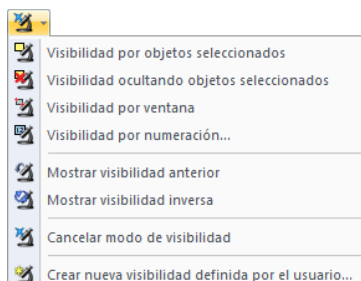


Figura 9.43: Botones lista para *Visibilidad*

Visibilidad por ventana

Las vistas parciales se pueden crear gráficamente usando el ratón y trazando una ventana.

Cuando abre la ventana de izquierda a derecha, la visibilidad incluye sólo objetos que están contenidos completamente dentro de la ventana. Cuando se abre la ventana de derecha a izquierda, la visibilidad adicionalmente incluye objetos cortados por la ventana.

Visibilidad por numeración

Introduzca los números de *Nudos*, *Líneas*, *Barras*, *Superficies* o *Sólidos* que sean relevantes para la visibilidad en un cuadro de diálogo.

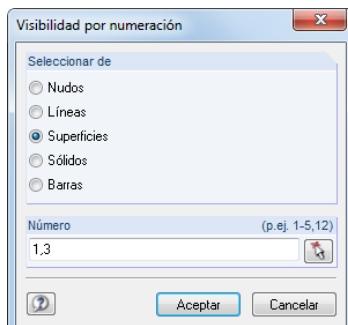


Figura 9.44: Cuadro de diálogo *Visibilidad por numeración*

Cancelar modo de visibilidad

Use esta función para restaurar la vista de todos los objetos.

Crear una visibilidad definida por el usuario

Antes de que acceda a la función, seleccione los objetos que desee guardar como *Visibilidad* en la ventana de trabajo (ver capítulo 11.2.1, página 462 y capítulo 11.2.2, página 465). La siguiente función de selección es útil: señale **Seleccionar** en el menú **Edición**, y luego seleccione **Especial**.



Sólo los objetos que se seleccionan en la ventana de trabajo se integran en una *Visibilidad*. Por lo tanto, cuando usa la función [Visibilidad ocultando objetos seleccionados], tiene que seleccionar los objetos representados una vez más trazando una ventana a través de ellos.

Después de hacer clic en el botón [Nueva] que se muestra a la izquierda, aparece el siguiente cuadro de diálogo.

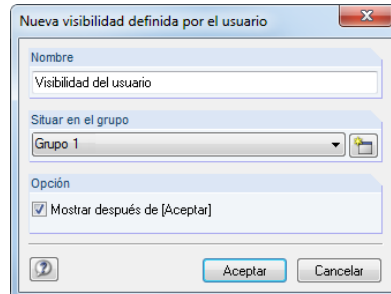


Figura 9.45: Cuadro de diálogo *Nueva visibilidad definida por el usuario*



Defina el *Nombre* y *Grupo*. Si desea usar más grupos de visibilidad, haga clic en el botón [Nueva] para crear otro grupo.

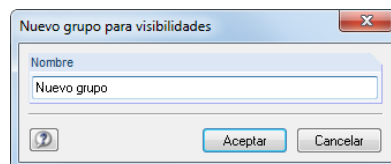


Figura 9.46: Cuadro de diálogo *Nuevo grupo para visibilidades*

Haga clic en el botón [Aceptar] para guardar el grupo de objetos como nueva visibilidad.

Las visibilidades definidas por el usuario se administran en el navegador *Vistas* donde se pueden activar y desactivar individualmente (ver Figura 9.40, página 397).

Cambiar objetos en visibilidades



Los objetos se pueden integrar subsecuentemente en las visibilidades existentes: quite el modo de visibilidad haciendo clic en el botón que se muestra a la izquierda. Puede también señalar *Visibilidad* en el menú *Vista* donde selecciona *Cancelar modo de visibilidad*. Ahora, seleccione los objetos que desee añadir.



En el navegador *Vistas*, haga clic en la entrada relevante en la lista *Definidas por el usuario*. RFEM habilita el botón [+] de forma que pueda integrar los objetos seleccionados en la visibilidad definida por el usuario.



De la misma forma, puede usar el botón [-] para quitar los objetos seleccionados de una visibilidad definida por el usuario.



Haga clic en el botón [=] para sobrescribir los objetos disponibles en la visibilidad marcada del navegador *Vistas* con la selección en la ventana de trabajo. De este modo, las visibilidades existentes se pueden redefinir pero el nombre se conserva.

Transparencia para objetos ocultos

Cuando usa visibilidades, es posible representar objetos ocultos con menor intensidad de fondo. El grado de visibilidad se establece individualmente en la pestaña *Gráfico* del cuadro de diálogo *Opciones del programa* (ver Figura 9.52, página 407).

La representación de objetos de fondo se puede habilitar o deshabilitar en el navegador *Mostrar*.

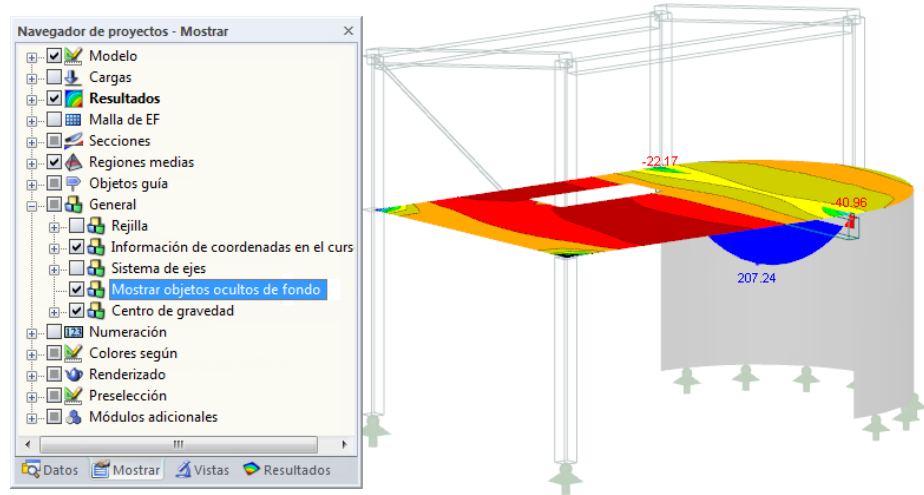


Figura 9.47: Navegador *Mostrar* Opción *General* → *Mostrar objetos ocultos de fondo*

9.9.2 Plano de recorte

Puede definir cualquier plano de recorte de la sección a través del modelo. La zona en frente de (o detrás) del plano se oculta en la pantalla. De esta forma, es posible por ejemplo observar los resultados en una intersección o en un sólido.

RFEM coloca el plano de recorte en el centro de las dimensiones geométricas totales. De este modo, el plano se refiere a la geometría del modelo. En la ventana de trabajo, un marco encierra el plano de recorte.

No es posible guardar un plano de recorte.

Para acceder a la función correspondiente, seleccione **Plano de recorte** en el menú **Insertar**.

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

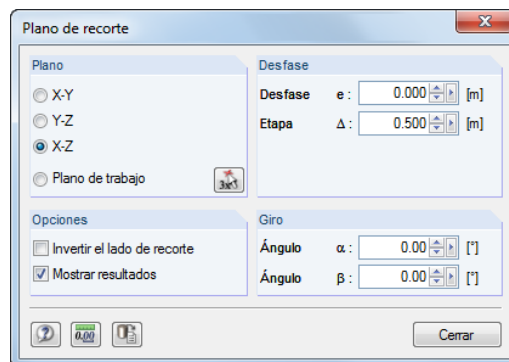


Figura 9.48: Cuadro de diálogo *Plano de recorte*



Puede organizar el *Plano* paralelo a uno de los planos cruzados por los ejes del sistema de coordenadas XYZ global. Además, puede colocar el plano en el plano de trabajo actual. También puede seleccionar tres puntos en la ventana de trabajo haciendo clic en el botón [↖] que se muestra a la izquierda.



El valor que se introduce en el campo de entrada *Desfase* resulta un desplazamiento paralelo del plano en dirección del eje positivo o negativo que es perpendicular al plano. Ambas direcciones se indican mediante flechas grises en la ventana de trabajo. El desfase se puede introducir directamente o establecer con el cuadro de número. El campo de entrada *Etapa* controla el intervalo de separaciones mediante las cuales el plano se cambia cada vez que hace clic sobre un botón del cuadro de número.

En la sección del diálogo *Opciones*, tiene la posibilidad de cambiar el lado activo del plano de recorte. Además, puede activar o desactivar los diagramas de resultados disponibles en los bordes de recorte.

Es más, es posible girar el plano de recorte mediante un *Giro* respecto al ángulo α (respecto al último eje designado del plano) y ángulo β (respecto al primer eje designado). El gráfico es interactivo con la entrada.

Cuando el cuadro de diálogo *Plano de recorte* se abre, puede usar todas las funciones de vista en la ventana de trabajo, pero no hay opción de informe. Quite la función con el botón [Cerrar].

El siguiente ejemplo muestra un plano de recorte que recorre a través de un nudo de una conexión de tubo.

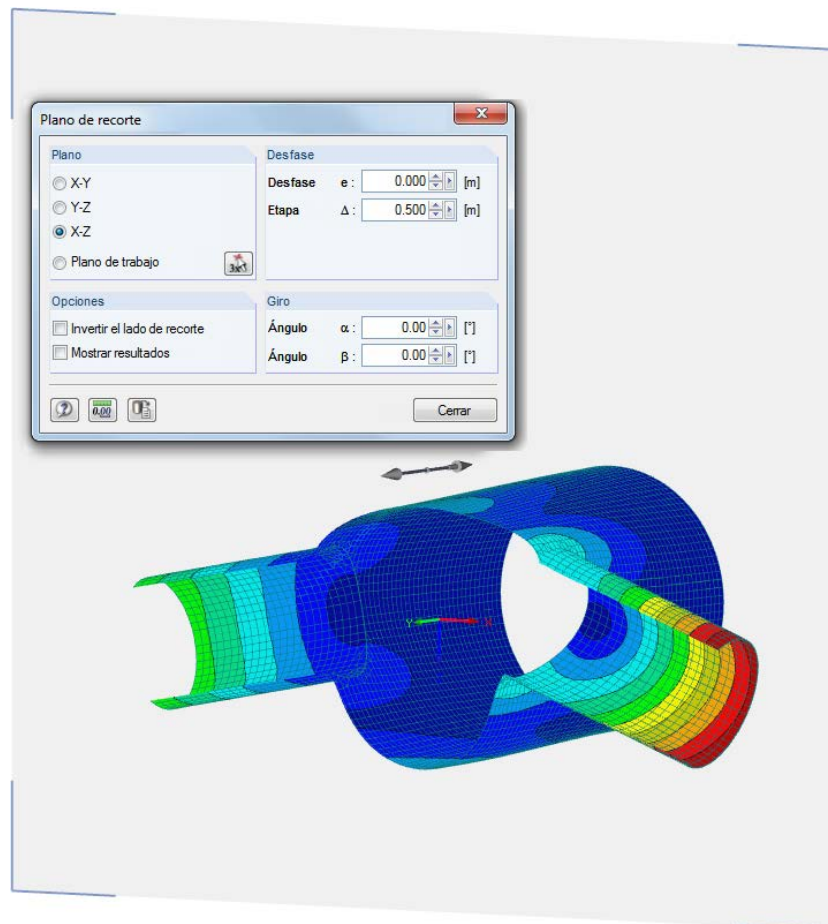


Figura 9.49: Plano de recorte cortando a través de una conexión de tubo

9.9.3 Funciones de filtro

Las opciones de agrupación descritas en el capítulo 9.9.1 *Vistas* se refieren a los objetos del modelo. Adicionalmente, puede usar esfuerzos internos, deformaciones y tensiones como criterio de filtro.

Filtrar resultados

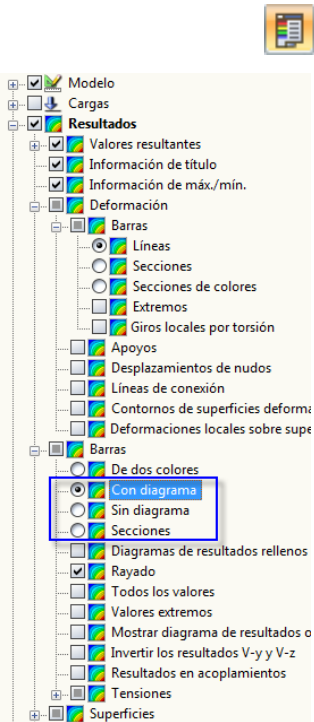
Los resultados se filtran por medio del panel de control. Si el panel no se representa, seleccione **Panel de control (espectro de colores, factores, filtro)** en el menú **Ver** o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

El panel de control se describe en el capítulo 3.4.6 en la página 30.

La configuración del filtro para resultados se define en la pestaña *Espectro de colores* que se muestra para los resultados de isobanda e isolínea de superficies y sólidos (ver Figura 3.17, página 30). Como la pestaña no está disponible para la representación a dos colores de los esfuerzos internos de la barra, tiene que cambiar al navegador *Mostrar* y establecer las opciones de visualización *Con/sin diagrama* o *Secciones* (ver figura que se muestra a la izquierda).

En el panel es posible establecer representaciones específicas, por ejemplo momentos de barra representados sólo si exceden un valor particular, o esfuerzos internos básicos de superficies usando una graduación fina que se muestra dentro del intervalo de ± 30 kNm (ver Figura 3.19, página 32).

El siguiente ejemplo representa una losa de piso. RFEM representa tensiones de contacto sólo entre -120 kN/m² y -260 kN/m² en el modelo.



Configuración en el navegador *Mostrar* para resultados de barra multicolor

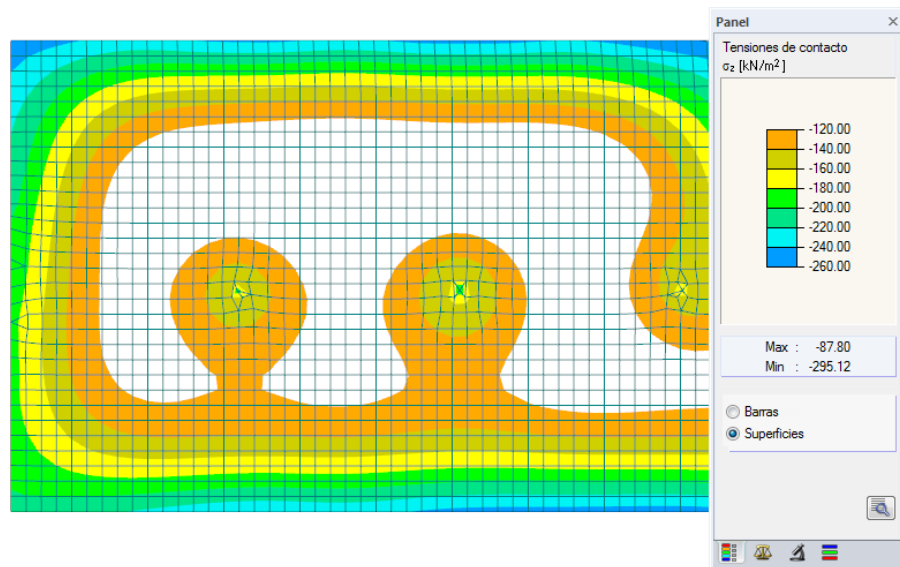


Figura 9.50: Filtrar tensiones de contacto con el espectro de color ajustado

Ya que el modelo ofrece también resultados de barra multicolor, el campo de selección *Superficies* se activa en el panel de control. Es más, el espectro de colores se modifica de tal manera que el intervalo de colores cubre exactamente -20 kN/m². No se muestran ningunos resultados para elementos de superficie con apoyos elásticos cuyas tensiones de contacto exceden el intervalo definido de valores.

Filtrar objetos



En la pestaña *Filtro* del panel de control, puede introducir los números de barras, superficies o sólidos seleccionados para mostrar sus diagramas de resultados en una representación filtrada. La función se describe en el capítulo 3.4.6 en la página 33.

En contraste a la función de visibilidad, el modelo se representa completamente en el gráfico.

La siguiente figura muestra los momentos flectores disponibles en las superficies del forjado de un edificio. Los muros se muestran en el modelo pero representados sin esfuerzos internos.

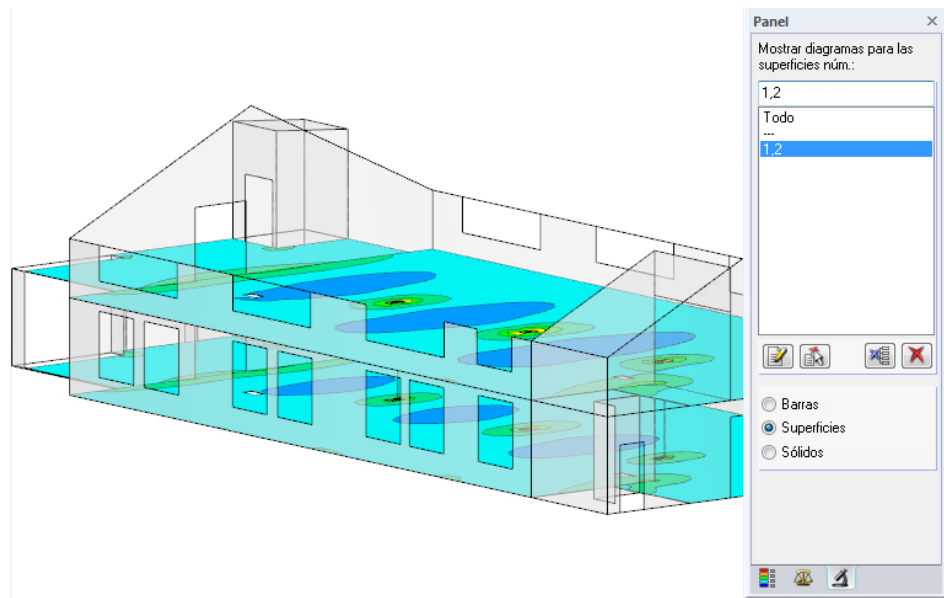


Figura 9.51: Filtrar resultados: momentos flectores de forjados



La configuración del filtro del panel también afecta a los objetos en las tablas de resultados: Cuando limita la representación de resultados en el panel para por ejemplo dos barras, tabla 4.6 *Barras - Esfuerzos internos* se listarán sólo los resultados de aquellas dos barras.

9.10 Animación de deformaciones



Normalmente, las deformaciones de los objetos se representan en su estado final.

Pero también es posible mostrar el proceso de deformación en movimiento. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,



seleccione **Animación** en el menú **Resultados**

o haga clic en el botón correspondiente de la barra de herramientas. Para cerrar la vista animada, haga clic de nuevo en el botón. Puede también usar la tecla [Esc].



Para definir la configuración detallada para el proceso de animación, use el cuadro de diálogo *Opciones del programa*.

Seleccione **Opciones del programa** en el menú **Opciones**, y luego abra la pestaña de diálogo *Gráfico*.

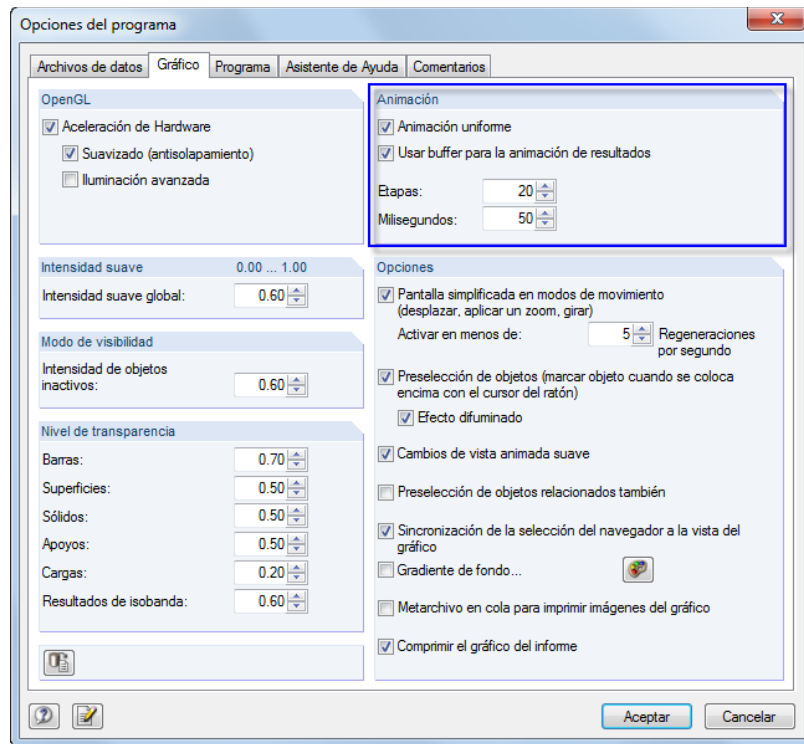


Figura 9.52: Cuadro de diálogo *Opciones del programa*, pestaña *Gráfico*



La animación de las deformaciones se puede guardar como archivo de vídeo. Establezca el gráfico de animación apropiadamente en la pantalla, y luego seleccione

Crear archivo de vídeo en el menú **Herramientas**.

Es posible que vea un mensaje sobre la configuración de OpenGL antes de que aparezca el cuadro de diálogo correspondiente donde puede definir una configuración diferente para crear el archivo de vídeo.

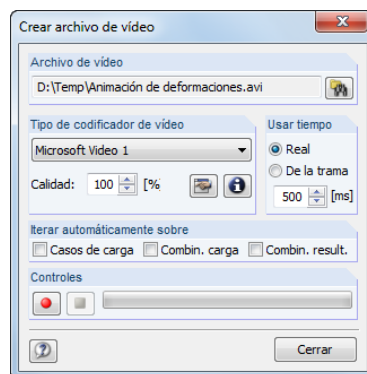


Figura 9.53: Cuadro de diálogo *Crear archivo de vídeo*



Haga clic en el botón [Examinar] para definir el nombre del archivo de vídeo en un cuadro de diálogo aparte.



El botón rojo [Grabar] inicia la grabación, y el botón azul [Detener] la detiene.

10. Informe

10.1 Informe

Normalmente, la entrada y datos de resultados de RFEM no se envían directamente a la impresora. En su lugar, primero se genera el denominado informe al cual puede agregar gráficos, explicaciones, escaneos y otros elementos. En el informe define los datos que aparecen finalmente en la impresión.

Es posible crear varios informes para el modelo. Cuando su estructura es bastante compleja, se recomienda dividir los datos en varios informes pequeños en lugar de crear un informe simple que sea bastante detallado. Por ejemplo, puede crear un informe para datos de entrada, otro para esfuerzos en apoyos y otro para resultados en superficies. De esta forma, puede reducir el tiempo de espera.

También es posible crear informes diferentes en un modelo de RFEM. Dependiendo de los datos requeridos, el ingeniero de pruebas y el ingeniero de proyecto pueden recibir informes distintos.

Sólo es posible abrir un informe si una impresora predeterminada se ha instalado en Windows. La vista previa en el informe usa el controlador de impresora.

10.1.1 Crear o abrir un informe

Para crear un informe nuevo

seleccione **Abrir informe** en el menú **Archivo**

o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. También puede usar el menú contextual de la entrada correspondiente en el navegador *Datos*.

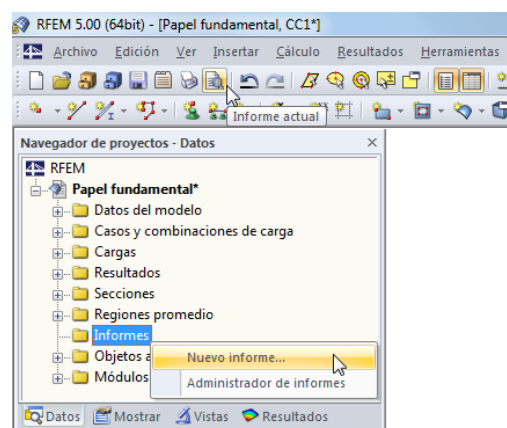


Figura 10.1: Botón y menú contextual del Informe

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

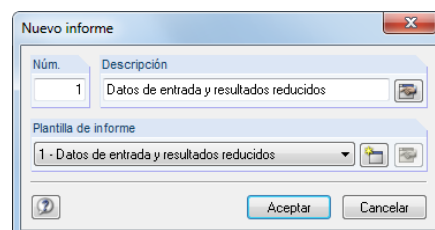


Figura 10.2: Cuadro de diálogo *Nuevo informe*

El *Núm.* del informe se preestablece pero es posible cambiarlo. En el campo de entrada *Descripción*, puede introducir un nombre para el informe haciendo la selección más fácil en las listas más tarde. Esta descripción no aparece en el informe.

Es más, puede seleccionar una plantilla de informe particular de la lista en la sección del diálogo *Plantilla de informe* (ver capítulo 10.1.7, página 425).

Los botones en el cuadro de diálogo tienen las siguientes funciones:



	Es posible crear una plantilla de informe nueva.
	La selección del informe se puede editar (→ capítulo 10.1.3, página 412).

Tabla 10.1: Botones en el cuadro de diálogo *Nuevo informe*

Cuando un informe ya está disponible, y selecciona **Abrir informe** en el menú **Archivo**, aparece el *Administrador de informes* .

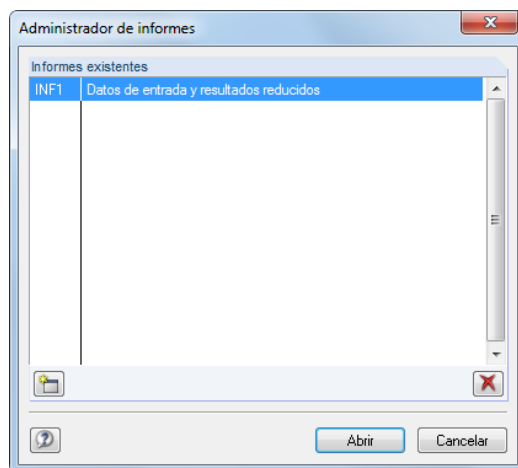


Figura 10.3: Cuadro de diálogo *Administrador de informes*

Puede seleccionar el informe relevante de la lista.

Los botones en el cuadro de diálogo tienen las siguientes funciones:



	Creación de un informe nuevo
	Eliminación de un informe seleccionado

Tabla 10.2: Botones en el cuadro de diálogo *Administrador de informes*

10.1.2 Funcionamiento del informe

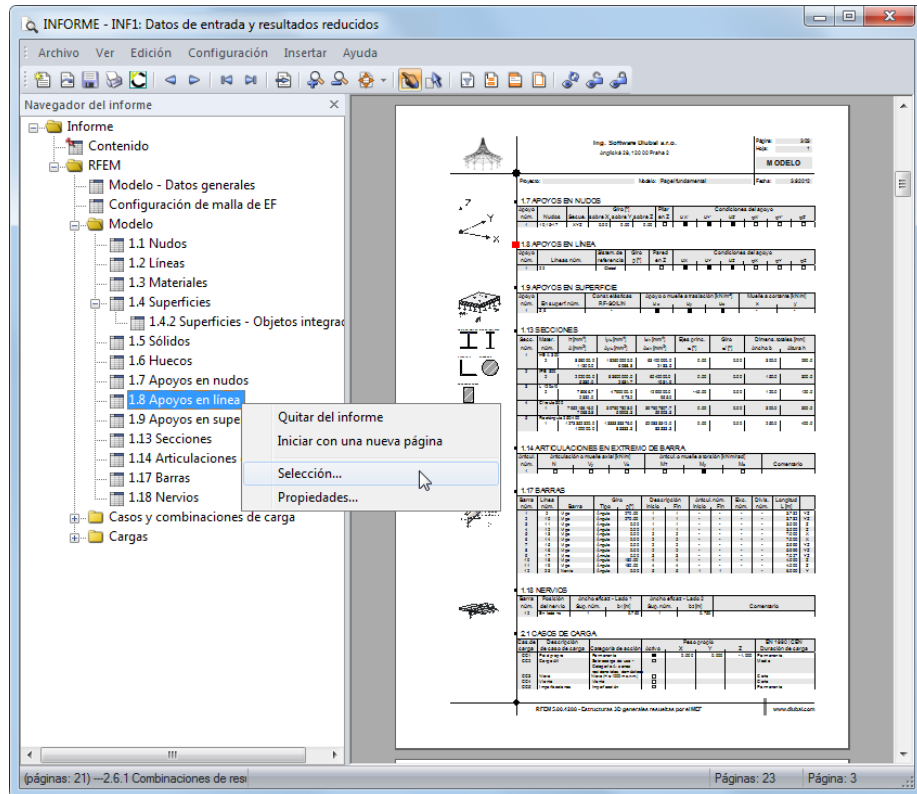


Figura 10.4: Informe con menú contextual

Quando se abre el informe, ve el navegador del informe a la izquierda. A la derecha, se presenta la vista de la página con la vista previa de impresión.

Los capítulos individuales del informe se pueden cambiar en cualquier sitio en el navegador usando la función arrastrar y soltar.

Menú contextual

El menú contextual ofrece opciones adicionales para ajustar el informe. Como es común para las aplicaciones de Windows, múltiples selecciones son posibles usando la tecla [Ctrl] o [Shift].

Quitar del informe

El capítulo seleccionado se elimina. Si desea reinsertarlo, use la selección: haga clic en *Selección* en el menú *Edición* para abrir un cuadro de diálogo donde puede elegir los datos para mostrar en el informe.

Inicio con una nueva página

El capítulo seleccionado empieza en la página nueva. Se marca con un distintivo rojo en el navegador (como el capítulo *Resultados - Resumen* que se muestra en la figura anterior).

Selección

Tiene acceso a la selección global que se describe en las siguientes páginas. El capítulo seleccionado se preestablece.



Propiedades

Algunas propiedades generales del capítulo seleccionado se pueden modificar.

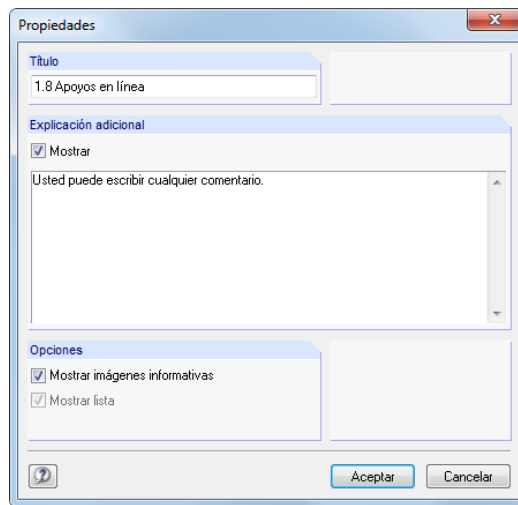


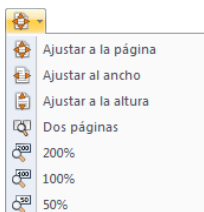
Figura 10.5: Cuadro de diálogo *Propiedades*

Es posible cambiar el *Título* del capítulo e introducir una *Explicación adicional* que aparece en el margen izquierdo del informe. El texto adicional se puede habilitar y deshabilitar para la representación como las *imágenes informativas* del capítulo (por ejemplo trazados de secciones o cargas).

Navegación en el informe

Para ver una sección particular en el informe, haga clic en la entrada del capítulo correspondiente en el navegador.

El menú **Ver** ofrece otras funciones de navegación. También puede usar los botones en la barra de herramientas del informe para acceder a la función correspondiente.













	Va a la página anterior en la vista previa de la página
	Va a la página siguiente
	Va a la primera página en la vista previa de la página
	Va a la última página
	Especifica el número de una página particular en un cuadro de diálogo
	Acerca
	Aleja
	Botón lista para <i>Zoom</i> para ajustar el tamaño de la representación
	Encuadre: use el ratón para la navegación dentro del informe.
	Modo de selección: seleccione y edite capítulos con un clic de ratón.

Tabla 10.3: Botones de navegación en la barra de herramientas del informe

10.1.3 Definir contenidos del informe

En la sección global, puede seleccionar los capítulos que desee que aparezcan en el informe. Para acceder a la función correspondiente,



seleccione **Selección** en el menú **Edición**

o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. También puede usar el menú contextual del elemento del navegador del *informe*.

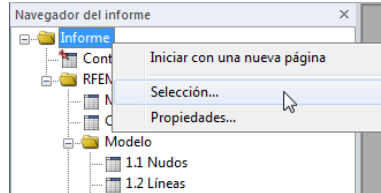


Figura 10.6: Abra la selección global mediante el menú contextual del *informe*

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

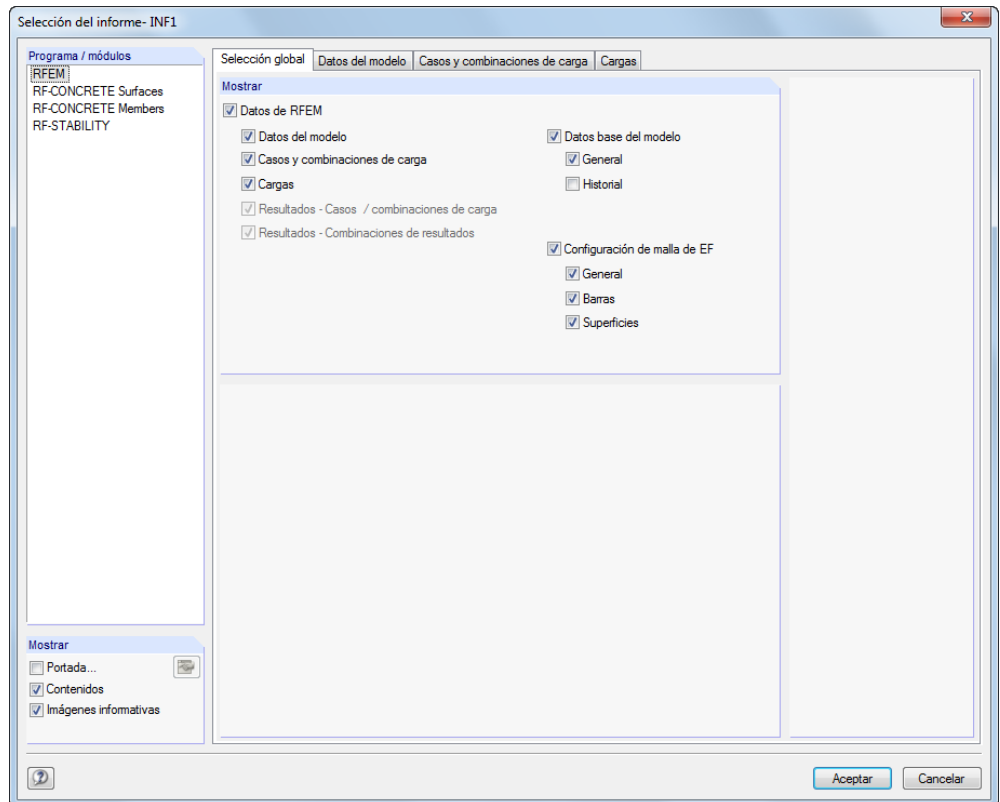


Figura 10.7: Cuadro de diálogo *Selección del informe*, pestaña *Selección global*

La lista en la sección del diálogo *Programa / módulos* contiene todos los módulos adicionales donde están disponibles los datos de entrada. Cuando un programa se selecciona en la lista, puede elegir los capítulos para imprimir en las pestañas a la derecha.

La pestaña *Selección global* administra los capítulos principales del informe. Si vacía la selección de una casilla de verificación, la pestaña de detalles correspondiente también desaparece.

Use las tres casillas de verificación en la sección del diálogo *Mostrar* (botón a la izquierda) para decidir si una *Portada*, una tabla de *Contenidos* e *Imágenes informativas* se muestran en el margen del informe.

10.1.3.1 Seleccionar datos del modelo

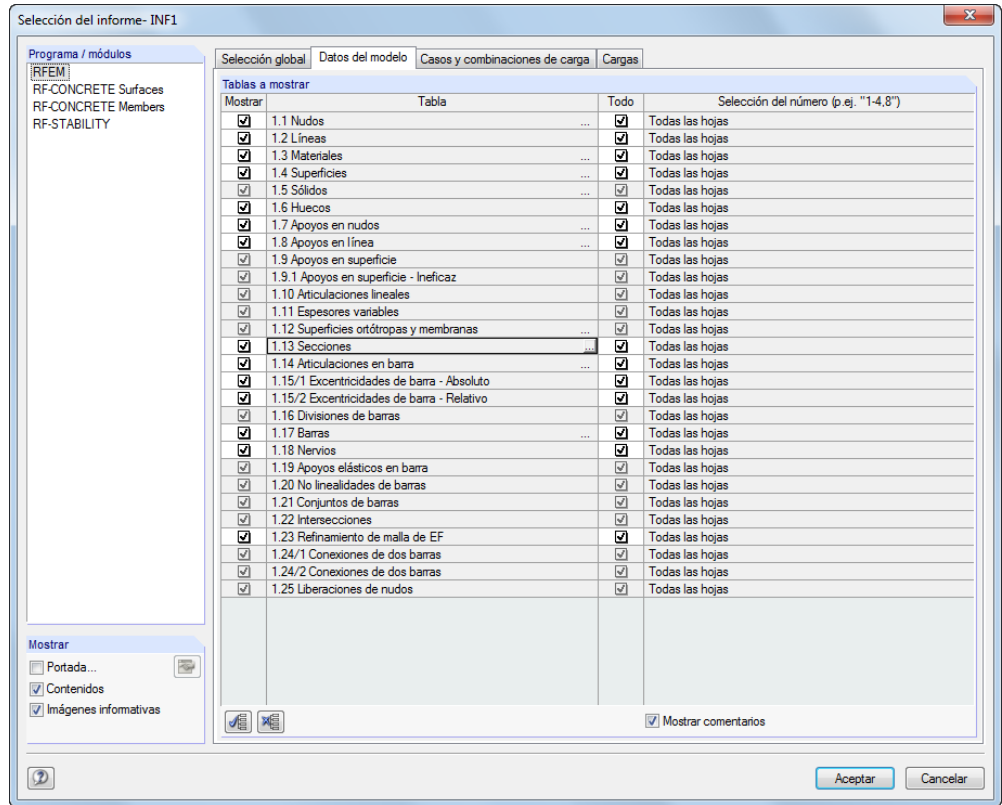


Figura 10.8: Cuadro de diálogo *Selección del informe*, pestaña *Datos del modelo*

Con las casillas de verificación en la columna *Mostrar*, decide qué capítulos aparecen en el informe.

Para algunas tablas encuentra subcapítulos. Cuando haga clic por ejemplo en el campo de la tabla *1.13 Secciones*, el botón [...] se habilita y puede abrir otro cuadro de diálogo donde es posible seleccionar secciones para las cuales se muestran también detalles de sección. Para definir los tipos y cantidad de detalles, use el botón [Detalles] que se muestra a la izquierda.

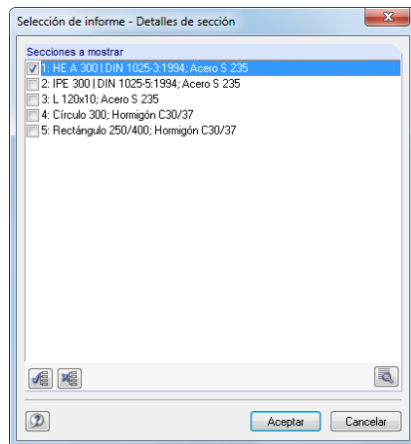


Figura 10.9: Cuadro de diálogo *Selección de informe - Detalles de sección*

El informe se basa en las tablas de entrada que se describen en el capítulo 4. Decide si todas las filas de la tabla seleccionada se incluyen en el informe con las casillas de verificación en la tercera columna *Todas las hojas*. Cuando una casilla de verificación se vacía, puede especificar los números de objetos seleccionados (filas de tablas) en la columna *Selección del número*.



Una vez más, se recomienda usar el botón [...] que se vuelve disponible al final del campo de entrada porque de esta manera puede seleccionar nudos, líneas, superficies, barras, conjuntos de barras, huecos y sólidos gráficamente en la ventana de trabajo. Para los objetos restantes, aparece una lista con filas de tabla.

10.1.3.2 Seleccionar datos de carga

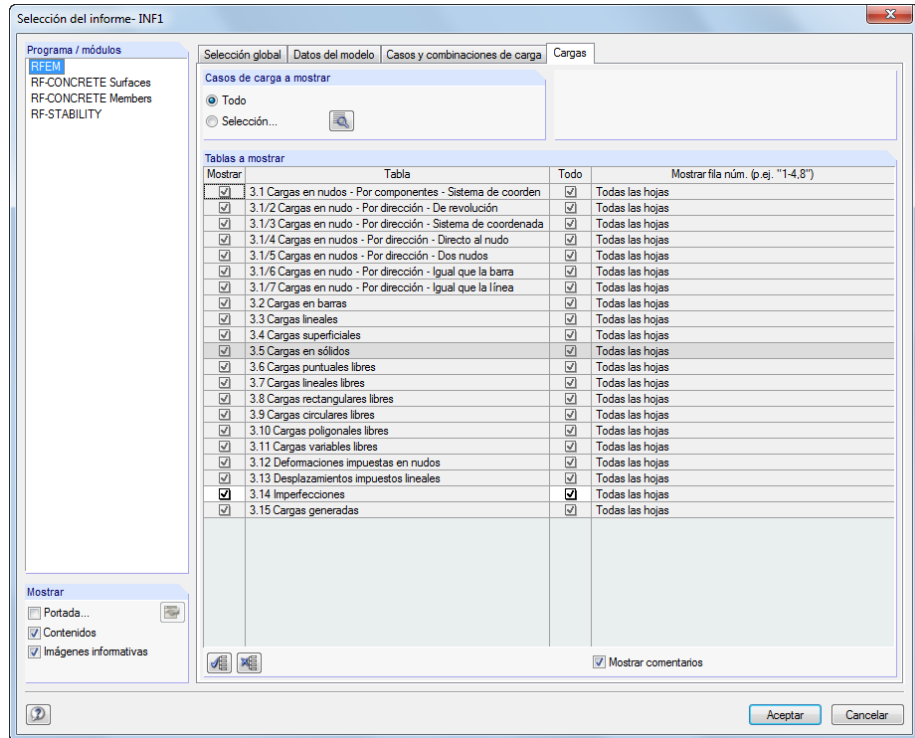


Figura 10.10: Cuadro de diálogo *Selección del informe*, pestaña *Cargas*

Las tablas se seleccionan tal y como se describe en el capítulo anterior 10.1.3.1.



Opciones de selección adicionales están disponibles en esta pestaña: en la sección del diálogo *Casos de carga a mostrar*, puede decidir si aparecen en el informe los datos de entrada de *Todas las hojas* o sólo de los casos de carga particulares. Cuando el campo de selección *Selección se* activa, puede usar el botón habilitado [Detalles] para abrir un cuadro de diálogo nuevo donde puede seleccionar los casos de carga.

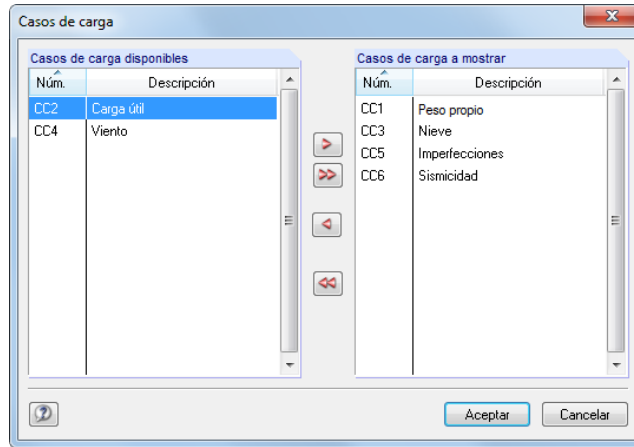


Figura 10.11: Selección de casos de carga

10.1.3.3 Seleccionar datos de resultados

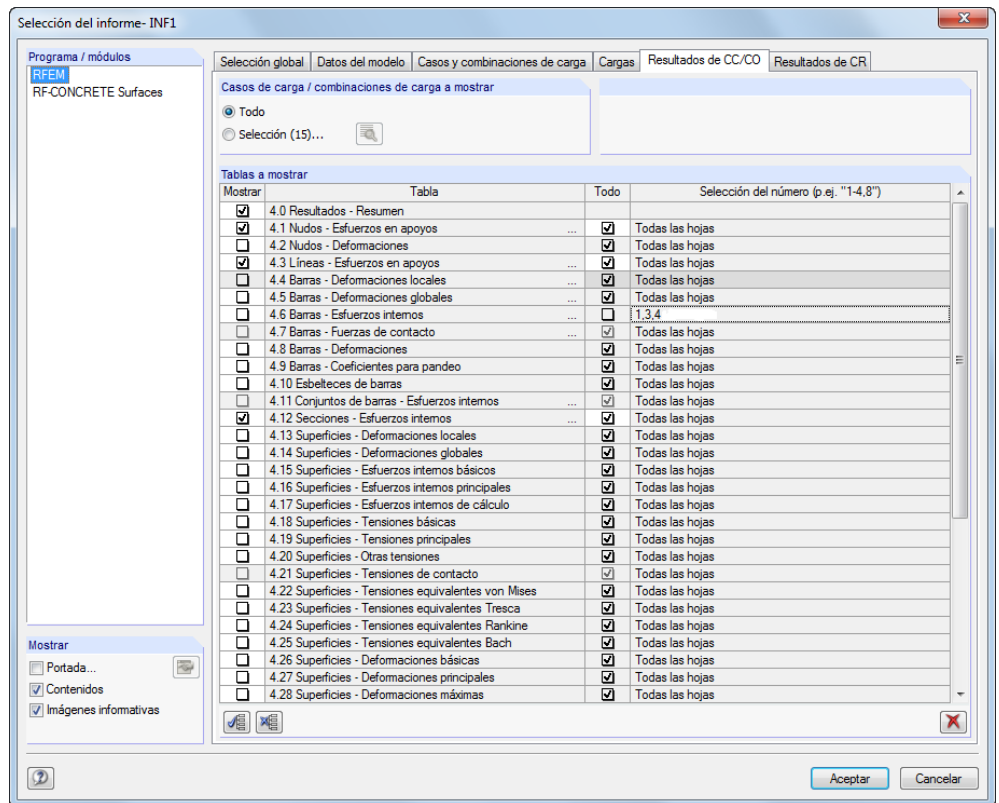


Figura 10.12: Cuadro de diálogo *Selección del informe*, pestaña *Resultados de CC/CO*

La selección de datos de resultados la cual es generalmente exhaustiva se realiza en dos pestañas de diálogo: la pestaña *Resultados de CC/CO* administra la selección para casos y combinaciones de carga, la pestaña *Resultados de CR* controla el informe para los resultados de las combinaciones de resultados.



Los resultados se pueden preparar como los datos de carga (ver capítulo anterior 10.1.3.2): use el campo de selección *Selección* para restringir los datos del informe para los resultados de los casos y combinaciones de carga particulares. En la sección del diálogo *Tablas a mostrar*, puede seleccionar las tablas y filas de tablas tal y como se describe en el capítulo 10.1.3.1. La columna *Selección del número* le permite especificar objetos particulares o seleccionar objetos gráficamente por medio del botón [...] al que puede acceder al final de la fila de la tabla.



En la columna *Tabla* ve varias filas de tabla que muestran tres puntos al final de la fila. Los puntos indican el botón [...] que puede activar haciendo clic sobre la fila de tabla. Use este botón para acceder a más criterios de selección, por ejemplo para esfuerzos internos de barra.

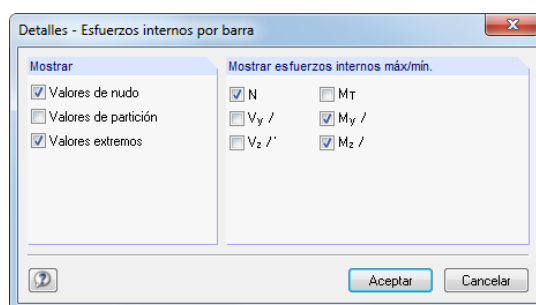


Figura 10.13: Cuadro de diálogo *Detalles - Esfuerzos internos por barra*

El informe enumera los resultados de cada barra en las siguientes posiciones:

- Nudo inicial y final
- Puntos de división según la división de barra definida (ver capítulo 4.16, página 147)
- Valores extremos (*Máx/Mín*) de resultados (ver capítulo 8.6, página 320)

La selección se conecta con la configuración del *Filtro de tablas* (ver Figura 11.122, página 527).



Puede reducir considerablemente la extensión del informe restringiendo los datos de salida para resultados que son indispensables para su documentación.

10.1.3.4 Seleccionar datos de módulos adicionales

Todos los datos del módulo para impresión se administran también en el informe de RFEM. Puede resumirlo junto con los datos de RFEM en un informe simple, u organizarlo en informes distintos. Para los sistemas estructurales complejos con un número elevado de casos de cálculo, se recomienda dividir los datos en varios informes que hace más clara la disposición de datos.

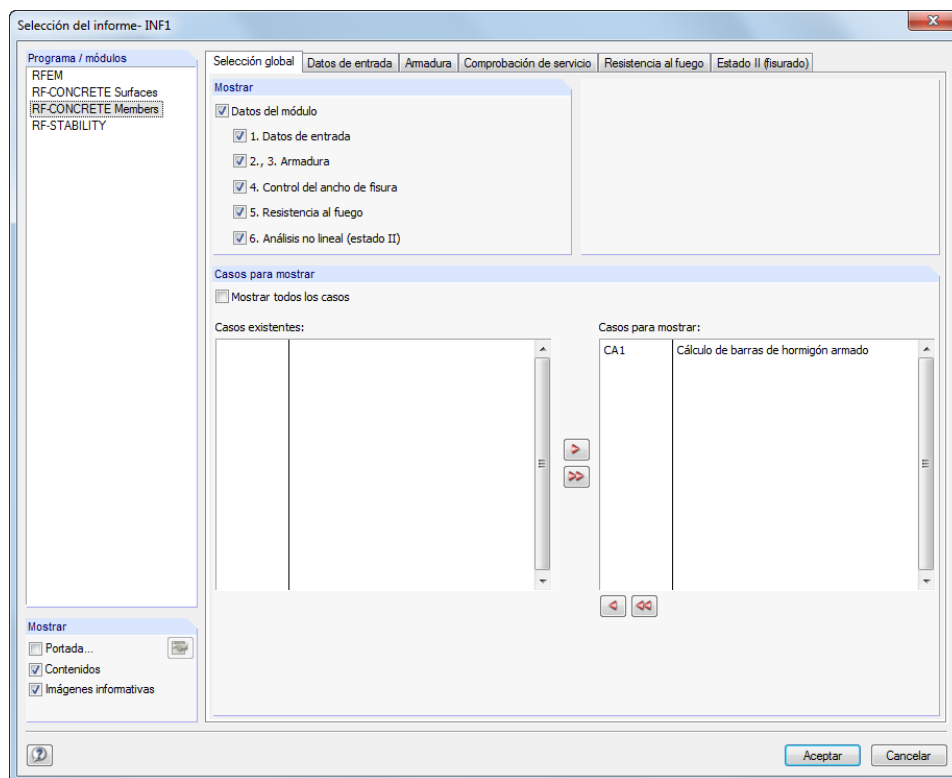


Figura 10.14: Cuadro de diálogo *Selección del informe*, pestaña *Selección global* del módulo adicional **RF-CONCRETE Members**

Además de RFEM, la lista en la sección del diálogo *Programa / módulos* contiene todos los módulos adicionales donde se realizan las entradas. Cuando selecciona un módulo en la lista, puede elegir los capítulos para impresión en las pestañas de la derecha.

La pestaña de diálogo *Selección global* administra los capítulos principales de los datos del módulo adicional. Cuando vacía una casilla de verificación, la pestaña de detalles respectiva desaparece también.

En la sección del diálogo *Casos para mostrar*, la opción *Mostrar todos los casos* se marca de forma predeterminada. Si desea incluir sólo los casos de cálculo particulares en el informe, vacía la casilla de verificación. Ahora, puede mover los casos que no necesite de la lista *Casos para mostrar* a la lista *Casos existentes*.

La selección en las pestañas de detalles de los datos de entrada y resultados es similar a la selección descrita en los capítulos 10.1.3.1 *Seleccionar datos del modelo* y 10.1.3.3 *Seleccionar datos de resultados*.



10.1.4 Ajustar el encabezado del informe



Durante la instalación del programa se crea un encabezado de informe a partir de los datos del cliente.

Para cambiar requisitos,

seleccione **Encabezado** en el menú **Configuración** del informe.

o use el botón de la barra de herramientas en el informe que se muestra a la izquierda.

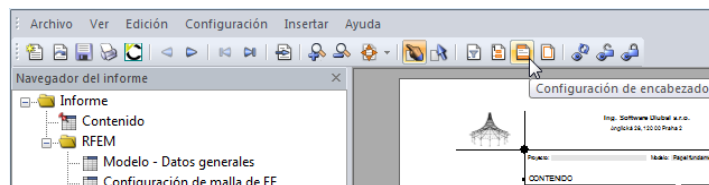


Figura 10.15: Botón *Configuración de encabezado*

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

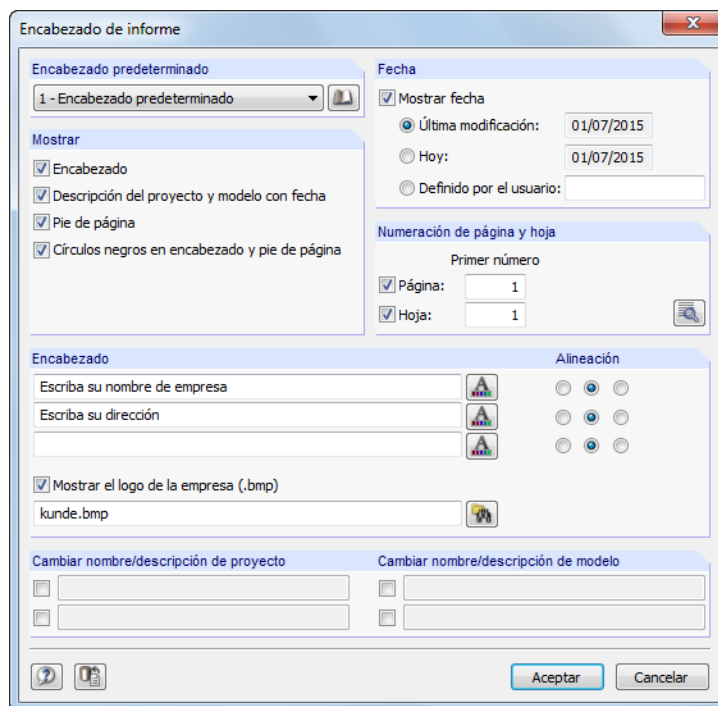


Figura 10.16: Cuadro de diálogo *Encabezado de informe*

Configuración predeterminada de encabezado

En caso de que varios encabezados estén disponibles, puede seleccionar el encabezado apropiado en la lista.



Es más, puede usar el botón [Biblioteca de encabezados] para acceder a encabezados de informe distintos. Además, puede crear, modificar o eliminar encabezados en la biblioteca.

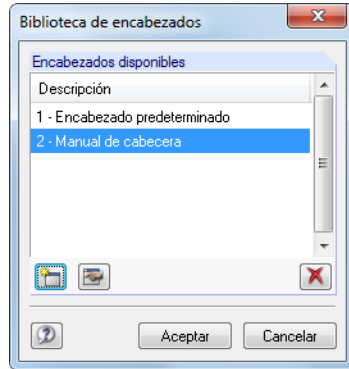


Figura 10.17: Cuadro de diálogo *Biblioteca de encabezados*

Los botones en la *Biblioteca de encabezados* tienen los siguientes significados:




	Se crea un encabezado nuevo. Introduzca los requisitos en otro cuadro de diálogo cuya estructura sea similar al cuadro de diálogo de <i>Encabezado</i> (ver Figura 10.16).
	Es posible editar las propiedades del encabezado de informe seleccionado.
	El encabezado que está seleccionado en la lista se elimina.

Tabla 10.4: Botones del cuadro de diálogo *Biblioteca de encabezados*



Los encabezados se encuentran almacenados normalmente en el archivo **DlupalProtocol-ConfigNew.cfg** que puede encontrar en la carpeta de datos maestros principales *C:\ProgramData\Dlupal\Global\General Data*. El archivo no se sobrescribe durante una actualización. Sin embargo, puede ser de utilidad guardar un archivo de copia de seguridad.

Mostrar

La configuración en esta sección del diálogo determina los elementos de encabezado o la disposición de página mostrada.

La opción *Información al pie del encabezado* activa y desactiva la representación de datos de proyecto y modelo, con o sin fecha (ver debajo). La descripción del proyecto se toma de los datos generales del proyecto relleno en el Administrador de proyectos (ver capítulo 12.1.1, página 589). La descripción del modelo se toma de los datos básicos del modelo (ver capítulo 12.2, página 599). Es posible ajustar los requisitos predeterminados para el informe en las secciones del diálogo *Cambiar nombre/descripción de proyecto* y *Cambiar nombre/descripción de modelo* (ver debajo).

Es posible activar y desactivar el *Pie de página* así como los *Círculos negros* en los puntos de intersección de la línea de contorno con encabezado y línea de pie de página.

Fecha

RFEM ofrece una configuración predeterminada automática y una opción de requisito *Definido por el usuario* para representar la fecha en el encabezado del informe.

Numeración de página y hoja

Si la *Página* y la *Hoja* tienen los mismos números iniciales y las casillas de verificación de *Mostrar* se marcan, no hay diferencia en la numeración. Pero si desea asignar varias páginas a una hoja, es posible introducir requisitos detallados para la numeración por medio del botón [Configuración] que se muestra a la izquierda.

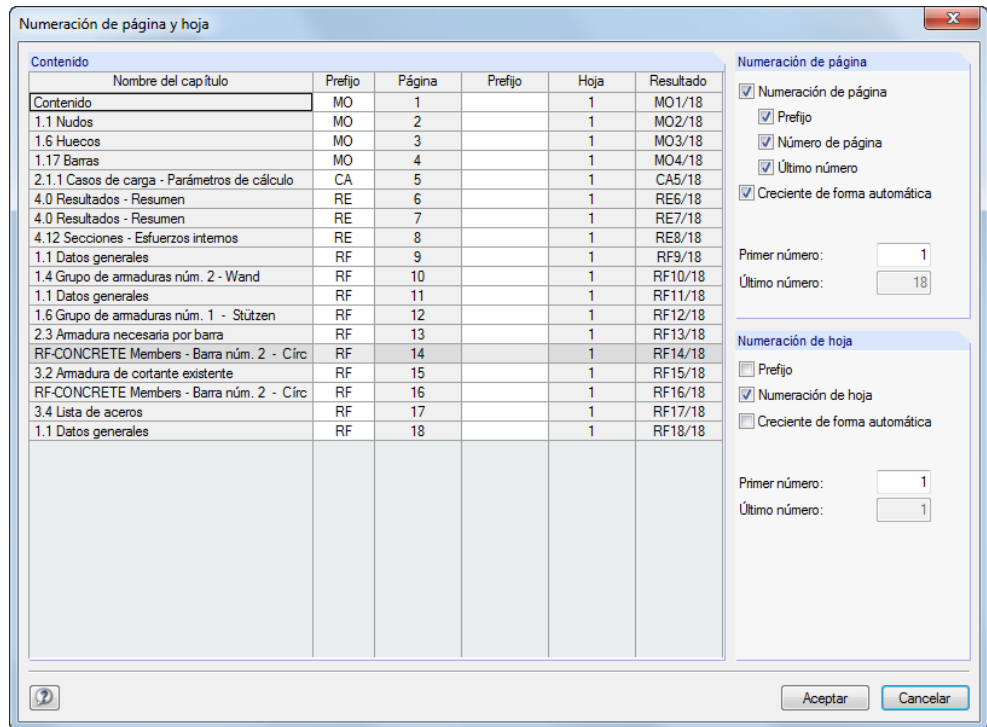


Figura 10.18: Cuadro de diálogo Numeración de página y hoja

Use este cuadro de diálogo para decidir si se aplica un *Prefijo* en frente de la *Numeración de página*. El prefijo puede ser una abreviación que se define por capítulo, indicando por ejemplo todos los datos del modelo en la numeración mediante un "MO" prefijado. Además, puede decidir si el *Último número* se incluye, por ejemplo "Página: MO3/25".

Use las dos casillas de verificación *Creciente de forma automática* en las secciones del diálogo a la derecha para definir una numeración continua. Además, puede especificar el *Primer número* para la numeración de página y hoja. La columna de tabla *Resultado* muestra el resultado de todos los requisitos dinámicamente.

Dirección de la empresa

Esta sección del diálogo del cuadro de diálogo *Encabezado de informe* contiene información de los datos del cliente que se pueden ajustar. Un campo de entrada aparte está disponible para cada una de las tres líneas del encabezado del informe. Use el botón [A] que se muestra a la izquierda para cambiar la fuente y el tamaño de la misma. La *Alineación* de líneas también se puede definir por separado.

La zona izquierda del encabezado se reserva para el logo de la empresa. La imagen debe estar disponible en un formato de archivo de mapa de bits (MS Paint por ejemplo guarda los gráficos como *.bmp).





Para guardar la configuración modificada, haga clic en el botón [Establecer encabezado como predeterminado] en el botón del cuadro de diálogo. El cuadro de diálogo *Nombre de plantilla de encabezado* se abre donde tiene que introducir una descripción. Luego, el encabezado del informe nuevo aparece como *Encabezado predeterminado* en la parte superior del informe.

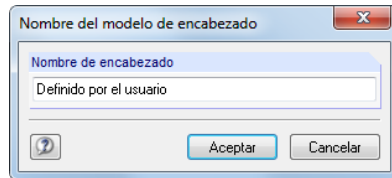


Figura 10.19: Cuadro de diálogo *Nombre de plantilla de encabezado*

Cambiar nombre/descripción del proyecto/modelo

En ambas secciones de diálogo, el nombre del proyecto y del modelo incluyendo las descripciones definidas por el usuario se preestablecen. Para modificar las configuraciones predeterminadas, marque las casillas de verificación delante del nombre relevante. De esta forma, los campos de entrada se vuelven accesibles para entradas nuevas que aparecen en el informe más tarde.

10.1.5 Insertar gráficos de RFEM



Cada imagen que se representa en la ventana de trabajo se puede integrar en el informe. Es más, es posible incluir diagramas de resultados de secciones, barras y apoyos en línea así como detalles de sección en el informe usando el botón [Imprimir] en los cuadros de diálogo respectivos.

Para imprimir el gráfico de representación actual, seleccione **Imprimir gráfico** en el menú **Archivo**

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

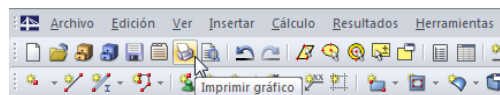


Figura 10.20: Botón *Imprimir gráfico* en la barra de herramientas de la ventana de trabajo

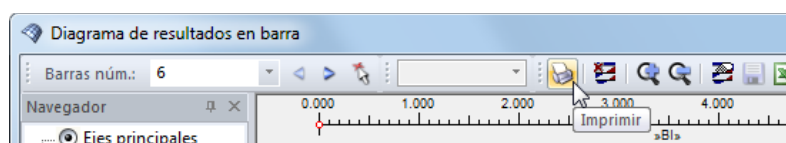


Figura 10.21: Botón *Imprimir* en la barra de herramientas de la ventana *Diagrama de resultados*

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

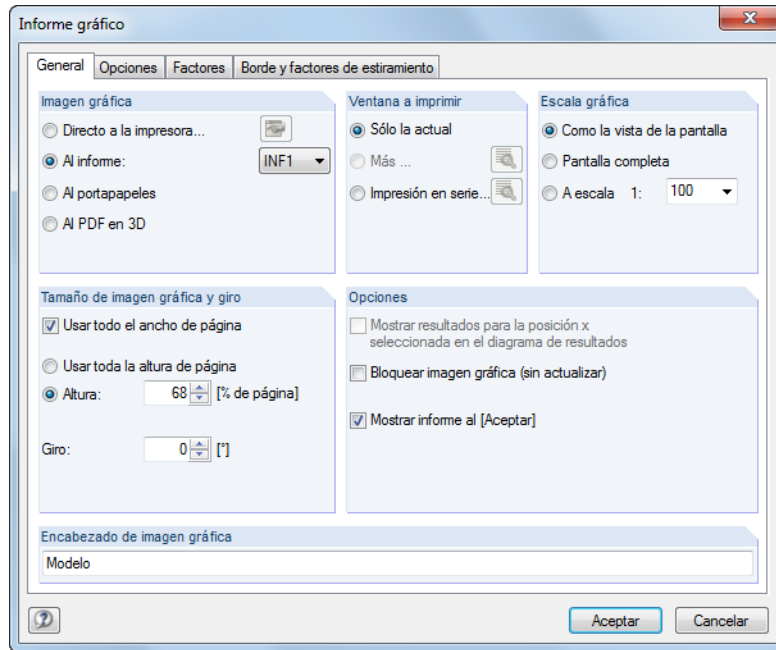


Figura 10.22: Cuadro de diálogo *Informe gráfico*, pestaña *General*

Imagen gráfica

En la sección del diálogo *Imagen gráfica*, seleccione la opción *Al informe*. Si varios informes están disponibles, puede seleccionar el número del informe objetivo en la lista a la derecha.

Opciones

Bloquear imagen gráfica

La norma de RFEM es la generación de gráficos dinámicos: cuando se modifica el modelo o los resultados, el gráfico en el informe se actualiza automáticamente. Si se producen problemas de representación en el informe debido a los gráficos, puede detener el ajuste dinámico marcando la casilla de verificación para *Bloquear imagen gráfica (sin actualizar)* en la sección del diálogo *Opciones*.

Por supuesto, es posible desbloquear un gráfico en el informe: haga clic con el botón secundario en el navegador del informe para abrir su menú contextual (ver Figura 10.4, página 410). Seleccione *Propiedades* para acceder de nuevo al cuadro de diálogo *Informe gráfico* para la imagen. Puede marcar también el gráfico en el navegador del informe y seleccionar *Propiedades del capítulo* en el menú *Edición*.

Los botones de bloqueo en la barra de herramientas del informe ofrecen más funciones para clasificar gráficos como estáticos o dinámicos (ver Figura 10.4, página 410). Los botones tienen las siguientes funciones




	Actualiza todos los gráficos
	Desbloquea todos los gráficos que se pueden luego actualizar dinámicamente
	Bloquea todos los gráficos que se fijan luego en el informe

Tabla 10.5: Botones del gráfico en el informe

Mostrar el informe al [Aceptar]

Normalmente, al cerrar el cuadro de diálogo al [Aceptar], el informe se abre de forma que pueda comprobar los resultados de impresión. Esto puede resultar molesto, por ejemplo, cuando desee tomar varios gráficos uno tras otro para el informe. Después de vaciar la casilla de verificación, es posible imprimir imágenes sin períodos de espera para la creación del informe.



Las funciones restantes y pestañas del cuadro de diálogo *Informe gráfico* se explican en el capítulo 10.2 en la página 435.

10.1.6 Insertar gráficos y textos

Los gráficos y textos externos también se pueden integrar en el informe de RFEM.

Gráficos

Para insertar una imagen que no sea un gráfico de RFEM, necesita abrir el archivo de gráfico primero en un editor de imágenes (por ejemplo MS Paint). Luego, cópielo al portapapeles con las teclas del teclado [Ctrl]+[C].

Para insertar el gráfico del portapapeles al informe,

seleccione **Imagen del portapapeles** en el menú **Insertar**.

Tiene que introducir un nombre de capítulo para el gráfico nuevo antes de insertarlo.

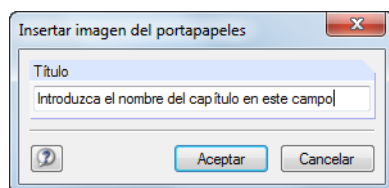


Figura 10.23: Cuadro de diálogo *Insertar imagen del portapapeles*

El gráfico aparece como un capítulo simple en el informe.

Textos

Las notas cortas definidas por el usuario se pueden también añadir al informe. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

seleccione **Bloque de texto** en el menú **Insertar**.

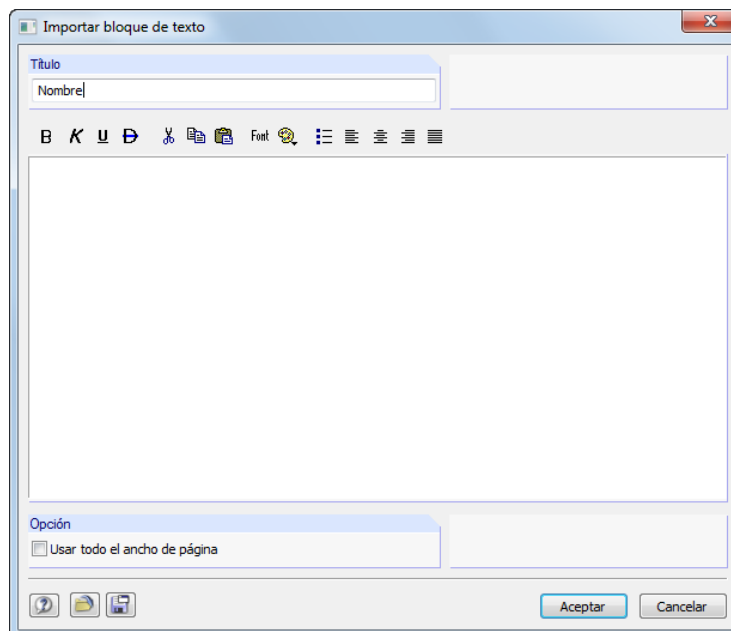


Figura 10.24: Cuadro de diálogo *Importar texto*

Introduzca el *Título* y el *Texto* en el cuadro de diálogo. Después de hacer clic en [Aceptar] se inserta al final del informe. Luego, puede usar la función arrastrar y soltar para desplazar el capítulo a un lugar apropiado en el informe.



En el modo de selección (ver Tabla 10.3, página 411) puede modificar el texto subsecuente haciendo doble clic. Alternativamente, haga clic con el botón secundario en el navegador del informe y luego seleccione *Propiedades* en el menú contextual.

Archivos de texto y RTF

Es posible integrar archivos de texto disponibles en formato ASCII así como archivos RTF formateados incluyendo gráficos integrados en el informe. De este modo, puede guardar textos repetitivos en archivos para usarlos en el informe.

Además, esta función le permite integrar datos de análisis de otros programas de cálculo en el informe, siempre que los resultados estén disponibles en formato ASCII o RTF.

Para insertar archivos de texto y RTF,

seleccione **Archivo de texto** en el menú **Insertar**.

Primero, el cuadro de diálogo de Windows *Abrir* aparece donde puede seleccionar el archivo. Después haga clic en el botón [Abrir], el capítulo se añade al final del informe. Luego, puede usar la función arrastrar y soltar para desplazar el capítulo a un lugar apropiado en el informe.



En el modo de selección (ver Tabla 10.3, página 411) puede modificar el texto subsecuentemente haciendo clic con el botón secundario. El cuadro de diálogo *Importar bloque de texto* aparece para ajustes definidos por el usuario.

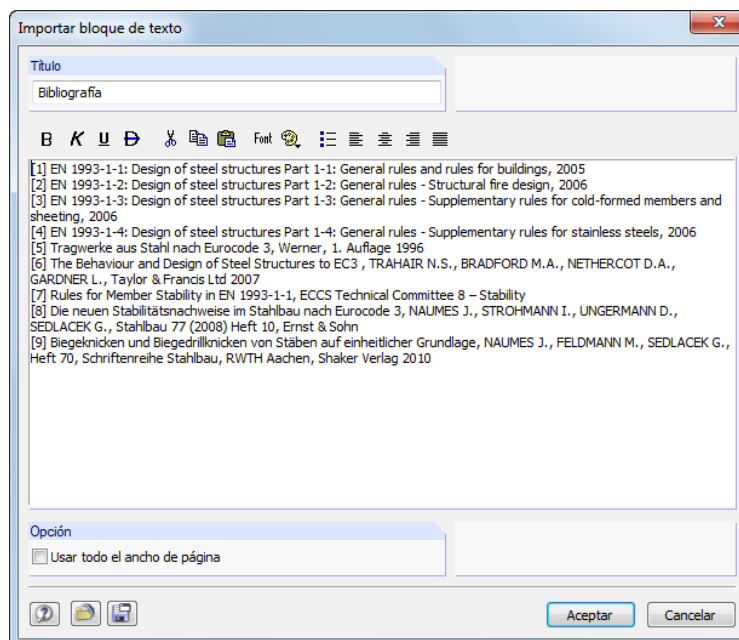


Figura 10.25: Cuadro de diálogo *Importar bloque de texto*

10.1.7 Plantilla de informe

La selección descrita en el capítulo 10.1.3 requiere mucho tiempo. Es posible guardar una selección así incluyendo gráficos como plantilla la cual puede usar también para otros modelos. La creación de informes se vuelve más eficiente en base a las plantillas.

También es posible guardar un informe existente como plantilla.

Crear una plantilla nueva

Para definir una plantilla nueva,

señale **Plantilla de informe** en el menú **Configuración** del informe,
y luego seleccione **Nuevo** o

señale **Plantilla de informe** en el menú **Configuración** del informe,
y luego seleccione **Nuevo del informe actual**.

Nuevo

Primero, se abre la selección del cuadro de diálogo descrito en el capítulo 10.1.3 en la página 412.

Use las pestañas para seleccionar los capítulos que desea imprimir. Cuando se completa la selección, haga clic en [Aceptar] e introduzca una *Descripción* para la nueva plantilla de informe.

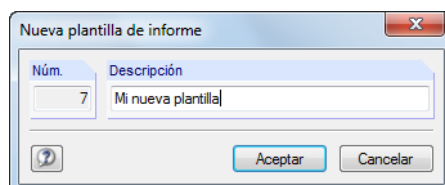


Figura 10.26: Cuadro de diálogo *Nueva plantilla de informe*

Nuevo del informe actual

La selección del informe que se muestra actualmente se usa para las plantillas nuevas. Introduzca la *Descripción* de la nueva plantilla de informe en el cuadro de diálogo (ver Figura 10.26).

Aplicar una plantilla

Cuando un informe ya está abierto, puede aplicar los contenidos seleccionados de una plantilla para el informe actual. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

seleccione **Plantilla de informe** en el menú **Configuración**, y luego haga clic en **Seleccionar**.

Se abre un cuadro de diálogo donde puede seleccionar la plantilla de la lista *Plantillas de informe disponibles*.

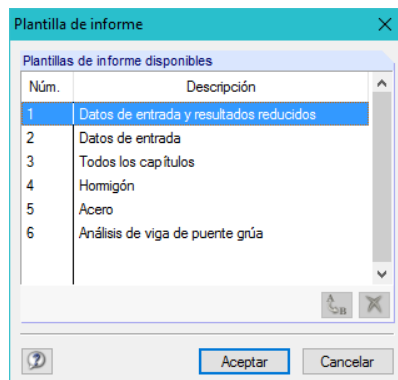


Figura 10.27: Cuadro de diálogo *Plantilla de informe*

Los detalles para los botones en este cuadro de diálogo se pueden encontrar en la Tabla 10.6.

Después de confirmar el cuadro de diálogo y la pregunta de seguridad posterior, la plantilla sobrescribe la selección actual.

Ahora, cuando cree un informe nuevo, puede seleccionar una plantilla de la lista *Plantilla de informe* para aplicar una configuración específica al nuevo informe.

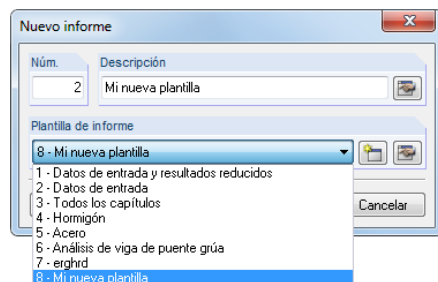


Figura 10.28: Cuadro de diálogo *Nuevo informe* con la lista de plantillas

Gestionar plantillas

Todas las plantillas se gestionan en el cuadro de diálogo *Plantilla de informe*. Para abrir el cuadro de diálogo,

seleccione **Plantilla de informe** en el menú **Configuración**, y luego haga clic en **Seleccionar**.

El cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 10.27 aparece. Las funciones de los botones se habilitan sólo para las plantillas definidas por el usuario.



	El nombre de la plantilla seleccionada se puede cambiar.
	El plantilla seleccionado se elimina.

Tabla 10.6: Botones en el cuadro de diálogo *Plantilla de informe*



Las plantillas del informe se almacenan en el archivo **RfemProtocolConfig.cfg** que se puede encontrar en la carpeta de datos principal para RFEM 5 C:\ProgramData\Dlubal\RFEM 5.xx\General Data. Este archivo no se sobrescribe durante una actualización. Sin embargo, puede ser de utilidad guardar un archivo de copia de seguridad.

10.1.8 Ajustar la disposición

La disposición de un informe se puede ajustar según sus fuentes y colores de fuente al igual que su configuración de margen y diseño de tabla.



Para abrir el cuadro de diálogo donde puede editar la disposición de la página,

seleccione **Página** en el menú **Configuración** en el informe o

use el botón de la barra de herramientas en el informe que se muestra a la izquierda.

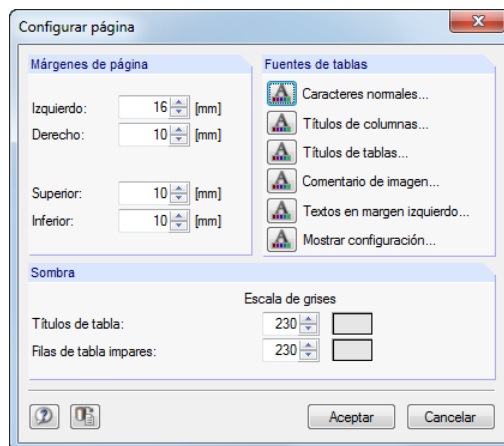


Figura 10.29: Cuadro de diálogo *Configuración de página*



Las fuentes predeterminadas para los contenidos de tabla y encabezados de tabla son relativamente pequeñas. Sin embargo, debería tener cuidado con el cambio de la configuración predeterminada **Arial**: Las fuentes más grandes no siempre caben en las columnas.



La configuración de la disposición también se aplica a los informes de los módulos adicionales de RFEM.

10.1.9 Crear portada



El informe se puede suministrar con una portada. Para abrir el cuadro de diálogo donde puede introducir los datos de la portada,

seleccione **Portada** en el menú **Configuración** en el informe o use el botón de la barra de herramientas en el informe que se muestra a la izquierda.

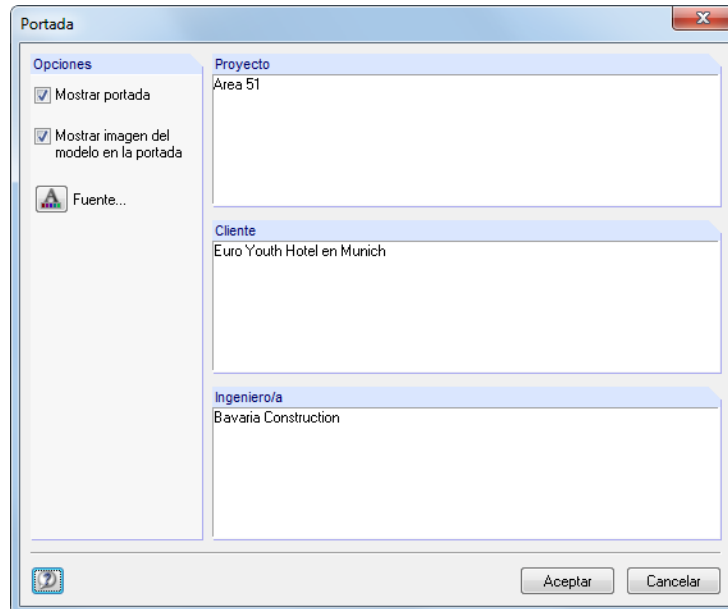


Figura 10.30: Cuadro de diálogo *Portada*

Cuando la entrada se completa, haga clic en [Aceptar] para crear la portada en el informe.

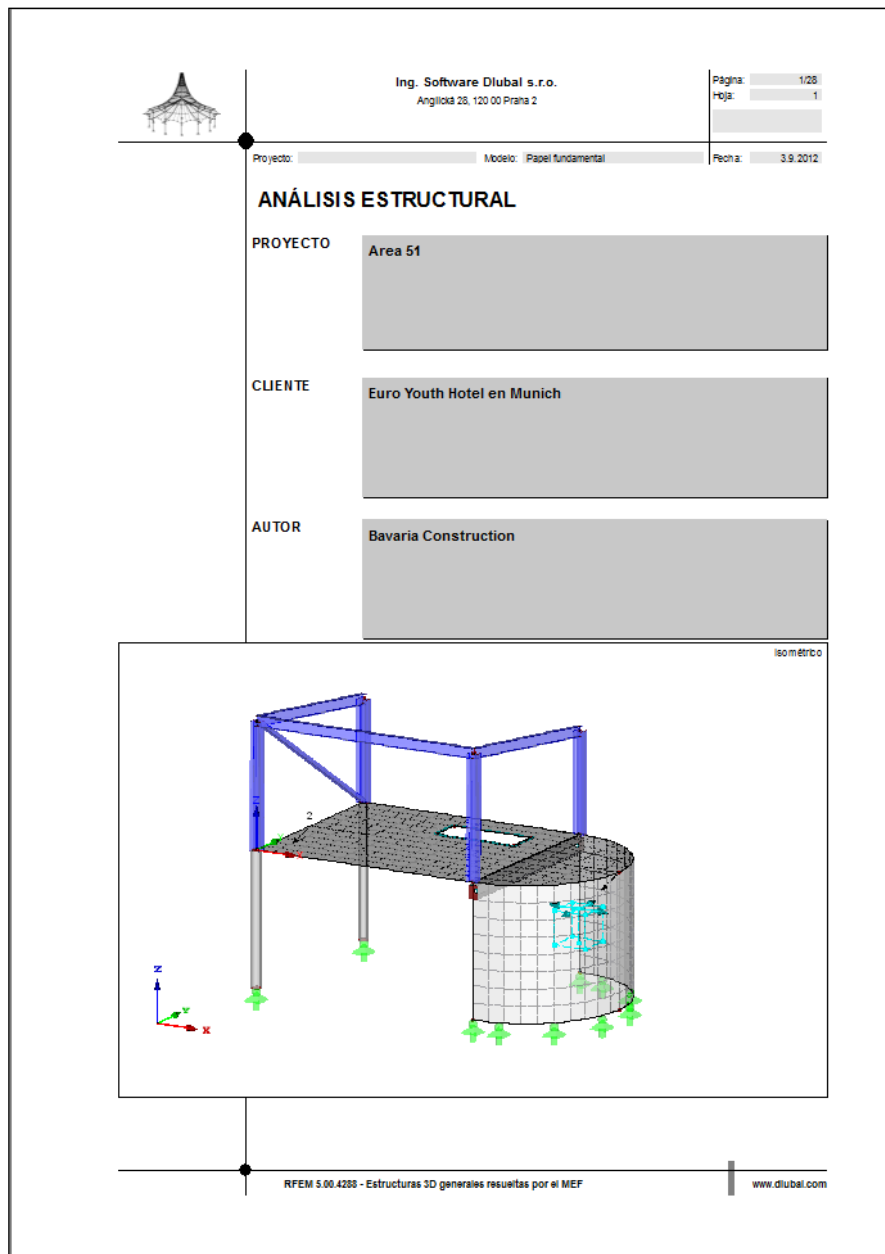


Figura 10.31: Portada en el informe



Los contenidos de la portada se pueden modificar de nuevo haciendo doble clic en el modo de selección (ver Tabla 10.3, página 411). Alternativamente, haga clic con el botón secundario en la portada del informe y seleccione *Propiedades* en el menú contextual.

10.1.10 Imprimir el informe



Para iniciar el proceso de impresión,

seleccione **Imprimir** en el menú **Archivo** en el informe

o use el botón de la barra de herramientas en el informe que se muestra a la izquierda.

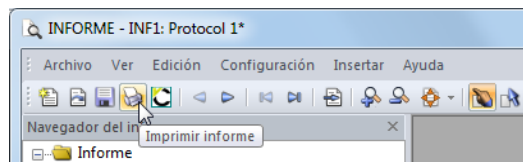


Figura 10.32: Botón *Imprimir Informe*

El cuadro de diálogo para la impresora establecido de forma predeterminada en Windows se abre. Seleccione la impresora y determine las páginas que desee imprimir.

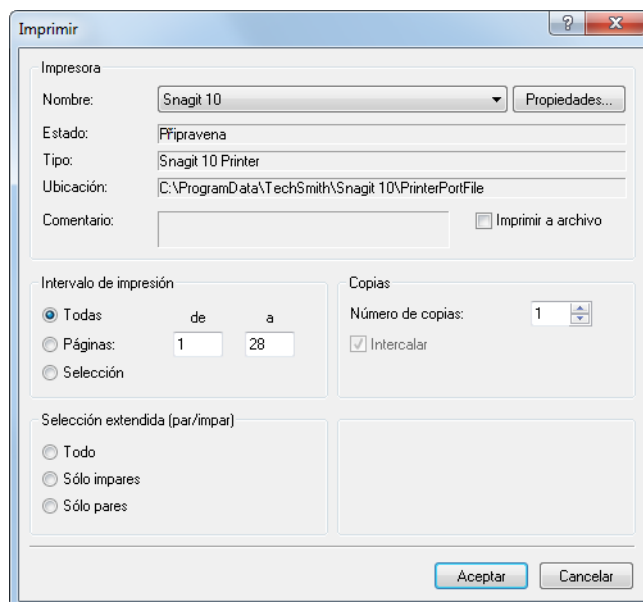


Figura 10.33: Cuadro de diálogo *Imprimir*

Si elige otra impresora distinta de la impresora predeterminada, se produce un salto de página y por lo tanto los números de página impresos en el papel pueden no coincidir con los de la vista previa en RFEM.

Cuando seleccione la opción *Imprimir al archivo*, puede crear un archivo de impresión en formato PRN que se puede enviar a la impresora mediante el comando **copiar**.

10.1.11 Exportar el informe

El informe se puede exportar en formatos de archivo distintos. También es posible exportarlo directamente a *VCmaster*.

Exportar a RFF

Todos los programas comunes de procesamiento de texto son compatibles con el formato de archivo RTF. Para exportar el informe incluyendo gráficos como un documento RTF,

seleccione **Exportar a RTF** en el menú **Archivo**.

Se abre el cuadro de diálogo de Windows *Guardar como*:

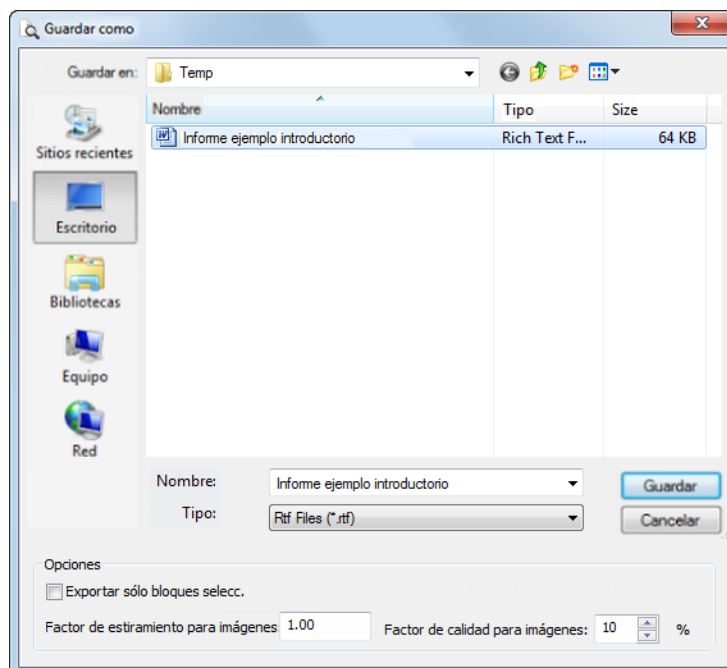


Figura 10.34: Cuadro de diálogo *Guardar como*

Introduzca la ubicación de almacenamiento y el nombre del archivo. Si marca la casilla de verificación para *Exportar sólo bloques seleccionados*, sólo se exportan los capítulos previamente seleccionados en el navegador en lugar de todo el informe.

Exportar a PDF

El dispositivo de impresión de PDF integrado en RFEM hace posible la salida de datos de informe como archivo PDF. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

seleccione **Exportar a PDF** en el menú **Archivo**.

Se abre el cuadro de diálogo de Windows *Guardar como* (ver Figura 10.34) donde introduce la ubicación del archivo y el nombre del archivo. En la sección del diálogo *Descripción* siguiente, puede introducir notas para el archivo PDF.

Además, el archivo PDF se crea con marcadores facilitando la navegación en el documento digital.



Exportar a VCmaster

VCmaster de la empresa VEIT CHRISTOPH (anteriormente *BauText*) es un programa de procesamiento de texto con extras específicos para cálculo estructural.



Para iniciar la exportación directa a *VCmaster*,

seleccione **Exportar a RTF** en el menú **Archivo**

o use el botón [Exportar a VCmaster] de la barra de herramientas en el informe que se muestra a la izquierda.

El cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 10.34 aparece donde tiene que marcar la casilla de verificación para la *Exportación directa al programa VCmaster*.

No es necesario introducir un nombre de archivo, pero el *VCmaster* se debería ejecutar de fondo. Para iniciar el módulo de importación de *VCmaster*, haga clic en [Aceptar].

10.1.12 Configuración de idiomas

El idioma en el informe se puede seleccionar independientemente del idioma con el que esté establecida la interfaz de usuario de RFEM. De este modo, puede crear por ejemplo un informe en alemán o italiano cuando trabaja con la versión del programa en inglés.

Cambiar el idioma para el informe

Para cambiar el idioma usado en el informe,

seleccione **Idioma** en el menú **Configuración** del informe.

Un cuadro de diálogo se abre, donde puede seleccionar el idioma del informe de la lista.

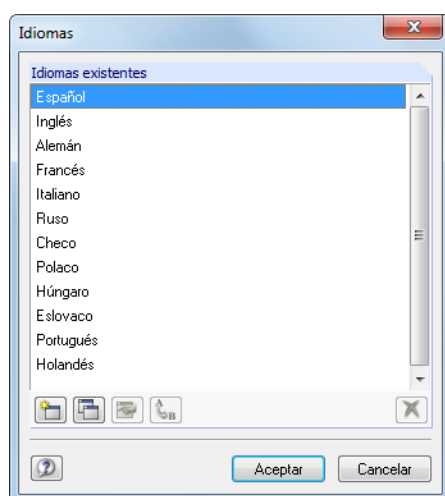


Figura 10.35: Cuadro de diálogo *Idiomas*

Agregar un idioma a la lista

Las expresiones usadas en el informe se almacenan en secuencias. De este modo, agregar idiomas nuevos es bastante fácil.

Primero, abra el cuadro de diálogo *Idiomas*

seleccionando **Idioma** en el menú **Configuración** del informe.

En la parte inferior del cuadro de diálogo (Figura 10.35), puede ver varios botones usados para gestionar los idiomas.



Crear nuevo idioma

Haga clic en el botón que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo siguiente. Especifique el *Nombre* del idioma nuevo y seleccione el *Grupo de idiomas* de la lista de manera que el conjunto de caracteres se interprete correctamente.

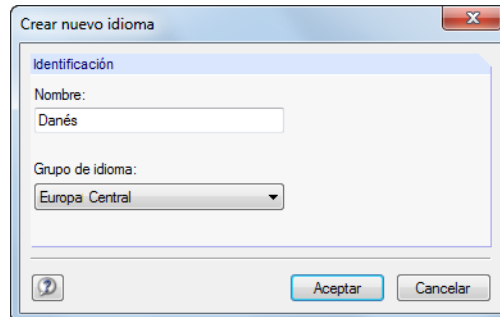


Figura 10.36: Cuadro de diálogo *Crear nuevo idioma*

Haga clic en [Aceptar] para confirmar el cuadro de diálogo. El nuevo idioma está ahora disponible en la lista *Idiomas existentes*.

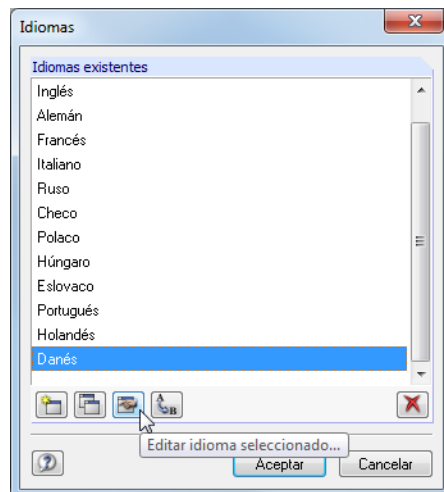


Figura 10.37: Cuadro de diálogo *Idiomas*, botón *Editar idioma seleccionado*

Use el botón [Editar] para introducir las secuencias del idioma nuevo.

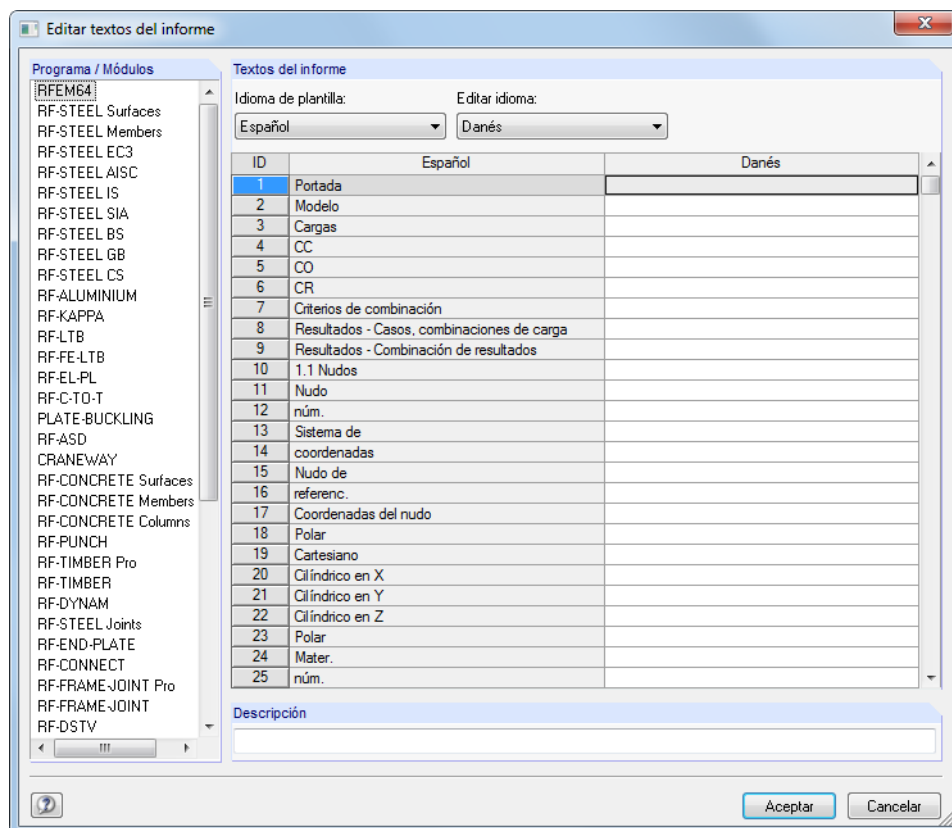


Figura 10.38: Cuadro de diálogo *Editar textos del informe*

Sólo es posible editar idiomas definidos por el usuario.

Copiar un idioma

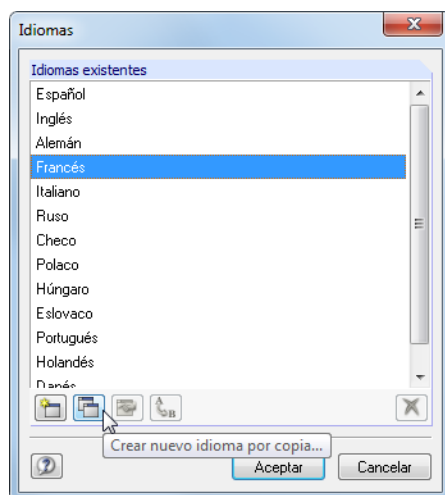


Figura 10.39: Cuadro de diálogo *Idiomas*, botón *Crear nuevo idioma por copia*

Esta función es similar a la creación de un nuevo idioma. La diferencia es que no crea una columna de idioma "vacía" (ver Figura 10.38, columna *Danés*) ya que los términos del idioma seleccionado ya están preestablecidos.



Cambiar nombre o eliminar un idioma

Use los botones restantes del cuadro de diálogo *Idiomas* para renombrar o eliminar un idioma. No es posible acceder a las dos funciones para los idiomas preestablecidos predeterminados, sino sólo para los idiomas definidos por el usuario.

10.2 Informe gráfico directo

Cada gráfico de la ventana de trabajo se puede imprimir inmediatamente sin incorporarlo al informe (ver capítulo 10.1.5, página 421). Los diagramas de resultados de las secciones, barras, conjuntos de barras, líneas y apoyos en línea, al igual que los detalles de la sección, se pueden también enviar directamente a la impresora usando el botón [Imprimir] que se ofrece en las ventanas respectivas.



Para imprimir el gráfico de representación actual directamente, seleccione **Imprimir gráfico** en el menú **Archivo** o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

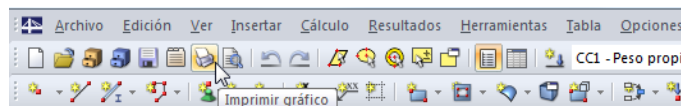


Figura 10.40: Botón *Imprimir gráfico* en la barra de herramientas de la ventana principal

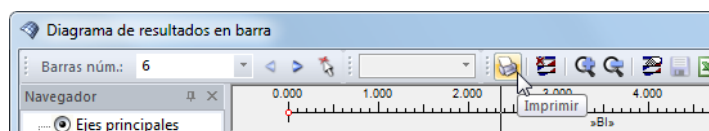


Figura 10.41: Botón *Imprimir* en la barra de herramientas de la ventana *Diagrama de resultados*

Aparece un cuadro de diálogo con varias pestañas las cuales se describen en los siguientes capítulos.

10.2.1 General

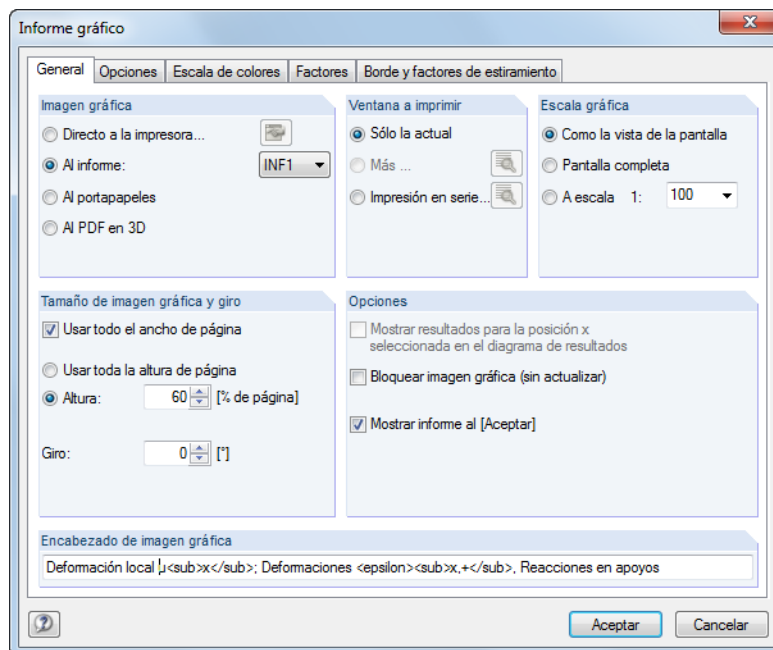


Figura 10.42: Cuadro de diálogo *Informe gráfico*, pestaña *General*

Imagen gráfica

Tiene tres opciones para la salida gráfica: Puede enviar la imagen

- directamente a una impresora
- a un informe (ver capítulo 10.1.5, página 421)
- al portapapeles.

El *Portapapeles* pone a disposición el gráfico para otros programas donde se puede generalmente importar seleccionando **Insertar** en el menú **Edición**.



La opción *Directo a la impresora* resulta en el informe directo. Es posible ajustar el encabezado del informe directamente usando el botón [Editar informe] que abre el cuadro de diálogo *Encabezado de informe* (ver capítulo 10.1.4, página 418).

Ventana a imprimir

La sección del diálogo *Ventana a imprimir* se usa para definir la configuración del informe de vistas de ventanas múltiples. Seleccione *Sólo la actual* para imprimir el gráfico de la ventana que está actualmente activa (por ejemplo la ventana derecha en la Figura 10.43).

Tenga en cuenta cuando imprima varias ventanas gráficas (ver capítulo 9.8, página 396) que sólo puede imprimir gráficos de un modelo y el mismo. Una impresión de modelo cruzado no es posible.

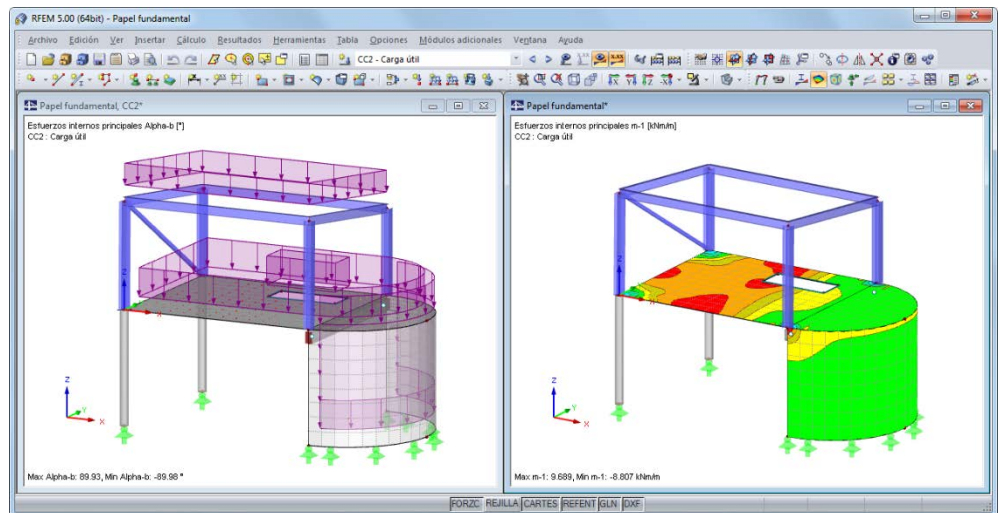


Figura 10.43: Mostrar con dos ventanas del mismo modelo



Seleccione *Más* para habilitar el botón [Editar disposición de ventana] que abre un cuadro de diálogo con opciones de control para la disposición de impresión de los gráficos.

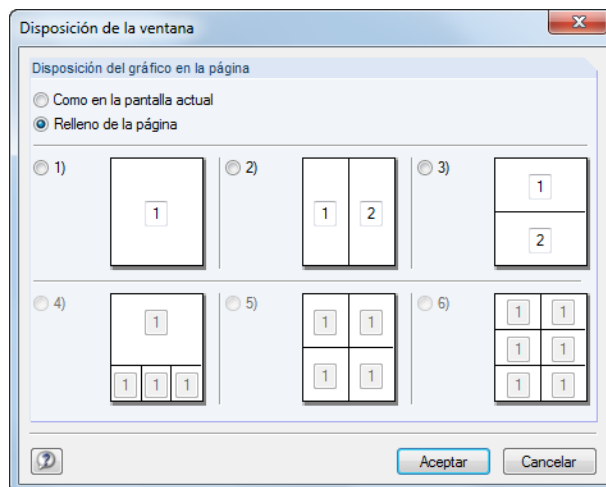


Figura 10.44: Cuadro de diálogo *Disposición de la ventana*

Seleccione *Como en la pantalla actual* para organizar las ventanas en la página del informe según las proporciones mostradas en la pantalla. Entonces, la imagen general en la página será generalmente más ancha que la altura, tal como se presenta en la pantalla. Seleccione *Relleno de la página* para usar el tamaño de la hoja completa para la representación de las ventanas.



Con la opción *Impresión en serie* puede transferir gráficos predeterminados simultáneamente al informe. Tras seleccionar esta opción, aparece un diálogo nuevo donde puede definir los parámetros (ver capítulo 10.2.4, página 442).

Tamaño del gráfico

La sección del diálogo en la esquina superior derecha del cuadro de diálogo *Informe gráfico* (Figura 10.42) administra la escala de la imagen del gráfico en la hoja.

Si desea usar el mismo tamaño de imagen que se muestra en el monitor, seleccione *Como la vista de la pantalla*. Saque provecho de esta opción para imprimir áreas de ampliación o vistas especiales.

La opción *Pantalla completa* imprime todo el gráfico en la hoja. El ángulo de la vista establecido actualmente se usa para representar el modelo completo en el tamaño de la imagen gráfica especificada (ver la siguiente sección del diálogo).

Con la opción *A escala*, el gráfico se imprime con la escala que se selecciona en la lista o se introduce manualmente en el campo de entrada. De nuevo, se usa el ángulo de vista establecido actualmente. Una vista de perspectiva no es adecuada para la impresión de la escala.

10.2.2 Opciones

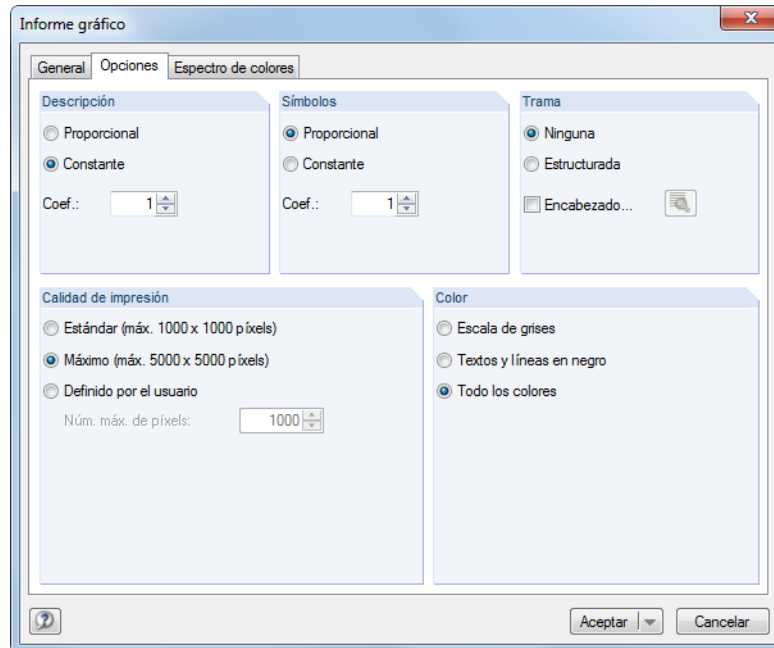


Figura 10.46: Cuadro de diálogo *Informe gráfico*, pestaña *Opciones*

Escritura / símbolos

En la mayoría de los casos, no es necesario cambiar la configuración predeterminada en ambas secciones del diálogo. Para la impresión con trazadores usando formatos grandes, sin embargo, tiene que ajustar los factores (ver capítulo 10.2.5, página 444).

El tamaño de la fuente de los símbolos gráficos (nudos, apoyos, líneas etc.) depende del controlador de impresora. Si no está satisfecho con los resultados impresos, es posible definir los factores de escala por separado para la *Escritura* y los *Símbolos*.

Marco

El gráfico se puede imprimir con o sin marco alrededor del gráfico.



Es más, tiene la opción de agregar un cuadro de título para la impresión. Haga clic en el botón [Editar la configuración del cuadro de título] que se muestra a la izquierda para abrir el siguiente cuadro de diálogo donde se pueden definir la disposición y contenidos del cuadro de título. La parte inferior del cuadro de diálogo muestra una vista previa.

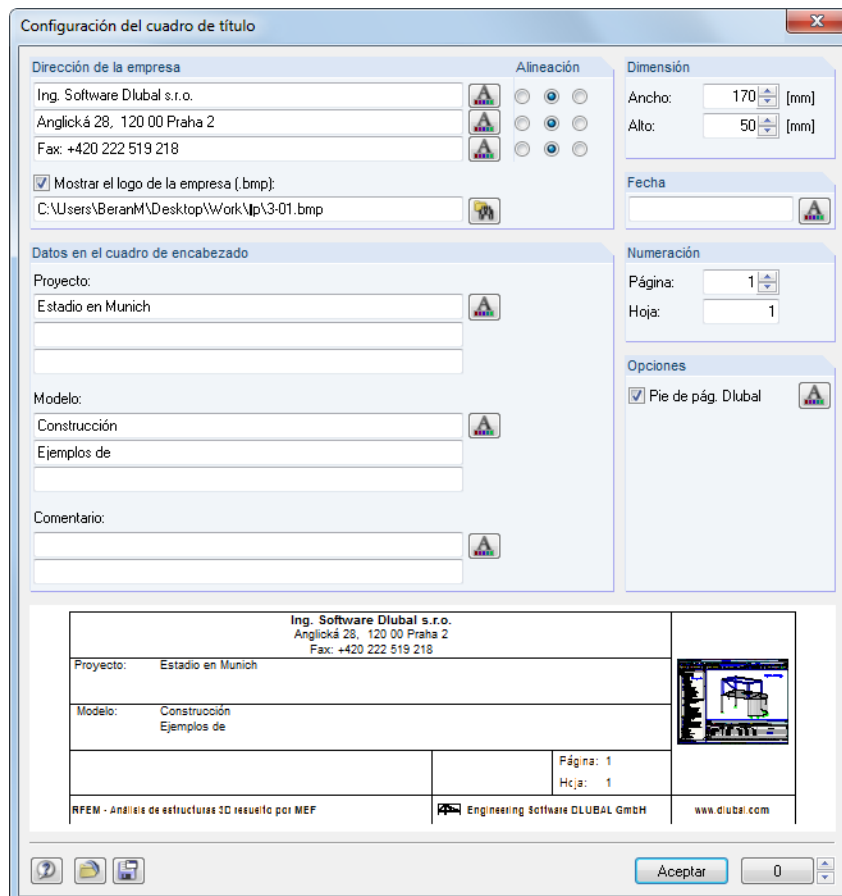


Figura 10.47: Cuadro de diálogo *Configuración del cuadro de título*

Calidad de impresión

En la mayoría de casos, no es necesario cambiar la configuración predeterminada en la sección del diálogo *Calidad de impresión* (ver Figura 10.46). Seleccione *Estándar* para imprimir el gráfico como un archivo de mapa de bits en un tamaño de 1000 x 1000 píxeles como máximo. El tamaño *Máximo* de hasta 5000 x 5000 píxeles junto con una profundidad de color de 32 bits resulta en una cantidad de datos de unos 100 MB. Como esto puede causar problemas para algunos controladores de impresora, tenga cuidado al seleccionar una resolución tan elevada.

Color

Cuando dirige la impresión a una impresora monocromática, puede imprimir *Textos y líneas en negro* en lugar de con escala de grises para mejorar la legibilidad. Tenga en cuenta que la configuración no afecta a algunos elementos tales como isobandas y símbolos de apoyos, por tanto aparecen con color en la impresión.



La conversión de diagramas de resultados con color a escala de grises siempre se administra a través del controlador de impresión. Las opciones de configuración correspondientes no existen en RFEM.

10.2.3 Escala de colores

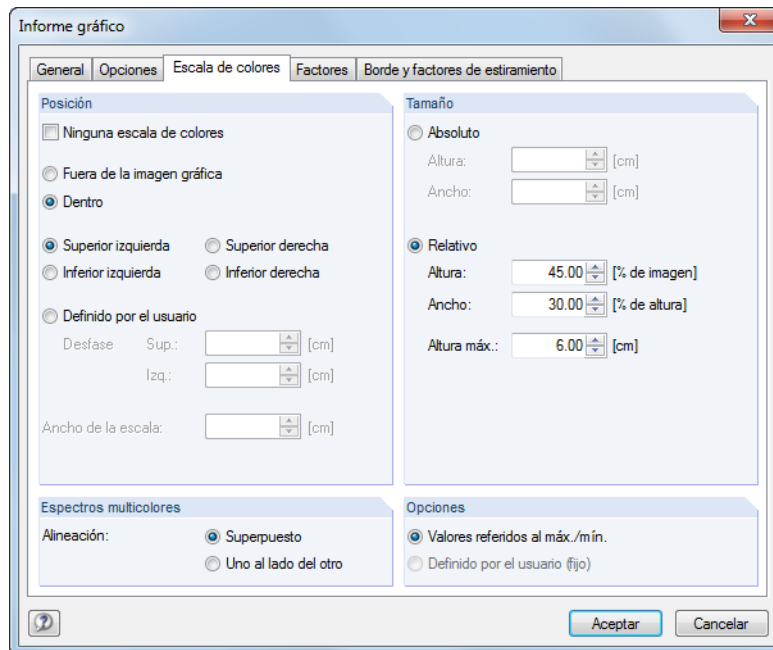


Figura 10.48: Cuadro de diálogo *Informe gráfico*, pestaña *Escala de colores*

La pestaña sólo está disponible cuando se muestran los resultados en una representación multicolor (ver capítulo 9.3, página 371).

Posición

El espectro de colores del panel de control está generalmente impreso en la impresión. Si no desea imprimirlo, marque la casilla de verificación para *Ninguna escala de colores*.

Cuando el panel se encuentra *En* la imagen gráfica, el espectro de colores se solapa con una parte de la imagen. Es posible especificar la posición del panel: Puede definirla bien para una o para cuatro esquinas o como disposición *Definida por el usuario*.

La opción *Fuera de la imagen gráfica* corta una banda de la ventana gráfica y la usa sólo para el espectro de colores. Puede definir el *Ancho de la escala* en la parte inferior del cuadro de diálogo.

Tamaño

El tamaño de la escala de colores se puede definir o bien en dimensiones absolutas o bien relativamente para el tamaño de la imagen.

Espectros multicolores

Si los resultados de barra y superficie se representan juntos en la ventana de trabajo, es posible definir el espectro de colores que es relevante para la pantalla en el panel de control (ver Figura 9.50, página 405). En la hoja, sin embargo, dos espectros de colores se representan en este caso. Su disposición se puede especificar en esta sección del diálogo.

Opciones

La designación del valor de color en la ventana de trabajo puede ser definida por el usuario (ver capítulo 3.4.6, página 31).

Puede determinar si el espectro de colores predeterminado que se refiere a los valores extremos (*máx./mín.*) o al espectro de colores definido por el usuario se usa para la impresión.

10.2.4 Impresión en serie



El cuadro de diálogo *Impresión en serie* aparece si hace clic en el botón [Configuración] a la derecha de la opción **Impresión en serie** en la pestaña de diálogo *General* (ver Figura 10.42, página 435). Tres pestañas se ofrecen, las cuales puede usar para decidir qué gráficos predeterminados del modelo, cargas y resultados se integran automáticamente en el informe.

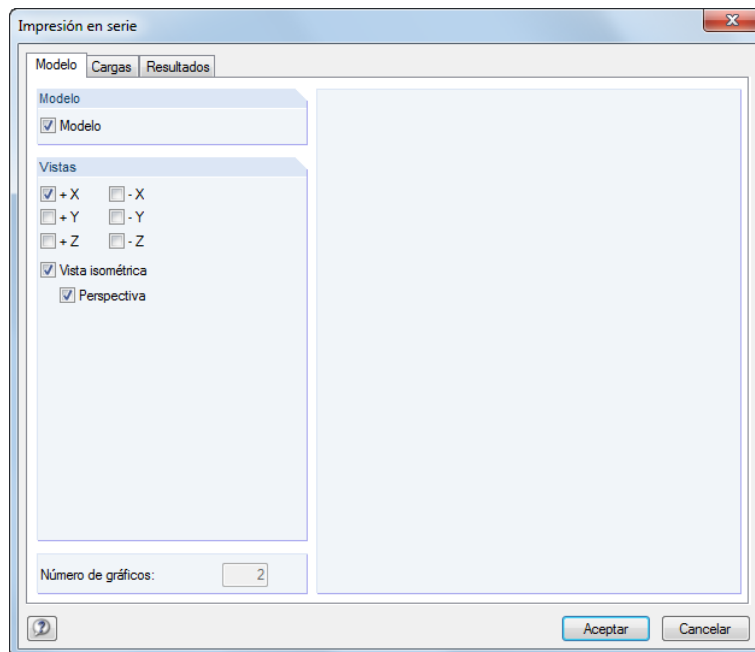


Figura 10.49: Cuadro de diálogo *Impresión en serie*, pestaña *Modelo*

Siete vistas estándares están disponibles para selección. Adicionalmente, puede activar la *Perspectiva 3D* para la representación del modelo.

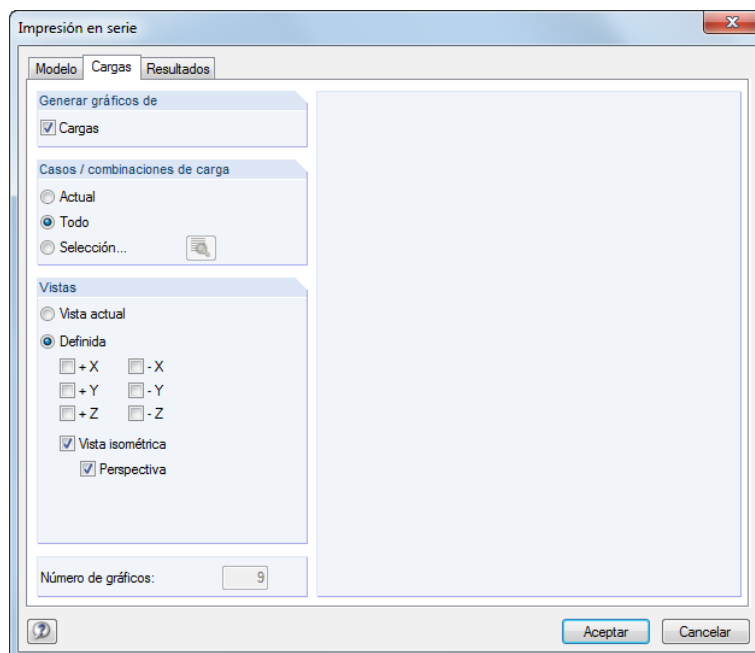


Figura 10.50: Cuadro de diálogo *Impresión en serie*, pestaña *Cargas*

En la sección del diálogo *Generar gráficos de*, decida si se crean los gráficos de carga automáticamente. Luego, en la sección del diálogo *Casos / combinaciones de carga*, especifique los casos de carga relevantes.



Use el botón [Seleccionar] que se muestra a la izquierda para definir la *Selección* de casos de carga en el cuadro de diálogo *Casos de carga / combinaciones de carga* (ver Figura 10.52).

Finalmente, en la sección del diálogo *Vistas*, decida cuales ángulos de vista se usan para los gráficos predeterminados.

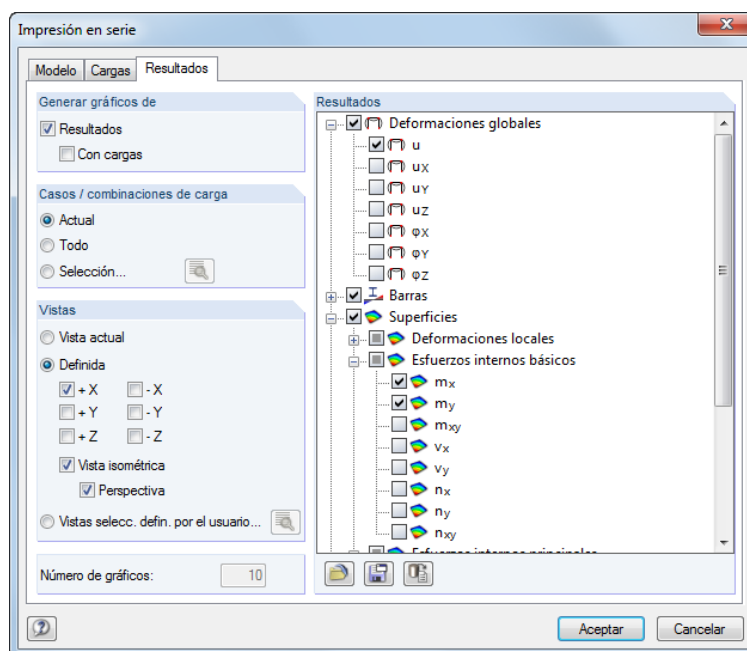


Figura 10.51: Cuadro de diálogo *Impresión en serie*, pestaña *Resultados*

En la sección del diálogo *Resultados*, puede seleccionar las deformaciones relevantes y los esfuerzos internos en la estructura de árbol marcando las casillas de verificación.



Con la configuración en las secciones del diálogo *Generar gráficos de* y *Casos / combinaciones de carga*, decide si se crean los gráficos con o sin representaciones de carga y cuáles casos de carga son relevantes para la impresión. Haga clic en el botón [Seleccionar] que se muestra a la izquierda para definir la *Selección* de casos de carga en un cuadro de diálogo aparte.

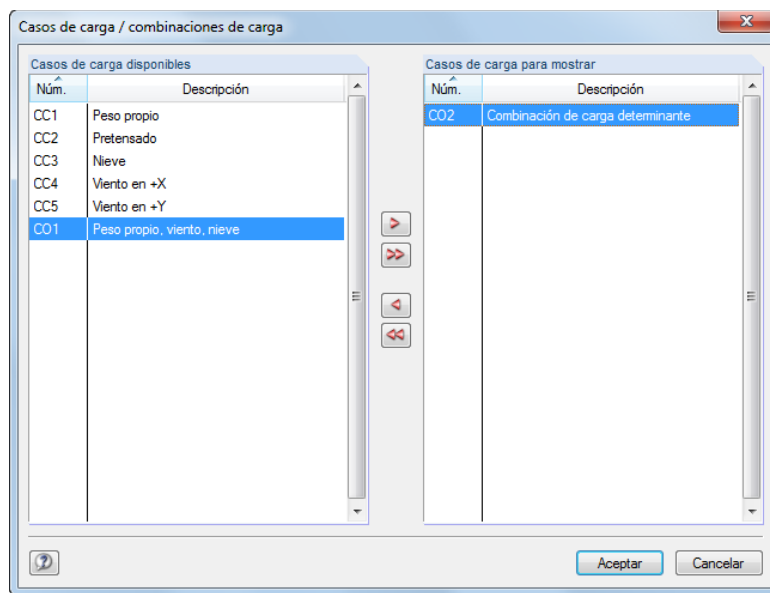


Figura 10.52: Cuadro de diálogo *Casos de carga / combinaciones de carga*

El ángulo de vista de los gráficos se define en la sección del diálogo *Vistas*.



Se recomienda comprobar el *Número de gráficos* especificado, en particular para los resultados: un pequeño error durante la selección puede conducir a multitud de gráficos automáticos que ralentizan la creación del informe.

10.2.5 Notas para el trazador

Tenga en cuenta lo siguiente para obtener los mejores resultados en el trazador.

Configuración en el sistema operativo

Básicamente, RFEM usa el sistema de impresión de Windows. A diferencia de algunos programas de CAD, RFEM no usa controladores especiales para controlar el trazador. Por lo tanto, el trazador se debe instalar como una impresora normal de Windows.

Las comprobaciones internas han mostrado que los controladores distribuidos por Windows son inestables y defectuosos. Por lo tanto, recomendamos el uso de controladores originales o los controladores actuales que están disponibles en el sitio web del fabricante del trazador.

Al trazar se procesan grandes cantidades de datos. Es necesario asegurarse de que haya suficiente espacio disponible en la partición del sistema de su equipo.



No defina el trazador como impresora predeterminada en el sistema. Se recomienda no seleccionar el trazador hasta que la impresión no esté directamente en proceso. Fondo: El informe usa el controlador de impresora estándar para la vista previa de impresión. Los bloqueos se producen en el informe con los controladores de trazador examinados.

Muchos controladores de trazador ofrecen la opción para preparar el gráfico en el trazador o en el equipo. Generalmente, la preparación de gráficos en el trazador es más rápida debido a que tiene un procesador especializado. Además, su trabajo en el equipo no afecta. El problema sin embargo consiste en que con frecuencia el trazador ofrece sólo una memoria de acceso aleatorio pequeña. Si la memoria ya no es suficiente para grabar la imagen, se pierden las partes. Al trazar gráficos de RFEM, puede ver la pérdida en forma de descripciones y rellenos que no se encuentran, líneas que faltan etc. En este caso, el trazador le muestra normalmente un mensaje correspondiente.

En caso de duda, prepare los datos en su equipo. Tenga en cuenta que la configuración predeterminada se establece para la preparación en el trazador. En este caso, ajuste las propiedades de impresión en consecuencia.

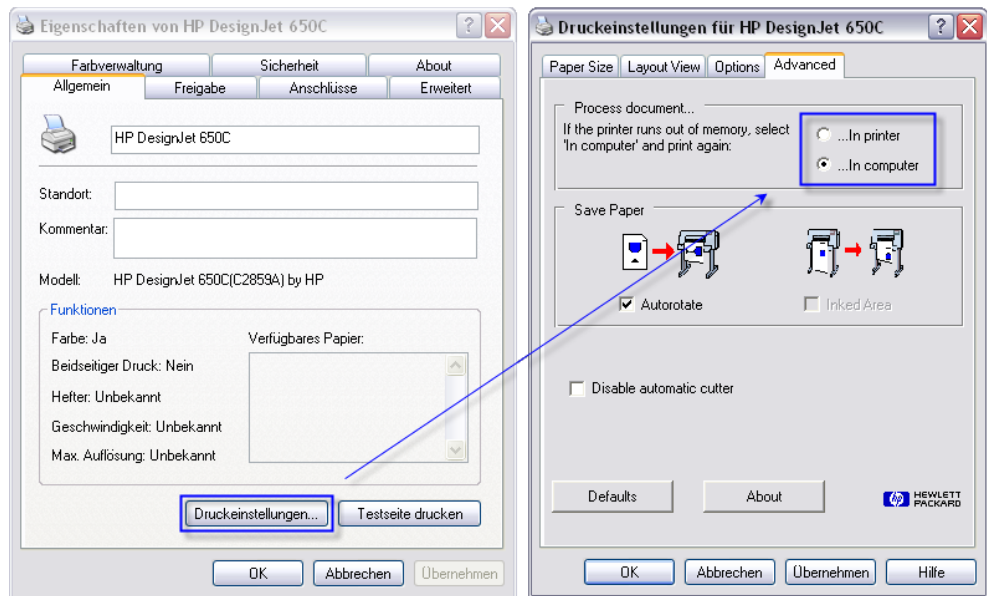


Figura 10.53: Cuadro de diálogo Configuración de impresión para HP DesignJet en el Windows alemán

Configuración en RFEM

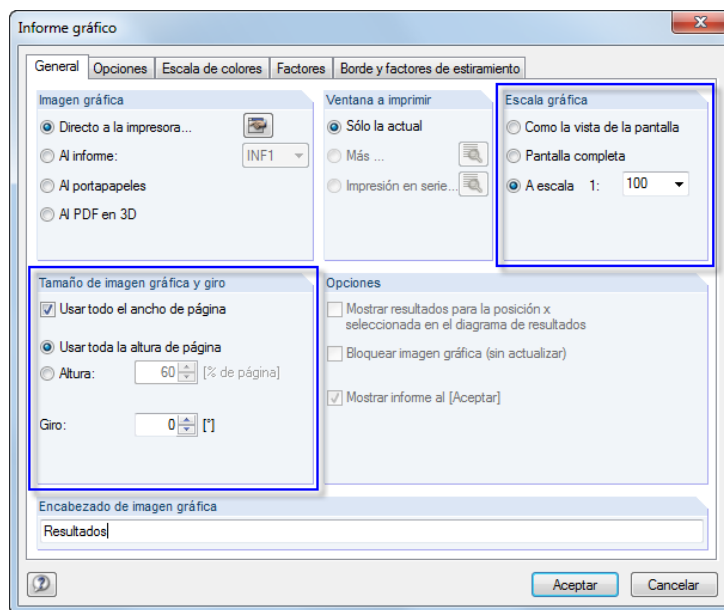


Figura 10.54: Cuadro de diálogo Informe gráfico, pestaña General

Se recomienda seleccionar el tamaño del gráfico **A escala** en la pestaña *General* del cuadro de diálogo *Informe gráfico* ya que la salida en un plano A0 está casi siempre a escala real. Luego, seleccione la escala de la lista o introdúzcala directamente en el campo de entrada.

Es más, se recomienda usar el área de la hoja completa para la salida del trazador: marque la casilla de verificación para **Usar todo el ancho de página** en la sección del diálogo *Tamaño de imagen gráfica y giro*.

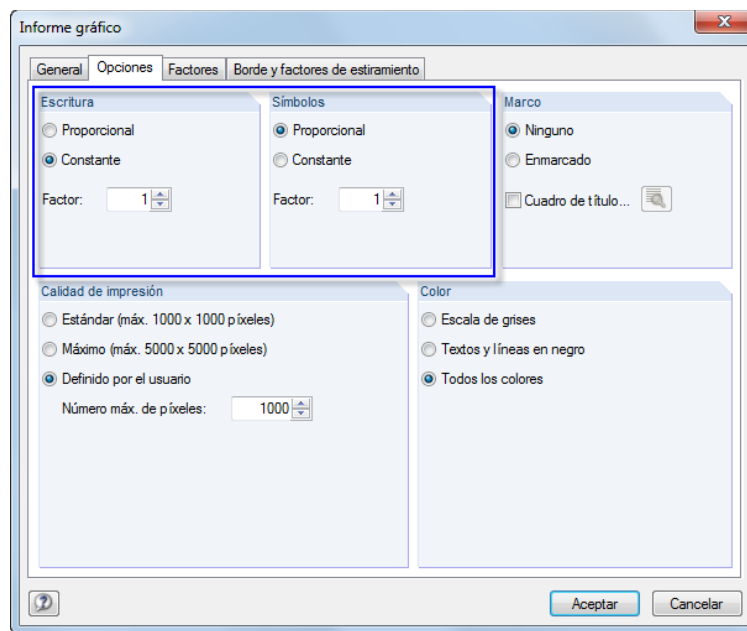


Figura 10.55: Cuadro de diálogo *Informe gráfico*, pestaña *Opciones*

En la pestaña *Opciones*, puede definir la configuración con influencia en la calidad de salida. Seguramente necesita algunas impresiones de trazado de prueba para encontrar la configuración óptima. Lamentablemente, no es posible dar recomendaciones globales debido a que el efecto de configuración depende del controlador de impresora.

Si se produce un bloqueo durante el proceso de trazado, le recomendamos que instale el controlador de impresora actual tal y como se describe anteriormente para seleccionarlo para la preparación del gráfico *En el equipo* (ver cuadro de diálogo para la configuración de impresora). Si se sigue produciendo un bloqueo al trazar, reduzca la resolución gradualmente en la sección del diálogo *Calidad de impresión* en la pestaña *Opciones* del cuadro de diálogo *Informe gráfico*.

La sección del diálogo *Escritura* en la pestaña *Opciones* del cuadro de diálogo *Informe gráfico* controla la escala del tamaño de la fuente para la numeración, dimensiones y valores resultantes. Se alcanzan buenos resultados para el factor 2 y la configuración *Constante* para el trazador A0 en HP DesignJet 650C.

La sección del diálogo *Símbolos* no sólo no afecta al tamaño de los símbolos del apoyo, nudos u otros elementos, sino también a los anchos de líneas. Si las líneas son demasiado toscas, puede reducir el factor. Se alcanzan buenos resultados para el trazador A0 en HP DesignJet 650C usando un factor de 0.2 y la configuración *Proporcional*.



Propiedades...

Los factores establecidos para símbolos y escritura afectan a todas las fuentes y símbolos globalmente. Para influir en la apariencia de objetos particulares expresamente, use la configuración en el cuadro de diálogo *Propiedades de visualización* (ver Figura 11.3, página 449). Se recomienda guardar los ajustes para el trazador como nueva configuración de visualización usada para el informe. Para más información, ver capítulo 11.1.2 en la página 449.

Tras hacer clic en el botón [Aceptar], ve el cuadro de diálogo *Imprimir* del sistema operativo. Seleccione el trazador de la lista de impresoras. Haga clic en [Propiedades de impresión] para abrir otro cuadro de diálogo donde puede establecer el tamaño y orientación de página.

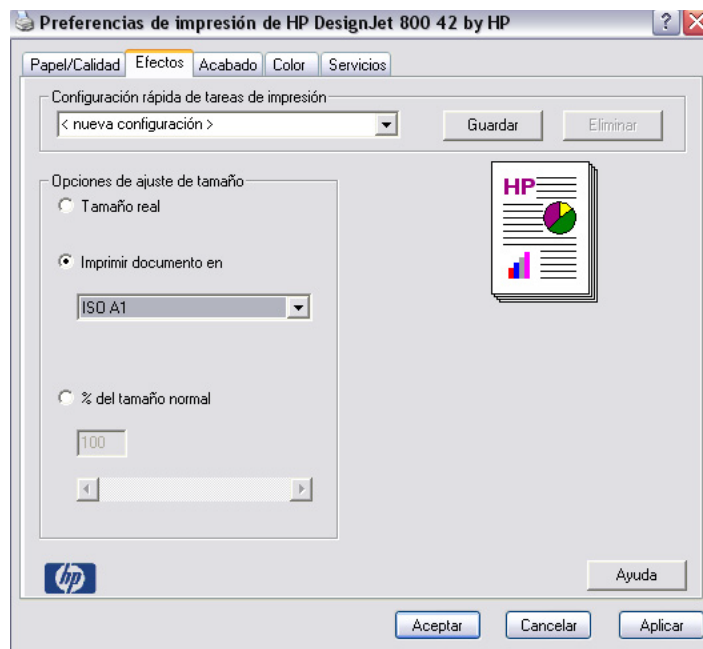


Figura 10.56: Cuadro de diálogo *Preferencias de impresión* del trazador para la configuración del formato de página

11. Herramientas

A continuación, encuentra descripciones de funciones para la entrada gráfica y de tabla tales como herramientas de CAD para diseño o generación de un modelo y objetos de carga, opciones de edición, operaciones en hojas de cálculo o entrada parametrizada.

11.1 Funciones generales

Este capítulo describe las funciones del programa que son generalmente útiles o se proporcionan en muchos cuadros de diálogo de RFEM.

11.1.1 Configuración de idiomas

El idioma que ya se ha seleccionado para la instalación se preestablece. Las tablas de materiales y secciones en las bibliotecas también se establecen por los convenios específicos del país.

Para cambiar la interfaz gráfica de usuario de RFEM,



seleccione **Opciones del programa** en el menú **Opciones**

o use el botón correspondiente en la barra de herramientas.

En la pestaña de diálogo *Programa*, puede seleccionar otro *Idioma de programa* en la lista.

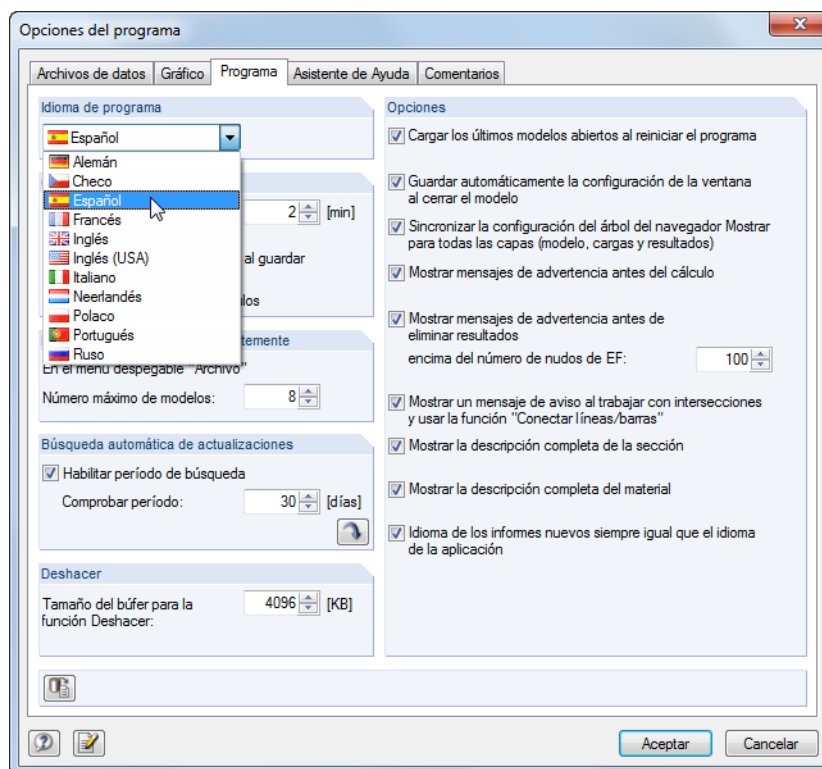


Figura 11.1: Cambio del *Idioma de programa* en el cuadro de diálogo *Opciones del programa*

La configuración del idioma cambiado se hará efectiva tras reiniciar el programa.



Al cambiar el idioma, considere lo siguiente:

- Algunos caracteres sólo se visualizan correctamente si las fuentes correspondientes están disponibles en el sistema operativo.
- El idioma nuevo afecta a la disposición de las tablas de secciones en la biblioteca.

11.1.2 Propiedades de visualización

Las propiedades de visualización determinan la forma de cómo se representa el objeto gráfico sobre la pantalla en la impresión. El navegador *Mostrar* es el lugar para decidir si un objeto se representa o no (ver capítulo 3.4.3, página 25).

Ajustar la representación

Para abrir el cuadro de diálogo para ajustar la presentación gráfica, señale **Propiedades de visualización** en el menú **Opciones**, y luego seleccione **Editar** o use el Administrador de configuración (ver capítulo 3.4.10, página 37).

También es posible acceder directamente a las propiedades de visualización de cada objeto gráfico (símbolo de modelo, carga o resultado): haga clic con el botón secundario para abrir el menú contextual y seleccione el elemento de menú *Propiedades de visualización*. Ahora, puede ajustar inmediatamente las propiedades de visualización en el cuadro de diálogo *Propiedades de visualización* (Figura 11.3).

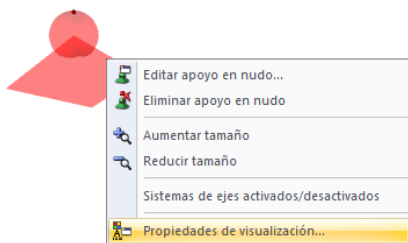


Figura 11.2: Menú contextual del apoyo en nudo

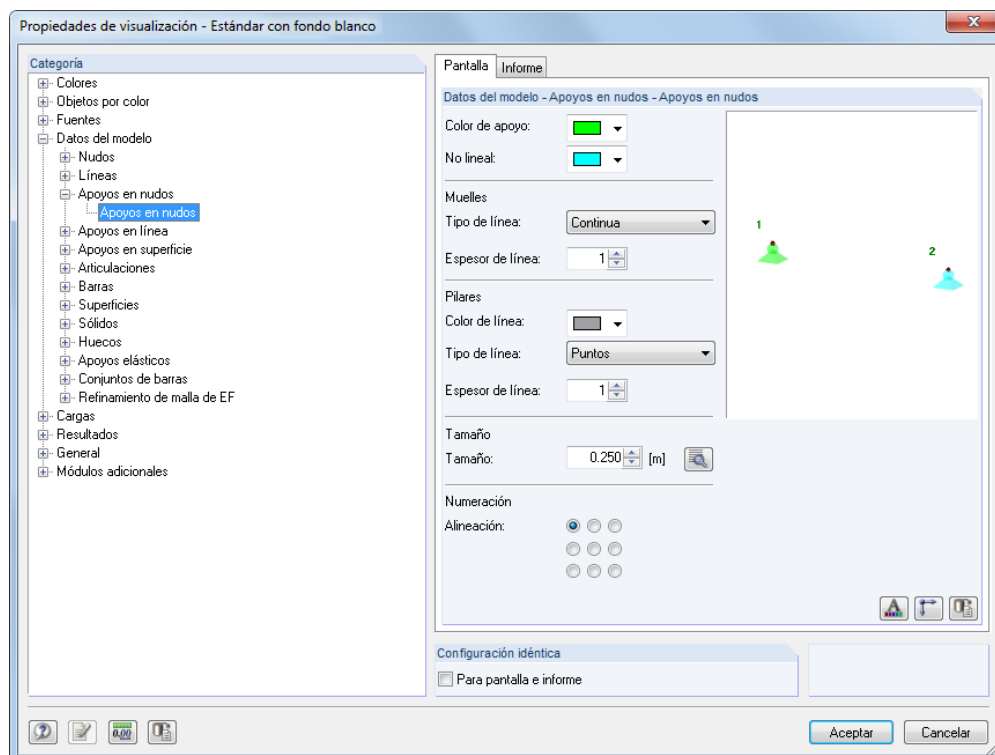


Figura 11.3: Cuadro de diálogo *Propiedades de visualización* (para la categoría *Apoyos en nudos*)



La configuración para la representación sobre la *Pantalla* y en el *Informe* se gestiona en dos pestañas de diálogo. De esta forma, es posible definir por separado los ajustes para el gráfico del monitor (por ejemplo el tamaño de los símbolos del apoyo con fondo negro) y para la impresión.

Si desea definir la *Configuración idéntica Para pantalla e informe*, use la casilla de verificación bajo las pestañas para sincronizar las propiedades de visualización para la pantalla y el informe. Si está marcada, la configuración que se define subsecuentemente también está disponible en la otra pestaña de diálogo (*Pantalla o Informe*) de la categoría actual. La configuración ya definida no se puede transferir con esta función posteriormente.

El navegador *Categoría* muestra los objetos gráficos enumerados en un árbol de directorios. Para cambiar las propiedades de visualización de un objeto, seleccione la entrada relevante. Luego, ajuste los parámetros de visualización del objeto específico en la sección del diálogo a la derecha: color, representación de línea, tamaño en la ventana de trabajo, tipo y disposición de numeración, fuente, tamaño de vector de carga etc.

RFEM ofrece botones de [Detalles] adicionales para algunos parámetros.

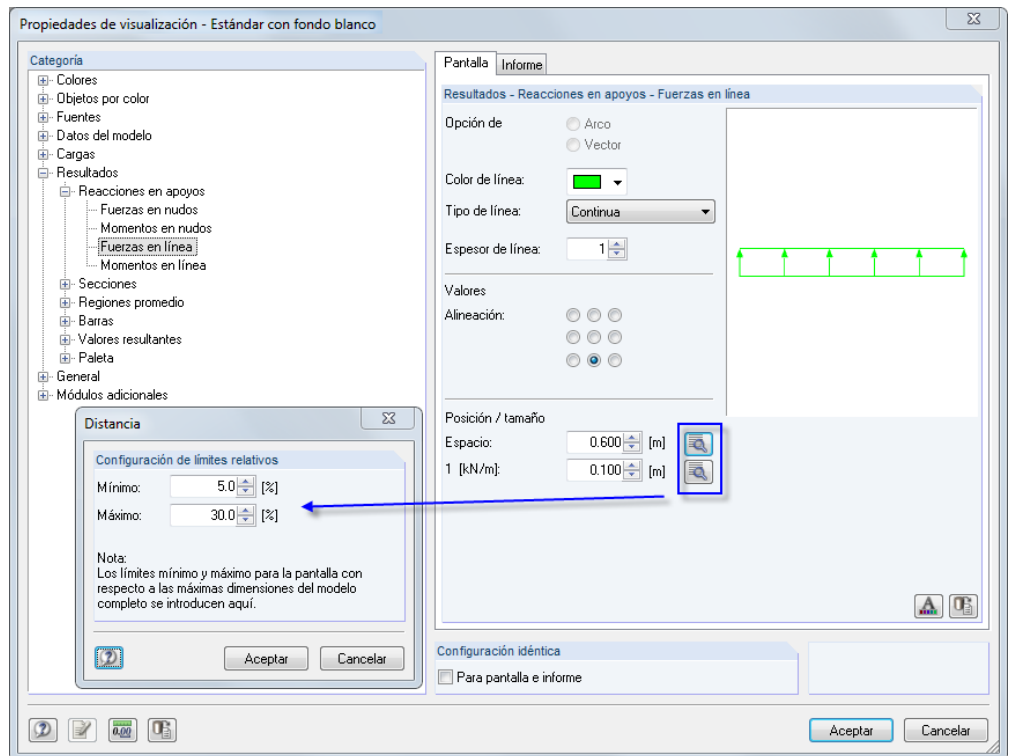


Figura 11.4: Cuadro de diálogo *Tamaño* para *Fuerzas en línea*

Los botones se usan para abrir los cuadros de diálogo nuevos donde puede escalar por ejemplo la distancia o el tamaño de los objetos a las dimensiones de la estructura total.

Los botones bajo los parámetros tienen las siguientes funciones:






	Abre el cuadro de diálogo <i>Fuente</i> para cambiar el tipo, tamaño y color de fuente
	Va a los parámetros de representación de ejes del objeto actual
	Vuelve a la base de datos del objeto
	Abre el cuadro de diálogo <i>Posiciones relativas</i> (Figura 11.5) para organizar descripciones
	Restaura la configuración predeterminada

Tabla 11.1: Botones en el cuadro de diálogo *Propiedades de visualización*



Para los objetos que sean relevantes para líneas y barras es posible organizar la descripción o el símbolo mediante la configuración definida por el usuario. Un cuadro de diálogo se abre, donde puede definir la posición por medio de una distancia relativa al inicio de la línea o barra.

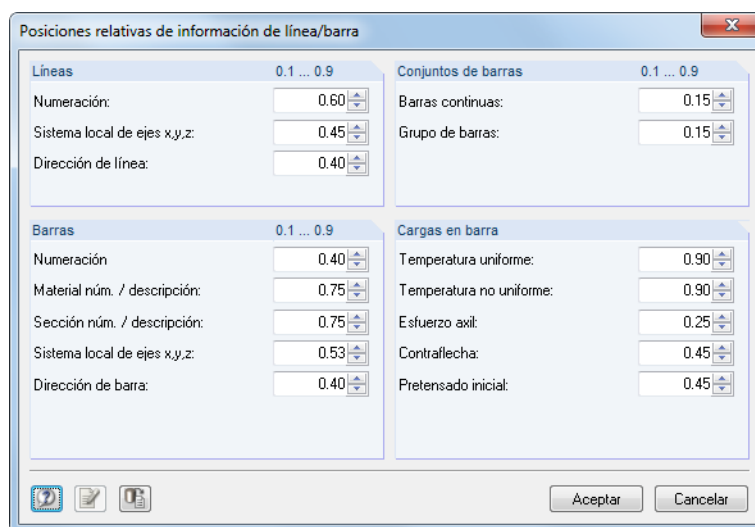


Figura 11.5: Cuadro de diálogo *Información sobre posiciones relativas de línea/barra*

Guardar configuración de visualización

El cuadro de diálogo *Propiedades de visualización* le permite ajustar la configuración de visualización para los requisitos dados. Por lo que es posible, por ejemplo, crear una configuración diferente para la pantalla con fondo de color y para el trazador con la configuración específica.

Sin embargo, las modificaciones no se pueden guardar en el cuadro de diálogo *Propiedades de visualización*. El *Administrador de configuración* descrito en el capítulo 3.4.10 en la página 37 es responsable de la administración de las configuraciones de visualización.

Por lo tanto, proceda de la forma siguiente cuando desee crear un nuevo perfil de pantalla basado en sus modificaciones:

- Confirme las modificaciones en el cuadro de diálogo *Propiedades de visualización* al [Aceptar]
- Abra el *Administrador de configuración* (ver capítulo 3.4.10, página 37).
- Cree una configuración [Nueva].
- Introduzca una descripción en el cuadro de diálogo *Nueva configuración*, y luego confirme en [Aceptar].



11.1.3 Unidades y decimales

Las unidades y decimales para RFEM y todos los módulos adicionales se gestionan en un cuadro de diálogo. La configuración se puede modificar como se requiera para el modelado o evaluación. Todos los valores numéricos se convierten o ajustan.

Cambiar unidades y decimales

Muchos cuadros de diálogo ofrecen el botón que se muestra a la izquierda, el cual puede usar para acceder al cuadro de diálogo para cambiar unidades y decimales (ver Figura 11.4 para el cuadro de diálogo *Propiedades de visualización*).



Para abrir el cuadro de diálogo *Unidades y decimales*, también puede seleccionar **Unidades y decimales** en el menú **Edición**.

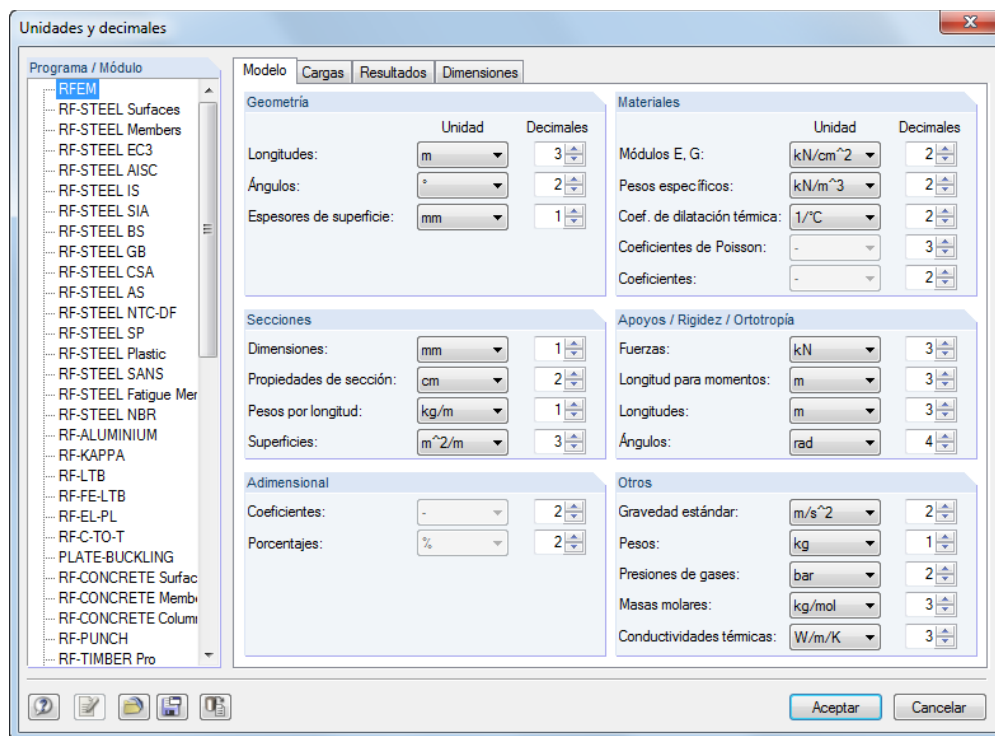


Figura 11.6: Cuadro de diálogo *Unidades y decimales*

Primero, seleccione el módulo en la sección del diálogo *Programa / Módulo* para la cual desea ajustar las unidades o decimales. Dependiendo de la selección, el lado derecho del cuadro de diálogo va cambiando.

Cuatro pestañas de diálogo se ofrecen para RFEM, de forma que pueda especificar la configuración por separado para los datos de *Modelo*, *Cargas* y *Resultados* al igual que las *Dimensiones*. Para algunos módulos adicionales, la parte derecha del cuadro de diálogo también se subdivide en varias pestañas. Las unidades y decimales se abrevian en grupos.

Cuando el cuadro de diálogo se abre a partir de otro cuadro de diálogo (por ejemplo el cuadro *Nueva barra*), las unidades y decimales relevantes se marcan con un triángulo rojo a la derecha, tal como se muestra en la figura anterior.

Guardar e importar unidades como perfil de usuario

La configuración en el cuadro de diálogo *Unidades y decimales* se puede guardar y usar en otros modelos. De este modo, es posible crear perfiles de unidades específicos por ejemplo para modelos con acero y hormigón (concreto) armado.

El botón que se muestra a la izquierda abre un cuadro de diálogo donde especifica el *Nombre* del nuevo perfil de usuario de unidades.

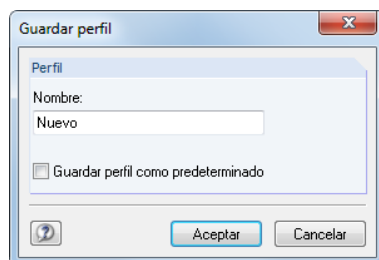


Figura 11.7: Cuadro de diálogo *Guardar perfil*

Para usar este perfil como predeterminado para nuevos modelos, marque la casilla de verificación *Guardar perfil como predeterminado*.



Un perfil de usuario se puede importar con el botón que se muestra a la izquierda. Un cuadro de diálogo se abre, donde varios perfiles están disponibles para selección. Un perfil de unidad métrico y anglosajón (angloamericano) se preestablece como configuración predeterminada.

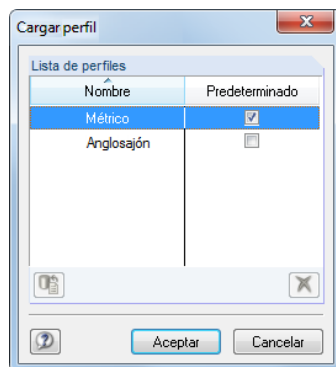


Figura 11.8: Cuadro de diálogo *Cargar perfil*

11.1.4 Comentarios

Este capítulo describe los campos de comentarios disponibles en los cuadros de diálogo y tablas (ver por ejemplo Figura 4.12, página 44). Los comentarios que puede insertar gráficamente se describen en el capítulo 0 en la página 481.

Usar los comentarios



Puede introducir cualquier tipo de texto en los campos de comentarios. Con el botón [Importar comentario] que se muestra a la izquierda, puede sacarle provecho a los módulos de textos predefinidos que se almacenan mediante la gestión del modelo cruzado.

Un cuadro de diálogo aparece mostrando una lista de módulos de textos almacenados.

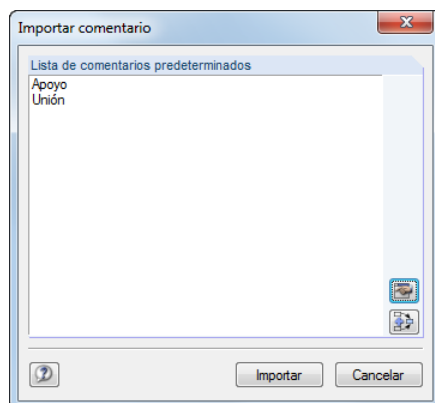
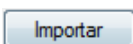


Figura 11.9: Cuadro de diálogo *Importar comentario*



La *Lista de comentarios predeterminados* contiene todos los comentarios que son aptos para la categoría. Haga clic en el botón [Importar] para insertar el comentario seleccionado en el campo del comentario del cuadro de diálogo. Si el campo del comentario ya contiene un texto, se sobrescribe. Luego, puede continuar con la edición del comentario en el campo de comentarios.



Use el botón que se muestra a la izquierda para añadir el comentario seleccionado a un texto del campo de comentarios que ya esté disponible.

Crear y gestionar comentarios

En el cuadro de diálogo *Importar comentario* (Figura 11.9), puede crear módulos de textos nuevos por medio del botón que se muestra a la izquierda. Alternativamente, puede usar la pestaña *Comentarios* en el cuadro de diálogo *Opciones del programa* donde se gestionan todos los comentarios. Para abrir el cuadro de diálogo,

seleccione **Opciones del programa** en el menú **Opciones** o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

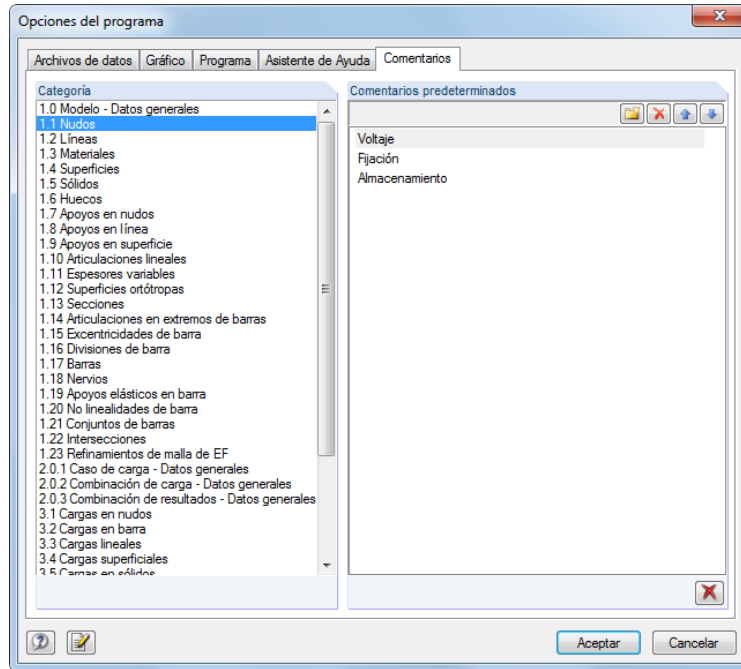


Figura 11.10: Cuadro de diálogo *Opciones del programa*, pestaña *Comentarios*

En la sección izquierda del diálogo *Categoría*, determine el grupo (es decir, la tabla de entrada o cuadro de diálogo de entrada) para el cual desee asignar el texto del comentario.

La sección derecha del diálogo *Comentarios predeterminados* ofrece cuatro botones que tienen las siguientes funciones:





Botón	Descripción
	Crea un comentario nuevo dentro de la <i>Categoría</i> marcada. Introduce el texto en la lista.
	Elimina el comentario que está seleccionado en la lista.
	Desplaza hacia arriba el comentario seleccionado.
	Desplaza hacia abajo el comentario seleccionado.

Tabla 11.2: Botones en el cuadro de diálogo *Opciones del programa*, pestaña *Comentarios*



Cuando utiliza la selección especial (ver capítulo 11.2.2, página 465), puede filtrar los datos a través de los comentarios definidos por el usuario.

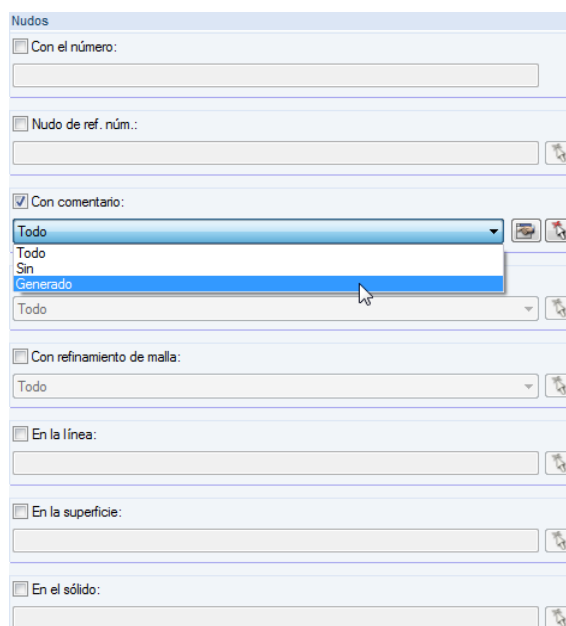


Figura 11.11: Cuadro de diálogo *Selección especial* (sección del diálogo) para *Nudos* filtrados por el comentario

11.1.5 Funciones de medición

Con el fin de comprobar los datos introducidos, es posible medir las distancias y los ángulos. Para acceder a la función correspondiente, señale **Medir** en el menú **Herramientas**.

Se encuentran las siguientes funciones de medición disponibles para selección:

- Distancia entre 2 nudos
- Ángulo entre 3 nudos
- Ángulo entre 2 barras
- Ángulo entre 2 superficies
- Ángulo entre barra y superficie
- Ángulo entre 2 líneas
- Ángulo entre barra y línea
- Ángulo entre línea y superficie

Haga clic sobre los objetos para medir uno tras otro en la ventana de trabajo. Luego, la *Distancia* y *Deformación* de los nudos se muestran en un cuadro de diálogo.

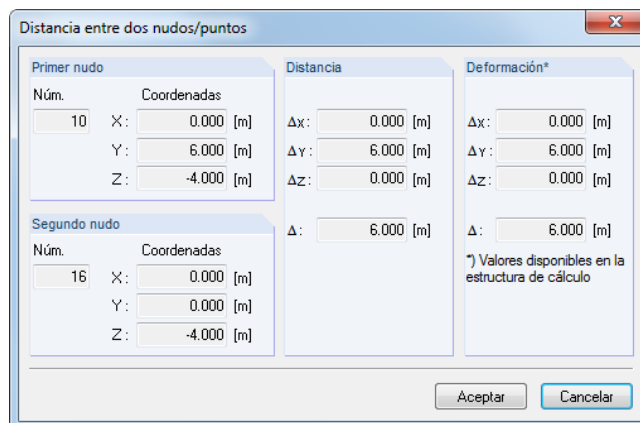


Figura 11.12: Cuadro de diálogo *Distancia entre dos nudos/puntos*

11.1.6 Buscar funciones

Selección con tabla

Para buscar un objeto en el gráfico, puede usar las tablas: Haga clic en una fila de la tabla y vea el objeto relevante resaltado con colores en la ventana de trabajo. Saque provecho de esta función para modelos bastante simples para detectar objetos rápidamente y fácilmente en el gráfico.



La selección gráfica con la tabla funciona sólo si la sincronización de la selección está activa (ver capítulo 11.5.4, página 526).

Buscar por número de objeto

En RFEM puede buscar objetos expresamente, lo cual se recomienda especialmente para modelos grandes y complejos. Para acceder a la función de búsqueda,



seleccione **Buscar por número** en el menú **Edición**.

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

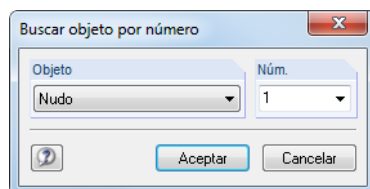
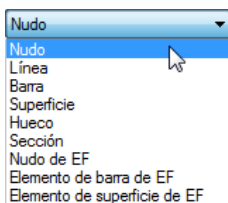


Figura 11.13: Cuadro de diálogo *Buscar objeto por número*

En la sección del diálogo *Objeto*, use la lista para definir la categoría del objeto para la búsqueda: nudo, línea, barra, superficie, sólido o elemento finito. Luego, introduzca el *Núm.* del objeto directamente en el campo de entrada a la derecha, o use la lista para seleccionar un número.

Haga clic en [Aceptar] para confirmar el cuadro de diálogo. Entonces, ve una flecha grande indicando el objeto en la ventana de trabajo. La flecha se sigue mostrando al ajustar el área alrededor del objeto apropiadamente aplicando zoom o girando el modelo. La flecha desaparece mediante un clic en el espacio de trabajo.



11.1.7 Punto de vista y Ángulo de visión



RFEM ofrece las vistas estándares [en dirección X/Y/Z] y [en dirección X/Y/Z inversa] así como la [Vista isométrica] que se puede seleccionar por medio de los botones que se muestran a la izquierda. Más botones para sistemas de coordenadas definidas por el usuario y ángulos de visión se encuentran disponibles en el botón lista de la barra de herramientas en el navegador *Vistas* (ver capítulo 9.9.1.1, página 398).

Si incluyendo la opción de giro (use el botón de la barra de herramientas [Mover] y mantenga presionado con la tecla [Ctrl]) estas vistas no resultan en la vista de pantalla que desea establecer, puede usar las opciones extendidas del cuadro de diálogo *Editar punto de vista*.

Para abrir el cuadro de diálogo,

seleccione **Punto de vista** en el menú **Ver**.

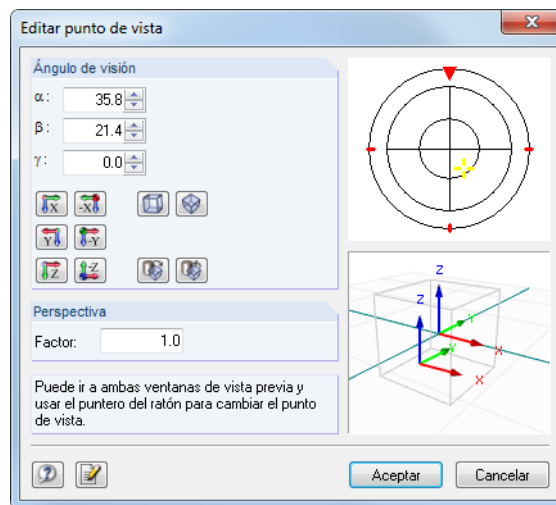


Figura 11.14: Cuadro de diálogo *Editar punto de vista*

Haga clic en la ventana anterior a la derecha y desplace el ratón para colocar el punto de vista y el ángulo de visión. Además, puede ajustar el factor para la *Perspectiva*.

11.1.8 Determinación del centro de gravedad

El centro de gravedad del modelo completo se representa automáticamente cuando la malla de EF se genera con éxito y la opción correspondiente en el navegador *Mostrar* bajo el elemento del navegador *General* se marca. Es posible ajustar el color y el tamaño en el cuadro de diálogo *Propiedades de visualización*: haga clic en *Colores* → *Otros* → *Centro de gravedad* (ver capítulo 11.1.2, página 449).

Además, es posible determinar el centro de gravedad de objetos particulares: seleccione barras, superficies y sólidos relevantes, por ejemplo por selección múltiple o abriendo una ventana de selección (ver capítulo 11.2, página 462). Active el menú contextual que se muestra a la izquierda haciendo clic con el botón secundario del ratón sobre los objetos. Luego, haga clic en el elemento del menú *Centro de gravedad e información* para abrir un cuadro de diálogo con información sobre objetos seleccionados.

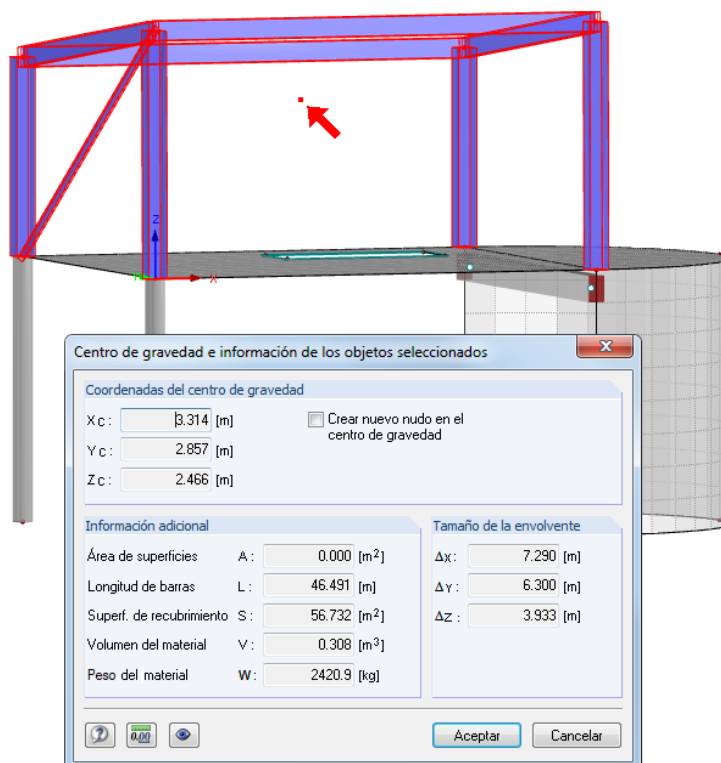
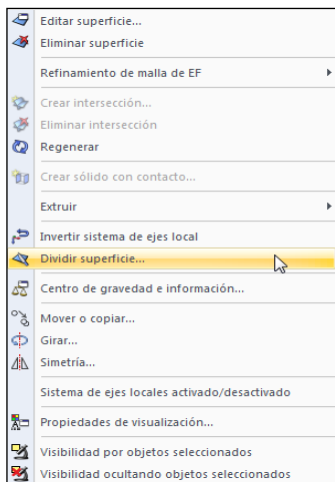
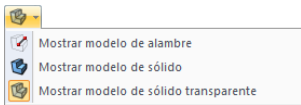


Figura 11.15: Cuadro de diálogo *Centro de gravedad e información de los objetos seleccionados*

El cuadro de diálogo le muestra las *Coordenadas del centro de gravedad* en relación al origen del sistema de ejes XYZ global. En la ventana de trabajo, se indica el centro de gravedad mediante una flecha grande. Opcionalmente, puede *Crear un nuevo nudo en el centro de gravedad*.

Además del *Tamaño de la envolvente* global de los objetos seleccionados, se muestra la siguiente *Información adicional*:

- Área de todas las superficies
- Longitud de todas las barras
- Área de superficie de las superficies visibles de todos los objetos
- Volumen neto
- Peso total



11.1.9 Renderizado

La representación del modelo en la ventana de trabajo se puede establecer mediante el control definido por el usuario. Use el botón lista en la barra de herramientas que se muestra a la izquierda para cambiar rápidamente entre los tipos de representación *Modelo de alambre*, *Modelo de sólido* y *Modelo de sólido transparente*.

Es posible especificar una configuración detallada para los objetos individuales en el navegador *Mostrar* bajo el elemento del navegador **Renderizado**.

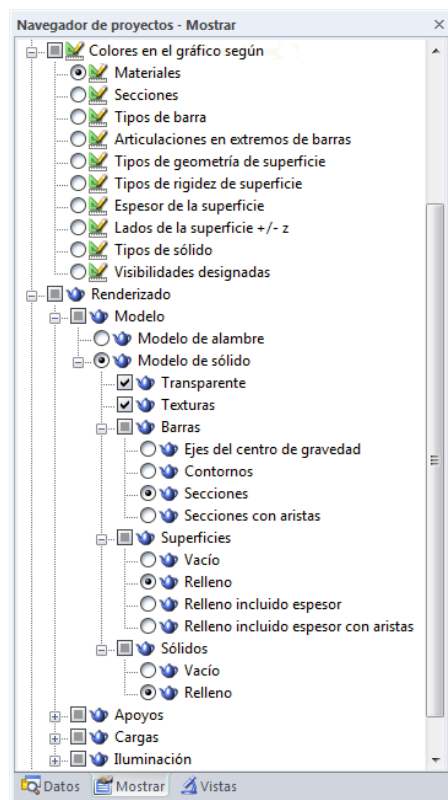


Figura 11.16: Navegador *Mostrar* con opciones para *Renderizado* del modelo y objetos de carga

La representación del *Modelo de sólido* se puede ajustar individualmente para barras, superficies y sólidos. Opciones de control similares están disponibles para la representación de apoyos y cargas.

Texturas

Cuando se activa *Texturas*, RFEM muestra las texturas de superficie en el modelo de renderizado. Para acceder a la configuración de detalles para las texturas,

señale **Propiedades de visualización** en el menú **Opciones**, y seleccione **Editar**.

El cuadro de diálogo *Propiedades de visualización* se abre, donde selecciona los *Materiales* en la categoría *Objetos por color*. Luego, use los materiales enumerados con colores asignados y texturas a la derecha. Haga doble clic sobre el campo de la fila de tabla para abrir el cuadro de diálogo *Editar color de material y textura*.

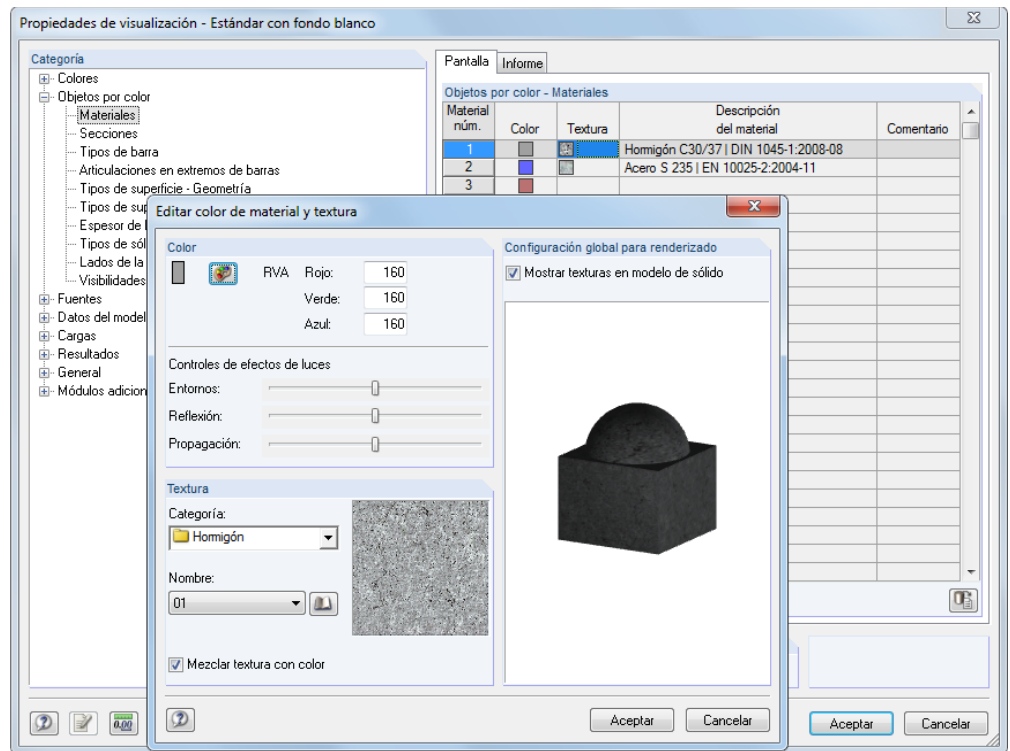


Figura 11.17: Cuadro de diálogo *Editar color de material y textura*

Use el cuadro de diálogo para ajustar el *Color* y la *Textura* del material seleccionado. RFEM ofrece una paleta de colores y una biblioteca exhaustiva con texturas (ver botón del diálogo).

Control de colores

El elemento del navegador *Mostrar Colores en el gráfico según* contiene varios campos de selección. Un campo activado controla la asignación de colores para los objetos en el gráfico. De forma predeterminada, RFEM usa los colores de materiales definidos para los materiales de construcción por separado (ver capítulo 4.3, página 62). Con las opciones restantes es posible comprobar también gráficamente secciones y tipos de barras, superficies, sólidos etc. por medio de colores asignados.

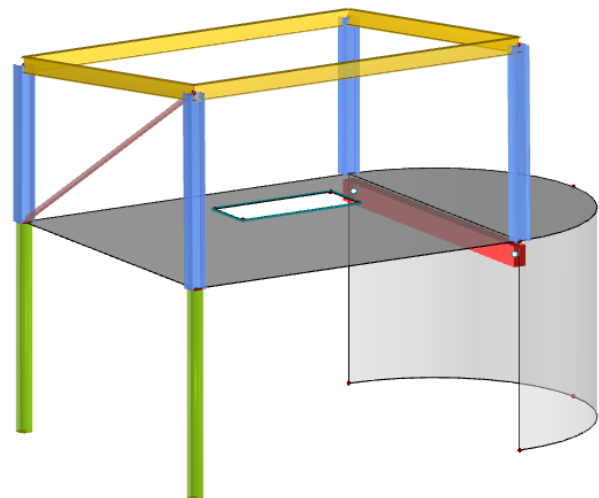
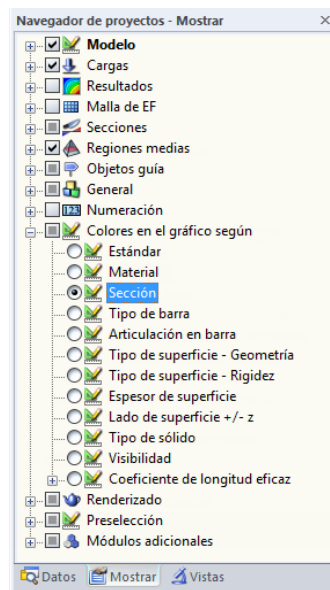


Figura 11.18: Opción *Colores en el gráfico según Sección* para comprobar los tipos de sección



La opción *Lado de superficie +/- z* se usa para comprobar la posición de lados de superficies que sean importantes para definir cimentaciones con fallo o para la disposición de armadura. El lado superior de una superficie se visualiza en rojo, el lado inferior se representa con color azul (estándar).

11.1.10 Iluminación

La iluminación y los efectos de luces del modelo de renderizado se pueden ajustar individualmente. Para gestionar la iluminación en el navegador *Mostrar*,

seleccione **Iluminación** en **Renderizado**.

Seis fuentes de luz diferentes están disponibles para selección: Desde la luz 1 hasta la 4 iluminan el modelo desde su lateral, la luz 5 y 6 desde arriba y abajo. Cada *Luz* se puede activar o desactivar individualmente.

Marque la casilla de verificación para *Mostrar posiciones de luces* para mostrar las fuentes de luz en la ventana de trabajo. Las luces activas se representan en color oro, las luces inactivas se muestran en gris.

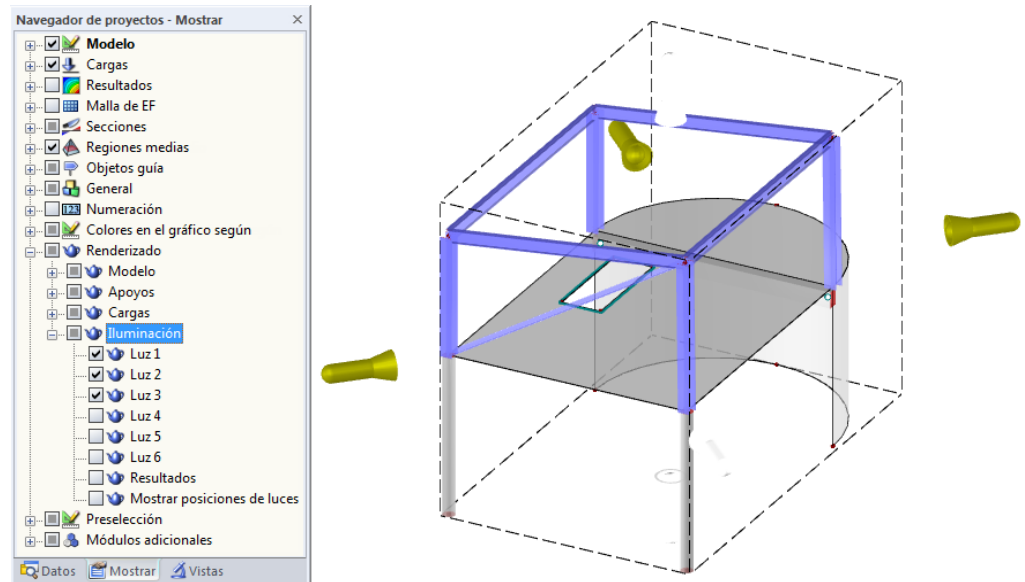


Figura 11.19: Representación de posiciones de luces usando el navegador *Mostrar*

También es posible aplicar efectos de luces para los *Resultados*. La casilla de verificación está inactiva de forma predeterminada, debido a que con frecuencia tiene un efecto desfavorable en la visibilidad de los resultados de superficies y sólidos.

11.2 Selección

Con las funciones de selección puede definir objetos para ediciones posteriores. Los objetos se representan por nudos, líneas, superficies, sólidos, barras, apoyos, refinamientos de malla de EF etc. Pero es posible también seleccionar gráficamente cargas y objetos auxiliares (líneas de cota, comentarios).



Para seleccionar (o buscar) un objeto en la ventana de trabajo, también puede usar las tablas: haga clic en una fila de la tabla y vea el objeto correspondiente resaltado con colores en el gráfico. Sin embargo, este tipo de selección funciona sólo si la sincronización de la selección está activa (ver capítulo 11.5.4, página 526).

Usar el navegador *Datos* es otra opción para seleccionar objetos: haga clic con el botón secundario sobre la entrada del navegador, y luego seleccione el elemento del menú *Seleccionar* en el menú contextual.

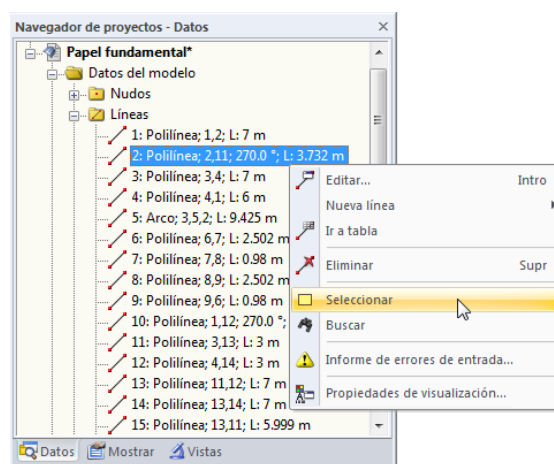


Figura 11.20: Menú contextual en el navegador *Datos*

11.2.1 Seleccionar objetos gráficamente

Seleccionar con ratón

Es posible seleccionar cada objeto en la ventana de trabajo con un simple clic de ratón. Una vez seleccionado, se resalta en el gráfico con otro color. Siempre, sólo el último objeto donde hace clic permanece seleccionado siempre que la configuración predeterminada *Nueva selección* no se cambie.

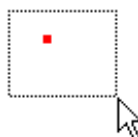


Si desea seleccionar más de un objeto haciendo clic, mantenga adicionalmente presionada la tecla [Ctrl]. Otra posibilidad es cambiar a la configuración *Agregar a la selección* usando el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. Puede también señalar *Seleccionar* en el menú *Edición* donde puede hacer clic en los objetos para seleccionarlos uno tras otro.

La denominada **preselección** le permite localizar objetos relevantes antes de hacer clic. Si la selección de objetos demuestra ser difícil para sistemas estructurales complejos, puede excluir objetos del modelo no requeridos de la preselección gráfica en el navegador *Mostrar* categoría *Preselección*.

Seleccionar con ventana

Use la selección por ventana para marcar muchos objetos en un paso simple: mantenga presionado el botón primario del ratón y trace una ventana a través de los objetos relevantes. Si abre la ventana de izquierda a derecha, se seleccionan todos los objetos que la ventana cubra completamente. Si abre la ventana de derecha a izquierda, selecciona sólo aquellos objetos que la ventana corte.





Las líneas o nudos que se encuentran en una superficie se pueden seleccionar sin desplazar la superficie involuntariamente: mantenga presionada la tecla [Alt] mientras abre la ventana a través de los objetos dentro de la superficie.

Seleccionar con romboide



En la vista isométrica, a veces es difícil seleccionar un objeto con una ventana rectangular. Entonces, se recomienda usar la función *Selección por romboide*.

Señale **Seleccionar** en el menú **Edición**, y luego haga clic en **Romboide** o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

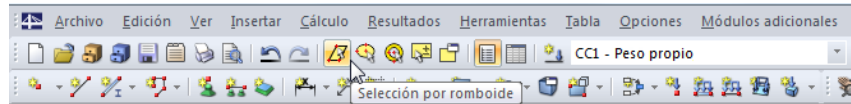


Figura 11.21: Botón *Selección por romboide*

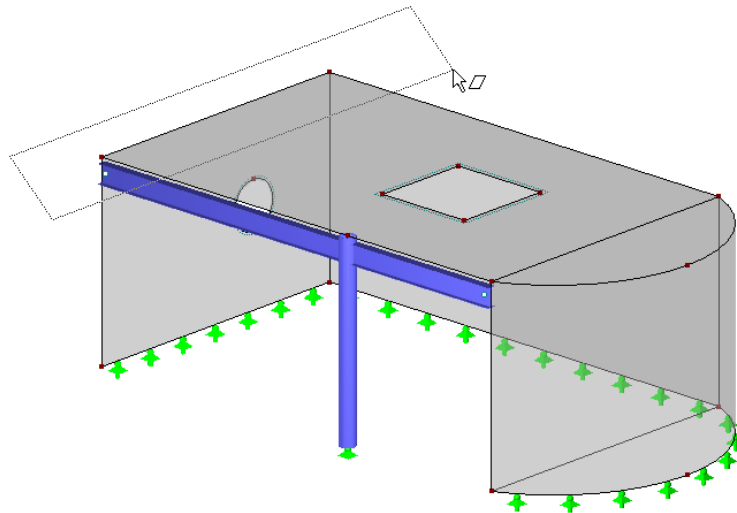


Figura 11.22: Seleccionar con romboide

Seleccionar con elipse/anillo circular



Las posibilidades para seleccionar objetos por una elipse o anillo que se pueden usar por ejemplo para superficies circulares representan una alternativa a la selección por romboide. Para acceder a las funciones correspondientes,

señale **Seleccionar** en el menú **Edición**, y luego haga clic sobre **Elipse** o **Anillo circular** o use los botones de la barra de herramientas correspondientes.

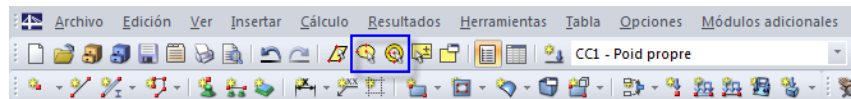


Figura 11.23: Botones *Selección por elipse* o *Anillo circular*

La zona de selección elíptica o de anillo se puede establecer haciendo clic con el ratón, definiendo el punto central y ambos radios.

Seleccionar con línea de sección



Puede seleccionar objetos por medio de una línea siguiendo cualquier dirección a través del modelo. Para acceder a la función,

señale **Seleccionar** en el menú **Edición**, y luego haga clic en **Línea de sección**.

La línea de sección se puede definir en la ventana de trabajo como una línea simple o como polígono. Haga clic sobre los puntos relevantes uno tras otro mediante un clic de ratón para definir la línea. Los puntos son independientes del plano de trabajo: la selección incluye todos los objetos cortados por la línea de intersección mostrada en la vista actual.

Después de configurar el punto final de la línea de sección, haga clic una vez más (alternativamente: haga doble clic sobre el último punto). Asegúrese de colocar este punto en un área vacía de la ventana de trabajo.

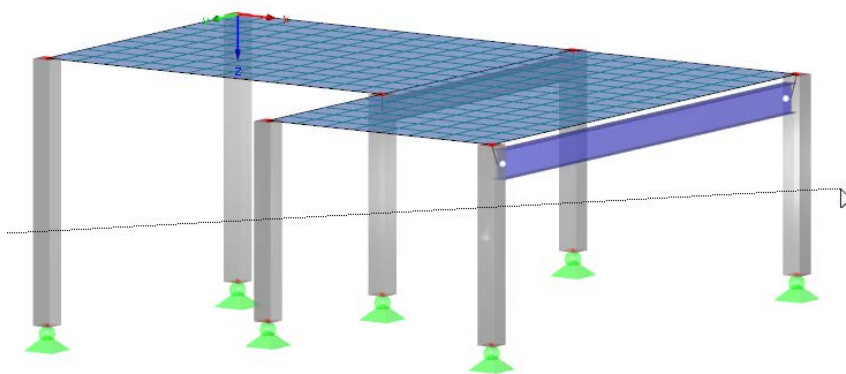


Figura 11.24: Selección de todos los pilares con una línea de sección

Seleccionar en el plano



Los objetos que se encuentran en un plano (por ejemplo superficies de cubierta) se pueden seleccionar fácilmente mediante la función de selección *En el plano*. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

señale **Seleccionar** en el menú **Edición**, y luego haga clic en **En el plano**.

Aparece un cuadro de diálogo con una configuración detallada para seleccionar los objetos y el plano.

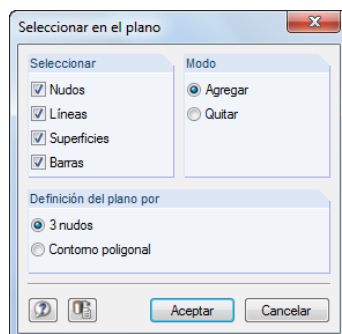


Figura 11.25: Cuadro de diálogo *Seleccionar en el plano*

Tras hacer clic en el botón [Aceptar] puede definir el plano de selección gráficamente: haga clic en *3 nudos*, o trace una cadena *Poligonal* libremente o con la ayuda de los nudos en el plano de trabajo.

Seleccionar nudos libres



Para seleccionar nudos que no se usen para definir líneas o superficies,

señale **Seleccionar** en el menú **Edición**, y luego haga clic en **Nudos libres**.

La forma más sencilla para eliminar los nudos libres seleccionados es usar la tecla [Supr].

Seleccionar objetos relacionados



Cuando seleccione por ejemplo una superficie haciendo clic, los nudos y líneas pertenecientes a la superficie no se incluyen en la selección. Para seleccionar también los componentes de los objetos,

señale **Seleccionar** en el menú **Edición**, y luego haga clic en **Objetos relacionados**.

Use esta función por ejemplo para integrar rápidamente los apoyos de barras o superficies en la selección y para guardarlos como objetos relacionados en una visibilidad definida por el usuario (ver capítulo 9.9.1.2, página 402).

11.2.2 Seleccionar objetos por criterio

La función le permite seleccionar objetos por un criterio particular. Además, los objetos específicos se pueden añadir o quitar de una selección existente.



Para abrir un cuadro de diálogo usado para la selección especial,

señale **Seleccionar** en el menú **Edición**, y luego haga clic en **Especial**

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

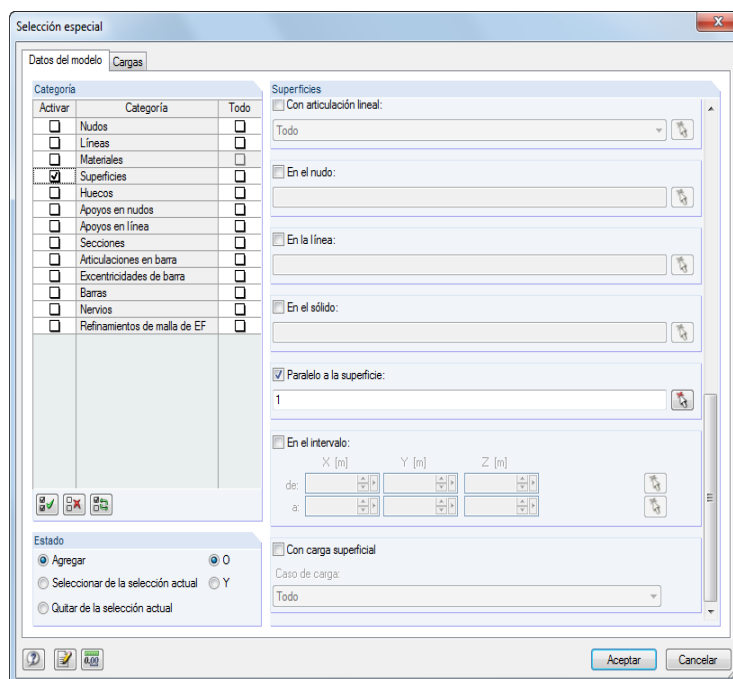


Figura 11.26: Cuadro de diálogo *Selección especial*

La selección del diálogo *Categoría* a la izquierda, enumera los objetos definidos en el modelo. La configuración en la parte derecha del cuadro de diálogo depende del objeto seleccionado. Determine un criterio de selección y especifique una configuración detallada, en caso necesario.

Ejemplo



Con la configuración mostrada en la Figura 11.26 todas las superficies que se modelan con el tipo de geometría *Plana* (losas de forjados) se seleccionan. También puede usar el botón [↖] para definir la superficie de la plantilla gráficamente.

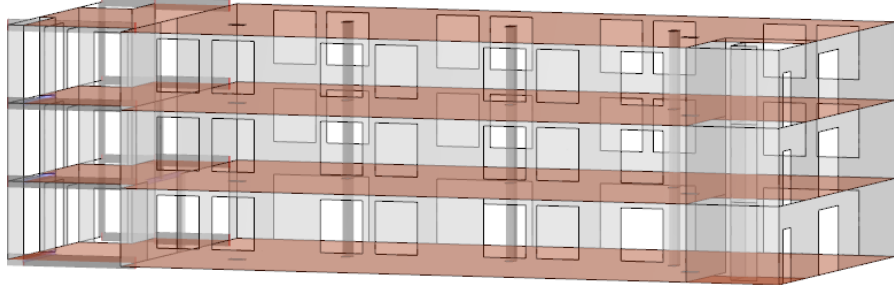


Figura 11.27: Selección de superficies planas

11.3 Ventana de trabajo

Las funciones de CAD especiales tales como los planos de trabajo, opciones de referencia, líneas auxiliares y sistemas de coordenadas definidos por el usuario le ayudan a modelar los objetos gráficamente en la ventana de trabajo.

11.3.1 Planos de trabajo

Aunque un modelo se defina en el espacio, sólo se puede representar en dos dimensiones en la pantalla. Por lo tanto, definir objetos gráficamente es un problema debido a que se debe organizar en qué plano se crean los objetos al hacer clic en la ventana gráfica. El plano de trabajo determina qué coordenadas son siempre "fijas".

Los ejes de coordenadas del plano de trabajo actualmente establecido se representan mediante dos líneas verdes ortogonales. Al punto de intersección de las líneas se le denomina "origen del plano de trabajo".

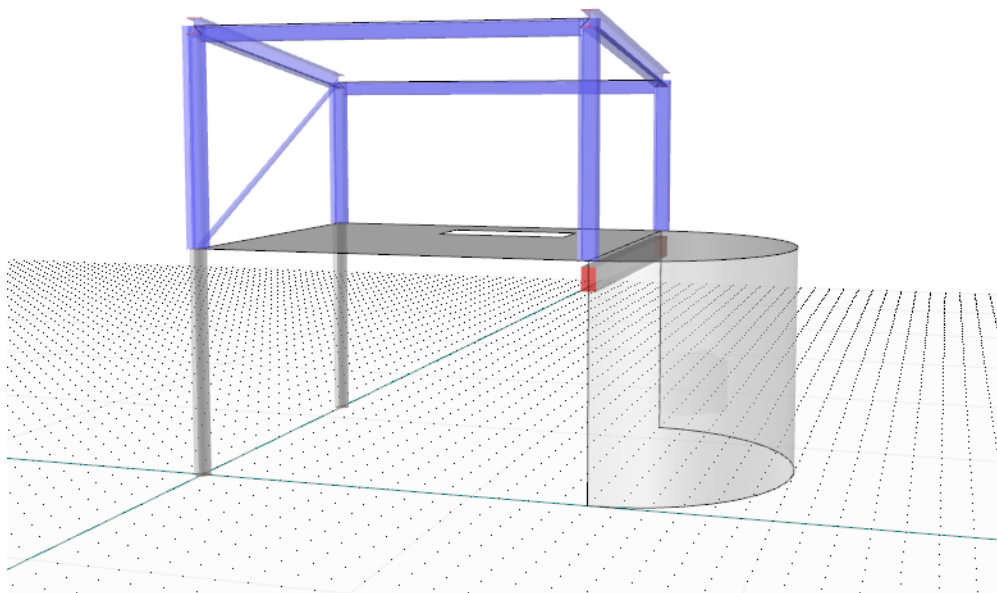


Figura 11.28: Plano de trabajo representado en el gráfico

Normalmente, un plano de trabajo recorre paralelamente uno de los planos XY, YZ o XZ globales que están cruzados por dos ejes del sistema de coordenadas global. Pero es posible también especificar un plano de trabajo directamente como un plano con cualquier inclinación, o definirlo por medio de los ejes de línea, barra y superficie.



Para abrir el cuadro de diálogo *Plano de trabajo y rejilla/forzar cursor* con los parámetros del plano de trabajo,

seleccione **Plano de trabajo, rejilla/forzar cursor, referencia a objetos, líneas auxiliares** en el menú **Herramientas**

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



Figura 11.29: Botón *Configuración del plano de trabajo*

El cuadro de diálogo mostrado en la Figura 11.34 en la página 470 aparece.

Paralelo al plano XY / YZ / XZ global

El plano de trabajo se puede alinear paralelo a uno de los siguientes planos globales.



Plano	Selección en el cuadro de diálogo <i>Plano de trabajo</i>	Selección en la barra de herramientas
XY		
YZ		
XZ		

Tabla 11.3: Selección del plano de trabajo

Para encontrar más opciones para definir planos de trabajo, señale **Seleccionar plano de trabajo** en el menú **Herramientas** o use los botones de la barra de herramientas correspondientes.

Plano por 3 puntos

En la ventana de trabajo, puede seleccionar tres puntos definiendo un nuevo plano de trabajo con el sistema de ejes *UVW*. Los puntos no se deben definir sobre una línea recta.

Plano con línea en X / Y / Z

El plano de trabajo se define por uno de los ejes globales y una línea que determina gráficamente en la ventana de trabajo. El punto cero del plano de trabajo nuevo se coloca en el nudo inicial de la línea. El eje *U* se alinea paralelo al eje global seleccionado. De esta forma, puede desplazar rápidamente el plano de trabajo por ejemplo en un área de cubierta.

Plano con eje xy / xz de barra

Los planos de los ejes xy de barra ("eje débil") o xz ("eje fuerte") se usan para definir el plano de trabajo (ver capítulo 4.17, página 157). La barra relevante se debe definir gráficamente en la ventana de trabajo. El punto cero del plano de trabajo nuevo se coloca en el nudo inicial de la barra.



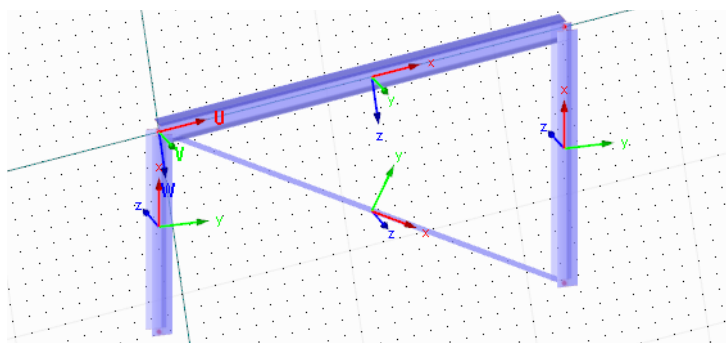


Figura 11.30: Plano de trabajo en la inclinación de la cubierta del eje xz de la barra

Plano con eje xy de superficie

El plano de trabajo se define mediante los ejes xy de una superficie que determina gráficamente en la ventana de trabajo (ver capítulo 4.4, página 91). Los ejes del nuevo plano de trabajo se denominan *UVW* (ver Figura 11.30).

Desfase del plano de trabajo

Use esta función para desplazar el plano de trabajo perpendicular al plano actual. Especifique la distancia en el cuadro de diálogo *Plano de trabajo de desfase*.

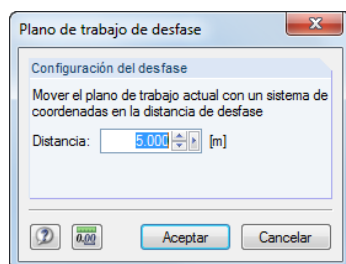


Figura 11.31: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo de desfase*



El desfase permanece activo hasta que la función se cancele en el menú.

Punto cero del plano de trabajo

El cuadro de diálogo *Plano de trabajo* (Figura 11.34) gestiona la configuración del punto cero (origen) del plano de trabajo. Use la función [^] para seleccionar un nudo en la ventana de trabajo. Haga clic en el botón [Nuevo] para definir un nudo nuevo. También es posible introducir coordenadas de cualquier punto directamente.

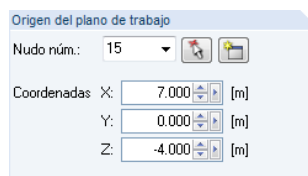


Figura 11.32: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo*, sección del diálogo *Origen del plano de trabajo*



El punto cero del plano de trabajo también se puede definir gráficamente.

Señale **Seleccionar plano de trabajo** en el menú **Herramientas**, y luego seleccione **Definir origen**

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



Figura 11.33: Botón *Establecer origen de rejilla/plano de trabajo*

11.3.2 Rejilla

Los puntos de rejilla se usan para ayudarle con la entrada gráfica en el plano de trabajo. Cuando los nudos se definen gráficamente, el puntero se acopla en los puntos de rejilla.



Las propiedades de los puntos de rejilla se gestionan en el cuadro de diálogo *Plano de trabajo y rejilla/forzar cursor*. Para abrir el cuadro de diálogo,

seleccione **Plano de trabajo, rejilla/forzar cursor, referencia a objetos, líneas auxiliares** en el menú **Herramientas**

o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda (Figura 11.29, página 467).

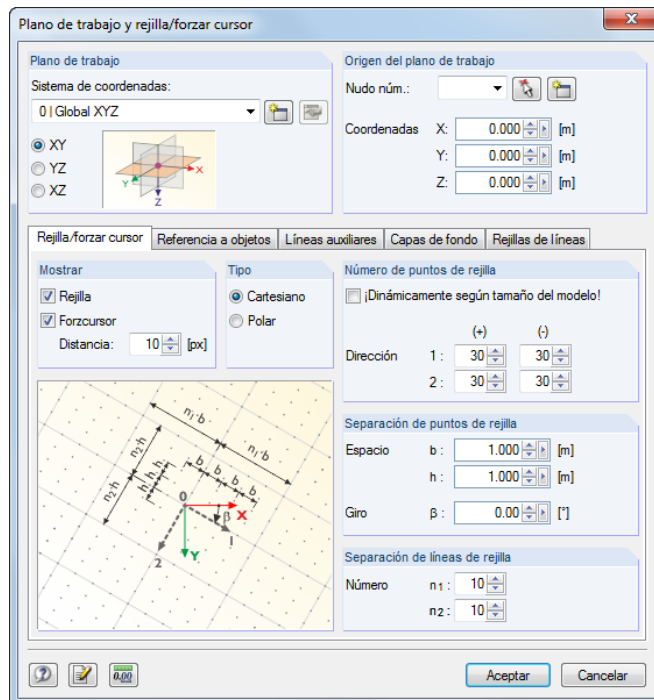
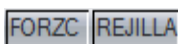


Figura 11.34: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo y rejilla/forzar cursor*

Las opciones de configuración relevantes para la rejilla están disponibles en la pestaña de diálogo *Rejilla/forzar cursor*

Mostrar

Para visualizar la rejilla en la ventana de trabajo, marque la casilla de verificación *Rejilla*. La función forzar cursor se puede habilitar o deshabilitar independientemente de la rejilla por medio de la casilla de verificación *Forzcursor*. De este modo, la función forzar cursor en los puntos de rejilla puede ser eficaz mientras la rejilla sea invisible.



Para habilitar y deshabilitar ambas funciones rápidamente, use los botones [FORZC] y [REJILLA] de la barra de estado.

Tipo

Los puntos de rejilla se pueden organizar en el sistema de coordenadas Cartesiano o Polar. Dependiendo de la sección, los contenidos de las secciones de diálogo representadas se cambian.

CARTES

Alternativamente, puede seleccionar el sistema de coordenadas por medio de los botones [CARTES], [POLAR] u [ORTO] en la barra de estado.

Número de puntos de rejilla

Cuando se establece la rejilla de tipo cartesiano, puede definir el número de puntos de rejilla para ambas direcciones de ejes por separado.

Cuando se establece la rejilla de tipo polar, puede especificar el número de círculos de rejilla concéntricos.

Cuando se marca la opción *Dinámicamente según el tamaño del modelo*, la rejilla se ajusta automáticamente a las dimensiones del modelo. De este modo, un número suficiente de puntos de rejilla siempre está disponible alrededor del modelo. Sin embargo, los puntos de rejilla requeridos se recalculan después de cada entrada, lo que ralentiza la velocidad para crear el gráfico cuando trabaja con modelos complejos.

Separación de puntos de rejilla

Cuando use la rejilla de tipo cartesiano, puede definir la separación de puntos de rejilla separadamente para las direcciones 1 y 2.

Para la rejilla de tipo polar tiene que especificar la separación radial R para los círculos de rejilla. El ángulo α controla la separación de los puntos de rejilla sobre los círculos.

Opcionalmente, es posible girar la rejilla de tipo cartesiano y polar respecto al ángulo de giro β .

En caso necesario, el número de píxeles que controlan la *distancia de forzar cursor* se puede ajustar.

11.3.3 Referencia a objetos

La referencia a objetos facilita el modelado de tipo CAD al definir las líneas. Además de los nudos, es posible activar varios puntos de referencia a lo largo de las líneas.



La configuración para la referencia a objetos se define también en el cuadro de diálogo *Plano de trabajo*. Para abrir el cuadro de diálogo,

seleccione **Plano de trabajo, rejilla/forzar cursor, referencia a objetos, líneas auxiliares** en el menú **Herramientas**

o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda Figura 11.29, página 467).

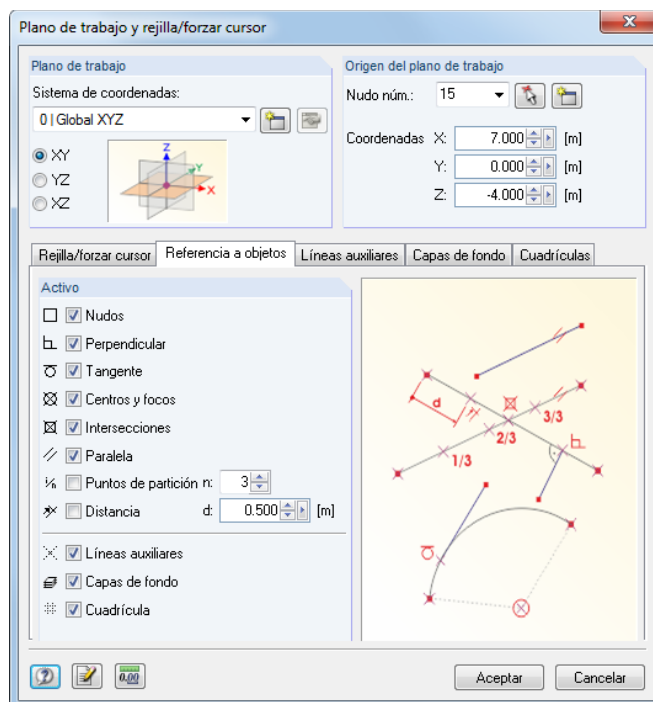


Figura 11.35: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo y rejilla/forzar cursor*

La pestaña de diálogo *Referencia a objetos* gestiona las distintas funciones de referencia.

REFENT

Para hacer más eficaces las funciones de referencia a objetos, asegúrese de que el botón [REFENT] está activado en la barra de estado.

Nudos

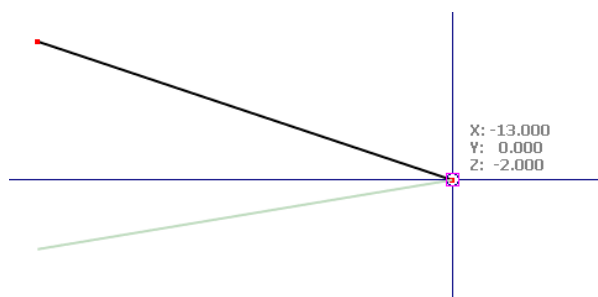


Figura 11.36: Acoplar un nudo



Al definir una nueva línea, los nudos existentes se capturan. Los puntos capturados se simbolizan mediante cuadrados.

Perpendicular

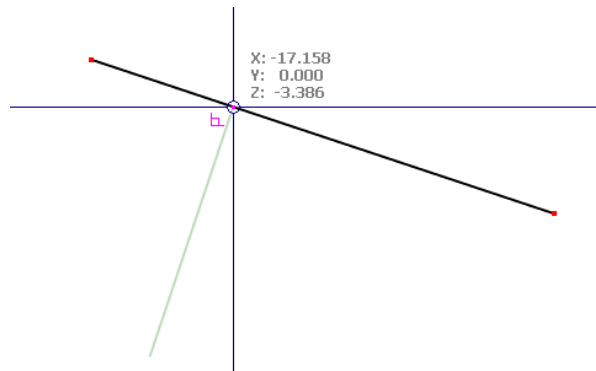


Figura 11.37: Conectar una línea perpendicularmente



Al trazar una línea, se captura el puntero al desplazarse cerca del punto perpendicular. El punto capturado se simboliza mediante un símbolo perpendicular.

Tangente

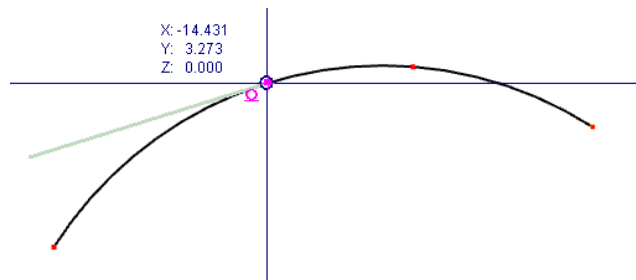


Figura 11.38: Conectar una tangente a un arco



Una tangente se crea sobre un arco circular. Al trazar una línea, se captura el puntero al desplazarse cerca del punto tangente. El punto capturado se simboliza mediante un símbolo de tangente.

Centros

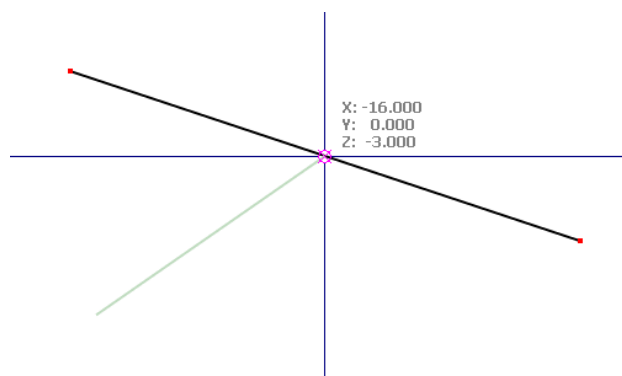


Figura 11.39: Conectar una línea en el centro



Cuando deslaza el puntero cerca del centro (medio) de una línea, se captura. El símbolo de centro aparece sobre el punto capturado.

Intersecciones

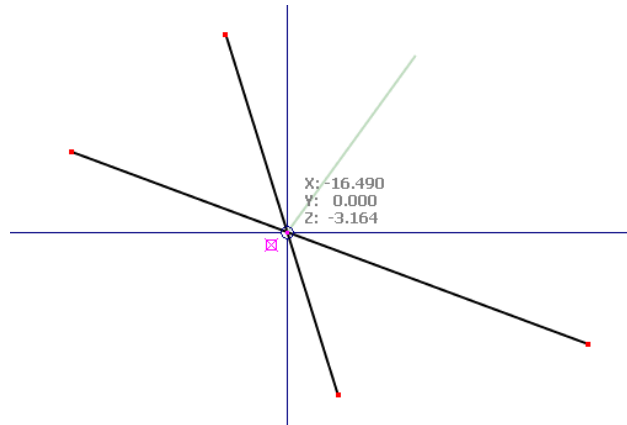


Figura 11.40: Acoplar líneas al punto de intersección



El puntero se acopla sobre el punto de intersección de dos líneas de cruce que no tienen ningún nudo en común. El punto capturado se simboliza mediante un símbolo de intersección que se muestra a la izquierda.

Paralela

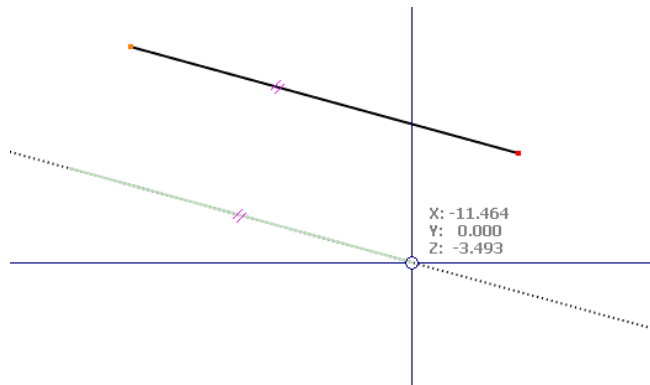


Figura 11.41: Acoplar una línea paralela



Use esta función para establecer líneas paralelas: Defina el nudo inicial de la nueva línea, y luego desplace el puntero sobre una línea modelo. Ahora, si desplaza el puntero cerca de un posible nudo extremo de la línea nueva que recorre paralelamente hacia el modelo, el símbolo de paralela que se muestra a la izquierda aparece en ambas líneas.

Puntos de partición

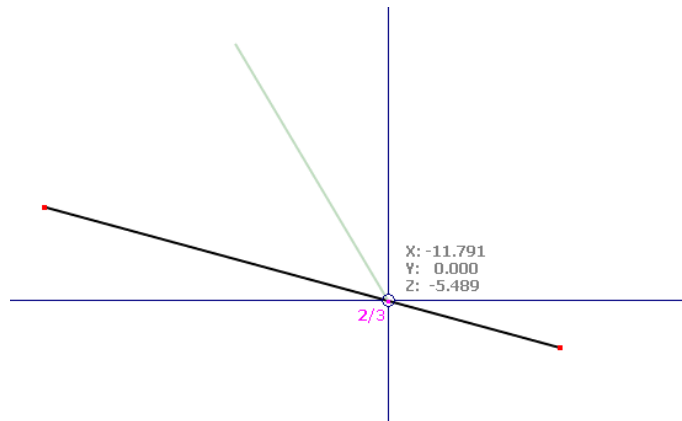


Figura 11.42: Acoplar una línea sobre el punto de partición (ejemplo: a 2/3 del punto)



En la pestaña de diálogo *Referencia a objetos* del cuadro de diálogo *Plano de trabajo*, puede introducir un número de n divisiones de línea. Cuando desplaza el puntero a lo largo de una línea, se captura sobre los puntos de partición. La partición se visualiza como una fracción sobre el puntero.

Distancia

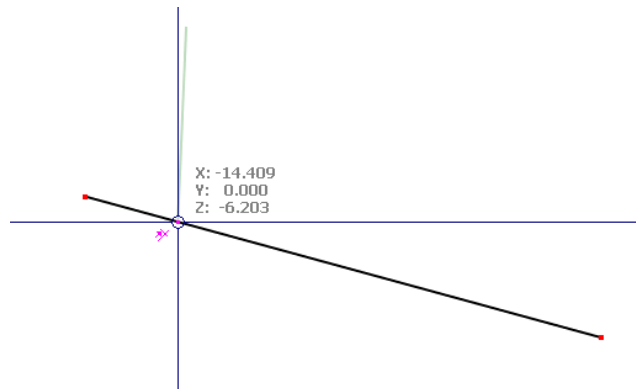


Figura 11.43: Conectar una línea en una distancia definida



En la pestaña de diálogo *Referencia a objetos* del cuadro de diálogo *Plano de trabajo*, puede introducir una distancia d para dividir una línea. Cuando desplaza el puntero a través de una línea, se acopla a la distancia definida desde el inicio y fin de la línea. El símbolo de distancia aparece sobre el puntero.

Líneas auxiliares

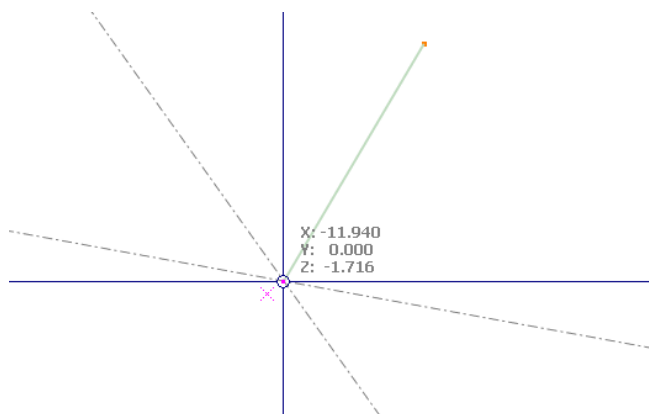


Figura 11.44: Acoplar líneas auxiliares al punto de intersección



Cuando desplaza el puntero cerca del punto de intersección de dos líneas auxiliares (ver capítulo 11.3.7, página 483) se acopla. El símbolo de intersección aparece sobre el punto capturado.

Capas de fondo

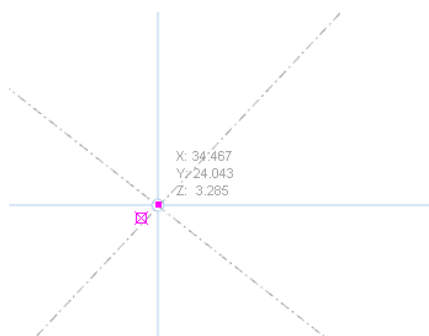


Figura 11.45: Acoplar capas de fondo sobre el punto de intersección



Use esta función para colocar nudos sobre los puntos de intersección de las capas de fondo (ver capítulo 11.3.7, página 483). El símbolo de intersección aparece sobre el punto capturado.

Rejilla de líneas

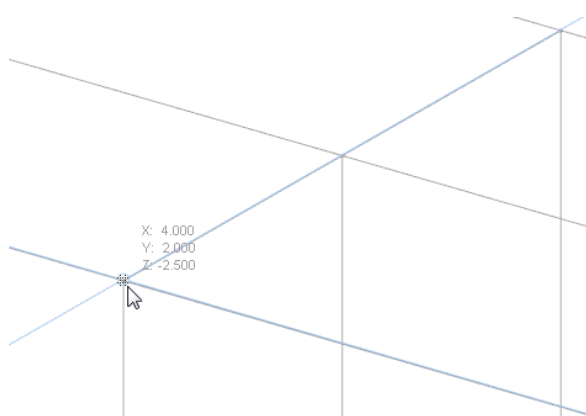


Figura 11.46: Acoplar puntos de rejilla de líneas

Use esta función para posicionar objetos en los puntos de intersección de una rejilla de líneas (ver capítulo **¡Error! Argumento de modificador desconocido.**, página 487).

11.3.4 Sistema de coordenadas

Los sistemas de coordenadas definidos por el usuario facilitan la introducción de las partes inclinadas de un modelo. No tienen nada que ver con los sistemas de ejes de líneas, superficies o barras. Como una alternativa, puede definir planos de trabajo gráficamente por medio de ejes de líneas, barras y superficies (ver capítulo 11.3.1, página 469).



Para abrir el cuadro de diálogo *Sistema de coordenadas*, seleccione **Sistema de coordenadas** en el menú **Herramientas** o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.



Figura 11.47: Botón *Sistema de coordenadas*



Puede también usar el cuadro de diálogo *Plano de trabajo y rejilla/forzar cursor* (ver Figura 3.15, página 29) donde encuentra el botón [Nuevo] para crear un sistema de coordenadas definido por el usuario.

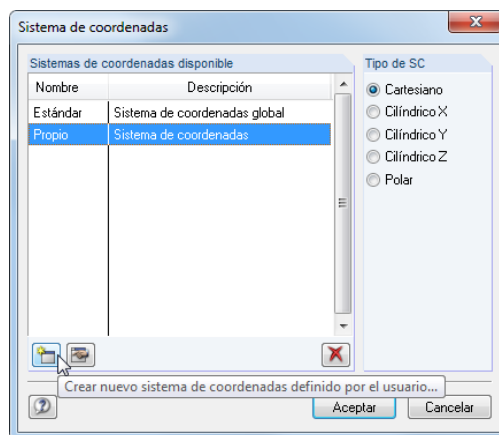


Figura 11.48: Cuadro de diálogo *Sistema de coordenadas*

Se preestablece el sistema de coordenadas *Estándar* referido a los ejes X,Y,Z globales y al origen.

Crear un nuevo sistema de coordenadas



Haga clic en el botón [Nuevo] que se muestra en la Figura 11.48 para abrir el siguiente cuadro de diálogo. Encuentra el mismo botón en el cuadro de diálogo *Plano de trabajo y rejilla/forzar cursor* (ver Figura 3.15, página 29).

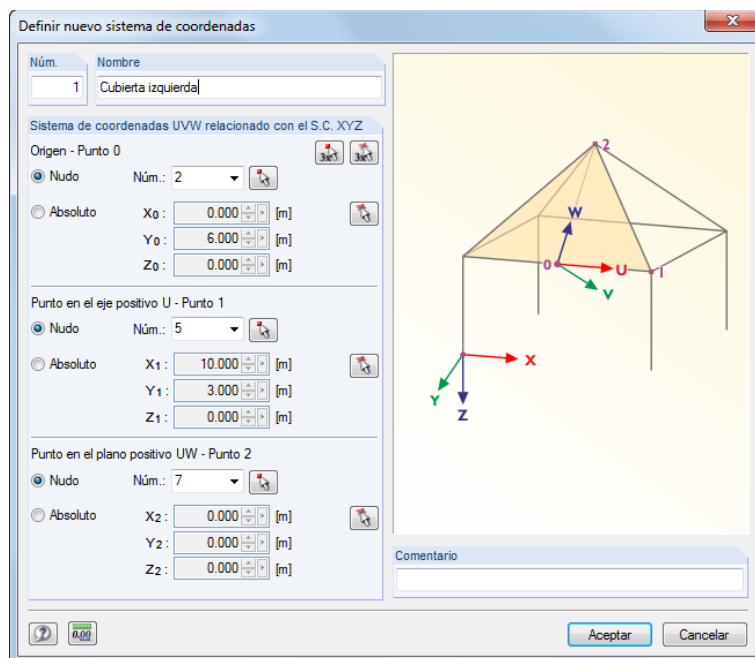


Figura 11.49: Cuadro de diálogo *Definir nuevo sistema de coordenadas*

Introduzca un *Nombre* para el nuevo sistema de coordenadas. Luego, defina el sistema de ejes con la ayuda de tres parámetros en la sección del diálogo *Sistema de coordenadas UVW relacionado con el S.C. XYZ*:

- Origen (punto cero del nuevo sistema de coordenadas)
- Punto en el eje positivo U (primer eje)
- Punto en el plano positivo UW (giro del plano respecto al eje U)

Especifique tres puntos que pueda introducir directamente o seleccionar gráficamente. Los puntos no se deben definir sobre una línea recta.

Puede usar los botones que se muestran a la izquierda para seleccionar los tres puntos uno tras otro en la ventana de trabajo (observe la secuencia cuando defina los puntos 0 hasta 2). Con el botón izquierdo puede seleccionar sólo *Nudos*, con el botón derecho puede seleccionar cualquier *Punto*. La diferencia se vuelve especialmente significativa cuando un nudo que representa un punto de definición del sistema de coordenadas se cambia. Luego, el sistema de coordenadas se ajusta automáticamente. En caso de cualquier punto, el sistema de coordenadas se fija.

Si un plano de trabajo definido por el usuario se define con la ayuda de tres puntos (ver capítulo 11.3.1, página 468), RFEM crea automáticamente un nuevo sistema de coordenadas con el nombre *Generado*.

Editar o eliminar un sistema de coordenadas

Sólo es posible editar o eliminar sistemas de coordenadas definidas por el usuario. Use los dos botones disponibles siguientes en el cuadro de diálogo *Sistema de coordenadas*.

	Modifica el sistema de coordenadas seleccionado
	Elimina el sistema de coordenadas seleccionado

Tabla 11.4: Botones en el cuadro de diálogo *Sistema de coordenadas*

Ejemplo

En la unión del pórtico, se define un nuevo sistema de coordenadas para la diagonal que se encuentra en el plano de la cubierta. El *Origen* se coloca en el nudo de esquina **6**. El nudo de esquina **4** de la barra diagonal se selecciona como *Punto en el eje positivo U*. El nudo de la base **5** del pilar se selecciona como *Punto en el plano positivo UW*.

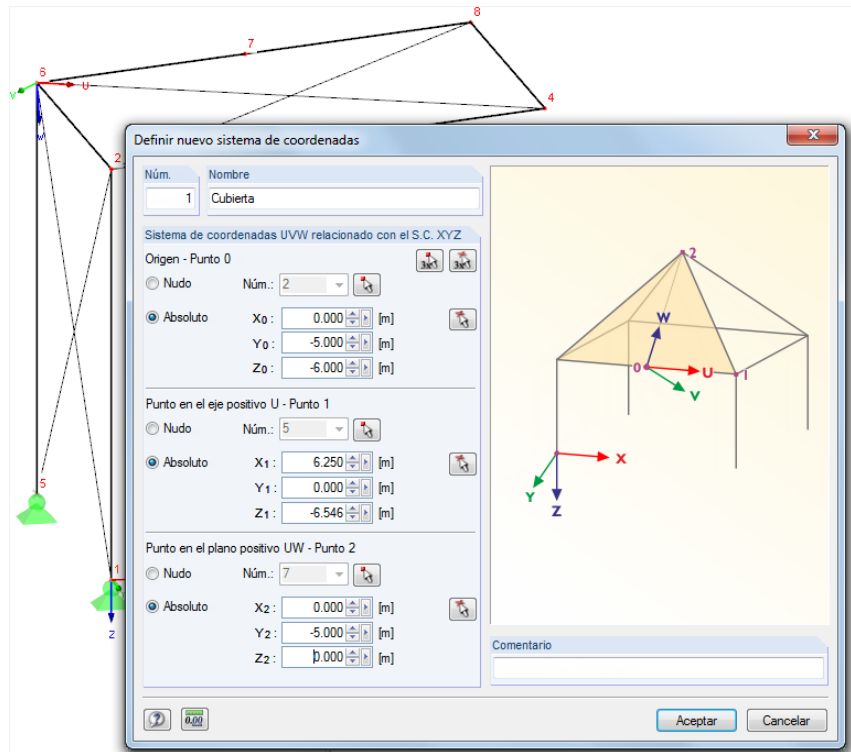


Figura 11.50: Sistema de coordenadas definido por el usuario **UVW** en una unión del pórtico

Ahora, la rejilla se refiere a los planos de trabajo UV, VW y UW donde puede definir objetos nuevos (ver capítulo 11.3.1, página 467).

11.3.5 Acotaciones

Es posible añadir líneas de cota definidas por el usuario al modelo.



Para aplicar las funciones de acotación,
 señale **Acotaciones** en el menú **Insertar**
 o use los botones de la barra de herramientas correspondientes.

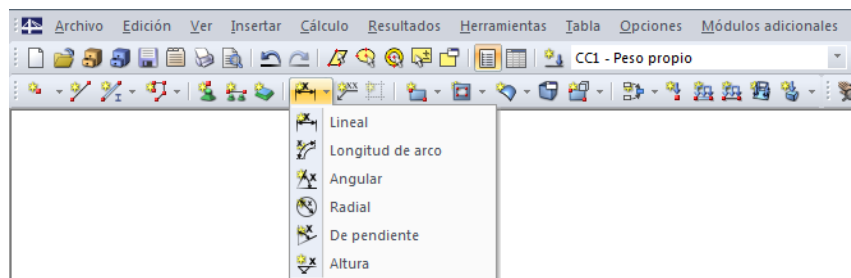


Figura 11.51: Botones de Nueva acotación

Se pueden seleccionar las siguientes opciones de acotación:

Acotación	Objetos acotados
Lineal	Longitud entre dos o varios nudos
Longitud de arco	Longitud entre los nudos de un arco
Angular	Ángulo entre tres nudos o dos líneas
Radial	Diámetro o radio del círculo y del arco
De pendiente	Ángulo de inclinación entre una línea y un plano
Altura	Nivel de altura de un nudo

Tabla 11.5: Funciones de acotación

El cuadro de diálogo *Nueva acotación* se abre. La apariencia del cuadro de diálogo depende de su selección.

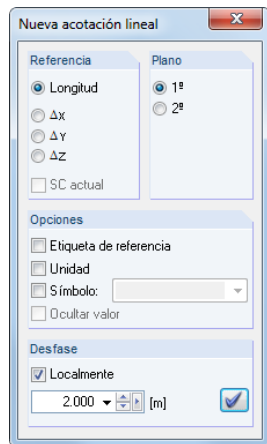


Figura 11.52: Cuadro de diálogo *Nueva acotación lineal*

Use el puntero mostrado con un símbolo de selección y haga clic en los objetos que representan los puntos de referencia de acotación uno tras otro. En la sección del diálogo *Referencia*, puede seleccionar la longitud real o la proyección en una de las direcciones del eje global.

En la sección del diálogo a la derecha, determine el *Plano* donde la línea de cota se aplique. La configuración se refiere a los ejes del sistema de coordenadas XYZ global, respectivamente a los ejes de líneas. Si cambia el plano y desplaza el puntero en el gráfico, puede ver el efecto de ambos campos de selección.

Use las cuatro casillas de verificación en la sección del diálogo *Opciones* para definir la información que aparece en los valores. Cuando selecciona *Símbolo*, puede introducir un símbolo de acotación. También es posible seleccionarlos de la lista. Marque *Ocultar valor* para cambiar el valor de medida de manera que sólo aparezca el símbolo.

El *Desfase* determina la distancia de la línea de cota del primer nudo seleccionado. La distancia se puede definir también gráficamente usando el puntero del ratón. Para definir finalmente la línea de cota, haga clic en la ventana de trabajo o use el botón [Definir acotación] que se muestra a la izquierda.

Para definir una acotación en cadena con igual desfase, haga clic en los nudos por separado uno tras otro, y luego especifique el desfase.



Para definir la representación de líneas de cota, use el navegador *Mostrar* o el menú contextual general (haga clic con el botón secundario sobre el área libre del objeto de la ventana de trabajo).

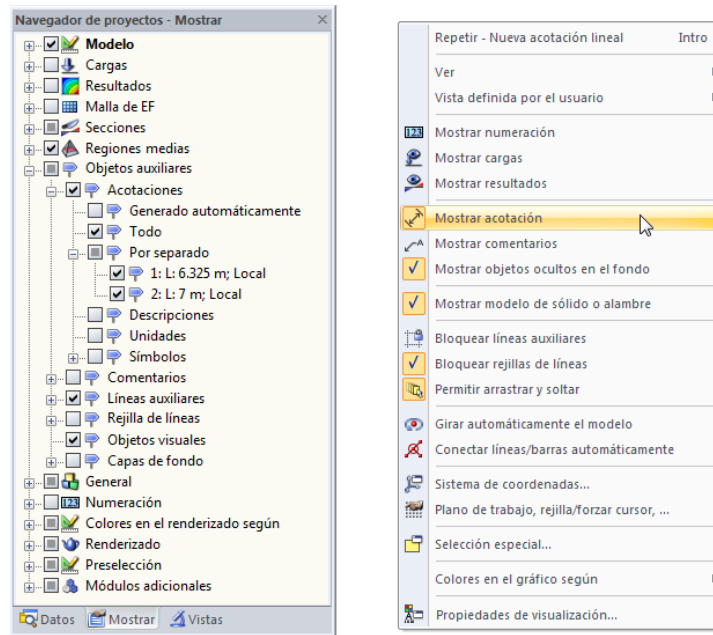


Figura 11.53: Navegador *Mostrar* (*Objetos auxiliares* → *Acotaciones*) y el menú contextual general



Cuando la geometría del modelo se modifica, las acotaciones se ajustan automáticamente.

Para abrir el cuadro de diálogo *Editar acotación*, haga doble clic en la acotación relevante. De esta forma, puede ajustar subsecuentemente el desfase. Sin embargo, si desea relacionar la línea de cota con otros nudos o líneas, elimine la primera cota. Entonces puede redefinirla.

11.3.6 Comentarios

Hay dos tipos de comentarios:

- Comentarios en cuadros de diálogo y tablas (ver capítulo 11.1.4, página 453)
- Comentarios en la ventana de trabajo

Este capítulo describe cómo los comentarios se establecen gráficamente.

Puede poner comentarios referidos a nudos y centros de líneas y barras. Se pueden también colocar en cualquier sitio en el plano de trabajo actual o en un plano global.



Para abrir el cuadro de diálogo para aplicar comentarios,

seleccione **Comentarios** en el menú **Insertar**

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

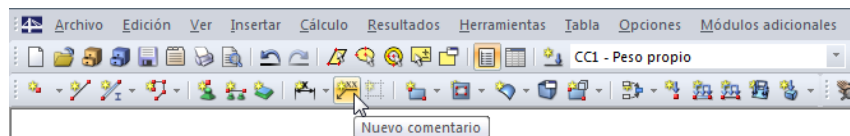


Figura 11.54: Botón *Nuevo comentario*

El cuadro de diálogo *Nuevo comentario* se abre.

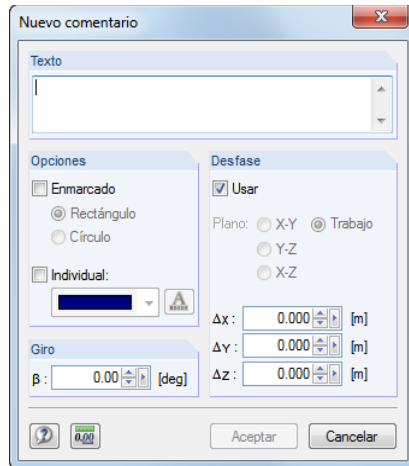


Figura 11.55: Cuadro de diálogo *Nuevo comentario*



Introduzca el texto del comentario en la sección del diálogo *Texto*. La apariencia del comentario relativa a los colores y [Fuentes] se puede ajustar en la sección del diálogo *Opciones*. Opcionalmente, el comentario está *Enmarcado* por un *Rectángulo* o *Círculo*.

El *Giro* del comentario le permite una disposición de texto del comentario definida por el usuario.

Si la casilla de verificación en la sección del diálogo *Desfase* se marca, el comentario se dispone a una distancia específica del objeto. Puede definir la distancia también gráficamente: Primero, haga clic en el objeto después de introducir el texto del comentario. Luego, use el puntero para localizar la posición apropiada donde introduce el texto del comentario con otro clic de ratón. RFEM muestra el plano de trabajo actual de manera que pueda posicionar el comentario correctamente. En caso necesario, puede cambiar el plano de trabajo antes de posicionar el comentario.

Para definir la representación de comentarios, use el navegador *Mostrar* o el menú contextual general (haga clic con el botón secundario sobre el área libre del objeto de la ventana de trabajo, ver figura siguiente).

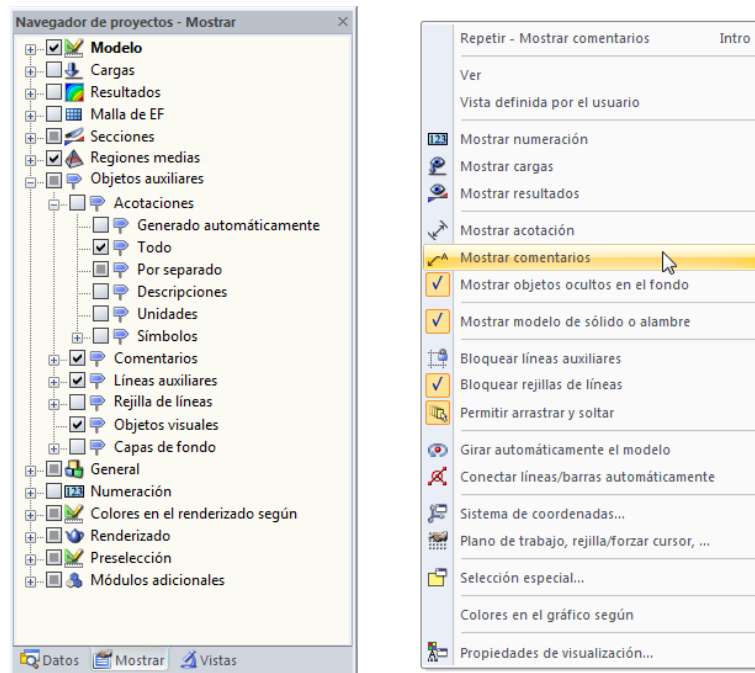


Figura 11.56: Navegador *Mostrar* (*Objetos auxiliares* → *Comentarios*) y menú contextual general



Cuando se modifica la geometría del modelo, los comentarios se ajustan automáticamente.

Los textos del comentario que incluyen desfase se pueden editar subsecuentemente: haga doble clic en el comentario en la ventana de trabajo o en su entrada en el navegador *Datos*.



Puede cambiar los comentarios usando la función arrastrar y soltar (para copiar: mantenga presionada la tecla [Ctrl]). Tenga en cuenta lo siguiente: cuando "capta" la flecha del comentario gráfico en su cabeza, desplaza todo el comentario. Cuando la "capta" sobre el texto, la cabeza de flecha continúa señalando los objetos de manera que la posición del texto del comentario se pueda ajustar en el plano de trabajo.

11.3.7 Líneas auxiliares

Las líneas auxiliares representan una rejilla de ejes y filas debajo del espacio de trabajo gráfico. Los puntos de intersección de las líneas auxiliares son a su vez puntos de referencia para la entrada gráfica, siempre que la función forzar cursor para *Líneas auxiliares-Intersecciones* se active en la referencia a objetos (ver capítulo 11.3.3, página 476).

Las líneas auxiliares no necesitan estar paralelas a los ejes del sistema de coordenadas XYZ global. Los ángulos se pueden especificar libremente. Puede incluso definir una disposición polar de las líneas auxiliares. También las separaciones entre líneas auxiliares pueden ser arbitrarias.

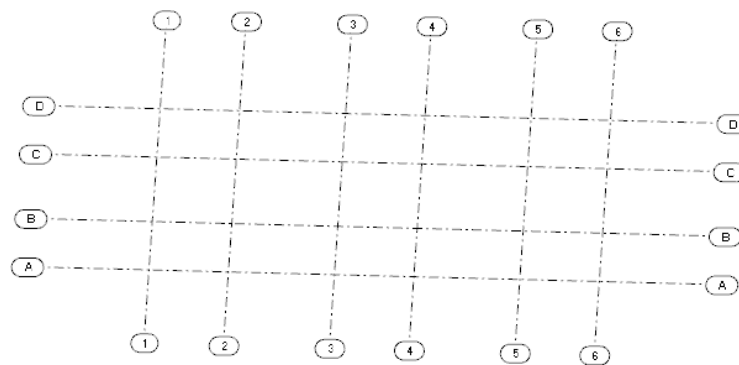


Figura 11-57: Rejilla de líneas auxiliares

Crear líneas auxiliares

Entrada del diálogo

Para abrir el cuadro de diálogo para crear una línea auxiliar nueva, señale **Líneas auxiliares** en el menú **Insertar**, y luego seleccione **Cuadro de diálogo** o use el menú contextual en el navegador *Datos*.

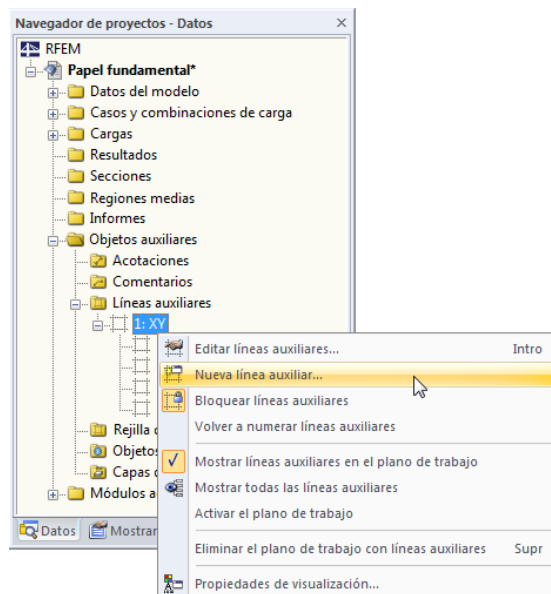


Figura 11.58: Menú contextual de *Líneas auxiliares* en el navegador *Datos*

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

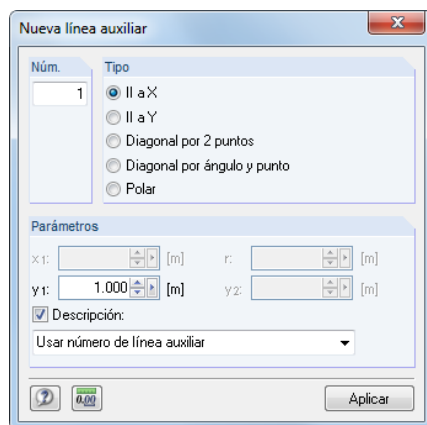


Figura 11.59: Cuadro de diálogo *Nueva línea auxiliar*

El programa asigna el *Núm.* de la línea auxiliar, pero es posible ajustarlo en caso necesario.

Con las opciones en la sección del diálogo *Tipo* decide cómo se crea la línea auxiliar (ver tabla siguiente).

Tipo	Aclaración
Il a X / Y / Z(paralelo al eje X, Y o Z global)	La línea auxiliar se crea paralela a uno de los ejes globales. Especifique las distancias x_1 / y_1 / z_1 de los ejes respectivos globales en la sección del diálogo <i>Parámetros</i> .
Diagonal por 2 puntos	En la sección del diálogo <i>Parámetros</i> , introduzca las coordenadas de dos puntos en el plano de trabajo actual para definir la línea auxiliar.
Diagonal por ángulo y punto	Las coordenadas de un punto y un ángulo de giro se deben especificar en la sección del diálogo <i>Parámetros</i> . La línea auxiliar se crea en el plano de trabajo actual.
Polar	En la sección del diálogo <i>Parámetros</i> , se debe especificar el punto central y el radio para la línea auxiliar circular.

Tabla 11.6: Tipos de líneas auxiliares



Introduzca los parámetros individuales en los campos de entrada o determínelos gráficamente en la ventana de trabajo usando la función [↵].

Cuando la casilla de verificación *Descripción* se marque, puede introducir una descripción para la línea auxiliar en el campo de entrada. También puede seleccionar una descripción de la lista.

Entrada gráfica

Para definir una línea auxiliar gráficamente,



- señale **Líneas auxiliares** en el menú **Insertar**, y luego seleccione **Gráficamente**
- use el botón [Nueva línea auxiliar gráficamente] que se muestra a la izquierda o
- capte un eje del plano de trabajo y desplácelo en una dirección paralela (sólo es posible si las líneas auxiliares no están bloqueadas, ver siguiente).

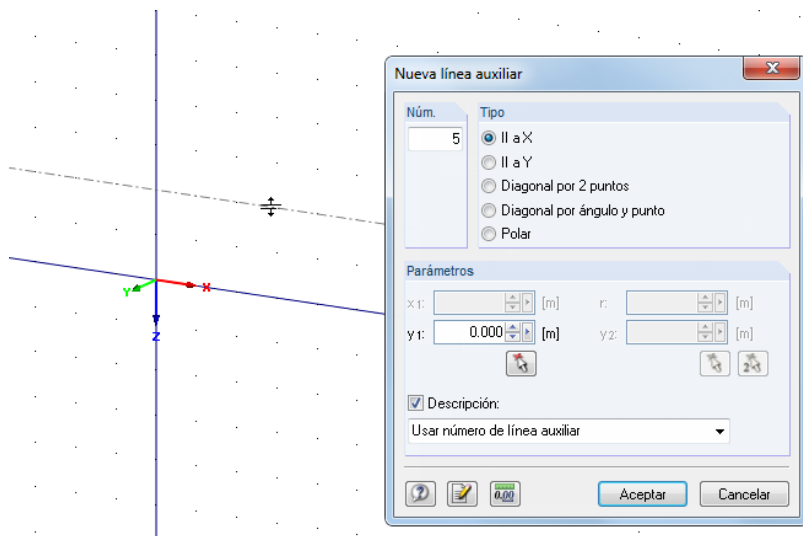


Figura 11.60: Crear una línea auxiliar gráficamente

El cuadro de diálogo *Nueva línea auxiliar* se describe anteriormente.

Editar y eliminar líneas auxiliares

Para abrir el cuadro de diálogo para editar líneas auxiliares, haga doble clic en una línea auxiliar en el gráfico o su entrada en el navegador *Datos*



Si la línea auxiliar no se puede seleccionar en el gráfico, se bloquea (ver siguiente). Las líneas auxiliares se pueden desbloquear rápidamente de la siguiente manera: haga clic con el botón secundario en un espacio de la ventana de trabajo y desactive la opción *Bloquear líneas auxiliares* en el menú contextual.

Otra posibilidad para editar líneas auxiliares es seleccionar *Plano de trabajo, rejilla/forzar cursor, referencia a objetos, líneas auxiliares* en el menú *Herramientas*, o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. Un cuadro de diálogo se abre, donde puede usar la pestaña *Líneas auxiliares* no sólo para activar la referencia sino para editar, eliminar u ocultar y visualizar líneas auxiliares así como crear nuevas líneas auxiliares.

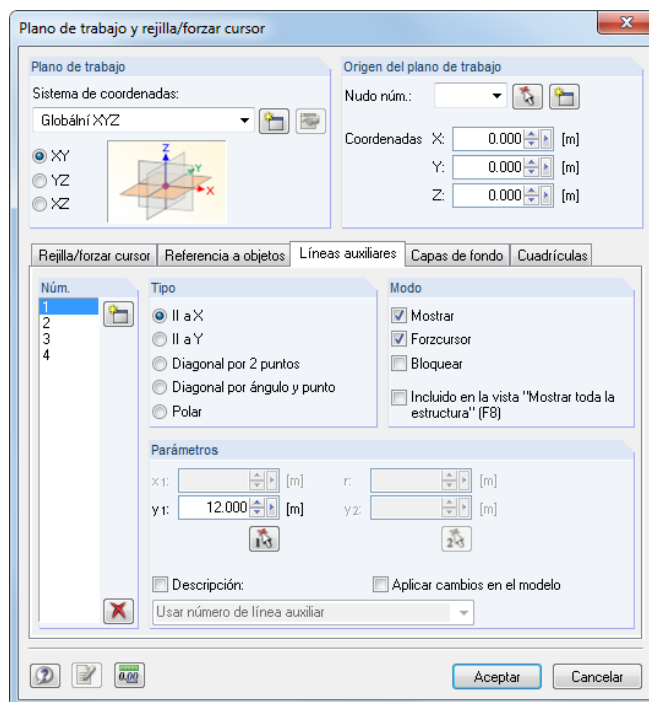
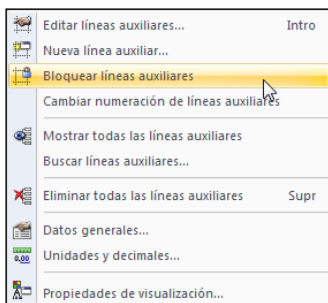


Figura 11.61: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo y rejilla/forzar cursor*, pestaña *Líneas auxiliares*

Las líneas auxiliares se pueden eliminar en la ventana de trabajo y en el navegador *Datos*: Haga clic con el botón secundario en la línea auxiliar, y luego seleccione *Eliminar* o *Eliminar línea auxiliar* en el menú contextual.



Menú contextual de líneas auxiliares

Bloquear líneas auxiliares

Cuando las líneas auxiliares se bloquean, no se pueden seleccionar, editar, desplazar o eliminar. De esta forma, no afectan a la entrada gráfica de los objetos. Sin embargo, la función forzar cursor en los puntos de intersección permanece activa.

Para bloquear o desbloquear todas las líneas auxiliares,

- haga clic con el botón secundario y seleccione *Bloquear líneas auxiliares* en el menú contextual
- señale **Líneas auxiliares** en el menú **Edición**, y luego seleccione **Bloquear** o
- haga clic con el botón secundario *Líneas auxiliares* en el navegador *Datos* y seleccione *Bloquear líneas auxiliares* en el menú contextual.

Copiar y desplazar líneas auxiliares

Las líneas auxiliares son objetos gráficos normales para los cuales puede usar todas las funciones de edición comunes.

Para desplazar o copiar una línea auxiliar, primero seleccione la línea auxiliar. Luego, puede aplicar la función descrita en el capítulo 11.4.1 en la página 495.

Mostrar líneas auxiliares

El navegador *Mostrar* controla la representación gráfica de líneas auxiliares en detalle (ver la siguiente figura).

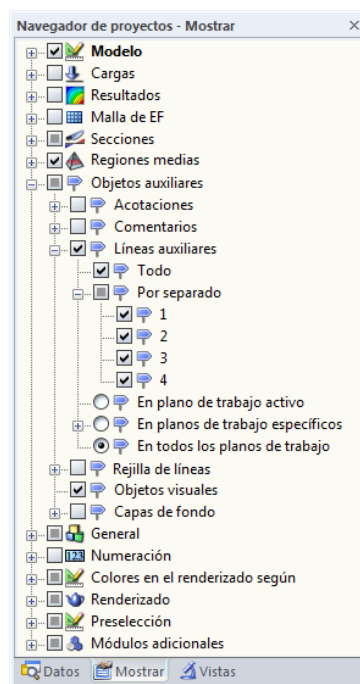


Figura 11.62: Configuración de las líneas auxiliares en el navegador *Mostrar*

11.3.8 Rejilla de líneas

Las rejillas de líneas definidas por el usuario le ayudan a modelar estructuras compuestas de superficies, emparrillados de viga o rejillas. Los puntos de intersección de la rejilla representan la definición de puntos para superficies, líneas y barras.

Es posible usar varias rejillas de líneas en un modelo.

Crear rejilla de líneas

Para abrir el cuadro de diálogo para crear una rejilla de líneas nueva,



seleccione **Rejilla de líneas** en el menú **Insertar** o use el menú contextual en el navegador *Datos*.

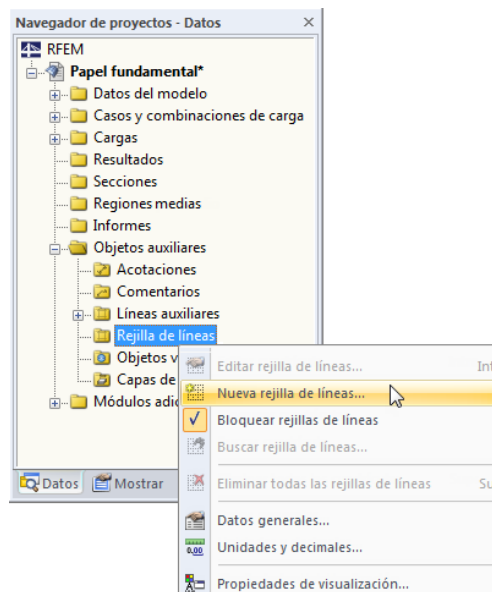


Figura 11.63: Menú contextual de la *Rejilla de líneas* en el navegador *Datos*

El cuadro de diálogo *Rejilla de líneas* aparece donde puede definir la rejilla nueva.

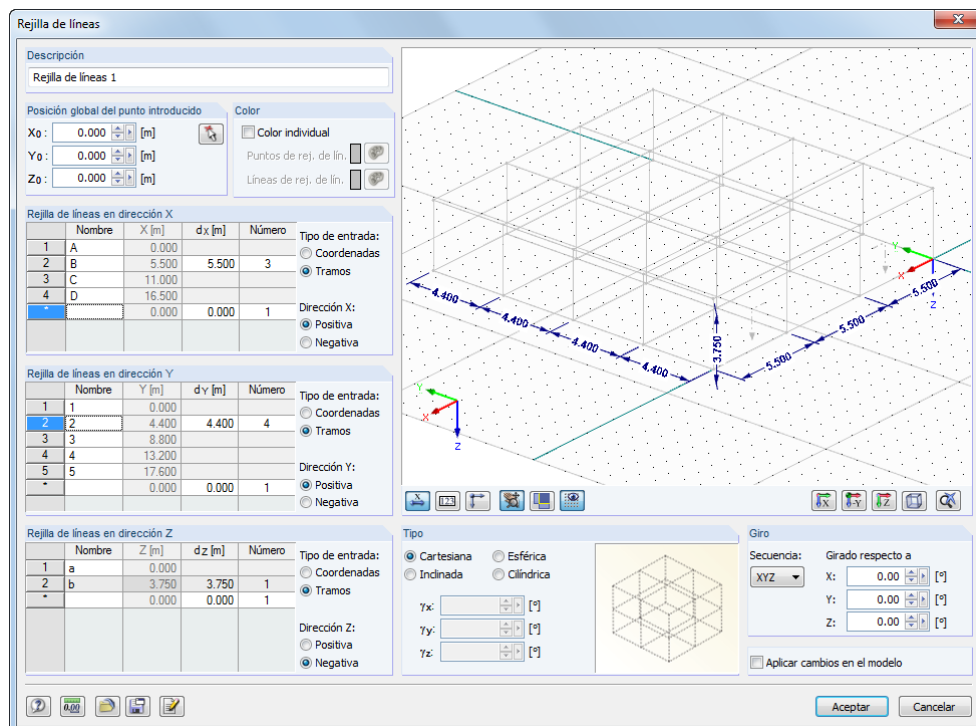


Figura 11.64: Cuadro de diálogo *Rejilla de líneas*



La *Posición global del punto introducido* define el origen de la rejilla de líneas. Las coordenadas se pueden introducir o seleccionar en la ventana de trabajo usando la función [↵].

La sección del diálogo *Tipo* debajo del gráfico del diálogo ofrece las siguientes opciones para definir el sistema de rejillas antes de introducir más datos:

- Cartesiana
- Esférica
- Inclinada (rejilla que se puede girar para cada eje respecto a cualquier ángulo de giro γ)
- Cilíndrica

El gráfico pequeño a la derecha es interactivo con el requisito tipo.

En las secciones del diálogo *Rejilla de líneas en dirección X/Y/Z*, introduce las distancias d y el *Número de vanos* para cada dirección. El *Nombre* se preestablece, pero se puede ajustar. También es posible introducir las *Coordenadas* de las distancias o ajustarlas subsecuentemente.

Las opciones *Positiva* y *Negativa* determinan en qué dirección del eje global se crea la rejilla de líneas.

Con la sección del diálogo *Giro* en el botón de esquina derecho tiene la posibilidad de girar la rejilla de líneas respecto a un eje: primero, seleccione la *Secuencia* que determina el orden de los ejes X', Y' y Z' locales de la rejilla. Luego, introduzca el ángulo de giro para los ejes X, Y y Z globales en los campos de entrada para *Girada respecto a*. Puede también usar los botones del campo [►] para definir el giro del apoyo gráficamente.



Una gran parte del cuadro de diálogo está previsto de la ventana gráfica donde la entrada se representa gráficamente inmediatamente. Los botones bajo la ventana son familiares, los conoce de RFEM. Controlan la representación para la acotación, numeración, ejes y vista. También es posible usar las opciones de control de ratón para un gráfico de diálogo grande (ver capítulo 3.4.9, página 36).



Cada rejilla de líneas se puede guardar como plantilla y reusarla más tarde. Ambos botones que se muestran a la izquierda se usan para [Guardar] y [Cargar] datos de rejilla.



Después de cerrar el cuadro de diálogo, puede establecer objetos en los nudos de rejilla. Asegúrese de que la referencia a objetos se active (ver capítulo 11.3.3, página 471).

11.3.9 Objetos visuales

Los objetos visuales son objetos 3D que se usan por ejemplo en programas de diseño arquitectónico para representar diseños de modelos próximos a la realidad (por ejemplo gente, coches, árboles, texturas etc.). Puede también integrar objetos 3D en el modelo de RFEM para demostrar las proporciones del modelo.

Cargar objeto visual

Para abrir el cuadro de diálogo para importar un objeto visual,



seleccione **Objeto visual** en el menú **Insertar**

o use el menú contextual en el navegador *Datos*.

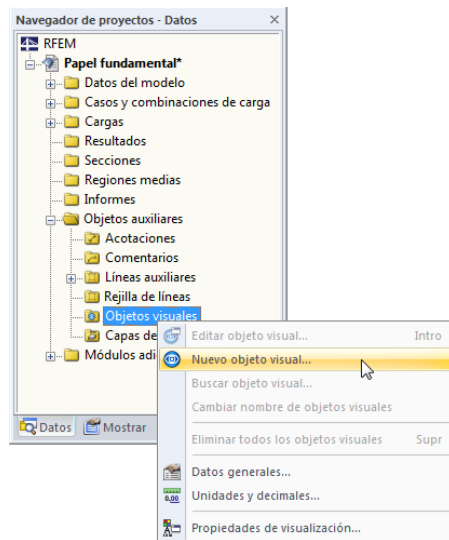


Figura 11.65: Menú contextual en el navegador *Datos*, *Objetos auxiliares* → *Objetos visuales*

El cuadro de diálogo *Nuevo objeto visual* se abre donde tiene que especificar la *Descripción* y el *Nombre de archivo*.

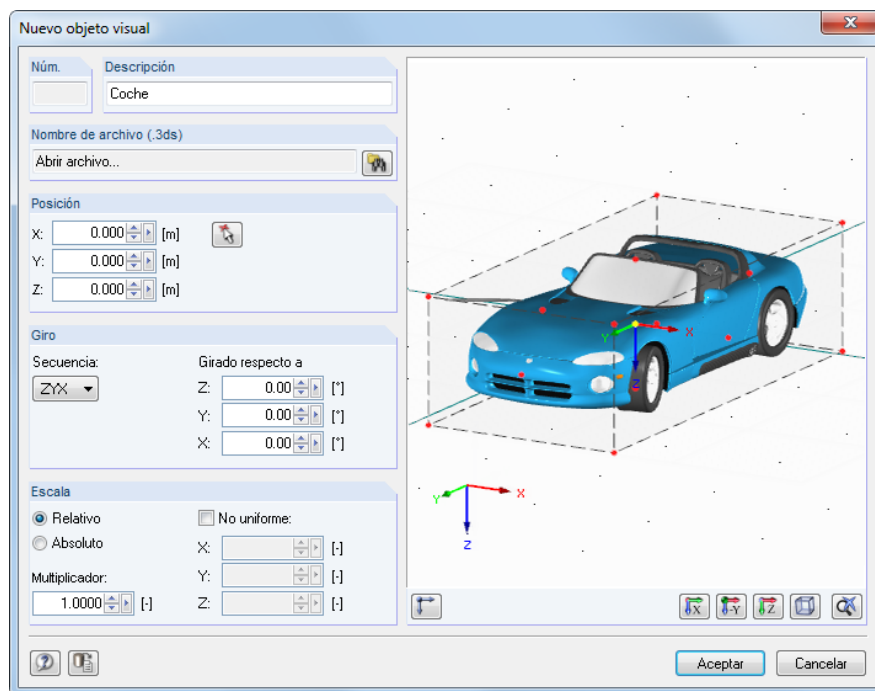


Figura 11.66: Cuadro de diálogo *Nuevo objeto visual*



El objeto visual debe estar en formato *.3ds*. Use el botón [Examinar] para seleccionar el archivo en el cuadro de diálogo de Windows *Abrir*.



Defina la *Posición* del objeto en el modelo introduciendo las coordenadas. Puede también usar la función [↖] para definirla gráficamente en la ventana de trabajo. El punto de referencia del objeto 3D se indica mediante un color de selección en el gráfico a la derecha.

Además, es posible definir un *Giro* del objeto o la *Escala* del objeto.

Haga clic en [Aceptar] para insertar el objeto en el modelo.

Es posible acceder al cuadro de diálogo de edición de un objeto visual haciendo doble clic sobre el objeto en el gráfico o en el navegador *Datos*.

11.3.10 Capas de fondo

Un archivo DXF se puede importar como capa de fondo y usar para la entrada gráfica de objetos. En contraste a la importación de DXF (ver capítulo 12.5.2, página 617) donde el modelo completo se carga convirtiéndose en nudos y líneas, las capas de fondo representan algún tipo de hojas transparentes para el modelo específico.

Es posible usar varias capas de fondo en un modelo.

Crear capa de fondo

Para abrir el cuadro de diálogo para crear una capa de fondo nueva, seleccione **Capa de fondo** en el menú **Insertar** o use el menú contextual en el navegador *Datos*.

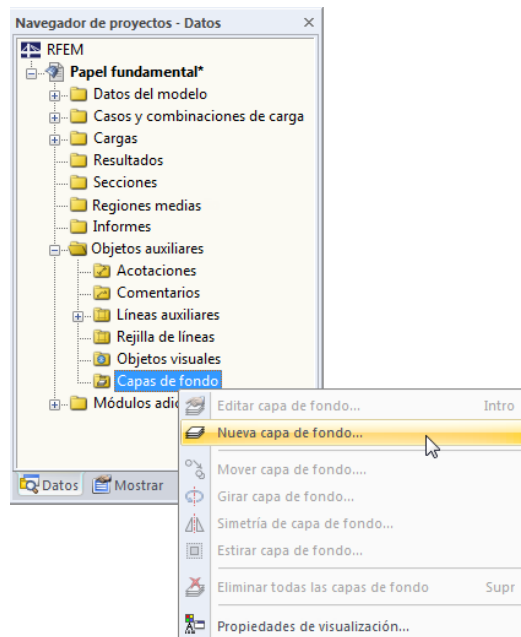


Figura 11.67: Menú contextual de *Capas de fondo* en el navegador *Datos*

El cuadro de diálogo de Windows *Abrir* aparece. Introduzca el directorio y el nombre del archivo DXF.

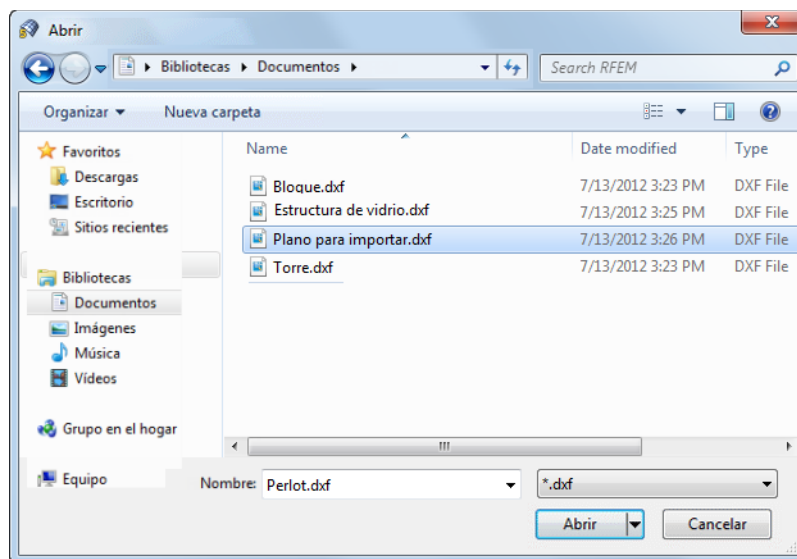
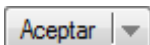


Figura 11.68: Cuadro de diálogo *Abrir*



Haga clic en el botón [Abrir] para acceder al cuadro de diálogo *Capas de fondo*.

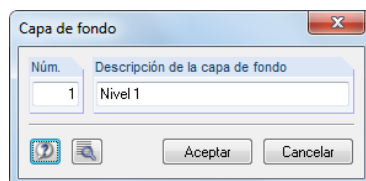


Figura 11.69: Cuadro de diálogo *Capa de fondo*

El *Núm.* de la capa es asignado por el programa. En la sección del diálogo *Descripción de la capa de fondo*, puede introducir cualquier nombre facilitando más tarde la designación.



Use el botón [Editar] que se muestra a la izquierda para acceder a una configuración más avanzada para la importación de DXF. Los detalles en el cuadro de diálogo se pueden encontrar en la Figura 12.49 en la página 617.

Después de hacer clic en [Aceptar], RFEM importa la capa que aparece en gris en el fondo de la ventana de trabajo. En el modelo de línea, puede definir ahora nudos, líneas y barras.

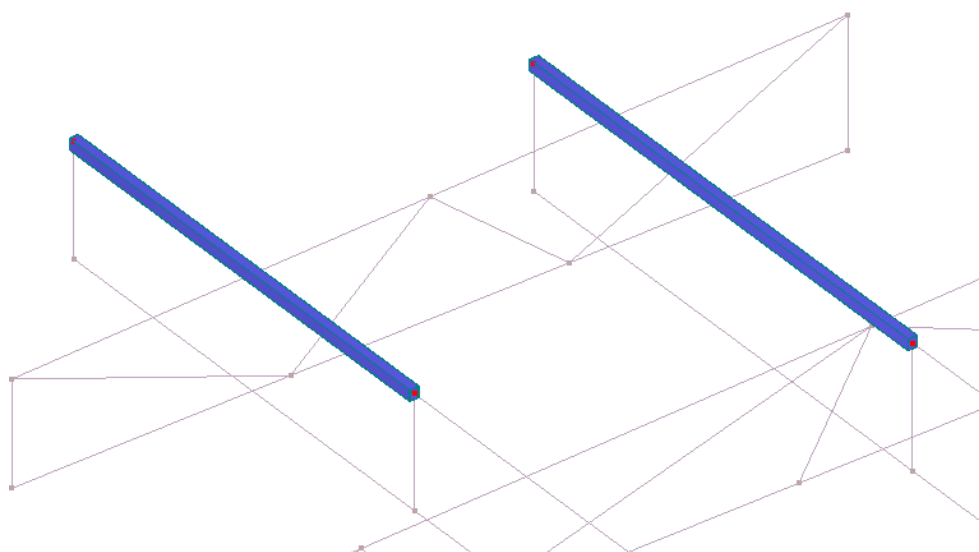


Figura 11.70: Definir barras con capa de fondo



Asegúrese de que la referencia a objetos para las capas de fondo se active de forma que pueda organizar objetos en los puntos disponibles en la capa. Para activar la referencia a objetos para los puntos DXF, use el botón [DXF] en la barra de estado. Alternativamente, seleccione *Plano de trabajo, rejilla/forzar cursor, referencia a objetos, líneas auxiliares* en el menú *Herramientas*, o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

El cuadro de diálogo *Plano de trabajo y rejilla/forzar cursor* se abre. En la pestaña de diálogo *Capas de fondo*, no sólo es posible activar la referencia sino editarla, eliminarla u ocultarla y mostrar las capas así como crear nuevas.

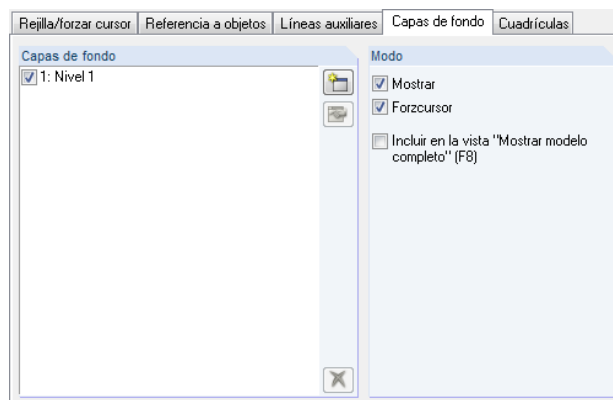


Figura 11.71: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo y rejilla/forzar cursor*, pestaña *Capas de fondo* (sección del diálogo)

Editar, eliminar o copiar la capa de fondo



Para abrir el cuadro de diálogo de edición, haga doble clic sobre la capa de fondo o la entrada relevante en el navegador *Datos* (ver Figura 11.67, página 491). También puede usar la pestaña de diálogo *Capas de fondo* disponible en el cuadro de diálogo para la configuración del plano de trabajo (ver Figura 11.71): después de seleccionar la capa en la lista, la puede [Editar].

Es posible también eliminar una capa de fondo en el navegador *Datos*.

Para desplazar, copiar o reflejar una capa de fondo, seleccione la primera capa. Luego, puede aplicar la función descrita en el capítulo 11.4.1 en la página 495.

Representación de capas de fondo

El navegador *Mostrar* controla la representación de capas de fondo en detalle.

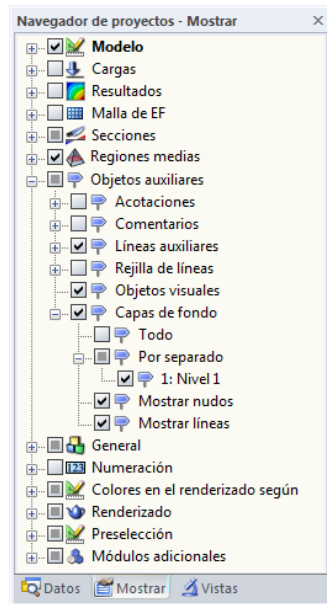


Figura 11.72: Configuración de capa de fondo en el navegador *Mostrar*

11.3.11 Márgenes y factores de estiramiento

En la mayoría de casos, se requiere cambiar la disposición de pantalla completa o la escala del modelo en la ventana de trabajo. Pero si tiene que ajustar los parámetros de visualización global,

seleccione **Mostrar márgenes y factores de estiramiento** en el menú **Opciones** para abrir un cuadro de diálogo gestionando la configuración predeterminada.

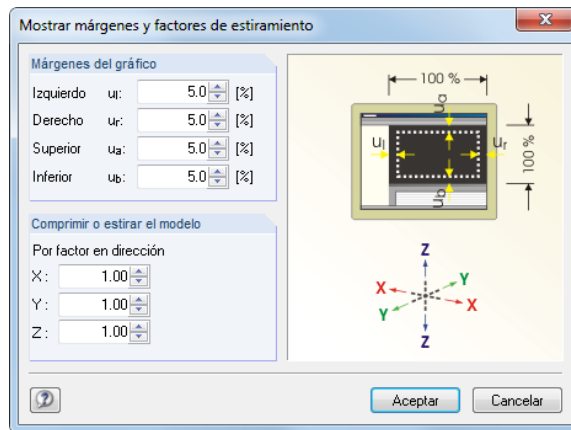
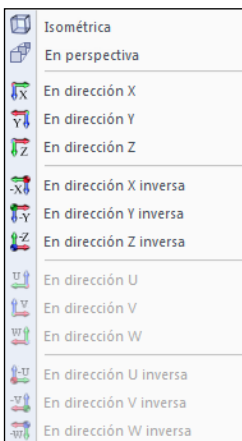


Figura 11.73: Cuadro de diálogo *Mostrar márgenes y factores de estiramiento*



Botones del elemento de menú *Seleccionar vista*

La configuración en la sección del diálogo *Márgenes del gráfico* determina las distancias mínimas que se mantienen para la representación del modelo en cuatro lados de los márgenes de la ventana de trabajo. Los valores se establecen en porcentaje y están referidos a la altura o ancho total de la ventana de trabajo. Tienen un impacto al usar los botones del elemento del menú *Seleccionar vista* en el menú *Ver* (ver figura a la izquierda) o la función *Mostrar todo el modelo* [F8] para la representación gráfica de relleno de ventana.

Para mostrar el modelo en una vista distorsionada, puede definir factores distintos de 1 para las direcciones globales en la sección del diálogo *Comprimir o estirar el modelo*. Sin embargo, personalizar la configuración en esta sección del diálogo puede ser requerida en casos excepcionales. Afectan sólo a la visualización del modelo pero no a la geometría actual. Para escalar el modelo, use la función *Escala* disponible en el menú *Edición* (ver capítulo 11.4.5, página 502).

11.4 Editar funciones

Use las funciones de edición gráfica para modificar objetos antes de seleccionarlos en el gráfico. Los objetos seleccionados se pueden

- mover
- copiar
- girar
- reflejar
- proyectar
- escalar
- extruir
- modificar pendiente.

No es necesaria la selección para las funciones de CAD descritas en el capítulo 11.3. Las funciones descritas en las siguientes páginas le ayudan a modelar objetos nuevos.

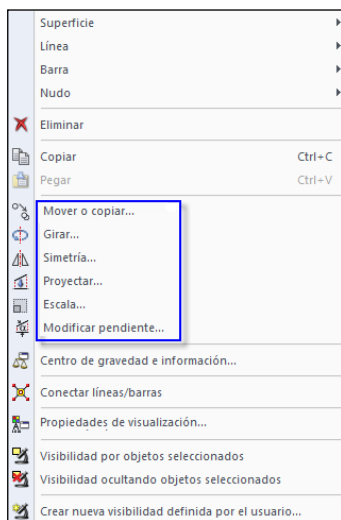
Este capítulo también describe cómo dividir líneas, colocar comentarios o cambiar la numeración.

11.4.1 Mover y copiar

Para mover o copiar objetos seleccionados,

seleccione **Mover o copiar** en el menú **Edición**

o use el menú contextual del objeto correspondiente. Puede también usar la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.



Menú contextual de objetos seleccionados



Figura 11.74: Botón *Mover o copiar*

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

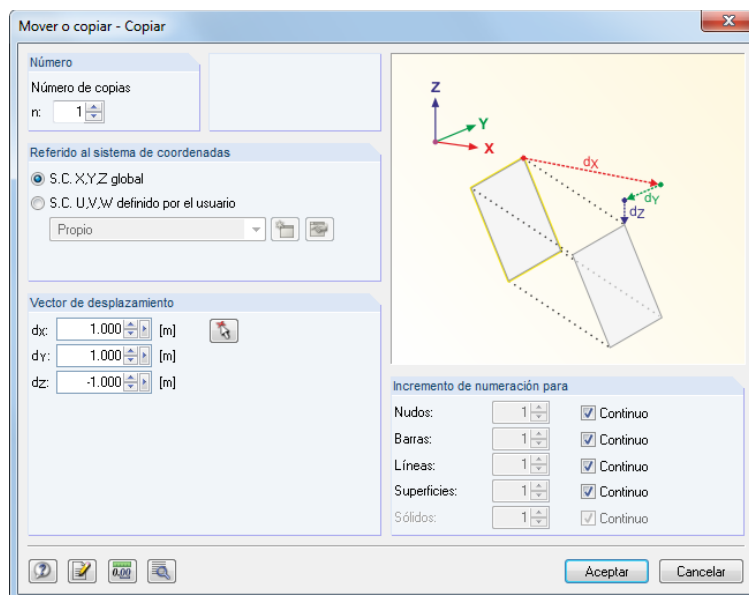


Figura 11.75: Cuadro de diálogo *Mover o copiar - Copiar*

Cuando el *Número de copias* se establece en **0**, los objetos seleccionados se desplazan. Si no, se genera el número introducido de copias.



Con las opciones en la sección del diálogo *Referido al sistema de coordenadas* decide si los objetos se mueven o copian en el sistema de coordenadas XYZ o en el sistema de coordenadas UVW definido por el usuario (ver 11.3.4, página 477). El sistema de coordenadas definido por el usuario se puede seleccionar en la lista o crear con el botón [Nuevo].



El *Vector de desplazamiento* se especifica mediante las distancias d_x , d_y y d_z , o d_u , d_v y d_w para un sistema de coordenadas definido por el usuario. El vector también se puede determinar en la ventana de trabajo usando la función [↖] o haciendo clic en dos puntos de rejilla o nudos.

Si las copias se crean, puede influir sobre la numeración de los nudos, barras, líneas, superficies y sólidos nuevos en la sección del diálogo *Incremento de numeración para*.



Haga clic en el botón [Editar] que se muestra a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo ofreciendo opciones útiles para copiar. El mismo cuadro de diálogo se usa también para otras funciones tales como la simetría, giro etc.

Configuración de detalles

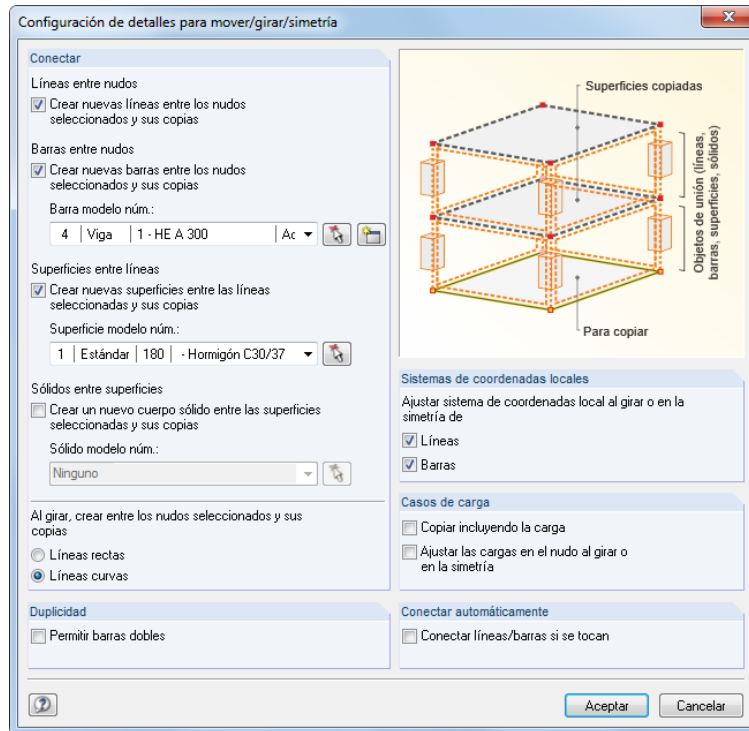


Figura 11.76: Cuadro de diálogo Configuración de detalles para mover/girar/simetría

Conectar

Puede crear *Líneas* y *Barras* nuevas entre los nudos seleccionados y sus copias. Además, es posible generar *Superficies* y *Sólidos* entre las líneas o superficies seleccionadas y sus copias.

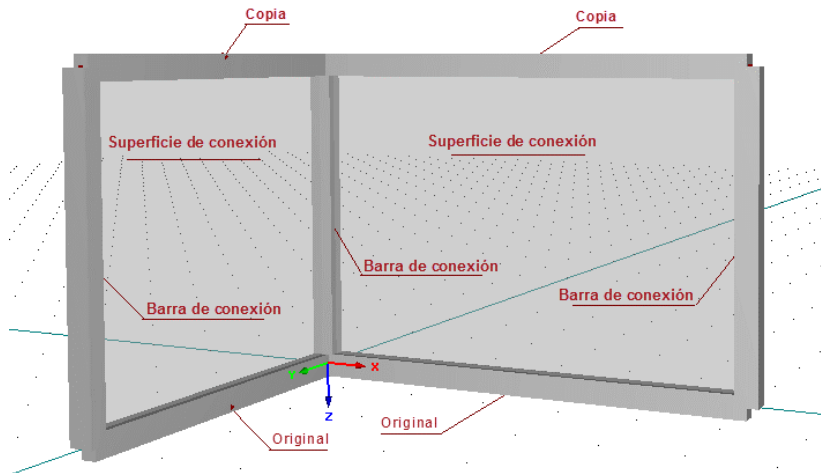


Figura 11.77: Copiar con barras de conexión y superficies de conexión



Cuando una *Barra modelo*, *Superficie modelo* o *Sólido modelo* se selecciona en la lista o en el gráfico usando la función [^], sus propiedades se usan para los objetos de conexión.

Duplicidad

Es posible crear barras dobles cuando se copia. Use la casilla de verificación para decidir si las barras de solape se admiten o combinan a una barra.



Sistemas de coordenadas locales

Puede ajustar los sistemas de coordenadas de línea y de barra locales a una nueva posición cuando gire o use la simetría.

El ajuste automático de los ejes locales con frecuencia cobra importancia cuando se reflejan objetos. La función demuestra su utilidad también para el giro de una barra vertical ya que su eje está orientado paralelamente al eje Y global (ver capítulo 4.17, página 157).

Además, la función ajusta conexiones excéntricas que se definen en dirección de los ejes X, Y y Z globales.

Casos de carga

Si la casilla de verificación para *Copiar incluyendo la carga* se marca, las cargas que actúan sobre los objetos seleccionados se transfieren a las copias. Tenga en cuenta que las cargas de todos los casos de carga se copian, no sólo las cargas del caso de carga seleccionado.

Las cargas en nudos se pueden definir sólo en dirección de los ejes X,Y,Z globales. Si desea influir en la dirección de las cargas en nudos cuando copia las superficies o barras, use la casilla de verificación *Ajustar las cargas en el nudo al girar o en la simetría*. Una vez marcado, RFEM convierte las cargas como las cargas puntuales locales en la posición nueva. En este caso, asegúrese de que las barras se seleccionen juntas con las cargas en nudos antes del giro o la simetría. Si la casilla de verificación está vacía, la dirección de carga global se mantiene.

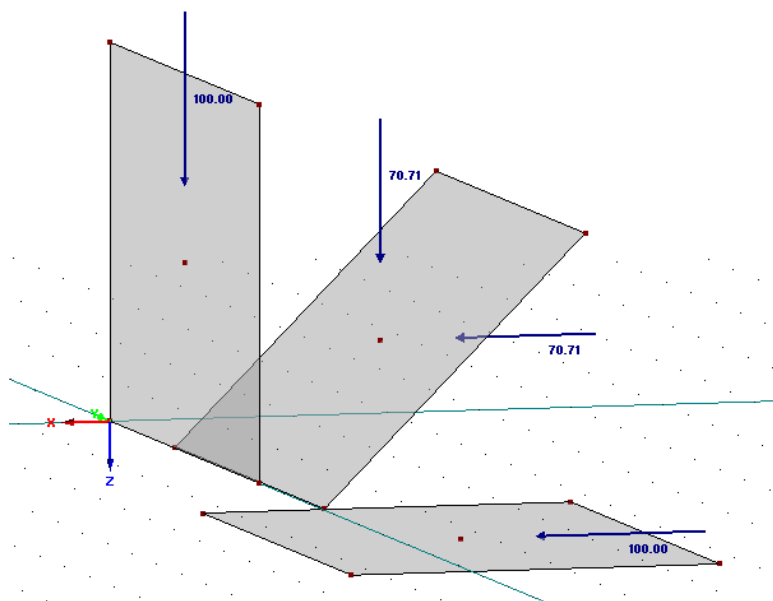


Figura 11.78: Cargas en nudos ajustadas al girar dos veces 45°

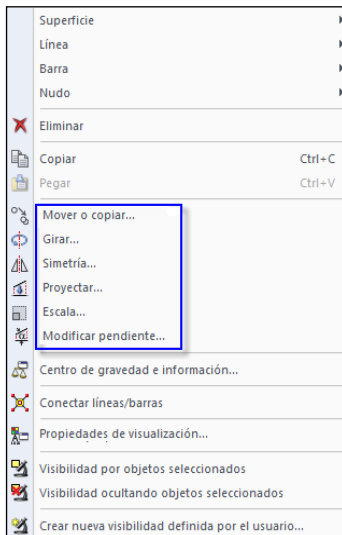
Conectar automáticamente

Use la casilla de verificación para decidir si las copias de las líneas y barras se conectan automáticamente a las líneas y barras que ya existen. Cuando marca la casilla, se crea un nudo en el punto de intersección.

11.4.2 Girar

Para girar objetos seleccionados respecto a un eje particular, seleccione **Girar** en el menú **Edición**,

use el menú contextual del objeto correspondiente o el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.



Menú contextual de objetos seleccionados



Figura 11.79: Botón Girar

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

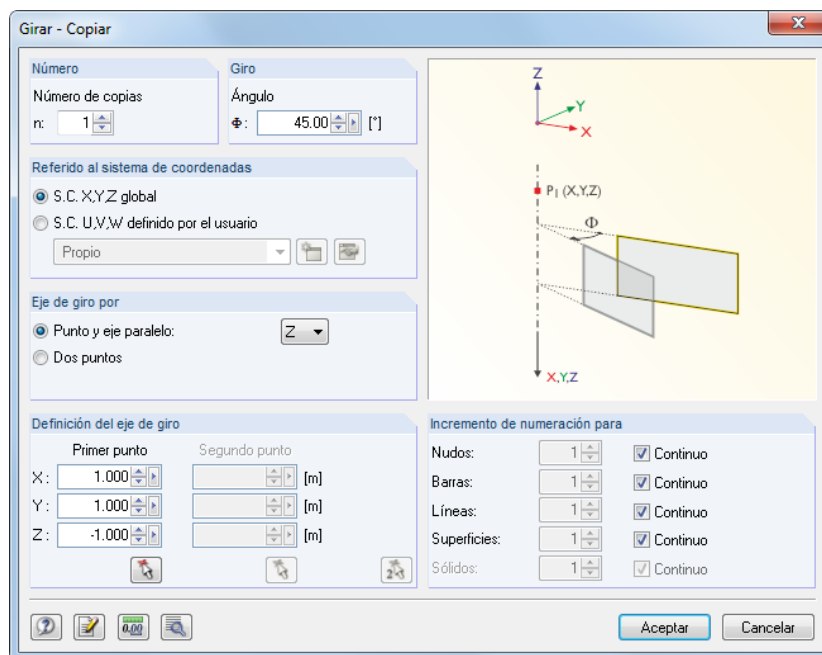


Figura 11.80: Cuadro de diálogo Girar - Copiar

Cuando el *Número de copias* se establece en **0**, los objetos seleccionados se giran. Si no, se genera el número introducido de copias.

Introduzca el ángulo de giro en la sección del diálogo *Giro*. El ángulo se refiere a un sistema de coordenadas orientado en sentido horario.

El *Eje de giro* se puede definir de dos formas:

- El eje de giro discurre paralelo a un eje del sistema de ejes X,Y,Z global. En este caso, active la primera opción y seleccione el eje relevante de la lista a la derecha. Luego, en la sección del diálogo *Definición del eje de giro*, especifique un punto a través del cual discurre el eje de giro.
- El eje de giro se encuentra en cualquier parte en el plano de trabajo. En este caso, active la segunda opción. Luego, en la sección del diálogo *Definición del eje de giro*, especifique dos puntos definiendo el eje de giro.

Si se crean copias, puede influir en la numeración de nuevos objetos en la sección del diálogo *Incremento de numeración para*.

Use el botón [Editar] que se muestra a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo con opciones útiles que se describen en el capítulo 11.4.1 en la página 497. Con entradas en el cuadro



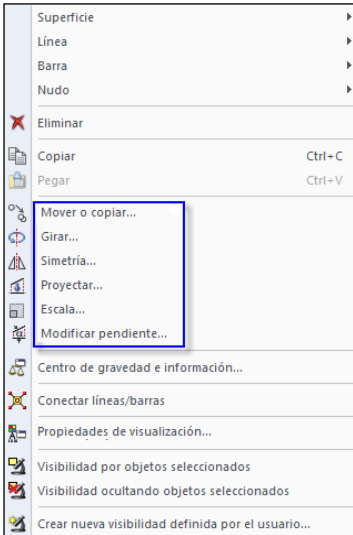
de diálogo para la configuración de detalles puede determinar si las líneas de conexión creadas durante la copia se generan como líneas rectas o arcos.

11.4.3 Simetría

Para reflejar objetos seleccionados sobre un plano.

seleccione **Simetría** en la menú **Edición**

o use el menú contextual del objeto correspondiente. Puede también usar la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.



Menú contextual de objetos seleccionados



Figura 11.81: Botón *Simetría*

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

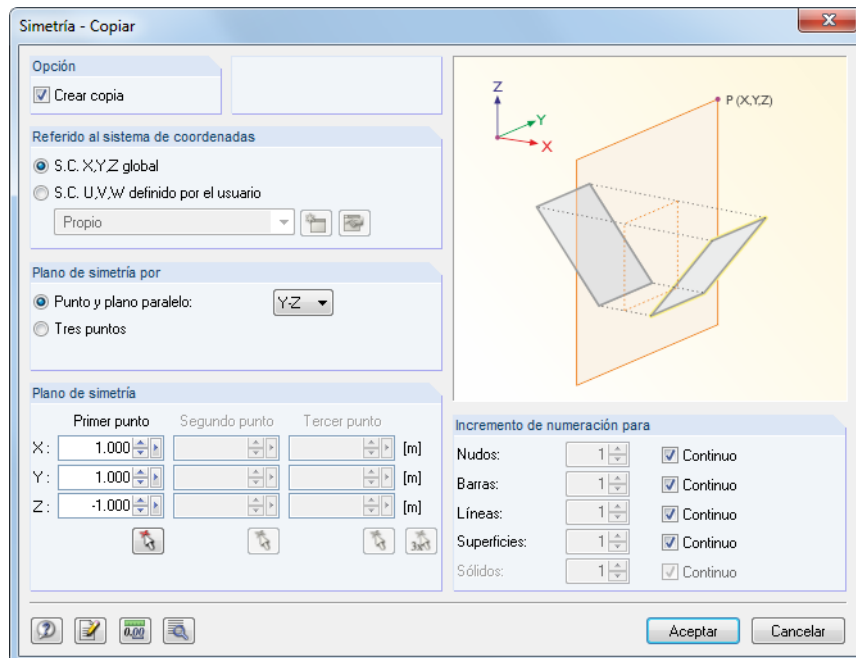


Figura 11.82: Cuadro de diálogo *Simetría - Copiar*

Para mantener el objeto original, marque la casilla de verificación para *Crear copia*.

El *Plano de simetría* se puede definir de dos formas:

- El plano de simetría discurre paralelo al plano que abarca dos ejes del sistema de ejes XYZ global. En este caso, active la primera opción y seleccione el plano relevante de la lista a la derecha. Luego, en la sección del diálogo *Plano de simetría*, introduzca un punto que se encuentre en el plano establecido arriba.
- El plano de simetría se encuentra en cualquier sitio en el plano de trabajo. En este caso, active la segunda opción. Luego, en la sección del diálogo *Plano de simetría*, introduzca tres puntos que definan el plano.

Si se crea una copia, puede influir en la numeración de nuevos objetos en la sección del diálogo *Incremento de numeración para*.

Use el botón [Editar] que se muestra a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo con opciones útiles que se describen en el capítulo 11.4.1 en la página 497.



11.4.4 Proyectar

Use esta función para proyectar objetos seleccionados en un plano. De este modo, puede ajustar por ejemplo el ángulo de inclinación de las vigas horizontales o barras del cable.

Ejemplo

Una barra se proyecta en dirección X sobre el plano YZ.

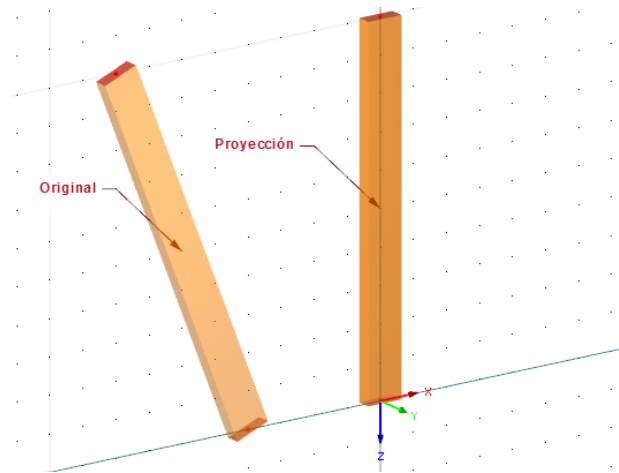
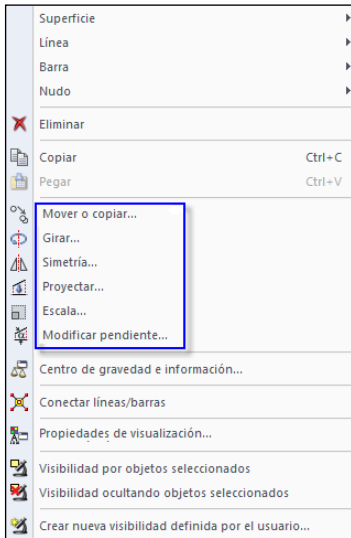


Figura 11.83: Barra original y copia proyectada sobre el plano YZ



Menú contextual de objetos seleccionados



Para abrir el cuadro de diálogo para introducir los parámetros de proyección, seleccione **Proyectar** en el menú **Edición** o use el menú contextual del objeto correspondiente.

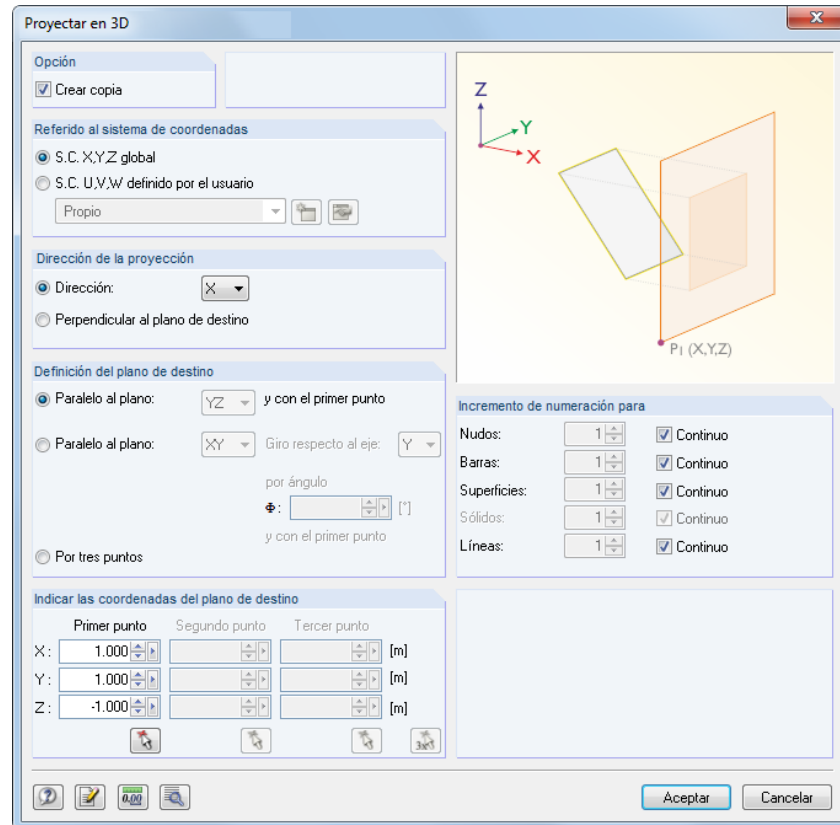


Figura 11.84: Cuadro de diálogo *Proyectar en 3D - Copiar*

Para mantener el objeto original, marque la casilla de verificación para *Crear copia*.

En la sección del diálogo *Dirección de la proyección*, puede decidir si los objetos se proyectan en la dirección del eje global (X, Y o Z) o perpendiculares al plano de destino.

El *Plano de destino* se puede definir de las siguientes tres maneras:



- El plano de destino discurre paralelo al plano que abarca los ejes del sistema de ejes X,Y,Z global. En este caso, active la primera opción y seleccione el plano relevante de la lista a la derecha. Luego, en la sección del diálogo *Indicar las coordenadas del plano de destino*, introduzca un punto que se encuentre en el plano establecido arriba.
- El plano de destino discurre paralelo a un plano que abarca los ejes del sistema de ejes XYZ global pero que además gira sobre uno de los ejes. En este caso, active la segunda opción. En la lista a la derecha, seleccione el plano relevante y especifique el eje y el ángulo de giro. Luego, en la sección del diálogo *Indicar las coordenadas del plano de destino*, introduzca un punto que se encuentre en el plano establecido arriba.
- El plano de destino se encuentra en cualquier sitio en el plano de trabajo. En este caso, active la tercera opción. Luego, en la sección del diálogo *Indicar las coordenadas del plano de destino*, defina el plano introduciendo tres puntos.

Si se crea una copia, puede influir en la numeración de nuevos objetos en la sección del diálogo *Incremento de numeración para*.



Use el botón [Editar] que se muestra a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo con opciones útiles que se describen en el capítulo 11.4.1 en la página 497.

11.4.5 Escala

Use esta función para modificar la escala de objetos seleccionados en relación a un punto.

Ejemplo

Una superficie cuadrangular está igualmente escalada desde el origen en todas sus tres direcciones por el factor 2.

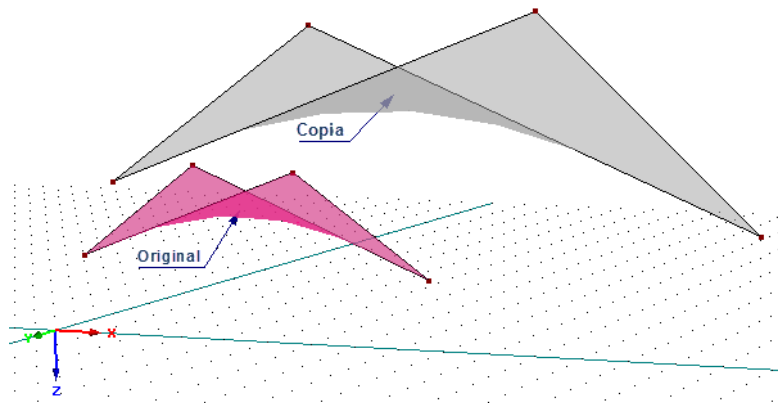


Figura 11.85: Superficie original y copia a diferente escala



Para abrir el cuadro de diálogo para introducir los parámetros de escala, seleccione **Escala** en el menú **Edición**,

o use el menú contextual de los objetos seleccionados (ver figura en el margen izquierdo de la Figura 11.83).

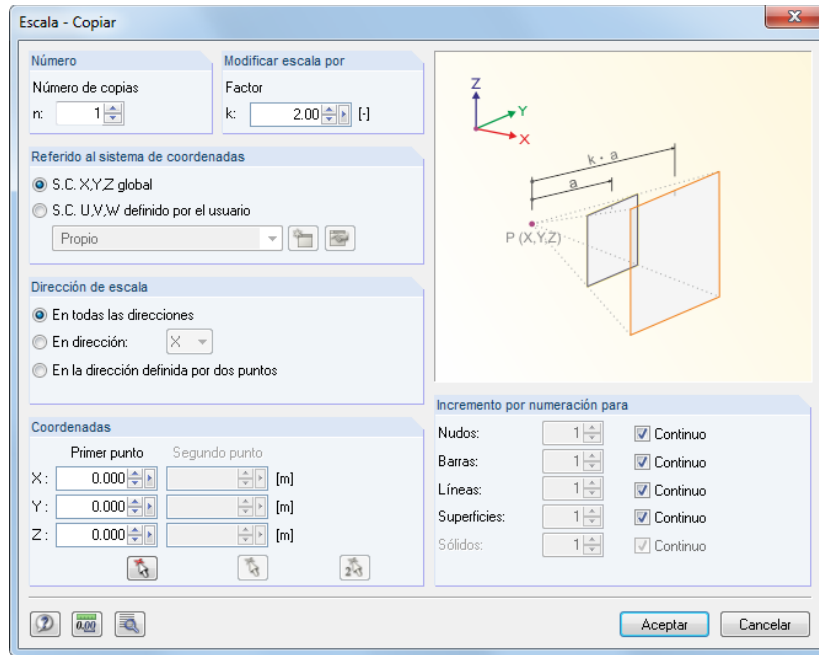


Figura 11.86: Cuadro de diálogo *Escala - Copiar*

Cuando el *Número de copias* se establece en **0**, se le aplica la escala a los objetos seleccionados. Si no, se genera el número introducido de copias.

La sección del diálogo *Modificar escala por* gestiona el factor de escala *k* (ver gráfico en el cuadro de diálogo).

Hay tres posibilidades disponibles para selección para definir la *Dirección de escala*:



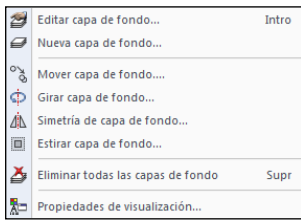
Igualmente en X,Y,Z	Se modifica la escala de <u>todas</u> las coordenadas (X, Y y Z) del objeto en relación al punto inicial definido en las <i>Coordenadas de la sección del diálogo</i> .
En dirección: X / Y / Z	Define uno de los ejes globales. Sólo se modifica la escala de las coordenadas de los objetos del eje global <u>seleccionado</u> en relación al punto inicial definido en la sección del diálogo <i>Coordenadas</i> .
En la dirección definida por dos puntos	En la sección del diálogo <i>Coordenadas</i> , especifique un vector introduciendo dos puntos. Se modifica la escala de los objetos en la dirección del vector.

Tabla 11.7: Sección del diálogo *Dirección de escala*

Si se crea una copia, puede influir en la numeración de nuevos objetos en la sección del diálogo *Incremento de numeración para*.



Use el botón [Editar] que se muestra a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo con opciones útiles que se describen en el capítulo 11.4.1 en la página 497.



Menú contextual de capas de fondo

También es posible modificar la escala de capas de fondo. Para acceder a la función correspondiente,

señale las **Capas de fondo** en el menú **Edición**, y luego seleccione **Estirar** o use el menú contextual de las capas de fondo en el navegador *Datos*.

En el cuadro de diálogo *Seleccionar la capa de fondo*, especifique la primera capa relevante. Luego, puede definir el factor de estiramiento en el cuadro de diálogo *Estirar la capa de fondo*.

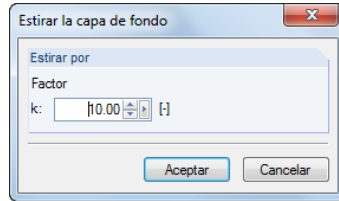


Figura 11.87: Cuadro de diálogo *Estirar la capa de fondo*

11.4.6 Modificar pendiente

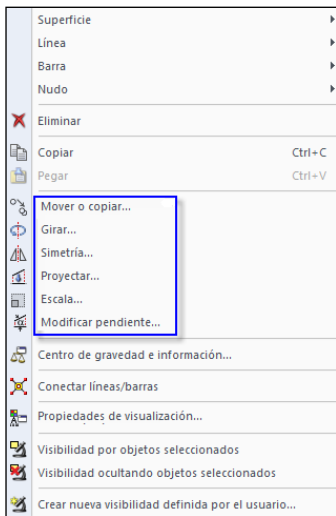
La función gira los objetos respecto a un eje y ajusta sólo las coordenadas de una única dirección. Puede usar la función de modificar pendiente por ejemplo para desplazar las barras horizontales hacia el plano de inclinación de una cubierta. Las longitudes de barra se ajustan, los componentes horizontales de las coordenadas permanecen sin cambios.

Antes de usar la función, seleccione las barras junto a los nudos que pertenecen a las mismas.

Para abrir el cuadro de diálogo para introducir los parámetros de modificación de pendiente,

seleccione **Modificar pendiente** en el menú **Edición**

o use el menú contextual de los objetos seleccionados.



Menú contextual de objetos seleccionados

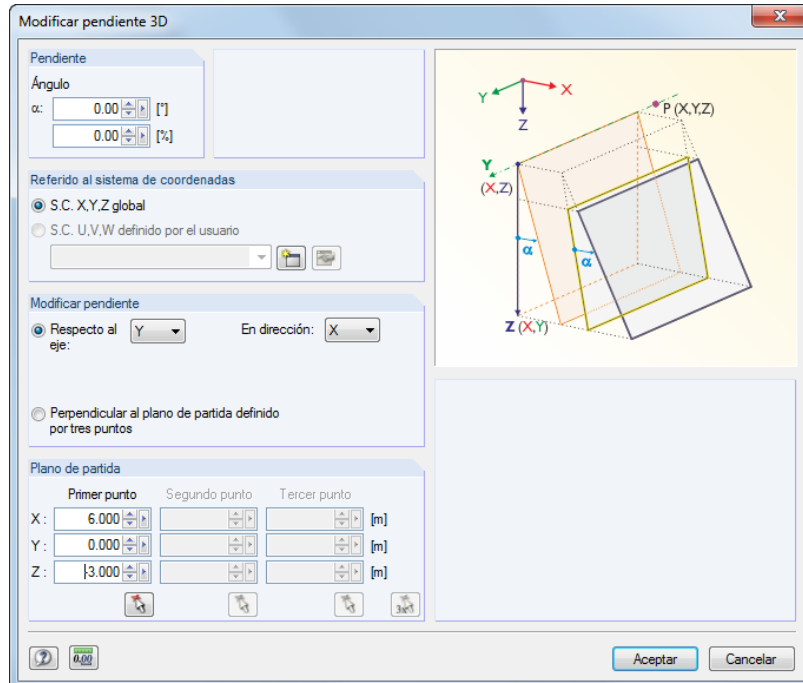


Figura 11.88: Cuadro de diálogo *Modificar pendiente 3D*

En la sección del diálogo *Pendiente*, introduzca el ángulo de giro en [°] o [%].

Los parámetros para *Modificar pendiente* se pueden definir de dos formas:



- El eje de giro discurre paralelo al plano que abarca los ejes del sistema de ejes XYZ global. En este caso, active la opción *Respecto al eje* y seleccione el eje de giro relevante de la lista a la derecha. Luego, en la lista *En dirección*, seleccione el eje global que sea relevante para ajustar las coordenadas del nudo. Finalmente, en la sección del diálogo *Plano de partida*, introduzca el punto de giro.



- El eje de giro se encuentra en cualquier parte en el plano de trabajo. En este caso, active la segunda opción. Luego, en la sección del diálogo *Plano de partida*, defina ambos puntos del eje de giro y otro punto para determinar el plano. También puede seleccionar los objetos gráficamente usando los botones [↖].

11.4.7 Dividir líneas y barras

Es posible dividir las líneas y barras rápidamente: haga clic con el botón secundario y seleccione *Dividir línea* o *Dividir barra* en el menú contextual.

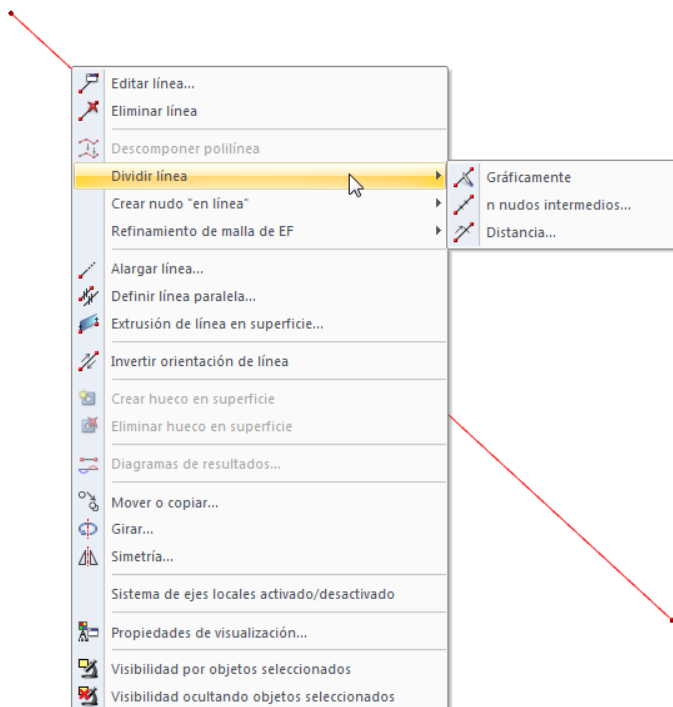


Figura 11.89: Menú contextual *Dividir línea*

El elemento de menú ofrece tres opciones de división.

Gráficamente

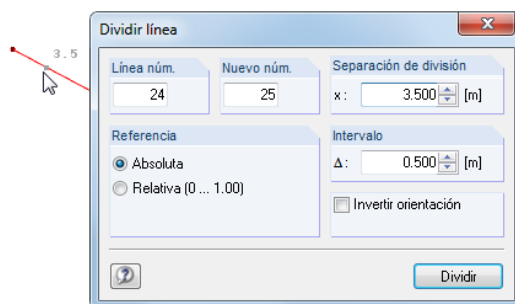


Figura 11.90: Cuadro de diálogo *Dividir línea*

El cuadro de diálogo *Dividir línea* se abre. Cuando desplaza el puntero a lo largo de la línea, se retiene en las distancias especificadas en la sección del diálogo *Intervalo*. Haga clic para definir el punto de división. La *Referencia* de las separaciones de división se puede establecer en distancias absolutas o relativamente respecto a la longitud total.

También es posible introducir la *Separación de división* directamente. Antes de introducir la separación, especifique la línea que desee dividir y el número de la nueva línea en los campos de entrada *Línea núm.* y *Nuevo núm.* Si desea relacionar la separación de división respecto al final de la línea, puede cambiar la orientación de la línea con la casilla de verificación *Invertir orientación*.

n nudos intermedios

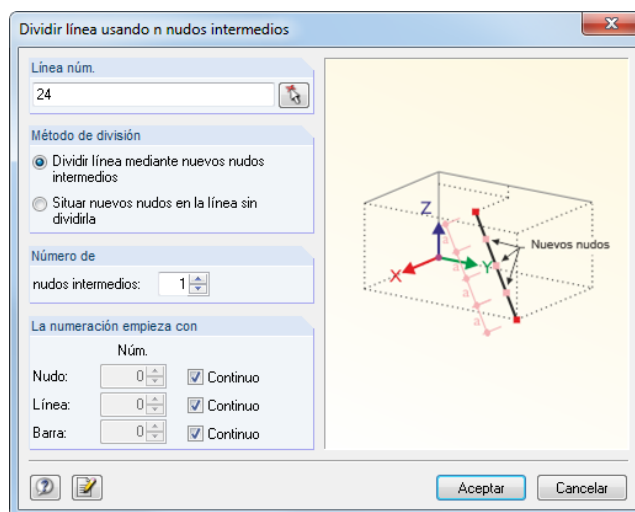


Figura 11.91: Cuadro de diálogo *Dividir línea usando n nudos intermedios*

Use esta función para dividir la línea por igual en varias partes de línea. En la sección del diálogo *Número de*, puede definir el número de *nudos intermedios* para la división de barras.

Decida si desea dividir la línea en líneas "reales" mediante *nudos intermedios nuevos*, o mantener la línea mientras RFEM crea *nudos en la línea* equidistantes. Usualmente, se prefiere la división real. Sin embargo, si desea cambiar la distribución de una línea B-Spline al dividir la línea, la segunda opción es mejor elección.

En la sección del diálogo *La numeración empieza con*, puede influenciar en la numeración de nuevos nudos, líneas y barras.

Distancia

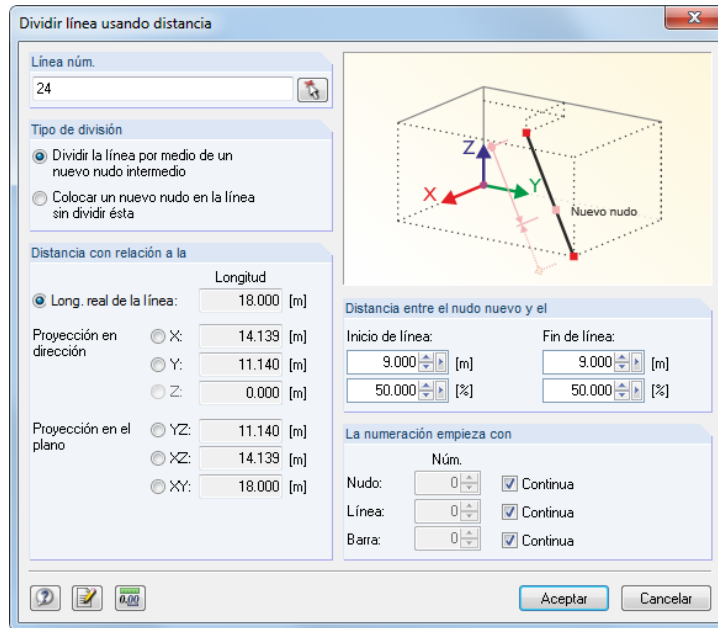


Figura 11.92: Cuadro de diálogo *Dividir línea usando distancia*

Use esta función para generar un nudo de división sobre una posición particular de la línea.

La línea o bien se divide en líneas "reales" por un *nuevo nudo intermedio* o se mantiene mientras RFEM crea un *nuevo nudo sobre la línea*.

La configuración en la sección del diálogo *Distancia con relación a la* controla la referencia de la distancia de división. La distancia se puede referir a la longitud de línea real (caso normal) o a una proyección.

La *Distancia entre el nudo nuevo y el* inicio o fin del nudo de la línea se especifica como valor absoluto o relativamente a la longitud total. Los cuatro campos de entrada son interactivos.



Para introducir la distancia es importante conocer la orientación de línea o barra. Las orientaciones y sistemas de ejes de líneas y barras se pueden habilitar y deshabilitar en el menú contextual o en el navegador *Mostrar* (ver Figura 4.26, página 51 y Figura 4.158, página 156).

La sección del diálogo *La numeración empieza con* controla la numeración de objetos nuevos.

11.4.8 Conectar líneas y barras

Use esta función para conectar líneas y barras que se crucen entre sí pero que no tengan un nudo en común.

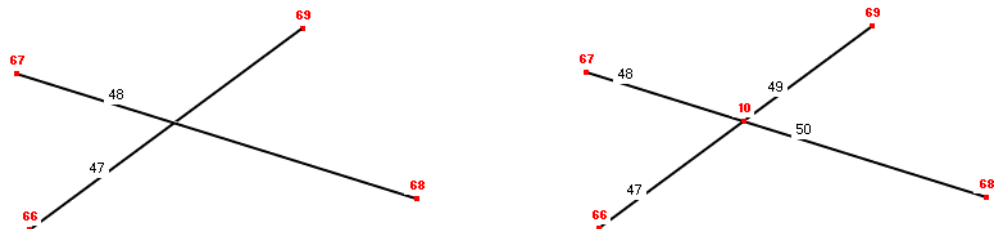


Figura 11.93: El original a la izquierda (intersección, líneas no conectadas) y el resultado a la derecha (líneas conectadas)



Para acceder a la función correspondiente,

seleccione **Conectar líneas/barras** en el menú **Herramientas**

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

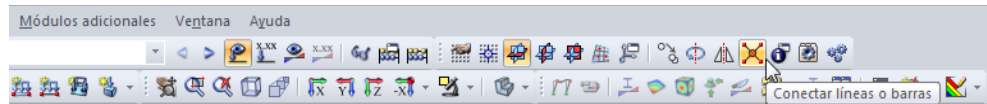


Figura 11.94: Botón *Conectar líneas o barras*

Vaya a la ventana de trabajo y trace una ventana a través de la zona donde desee conectar las líneas o barras. No es necesario capturar los objetos completamente.

Es más, la función se puede usar para determinar el punto de intersección de una línea que atraviese una superficie.

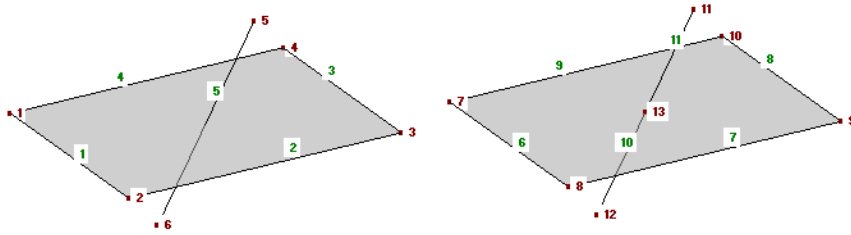


Figura 11.95: Crear un punto de intersección entre línea y superficie: original (izquierda) y copia con resultado (derecha)

La función conectar automáticamente se preestablece para configurar líneas o barras nuevas gráficamente, tal como se muestra en la figura siguiente. Pero los nudos de conexión sólo se crean cuando las líneas/barras se conectan a otras líneas/barras, es decir cuando terminan en el objeto correspondiente. Por lo que, cuando define diagonales que se cruzan, no se genera ningún nudo de intersección.



En el cuadro de diálogo *Nueva línea* o *Nueva barra*, puede usar el botón [Detalles] para determinar si las líneas o barras se conectan automáticamente cuando se generan.

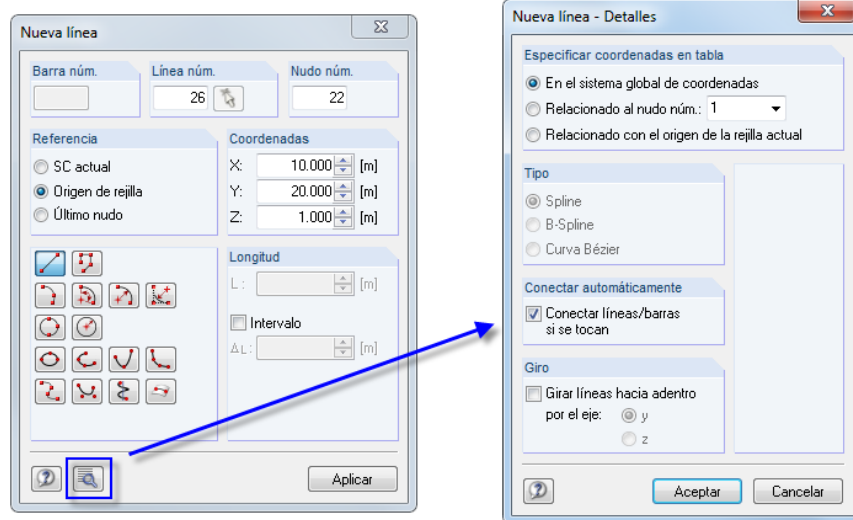
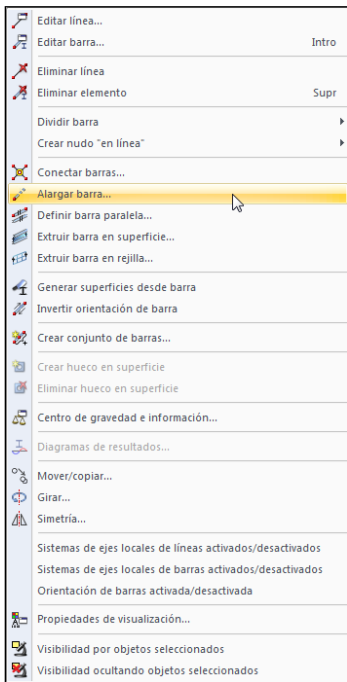


Figura 11.96: Cuadro de diálogo *Nueva línea - Detalles*

11.4.9 Fusionar líneas y barras

Las líneas o barras que se conectan entre ellas se pueden unificar en una línea o barra simple. Esta función sólo está disponible en el menú contextual de nudos de división. Haga clic con el botón secundario sobre el nudo de división para abrir su menú contextual.



Menú contextual de barra

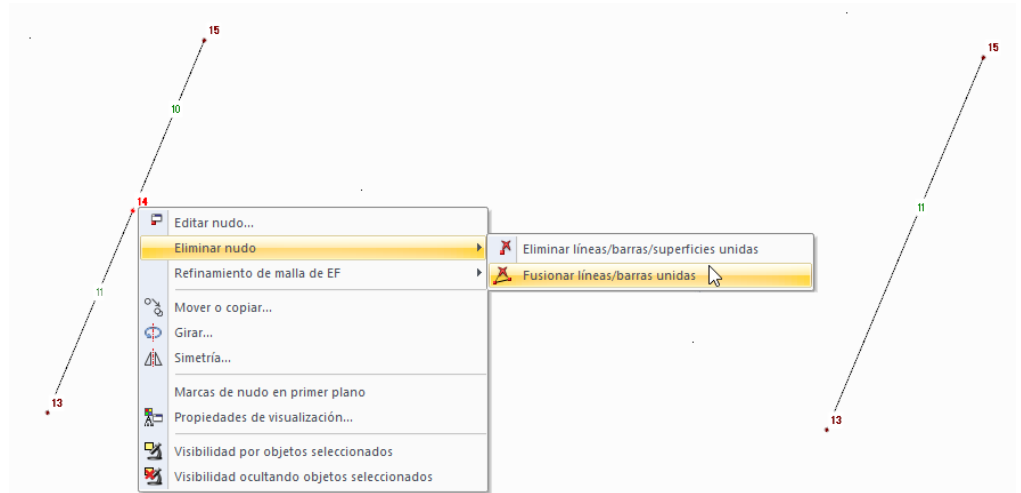


Figura 11.97: Elementos del menú contextual *Eliminar nudo* → *Fusionar líneas/barras unidas* con el resultado (a la derecha)

El menú contextual ofrece opciones avanzadas para la función *Eliminar nudo* mientras que la tecla [Supr] simplemente elimina el nudo seleccionado y consecuentemente las líneas, barras y superficies unidas. Pero estas opciones especiales sólo existen para los nudos sobre los cuales dos líneas o barras se conectan con precisión.

En caso de que las líneas o barras no se encuentren sobre una línea recta, RFEM crea una línea o barra nueva entre los nudos de borde.

11.4.10 Alargar líneas y barras

Use esta función para ajustar la longitud de una línea o barra en general, o para extender la línea hasta que alcance la otra línea.

Para acceder a la función avanzada, use el menú contextual de la línea (ver Figura 11.89, página 505) o el menú contextual de la barra que se muestra a la izquierda.

El cuadro de diálogo *Alargar línea* o *Alargar barra* se abre.

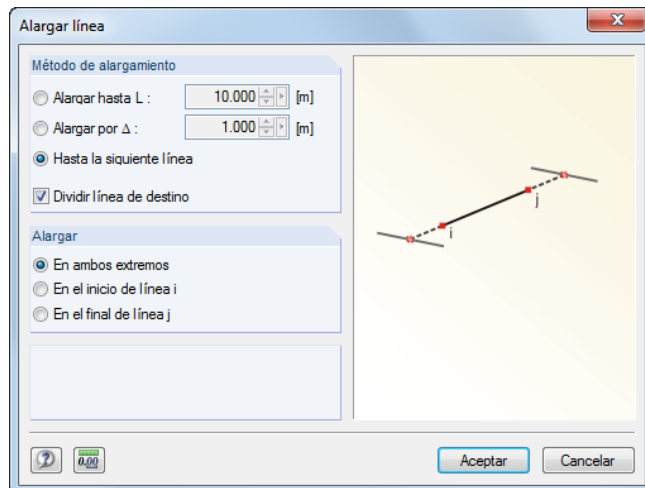


Figura 11.98: Cuadro de diálogo *Alargar línea*

La sección del diálogo *Método de alargamiento* ofrece tres opciones:

- *Alargar hasta L* cambia la longitud total de la línea o barra a una dimensión que especifica en el campo de entrada.
- *Alargar por Δ* extiende el lado de una barra o ambos lados de barra mediante un valor específico, o reduce el lado o los lados si el valor en el campo de entrada es negativo.
- Seleccione *Hasta la siguiente línea o barra* para alargar el objeto hasta la línea más próxima que produce una intersección con la línea recta extendida de la línea o barra. Cuando la casilla de verificación para *Dividir línea o barra de destino* se marca, los objetos se conectan automáticamente.

Especifique la dirección de alargamiento en la sección del diálogo siguiente: la opción *En ambos extremos* resulta en una extensión en ambos extremos de la barra. Con esta configuración puede referir la longitud L total al centro de la línea o barra, o alargar la línea a ambos lados mediante el valor Δ o hasta las siguientes dos líneas que se alcanzan. Alternativamente, use las opciones *En el inicio de la barra i* o *En el final de la barra j* para ajustar la longitud de la barra sobre un extremo sólo.

La representación de las orientaciones de línea o barra se puede establecer en el navegador *Mostrar* (ver Figura 4.26 en la página 51).

11.4.11 Unir barras

Al contrario que las barras de conexión (ver capítulo 0, página 507), la función no requiere un punto de intersección común. De este modo, barras libres disponibles a una cierta distancia hasta una barra se pueden unir a los nudos de esta barra. Sin embargo, si desea conectar la barra alargándola, use la función *Alargar barra* (ver capítulo 11.4.10).



Para acceder a la función correspondiente, seleccione **Unir barras** en el menú **Herramientas**.

El siguiente cuadro de diálogo aparece.

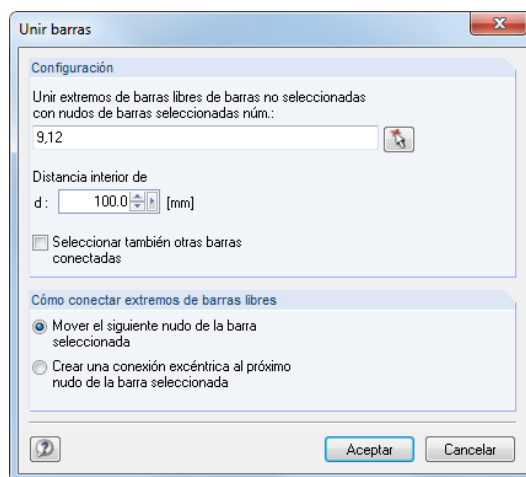


Figura 11.99: Cuadro de diálogo *Unir barras*



En la sección del diálogo *Configuración*, introduzca el número de la barra de la cual desea unir sus nudos a las barras libres. Puede seleccionar también la barra gráficamente con la función [^]. El siguiente campo de entrada especifica la *Distancia*, que implica a la circunferencia donde RFEM busca extremos de barra libre. Si la casilla de verificación para *Seleccionar también otras barras conectadas* se marca, RFEM incluye también barras que se conectan con una barra ya seleccionada en una lista del campo de entrada anterior.

En la sección del diálogo *Cómo conectar extremos de barras libres*, decide la forma en la que RFEM une los extremos de barras libres para las barras seleccionadas: puede moverlas hacia los nudos de las barras seleccionadas o conectarlas mediante conexiones excéntricas.

11.4.12 Insertar un nudo

Use esta función para crear un nudo nuevo entre dos nudos. De esta forma, no necesita definir una línea y dividirla mediante un nudo intermedio (ver capítulo 11.4.7, página 505).

Para acceder a la función correspondiente,

señale **Datos del modelo** en el menú **Insertar**, seleccione **Nudos** y haga clic en **Nudo entre dos puntos**

o use el botón lista [Nuevo nudo] en la barra de herramientas.

Seleccione los dos puntos (nudos, puntos de rejilla, cualquier punto) uno tras otro en la ventana de trabajo. Luego, el siguiente cuadro de diálogo aparece:

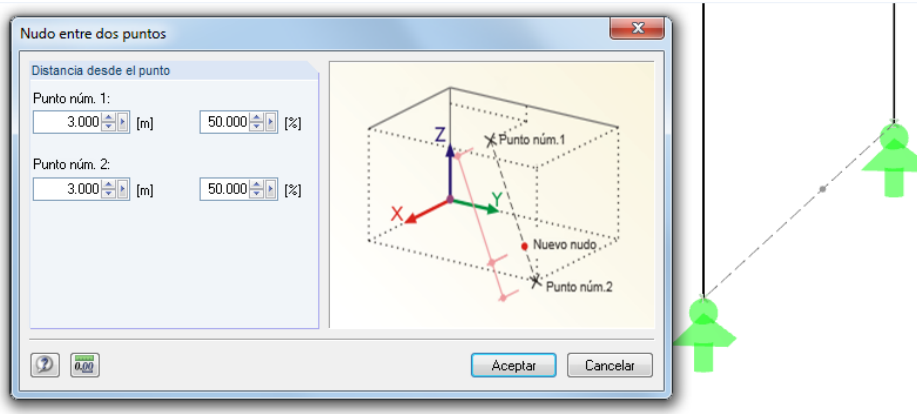
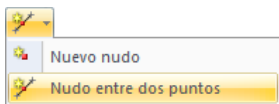


Figura 11.100: Cuadro de diálogo *Nudo entre dos puntos*

La *Distancia desde el punto* se puede definir en valores absolutos o relativos. La ventana de trabajo le muestra las modificaciones inmediatamente. Para crear el nuevo nudo, haga clic en [Aceptar].

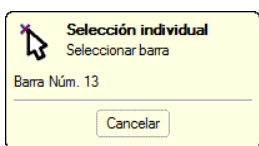
11.4.13 Insertar una barra

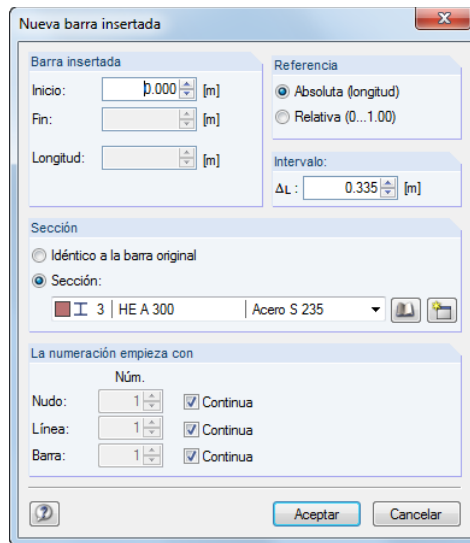
Es posible definir sobre una barra existente una sección que tenga distintas propiedades de sección. La barra original se divide mediante dos nudos intermedios.

Para acceder a la función correspondiente,

señale **Datos del modelo** en el menú **Insertar**, luego seleccione **Barras** y **Gráficamente** y haga clic en **Barra insertada**.

Después de seleccionar la barra relevante en la ventana de trabajo, aparece el siguiente cuadro de diálogo:



Figura 11.101: Cuadro de diálogo *Nueva barra insertada*

Defina ambos puntos de división haciendo clic con el ratón en la ventana de trabajo. Un cruce en la posición del puntero indica el punto de división actual sobre la barra. Las distancias mostradas al desplazar el puntero a lo largo de la barra se controla en el campo de entrada *Intervalo*.

Las posiciones de x del nudo inicial y final se muestran en los campos de entrada de la sección del diálogo *Barra insertada* donde se pueden modificar, en caso necesario. La *Longitud* de la barra intermedia aparece debajo.

Con las opciones en la sección del diálogo *Referencia* puede decidir si las separaciones de divisiones se refieren a las longitudes absolutas o a las distancias relativas desde el inicio de la barra.



La *Sección* se puede aceptar o asignar como una nueva seleccionada de la lista de secciones ya definidas. Con los botones que se muestran a la izquierda puede crear una sección [Nueva] o seleccionar una sección de la [Biblioteca].

La sección del diálogo *La numeración empieza con* controla la numeración de objetos nuevos.

11.4.14 Asignar propiedades de barra a barras gráficamente

Use esta función para transferir el criterio de definición de barras para la sección, liberación y excentricidad gráficamente a las barras ya creadas.



Para acceder a la función correspondiente,

- seleccione **Datos del modelo** en el menú **Insertar**, señale **Barras** y seleccione **Asignar propiedades de barra a barras gráficamente** o
- abra el menú **Edición**, señale **Datos del modelo** y **Barras**, y luego seleccione **Asignar propiedades de barra a barras gráficamente**.

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

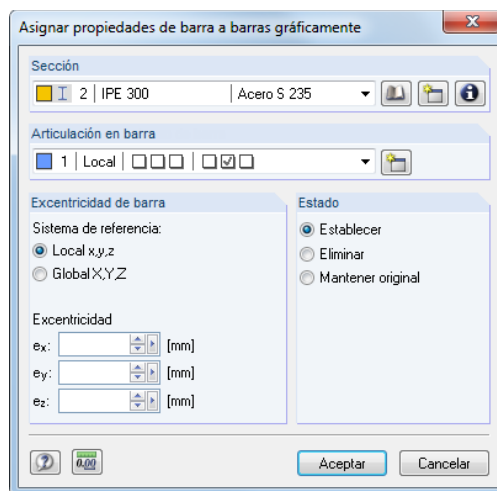


Figura 11.102: Cuadro de diálogo *Asignar propiedades de barra a barras gráficamente*



Seleccione la *Sección* de la lista o use los botones que se muestran a la izquierda para seleccionar la sección de la [Biblioteca] o para crear una [Nueva]. En caso necesario, puede definir la *Articulación en barra* con una lista, pero también es posible crear un tipo [Nuevo] de articulación (ver capítulo 4.14, página 138).

Puede relacionar la *Excentricidad de barra* al sistema de ejes xyz locales de barra o al sistema de ejes XYZ globales. En caso necesario, defina la excentricidad en los campos de entrada correspondientes (ver capítulo 4.15, página 145).

Con las opciones en la sección del diálogo *Estado*, decide si una excentricidad de barra se quita (*Eliminar*) o asigna como nueva (*Establecer*). Elija *Mantener original* para cambiar sólo la sección y la articulación en barra pero no ninguna excentricidad existente.

Tras hacer clic en [Aceptar] puede ver que las barras se dividen gráficamente en puntos de división a un tercio (ver Figura 4.135, página 140). Ahora, puede hacer clic en los lados de la barra a la cual desea aplicar las propiedades seleccionadas (por ejemplo una articulación). Para asignar la articulación o la excentricidad a ambos extremos de barra, haga clic en la barra en su área central.

11.4.15 Achaflanar esquinas



Las esquinas y los bordes en el modelo pueden resultar en efectos de singularidad. Para abrir un cuadro de diálogo para modelar las esquinas próximo a la realidad usando radios de empalme,

seleccione **Empalmar o achaflanar** en el menú **Herramientas**.

No es necesario seleccionar ambas líneas previamente. El siguiente cuadro de diálogo aparece:

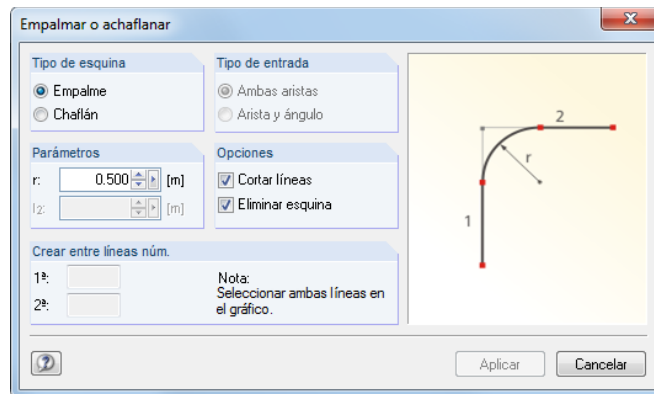


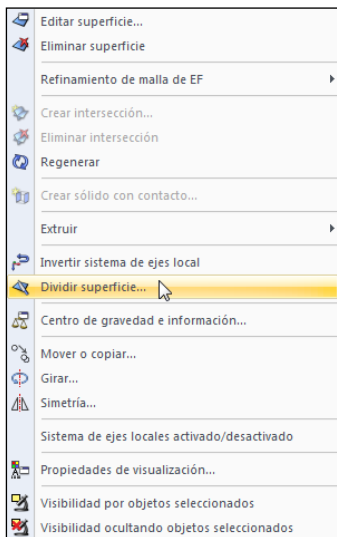
Figura 11.103: Cuadro de diálogo *Empalmar o achaflanar*

En la sección del diálogo *Tipo de esquina*, decide si la zona de esquina va a ser un *Empalme* o un *Chañón*. Dependiendo de la selección, tiene que introducir el radio del empalme r o una reducción por las longitudes l_1 y l_2 en la sección del diálogo *Parámetros*.

Luego, seleccione ambas líneas mediante un clic de ratón en la ventana de trabajo sin cerrar el cuadro de diálogo. El número de líneas se muestra en la sección del diálogo *Crear entre líneas núm.*

Cuando la casilla de verificación para *Cortar líneas* se marca, RFEM elimina las extensiones de las líneas originales que se solapan en la zona de la esquina después de crear el arco o la nueva línea. La opción *Eliminar esquina* quita también el nudo de la esquina.

11.4.16 Dividir superficie



Menú contextual de superficie

Las superficies se pueden dividir en componentes de superficie cuando se cumpla una de las condiciones siguientes:

- La superficie se define mediante cuatro líneas y no tiene esquina externa. Las líneas no son líneas de intersección, curvas de trayectoria u objetos similares.
- La superficie es una superficie de revolución con un ángulo de giro de $\alpha < 360^\circ$.

Para dividir una superficie, haga clic sobre ella y seleccione *Dividir superficie* en el menú contextual.

Una vista previa aparece en el cuadro de diálogo *Dividir superficie* (ver Figura 11.104) sugiriendo una división que ilustre estos parámetros preestablecidos. La configuración de parámetros y el gráfico del diálogo son interactivos. Cuando cambia el *Número de divisiones* para ambos pares de líneas de contorno A + C y B + D, el gráfico le muestra las subsuperficies nuevas inmediatamente.

Es posible definir una *Distancia relativa* para cada línea de división. También es posible definir patrones de división irregulares.

En la ventana gráfica, puede usar las funciones de ratón comunes tales como zoom o girar para cambiar la vista (ver capítulo 3.4.9, página 36).

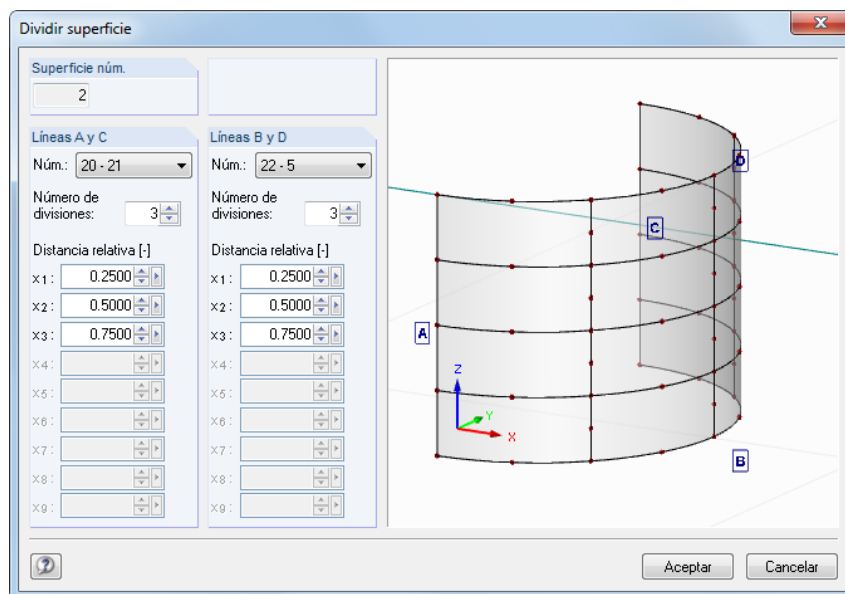


Figura 11.104: Cuadro de diálogo *Dividir superficie*

11.4.17 Aplicar tangente a círculos



Puede crear una tangente sobre un arco o un círculo fácilmente usando la referencia a objetos (ver capítulo 11.3.3, página 473). Otra función especial le permite encontrar tangentes incluso para dos círculos o arcos circulares. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente,

seleccione **Tangente a dos círculos/arcos** en el menú **Herramientas**.

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

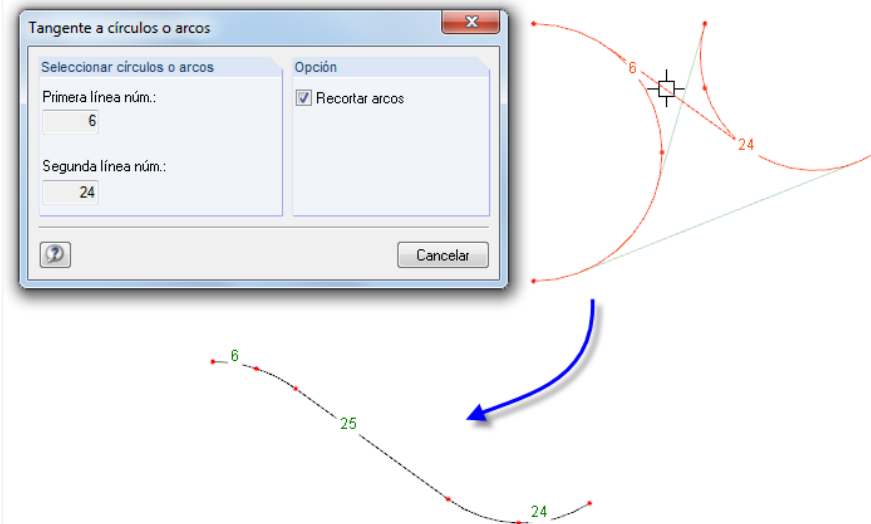


Figura 11.105: Cuadro de diálogo *Tangente a círculos o arcos* (arriba) con resultado (debajo)

Primero, haga clic en las líneas del círculo o arco una tras otra en la ventana de trabajo. RFEM traza las tangentes posibles como líneas grises. Ahora, haga clic en la línea relevante. RFEM divide la línea del círculo o arco mediante nudos y crea la tangente como una línea nueva.

Marcando la casilla de verificación para *Recortar arcos* puede quitar las secciones de líneas solapadas resultantes de la división (ver figura anterior).

11.4.18 Cambiar numeración

Una numeración regular, estructurada demuestra ser útil para el modelado así como evaluaciones. Sin embargo, la entrada gráfica y modificaciones posteriores pueden reorganizar la numeración.

Hay tres opciones para ajustar el orden de la numeración subsecuentemente. Para acceder a las funciones correspondientes,

seleccione **Cambiar numeración** en el menú **Herramientas**.

Las cargas no son un problema cuando se cambia la numeración ya que la carga asignada se transfiere automáticamente a los números nuevos de los objetos.

Por separado

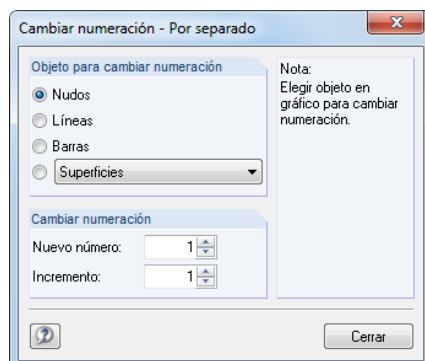
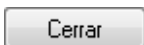


Figura 11.106: Cuadro de diálogo *Cambiar numeración - Por separado*

En la sección del diálogo *Objeto para cambiar numeración*, decide si cambia la numeración de nudos, líneas, barras u otros objetos del modelo seleccionado de la lista. Especifique el número inicial de la numeración nueva así como el incremento en la sección del diálogo *Cambiar numeración*.



Tras cerrar el cuadro de diálogo con el botón [Cerrar], puede seleccionar los objetos relevantes uno tras otro en la ventana de trabajo. Tenga en cuenta que RFEM sólo puede asignar números libres que no se hayan asignado aún.

Automáticamente

Primero, seleccione los nudos, líneas y barras (ver capítulo 11.2.1, página 462) cuya numeración desee ajustar. Luego, abra el cuadro de diálogo siguiente.

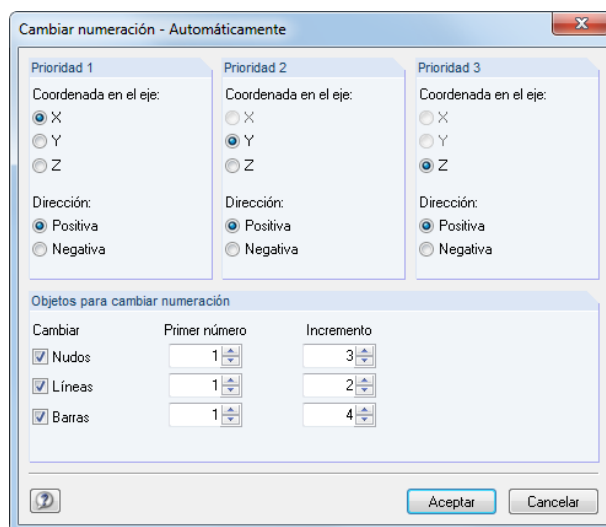


Figura 11.107: Cuadro de diálogo *Cambiar numeración - Automáticamente* para nudos, líneas y barras

Especifique la *Prioridad* de las direcciones X, Y, Z globales para la numeración nueva. Además, tiene que decidir si la numeración ascendente se aplica en la *Dirección* del eje positivo o negativo respectivo.

En el ejemplo anterior, los nudos (al igual que las líneas y las barras) con las coordenadas de X más pequeñas reciben primero los números nuevos. Los nudos se procesan en la dirección X positiva. Si dos nudos tienen coordenadas de X idénticas, la segunda prioridad decide qué nudo recibirá el número menor: esto será el nudo con la coordenada de Y menor. La tercera prioridad será decisiva en caso de que también las coordenadas Y sean idénticas.

La sección del diálogo *Objetos para cambiar numeración* controla a qué nudos, líneas y barras se les cambia la numeración y qué números de inicio e incrementos se usan para el cambio de numeración. Los números ya dispuestos no se deben asignar de nuevo. Sin embargo, RFEM admite el uso de números que se hayan posicionado antes de cambiar los números salvo que se vuelva disponible durante el cambio de numeración.

Intercambiando números

Primero, seleccione los objetos cuya numeración desee ajustar. Luego, abra el cuadro de diálogo siguiente señalando en *Cambiar numeración* en el menú *Herramientas*.

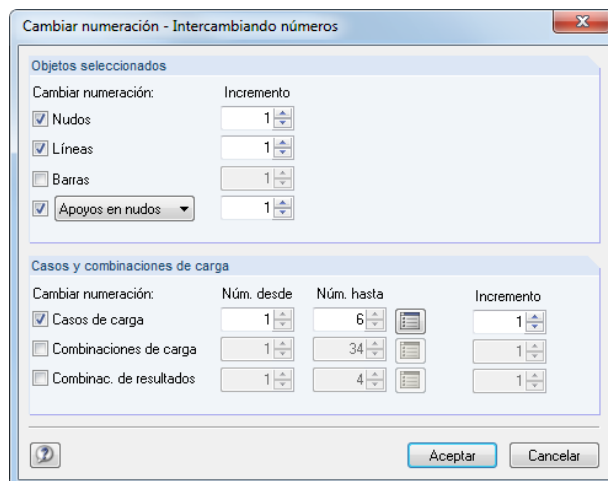
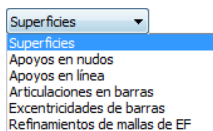


Figura 11.108: Cuadro de diálogo *Cambiar numeración - Intercambiando números*



En la sección del diálogo *Objetos seleccionados*, defina los objetos a los que desea cambiar la numeración: A parte de los nudos, líneas y barras, puede seleccionar otros objetos del modelo en una lista (ver figura a la izquierda). En la columna *Incremento* a la derecha, puede especificar un valor mediante el cual los números de los objetos seleccionados se actualizan. Use incrementos negativos para rebajar la numeración. Asegúrese de que ningún número sea menor que 1.

En la sección del diálogo *Casos y combinaciones de carga*, puede ajustar la numeración de los casos de carga, combinaciones de carga y de resultados. Especifique sus números en la forma de una lista introducida en las columnas *Núm. desde* y *Núm. hasta*. La columna *Incremento* a la derecha controla el valor mediante el cual los números de los objetos de carga se actualizan.

Después de hacer clic en [Aceptar] los números se intercambian. Tenga en cuenta que sólo los números libres sin asignar aún se pueden asignar a varios objetos de modelo y de carga.

11.5 Funciones de tabla

11.5.1 Funciones de edición

Las funciones de edición son herramientas que facilitan la entrada de datos en tablas (ver capítulo 3.4.4, página 27). En contraste a las funciones de selección descrita en el siguiente capítulo 11.5.2, no es necesario seleccionar las celdas previamente. Las funciones de edición sólo afectan a la celda en la cual se posiciona el puntero.



Para habilitar y deshabilitar las tablas,

seleccione **Mostrar** en el menú **Tabla**

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

Acceder a las funciones de edición

Para habilitar las funciones de edición para la tabla, posicione el puntero en una celda de tabla.

Para acceder a las funciones de edición,

señale **Edición** en el menú **Tabla**.



Algunas funciones de edición están disponibles en la barra de herramientas de la tabla.



Figura 11.109: Botones para varias funciones de edición en la barra de herramientas de la tabla

Alternativamente, use el menú contextual en la tabla para acceder a las funciones.

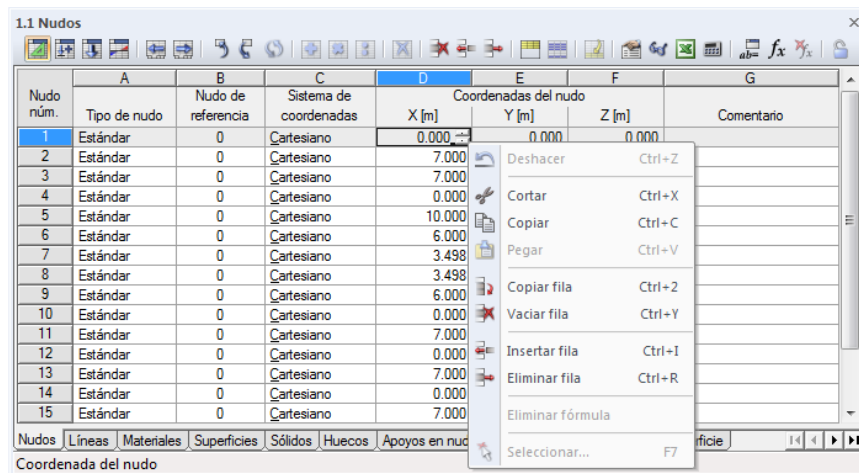


Figura 11.110: Funciones de edición en el menú contextual de la tabla

Funciones y comandos





Función	Efecto
Cortar [Ctrl+X]	Quita el contenido de la celda y la guarda en el portapapeles
Copiar [Ctrl+C]	Copia el contenido de la celda al portapapeles
Pegar [Ctrl+V]	Inserta contenidos del portapapeles en la celda Si los contenidos del portapapeles son mayores que la celda, las celdas de las columnas y filas de tablas posteriores se sobrescriben. Antes se muestra una advertencia.
Copiar fila [Ctrl+2]	Sobrescribe la fila siguiente con contenidos de la fila actual
Vaciar fila [Ctrl+Y] 	Elimina los contenidos de la fila sin eliminar la propia fila
Insertar fila [Ctrl+I] 	Inserta una fila nueva, vacía. Las filas siguientes se desplazan hacia abajo.
Eliminar fila [Ctrl+R] 	Elimina la fila actual. Las filas siguientes se desplazan hacia arriba.
Buscar [Ctrl+F]	Busca un número o cadena dentro de la tabla
Reemplazar [Ctrl+H]	Busca un número o cadena dentro de la tabla y lo reemplaza por otra entrada
Vaciar tabla	Elimina los contenidos de la tabla actual completamente sin ninguna advertencia
Vaciar todas las tablas	Elimina los contenidos de todas las tablas
Seleccionar [F7]	Abre una lista para la selección en la celda
Actualizar gráfico 	Transfiere al gráfico las modificaciones introducidas en la tabla
Edición en el cuadro de diálogo	Abre un cuadro de diálogo donde los datos de la fila actual se pueden introducir

Tabla 11.8: Funciones de edición

11.5.2 Funciones de selección

Las funciones de selección son herramientas que facilitan la entrada de datos en tablas. En contraste con las funciones de edición descritas en el capítulo 11.5.1, tiene que marcar primero varias celdas conectadas como una *Selección*.

Sistema de coordenadas	Coordenadas del nudo		
	X [m]	Y [m]	Z [m]
Cartesiano	0.000	0.000	0.000
Cartesiano	7.000	0.000	0.000
Cartesiano	7.000	6.000	0.000
Cartesiano	0.000	6.000	0.000
Cartesiano	10.000	3.000	0.000
Cartesiano	6.000	5.000	0.000
Cartesiano	3.498	5.000	0.000
Cartesiano	3.498	4.020	0.000
Cartesiano	6.000	4.020	0.000

Figura 11.111: Selección

No es importante el que las celdas estén vacías o rellenas con contenido. Una función de selección modifica los contenidos de las celdas seleccionadas en conjunto.

Acceder a las funciones de selección

Primero, marque una selección como un bloque de celdas contiguas en la tabla: desplace el ratón a través de varias celdas mientras presiona el botón primario del ratón. Un clic en un encabezado de tabla (A, B, C ...) selecciona toda la columna de tabla. Para seleccionar la fila completa de la tabla, haga clic en el número de fila a la izquierda.

Para acceder a las funciones de selección, seleccione **Selección** en el menú **Tabla**.



Algunas funciones de selección están disponibles en la barra de herramientas de la tabla.



Figura 11.112: Botones para varias funciones de selección en la barra de herramientas de la tabla

También puede acceder a las funciones por medio del menú contextual en la tabla.

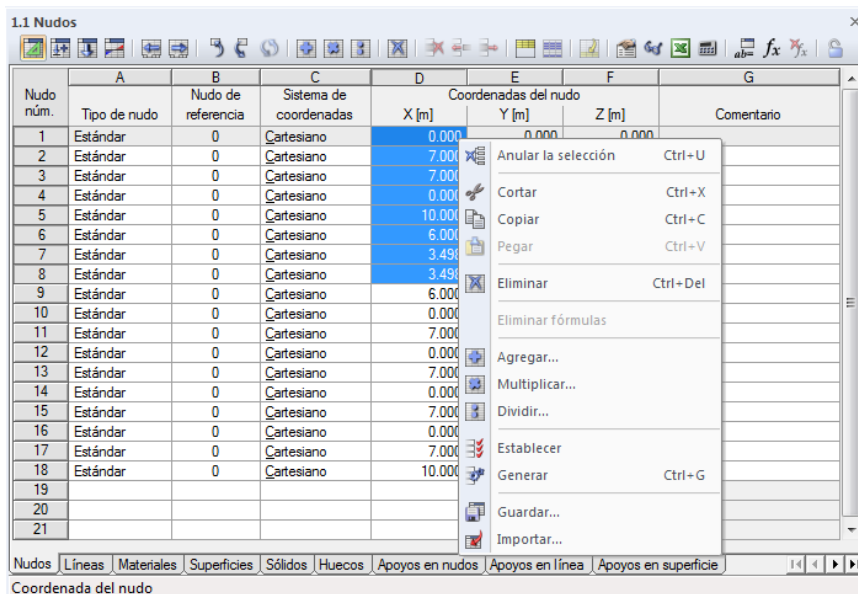


Figura 11.113: Funciones de selección en el menú contextual de la tabla

Funciones y comandos





Función	Efecto
Anular selección [Ctrl+D]	Cancela la selección de la fila o columna
Cortar [Ctrl+X]	Quita el contenido de las celdas seleccionadas y lo guarda en el portapapeles
Copiar [Ctrl+C]	Copia al portapapeles el contenido de la selección
Pegar [Ctrl+V]	Inserta el contenido del portapapeles en la tabla El comando está sólo disponible cuando el portapapeles contiene datos apropiados (por ejemplo desde Excel).
Eliminar [Ctrl+Supr] 	Elimina todos los contenidos de celdas seleccionados
Agregar 	Agrega el valor o lo quita de las celdas con valores numéricos
Multiplicar 	Multiplica las celdas con valores numéricos por un factor
Dividir 	Divide las celdas con valores numéricos por un divisor
Establecer	Asigna el valor de la celda seleccionada en primer lugar a todas las celdas de la selección completa.
Generar [Ctrl+G]	Utilizado para celdas con valores numéricos para entradas generadas entre la primera y la última celda seleccionada mediante interpolación de ambos valores de referencia (ver ejemplo siguiente)
Guardar	Guarda la selección como archivo
Importar	Importa la selección guardada como archivo

Tabla 11.9: Funciones de selección

Ejemplo: Generando valores de celdas

Use esta función para rellenar rápidamente las celdas vacías. Los valores intermedios se determinan mediante una interpolación del valor inicial de la celda superior (en el ejemplo 6,00) y el valor final de la celda inferior (en el ejemplo 30,00).

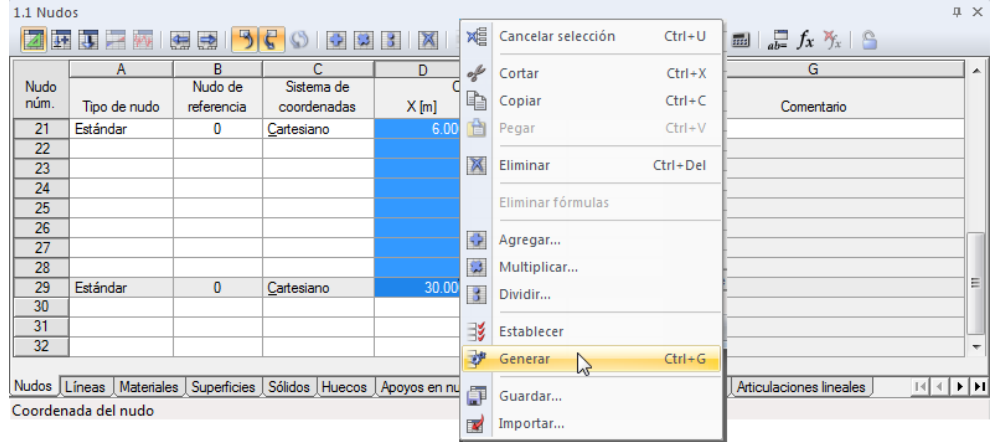


Figura 11.114: Menú contextual de selección

Cuando aplique la opción *Generar*, las celdas intermedias se rellenan con valores interpolados.

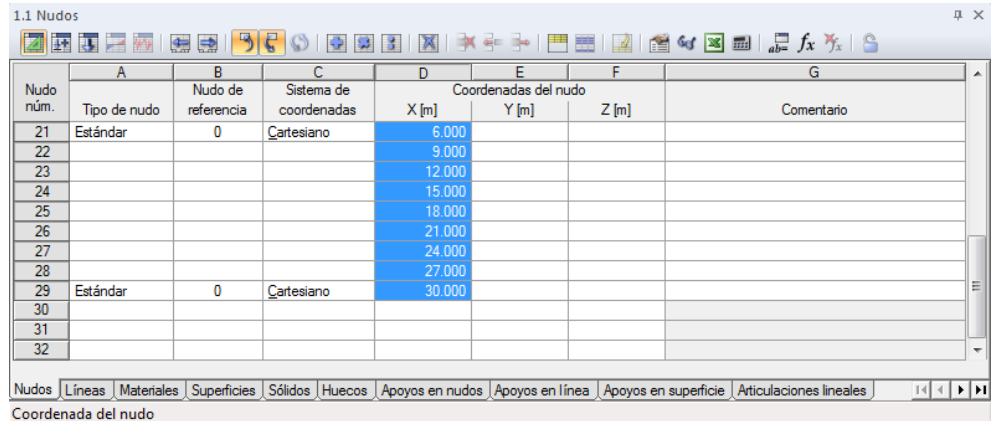


Figura 11.115: Resultado

11.5.3 Funciones de vista

La visualización de la tabla se puede ajustar mediante distintas funciones de vista mejorando la información general en la tabla.

Acceder a las funciones de vista

Para acceder a las funciones de vista,

seleccione **Vista** en el menú **Tabla** o












seleccione **Optimizar datos de carga** en el menú **Tabla**.

Es posible acceder a algunas de las funciones de vista en la barra de herramientas de la tabla.



Figura 11.116: Botones para varias funciones de vista en la barra de herramientas de la tabla

Funciones

Función	Efecto
Sólo filas rellenas 	Oculto todas las filas vacías de la tabla
Sólo filas marcadas 	Muestra sólo las filas seleccionadas
Sólo objetos seleccionados 	Muestra sólo objetos seleccionados en el gráfico
Seleccionar objetos relacionados 	En adición a las cargas, los objetos de modelos asociados (nodos, superficies, barras etc.) se seleccionan en el gráfico. Sólo disponible en las tablas de cargas 3.
Comprimir datos 	Resume los objetos con las mismas cargas en una fila de tabla simple en las tablas de cargas
Descomprimir datos 	Enumera cargas para cada objeto individualmente
Filtro de resultados 	La salida de la tabla se puede restringir a unos tipos de resultados particulares (ver capítulo 11.5.5, página 527).
Información sobre la sección 	Muestra valores característicos de la sección actual
Diagramas de resultados 	Representa resultados de la barra seleccionada gráficamente en una ventana nueva (ver capítulo 9.5, página 382)
Escalas de relación de colores 	La representación de barras de color rojo y azul se activa y desactiva en la tabla.
Barra de título 	La barra de título se activa y desactiva

Barra de herramientas	La barra de herramientas se activa y desactiva
Barra de la columna	Los encabezados de columna (A, B, C, ...) se activan y desactivan
Barra de estado	La barra de estado de la tabla se activa y desactiva
Fila de tabla resaltada	La fila de tabla donde el puntero se sitúa se resalta con colores o no se marca.

Tabla 11.10: Funciones de vista

Ejemplo: Sólo filas rellenas

Una tabla contiene filas vacías que molestan a la información general de la tabla vacía.

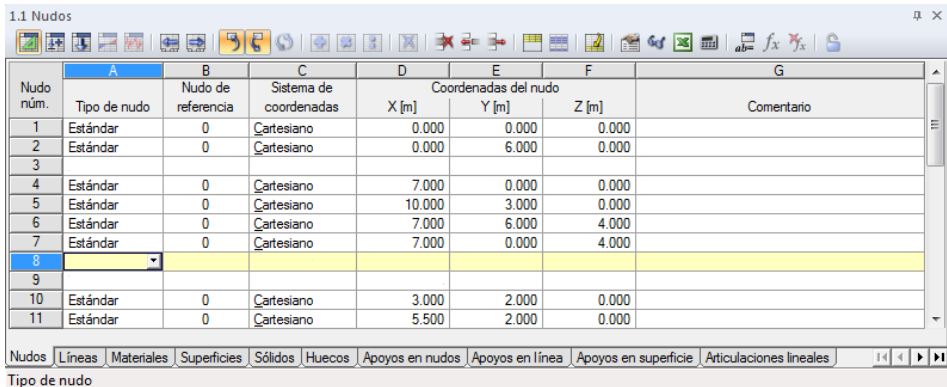


Figura 11.117: Tabla con filas vacías



Use el botón *Sólo filas rellenas* en la barra de herramientas de la tabla para ocultar todas las filas de tablas vacías.

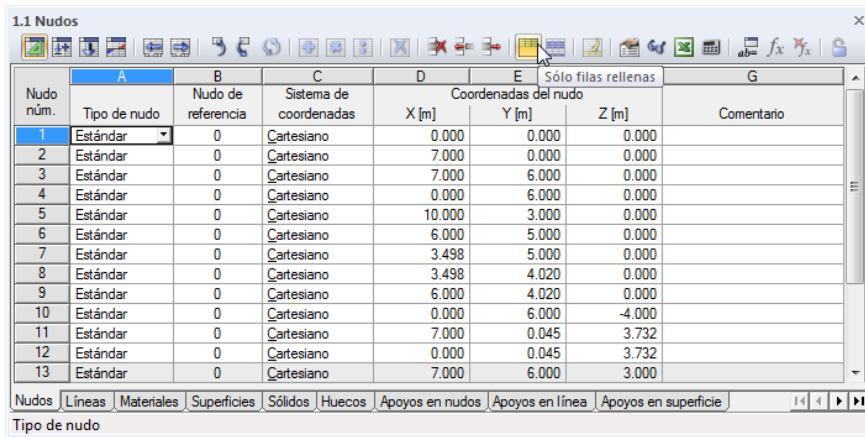


Figura 11.118: Tabla sin filas vacías

11.5.4 Configuración de tablas

La configuración de fuente y color usada en las tablas se puede ajustar individualmente. Además, es posible sincronizar la selección en el gráfico con el de la tabla.



Acceso a la configuración de tablas

Para seleccionar una configuración particular de tabla, seleccione **Configuración** en el menú **Tabla**.

Para activar y desactivar la sincronización de la selección, puede también usar los botones de la barra de herramientas de la tabla.



Figura 11.119: Botones Sincronización de la selección

Funciones



Función	Efecto
Colores	Abre el cuadro de diálogo <i>Colores</i> (Figura 11.120). Es posible ajustar los colores de los objetos de tabla individuales por separado.
Fuentes	Abre el cuadro de diálogo <i>Fuente</i> (Figura 11.120). La fuente, el estilo y el tamaño de fuente se pueden modificar globalmente para todos los objetos de tabla.
Seleccionar objeto actual en el gráfico 	La función se establece activa de forma predeterminada: El objeto de la fila de la tabla donde se posiciona el puntero también se selecciona en la ventana de trabajo.
Mostrar objetos seleccionados en las tablas 	La función se establece activa de forma predeterminada: los objetos seleccionados en la ventana de trabajo se resalta con colores también en la tabla.

Tabla 11.11: Configuración de tablas

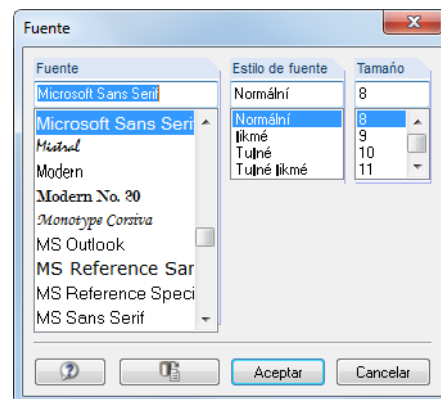
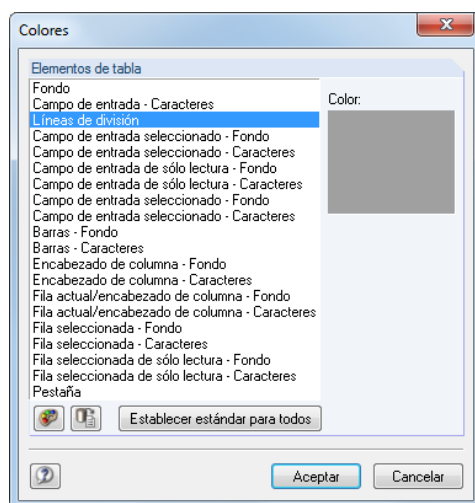


Figura 11.120: Cuadros de diálogos *Colores* y *Fuente*

11.5.5 Funciones de filtro

Varias funciones de filtro le permiten evaluar expresamente esfuerzos internos y fuerzas de contacto así como deformaciones en las tablas de resultados de barras. Además, las opciones de filtro están disponibles para esfuerzos en apoyos en nudos y en línea de las combinaciones de resultados (ver capítulo 8.1, página 309 y capítulo 8.3, página 314).

Acceder a las funciones de filtro

Para acceder a las funciones de filtro,

- seleccione **Vista** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados**
- o use el botón en la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.



Figura 11.121: Botón *Filtro de resultados*

El siguiente cuadro de diálogo aparece:

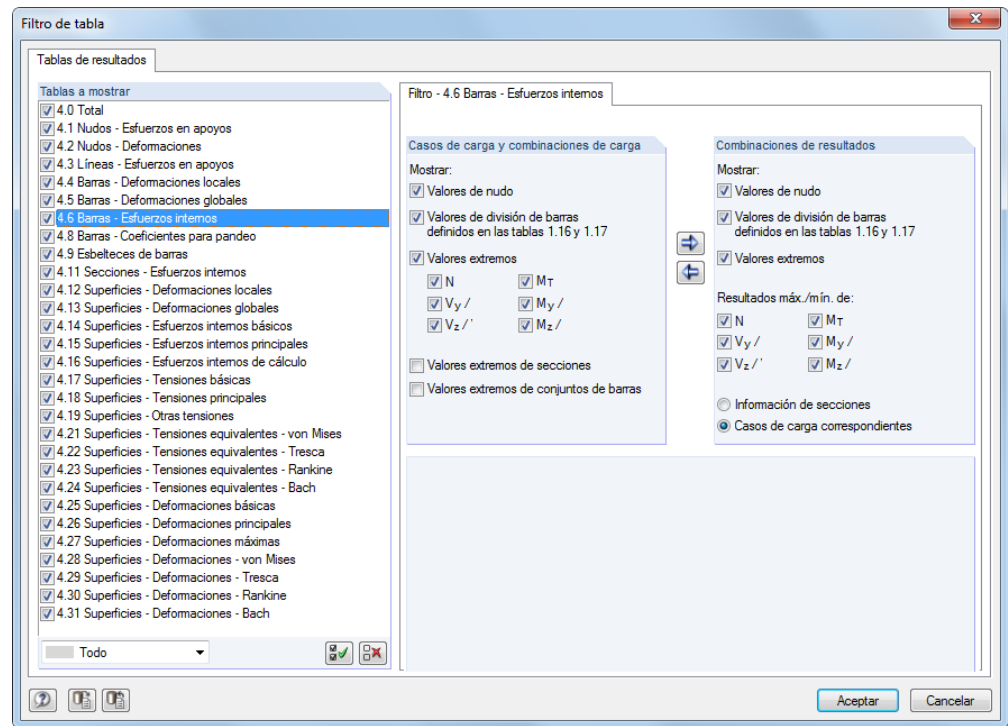


Figura 11.122: Cuadro de diálogo *Filtro de tablas*

Seleccione la tabla de resultados relevantes en la sección del diálogo *Tablas a mostrar*. Luego, use la pestaña de diálogo a la derecha para determinar qué valores se muestran numéricamente.

Quando la tabla para esfuerzos internos de barras se establece, es posible definir para *Casos y combinaciones de carga* y *Combinaciones de resultados* por separado si los *Valores de nudo* (inicio de barra y fin de barra), *Valores de división de barras* (puntos intermedios de división de barra definido por el usuario, ver capítulo 4.16) y *Valores extremos* de barras se muestran en la tabla. Tiene que marcar al menos una de las seis casillas de verificación para esfuerzos internos. Los esfuerzos internos seleccionados se muestran en las posiciones de los valores de resultados que se activan mediante una marca de verificación arriba.

Dos valores de resultados aparecen en cada posición para las combinaciones de resultados, esfuerzos internos máximo y mínimo con los esfuerzos internos correspondientes.



Use los botones que se muestran a la izquierda para transferir el criterio de filtro de un diálogo a otro.

Ejemplo

Una división de barra con dos puntos intermedios se definen para la barra 11 que tiene una longitud de 6,70 m. La configuración de filtro para las combinaciones de resultados que se muestran en la Figura 11.122 da lugar a la siguiente tabla de resultados *4.6 Barras - Esfuerzos internos*.

Barra núm.	A Nudo núm.	B Posición x [m]	C N	D Fuerzas [kN]			F M _T	G Momentos [kNm]		
				V _y / V _u	V _z / V _v	M _y / M _u		M _z / M _v		
1	2	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	11	3.732	-9.557	2.444	3.751	0.000	5.659	-4.066		
	Max N	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	Min N	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	Max V _y	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	Min V _y	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	Max V _z	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	Min V _z	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	Max M _T	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	Min M _T	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	Max M _y	3.732	-9.557	2.444	3.751	0.000	5.659	-4.066		
	Min M _y	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	Max M _z	0.000	-9.557	2.444	3.751	0.000	-8.340	5.056		
	Min M _z	3.732	-9.557	2.444	3.751	0.000	5.659	-4.066		

Figura 11.123: Resultados filtrados por valores de nudos, puntos de división y valores extremos M_y

La columna de tabla H muestra los momentos flectores máximo y mínimo **M_y** sobre los nudos y puntos de división así como posiciones de valores extremos absolutos en negrita. El último aparece con una letra inicial en mayúscula como *Max M_y* y *Min M_y* al final de la lista (ver celdas marcadas en la figura anterior). Los valores en las columnas restantes representan los esfuerzos internos correspondientes de los valores máximos y mínimos respectivos.

11.5.6 Importación y exportación de tablas

Es posible importar directamente una tabla desde MS Excel u Open Office.org Calc a una tabla de entrada de RFEM actual. Los programas involucrados se deben abrir. También es posible exportar la tabla de RFEM actual en su totalidad o parcialmente a Excel u Open Office.org Calc.

Acceso a la función de importación y exportación

Para aplicar la función de importación o exportación, haga clic en el botón [Exportar/importar tabla] en la barra de herramientas.



Figura 11.124: Botón *Exportar/importar tabla* en la barra de herramientas de la tabla

Use este botón para abrir el cuadro de diálogo *Exportar tabla* e *Importar tabla*.

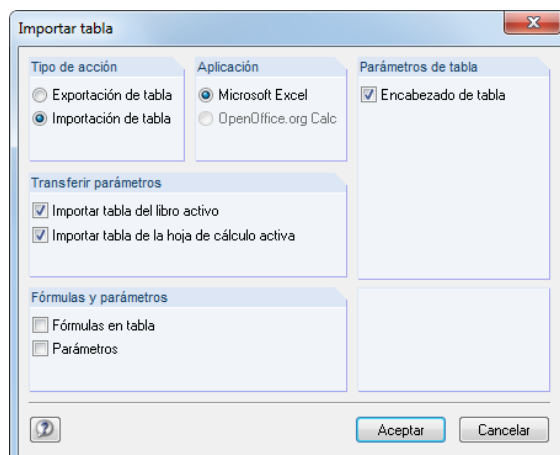


Figura 11.125: Cuadro de diálogo *Importar tabla*

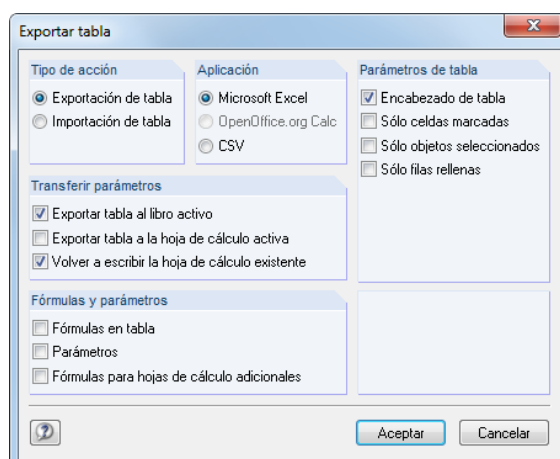


Figura 11.126: Cuadro de diálogo *Exportar tabla*

Importar tabla

El libro de MS Excel u OpenOffice se debe abrir antes de que se inicie la importación. Si existen encabezados en las hojas de cálculo, marque la casilla de verificación para incluir el *Encabezado de tabla*. Entonces, los encabezados se ignoran durante la importación. Sólo las listas se importan a las tablas de RFEM.

En la sección del diálogo *Aplicación*, es posible seleccionar entre hojas de cálculo de Microsoft Excel y OpenOffice.org Calc.

La sección del diálogo *Transferir parámetros* especifica si se importa el libro activo o sólo la hoja de cálculo activa. Al importar un libro completo, el orden y la estructura de las hojas de cálculo deben ser completamente consistentes con las tablas de RFEM.

En la sección del diálogo *Fórmulas y parámetros*, puede decidir si las fórmulas guardadas en Excel u OpenOffice se importan también al intercambiar datos.

Haga clic en [Aceptar] para iniciar la importación.



Si desea importar sólo partes particulares de la hoja de cálculo, se recomienda la función de copia: seleccione el área relevante en la tabla de Excel y cópiela al portapapeles con [Ctrl]+[C]. Luego, sitúe el puntero en la celda correspondiente de la tabla de RFEM e inserte los contenidos del portapapeles con [Ctrl]+[V].

Exportar tabla

Para exportar tablas de RFEM, no necesita ejecutar de fondo MS Excel u Open Office.org Calc

En la sección del diálogo *Aplicación*, puede seleccionar entre las hojas de cálculo Microsoft Excel y OpenOffice.org Calc. Además, es posible crear un archivo en la hoja de cálculo general CSV (ver capítulo 4.13, página 137).

En la sección del diálogo *Parámetros de tabla*, especifique si los encabezados también se exportan. Si la casilla de verificación para *Encabezado de tabla* se marca, el resultado en Excel tiene la siguiente apariencia:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	Estándar	0	Cartesiano	0,000	0,000	0,000	
2	2	Estándar	0	Cartesiano	7,000	0,000	0,000	
3	3	Estándar	0	Cartesiano	7,000	6,000	0,000	
4	4	Estándar	0	Cartesiano	0,000	6,000	0,000	
5	5	Estándar	0	Cartesiano	10,000	3,000	0,000	
6	6	Estándar	0	Cartesiano	6,000	5,000	0,000	
7	7	Estándar	0	Cartesiano	3,498	5,000	0,000	
8	8	Estándar	0	Cartesiano	3,498	4,020	0,000	
9	9	Estándar	0	Cartesiano	6,000	4,020	0,000	
10	10	Estándar	0	Cartesiano	0,000	6,000	-4,000	
11	11	Estándar	0	Cartesiano	7,000	0,045	3,732	

Figura 11.127: Tabla de Excel con encabezados exportados

Al vaciar la casilla de verificación, sólo se transfieren a Excel contenidos de tabla.

Con la opción *Sólo celdas marcadas*, puede exportar los contenidos de tabla seleccionados (ver capítulo 11.5.2, página 521).

Use la casilla de verificación para *Sólo objetos seleccionados* para exportar datos o resultados de números de filas seleccionadas. La selección resulta más sencilla mediante la sincronización de la selección entre el gráfico y la tabla (ver capítulo 11.5.4, página 526).

La opción *Sólo filas rellenas* controla cómo vaciar las filas que se tratan para la exportación.

En la sección del diálogo *Transferir parámetros*, puede definir las tablas de destino donde se escriben los datos. Una vez se desmarca la casilla de verificación, RFEM crea un libro nuevo. Con la opción *Exportar tabla al libro activo* es posible usar la hoja de trabajo actual de la hoja de cálculo. Si la casilla de verificación para *Volver a escribir la hoja de cálculo existente* se marca, RFEM busca en el libro una tabla con el mismo nombre que en RFEM y la sobrescribe entonces.

Usando las casillas de verificación en la sección del diálogo *Fórmulas y parámetros*, puede decidir si se guarda y cómo se exportan las fórmulas en RFEM.

Para iniciar la exportación de la tabla de RFEM actual, haga clic en [Aceptar].



Para transferir varias tablas todas a la vez a Excel u OpenOffice.org Calc., se recomienda seleccionar **Exportar** en el menú **Archivo** (ver capítulo 12.5.2, página 615). Luego, puede seleccionar las tablas relevantes en un cuadro de diálogo.

11.6 Entrada parametrizada

11.6.1 Concepto

La entrada parametrizada para el modelo y datos de carga hace uso de las variables (por ejemplo longitud, ancho, carga de tráfico etc.), las cuales llaman "parámetros" y se almacenan en una **lista de parámetros**.

Los parámetros se pueden usar en fórmulas para determinar un valor numérico. Las fórmulas se editan en el **Editor de fórmulas**. Si un parámetro se modifica en la lista de parámetros, los resultados de todas las fórmulas que usan este parámetro se ajustan.

La entrada parametrizada es útil para proyectos donde se esperan muchos cambios. Las fórmulas guardadas son fáciles de seguir y aportan mayor claridad a modelos complejos. La entrada de control de parámetros es también bastante adecuada al editar modelos repetitivos con diseños similares: simplemente abra un archivo de plantilla y ajuste los parámetros.

11.6.2 Lista de parámetros

La lista de parámetros administra todos los parámetros que se requieren para el modelado.

Acceder a la lista de parámetros

Para acceder a la lista de parámetros, haga clic en el botón [Editar parámetros]:

- en la barra de herramientas de una tabla de entrada



Figura 11.128: Botón *Editar parámetros* en la barra de herramientas de la tabla

- en el editor de fórmulas.

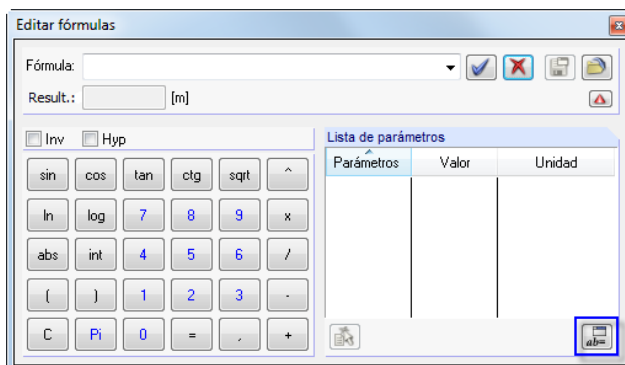


Figura 11.129: Botón *Editar parámetros* en el editor de fórmulas

Descripción

El cuadro de diálogo *Editar parámetros* aparece.

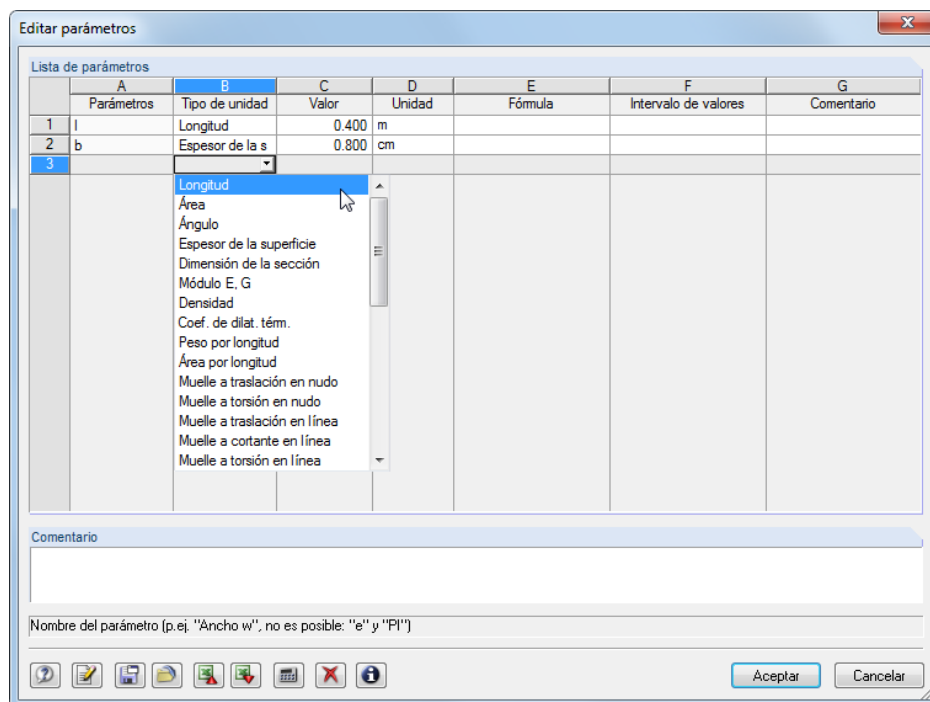


Figura 11.130: Cuadro de diálogo *Editar parámetros*

Cada fila de tabla administra un *Parámetro*. En la columna **A**, introduzca un nombre que conste de signos ASCII. El nombre no debe contener espacios. La descripción se usa para referirse al parámetro en las fórmulas. Es posible asignar cada nombre de parámetro sólo una vez.



En la columna de tabla **B**, defina el *Tipo de unidad* para determinar si el parámetro representa una longitud, carga, densidad etc. Los tipos de unidad se predefinen. Para acceder a la lista de selección disponible en la columna, use el botón contextual [▼] o la tecla del teclado [F7].

En la columna **C**, defina el *Valor* numérico del parámetro.

Especifique la *Unidad* en la columna de tabla **D**. Para acceder a la lista de unidades disponibles en la columna, use el botón contextual [▼] o la tecla del teclado [F7].

En la columna **E**, puede introducir una *Fórmula* para determinar el valor del parámetro para la columna de tabla C. Además de las operaciones matemáticas comunes, las afirmaciones **IF-THEN** y las funciones **max/min** están disponibles. Con la referencia **\$** puede referirse a una tabla particular (por ejemplo **\$1.1(A1)** usa el valor de la celda A1 de la tabla 1.1).

Ejemplos

if(A<B;10;B) Si el parámetro A es menor que el parámetro B, se aplica el valor 10. Si no, se usa el parámetro B.

max(A;B) Se aplica el valor mayor entre ambos parámetros A y B.

min(max(A;B);C) El valor mayor entre los parámetros A y B se determina, el cual se compara luego con el valor del parámetro C. Finalmente se aplica el valor menor.



Use el botón [...] en la columna de tabla E para acceder a una *Lista de operadores y funciones*.

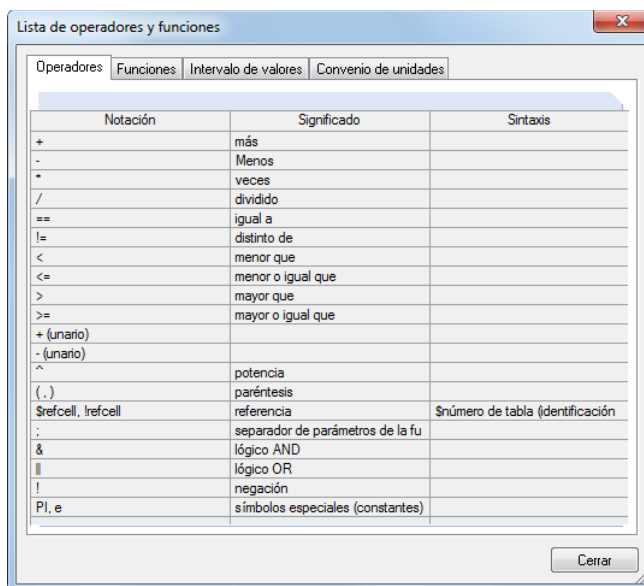


Figura 11.131: Cuadro de diálogo *Lista de operadores y funciones*

En la columna de tabla **F**, puede definir un *Intervalo de valores* para controlar los valores de la columna C.

La columna **G** se reserva para la introducción de cualquier *Comentario*.

Funciones de entrada

Los parámetros se pueden introducir celda a celda.

Varias herramientas están disponibles para una entrada eficiente en el menú contextual que abre con un clic sobre el botón secundario del ratón. Las funciones de edición (vaciar fila o insertar fila, reemplazar etc.) se describen en el capítulo 11.5.1 en la página 519).

Cuando se marcan varias celdas como una selección, aparece el siguiente menú contextual.

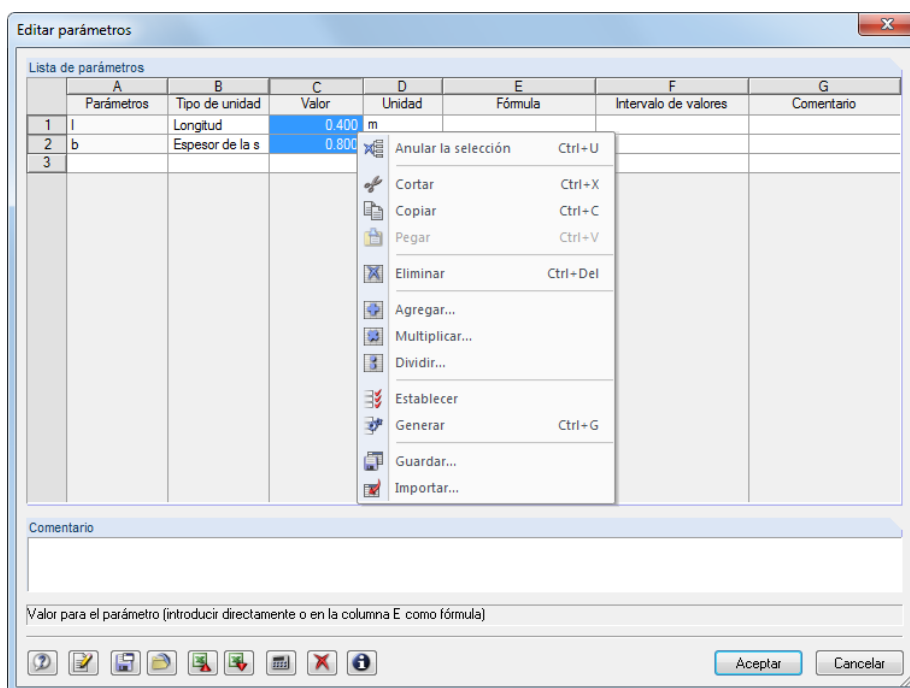


Figura 11.132: Menú contextual de una selección en la lista de parámetros

Encuentre una descripción de las funciones de menú en los capítulos 11.5.1 y 11.5.2, página 519.

Botones

Además de los botones predeterminados, las siguientes funciones se encuentran disponibles en la lista de parámetros.








Botón	Descripción
	Guarda la lista de parámetros en un archivo.
	Carga una lista de parámetros guardados
	Exporta la lista de parámetros a MS Excel
	Importa los datos de la tabla de Excel abierta
	Abre la calculadora e importa su resultado
	Elimina todo el contenido de la Lista de parámetros.
	Muestra los detalles de la secciones usadas en el modelo

Tabla 11.12: Cuadro de diálogo *Editar parámetros*: Botones

11.6.3 Editor de fórmulas

El editor de fórmulas administra las ecuaciones de la entrada parametrizada.

Acceso al editor de fórmulas

Para abrir el editor de fórmulas,

- use el botón en la barra de herramientas de la tabla que se muestra a la izquierda.



Figura 11.133: Botón *Editar fórmulas* en la barra de herramientas de la tabla

- haga clic sobre la esquina amarilla o roja de la celda de la tabla (una esquina roja indica un error en la fórmula) o

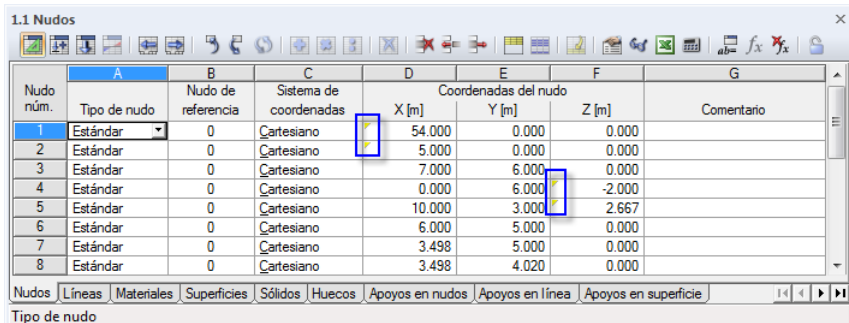


Figura 11.134: Esquinas de celdas marcadas en la tabla 1.1 *Nudos*

- use los botones de la función junto a los campos de entrada en los cuadros de diálogo (ver Figura 11.139).

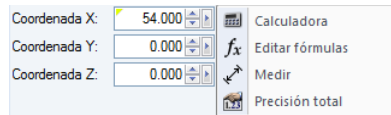


Figura 11.135: Botones de función con el menú contextual en el cuadro de diálogo *Editar nudo*

También es posible importar las fórmulas guardadas en Excel y exportar las fórmulas desde RFEM a Excel. Para más información sobre el intercambio de datos con Excel, ver capítulo 12.5.2 en la página 615.

Descripción

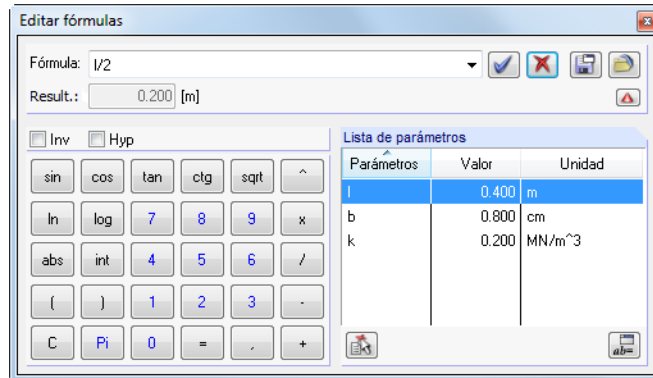


Figura 11.136: Cuadro de diálogo *Editar fórmulas*

En el campo de entrada *Fórmula*, puede introducir manualmente cualquier fórmula. Cuando usa la calculadora, sus resultados se transfieren automáticamente.

La fórmula puede constar de valores numéricos constantes, parámetros de funciones. El resultado de la ecuación aparece en el campo siguiente. Use el botón [▼] al final de la línea de la *Fórmula* para seleccionar una entrada de la lista de fórmulas ya introducidas.

Haga clic en el botón [✓] para aplicar la fórmula a la celda de tabla o campo de entrada del cuadro de diálogo. Elimine la línea de la fórmula con el botón [✗]. En caso de entradas incorrectas, las fórmulas se representan en rojo en el campo de entrada de la *Fórmula*.

Los contenidos de otras celdas se pueden usar en las fórmulas por medio de referencias.

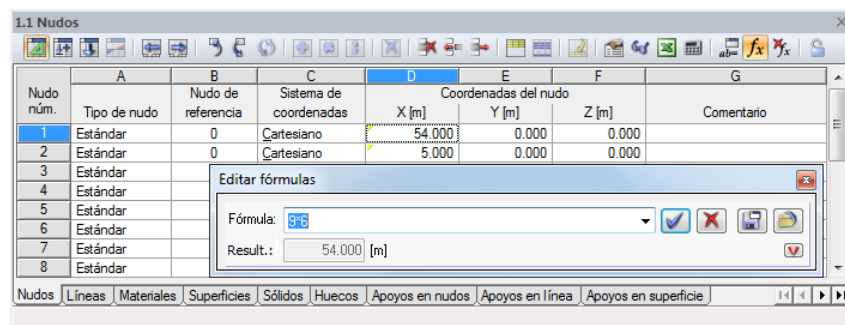


Figura 11.137: Editor de fórmulas con una referencia

Una referencia se introduce mediante un signo de exclamación (!). La celda de referencia se establece entre paréntesis. Como se muestra en la figura anterior, el contenido de la celda **D3** es tres veces el valor de la celda **D2**.

A través de un signo igual prefijado puede introducir también fórmulas directamente en las celdas de la tabla (por ejemplo =2.5*P1). Si los valores se usan (por ejemplo =22.1 + A*H), se integran en unidades del SI con [m] o [N] en la fórmula.

Las siguientes funciones están disponibles en la calculadora del editor de fórmulas:














Función	Descripción
	Seno
	Coseno
	Tangente
	Cotangente
	Raíz cuadrada
	Potencia
	Logaritmo natural
	Logaritmo de base 10
	Valor absoluto
	Número entero, por ejemplo $int(5.638) = 5$
	Vaciar línea de fórmula
	Inversa, por ejemplo $inv\ sqrt(5)$ significa que 5^2
	Función hiperbólica

Tabla 11.13: Funciones de la calculadora



La sección del diálogo *Lista de parámetros* en el editor de fórmulas enumera todos los parámetros con los valores actuales. Para transferir un parámetro particular a la línea de *Fórmula*, haga doble clic en la entrada, o seleccione la entrada y use el botón [Aplicar parámetro seleccionado] que se muestra a la izquierda.



Haga clic en el botón [Editar parámetros] (ver capítulo 11.6.2, página 531) para abrir la lista de parámetros donde puede modificar o completar los parámetros.

Botones

Los botones disponibles en el editor de fórmulas tienen las siguientes funciones:






Botón	Descripción
	Aplica la fórmula a la celda de la tabla o campo del diálogo
	Elimina la entrada de la fórmula
	Guarda contenidos del editor de fórmulas como un archivo
	Carga un archivo guardado
	Muestra u oculta la calculadora y la lista de parámetros

Tabla 11.14: Cuadro de diálogo *Editar fórmulas*: Botones

11.6.4 Fórmulas en tablas y cuadros de diálogo

Las ecuaciones almacenadas en el editor de fórmulas se pueden usar en ambas celdas de tablas y campos de entrada de los cuadros de diálogo. Ya que las tablas y cuadros de diálogo son interactivos, puede acceder a las fórmulas en ambos modos de entrada.

Fórmulas en tablas



Si las celdas están marcadas con una bandera amarilla o roja (triángulo) en la parte superior izquierda, significa que se ha vinculado una fórmula (ver Figura 11.134, página 534). Haga clic en la bandera para abrir el Editor de fórmulas.



Para vincular una celda "normal" con una fórmula, sitúe el puntero en una celda y abra el Editor de fórmulas usando el botón que se muestra a la izquierda.



Figura 11.138: Botón *Editar fórmulas* en la barra de herramientas



Una bandera roja significa que hay un error en la definición de la fórmula. Esta bandera se corresponde con una línea de fórmula roja en el Editor de fórmulas. Se recomienda corregir la fórmula.

Fórmulas en cuadros de diálogo

La entrada de datos paramétrica se ha desarrollado principalmente para la aplicación en tablas. Sin embargo, también es posible utilizar fórmulas en cuadros de diálogo.



Un botón de función a la derecha de los campos de entrada en los cuadros de diálogo indica que se pueden vincular con fórmulas.

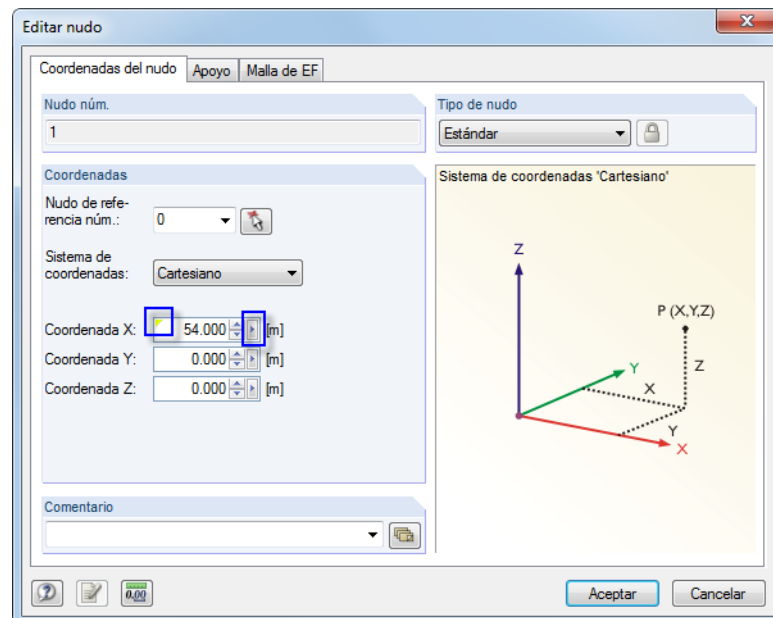


Figura 11.139: Cuadro de diálogo con la fórmula vinculada y el botón de función

Si el campo de entrada ya está vinculado con una fórmula, se marca como una celda con una bandera amarilla (o roja en el caso de una fórmula incorrecta).



Haga clic en el botón de función para abrir el menú contextual que se muestra en la Figura 11.135 de la página 535 donde se puede acceder al Editor de fórmulas.

11.7 Generadores de modelos

Para crear modelos o partes de sistemas estructurales está disponible una amplia variedad de herramientas. Además de las funciones de copiar y extruir, RFEM proporciona cuadros de diálogo especiales para generar modelos de barras y superficies.

11.7.1 Copias y extrusiones

11.7.1.1 Desfase paralelo de líneas y barras

Es fácil copiar líneas o barras seleccionadas gráficamente: mueva los objetos al lugar deseado en el espacio de trabajo manteniendo presionada la tecla [Ctrl]. La función sigue las normas generales para las aplicaciones de Windows.

Si desea crear líneas o barras paralelas, puede introducir los ajustes específicos en un cuadro de diálogo. Para acceder a la función correspondiente,

seleccione **Definir línea paralela** en el menú **Herramientas**, o bien

seleccione **Definir barra paralela** en el menú **Herramientas**

o también utilice el menú contextual de la línea o barra (ver Figura 11.149, página 545).

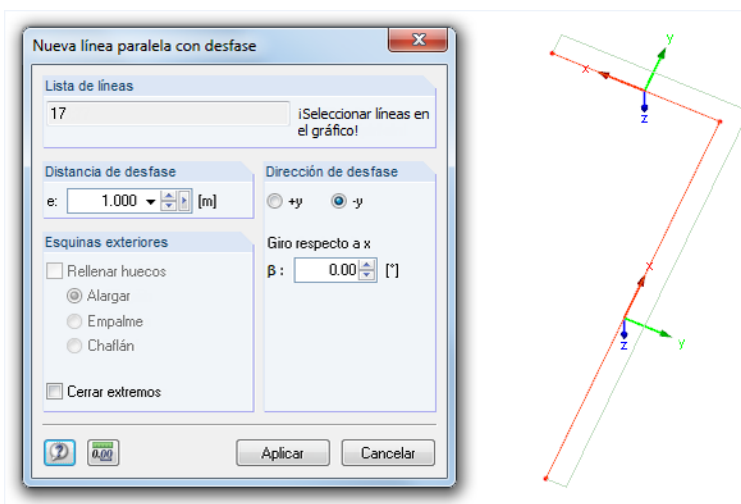


Figura 11.140: Cuadro de diálogo *Nueva línea paralela con desfase*

La línea seleccionada aparece en la *Lista de líneas*. En caso necesario, es posible agregar más líneas al hacer clic en la ventana de trabajo. Note que todas las líneas de la lista deben quedar en un plano.

En la sección de diálogo *Distancia de desfase*, especifica la distancia de copia respecto al original.

Al copiar varias líneas mediante un desfase paralelo, tiene varias posibilidades en la sección de diálogo *Esquinas exteriores* para ajustar las líneas o barras copiadas. La figura anterior muestra las líneas copiadas (sin ejes) ampliadas al punto común de intersección. Además, ambos extremos se conectan con las líneas originales al activar la casilla de verificación *Cerrar extremos*.

La configuración en la sección de diálogo *Dirección de desfase* define el lado donde se copia las líneas. Las direcciones +y e -y se muestran directamente en la ventana de trabajo. Se utilizan especialmente para este cuadro de diálogo y no dependen del plano de trabajo definido actualmente. Por ello, no reflejan necesariamente los ejes de las líneas. La entrada de datos *Giro respecto a x* permite copiar los objetos fuera del plano.

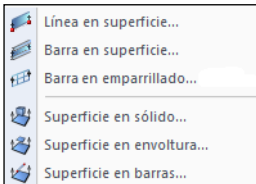
11.7.1.2 Extruir líneas y barras

Mediante la extrusión de líneas y barras, puede crear rápidamente superficies, rejillas o emparrillados. Pero si desea generar un emparrillado irregular utilizando especificaciones ampliadas, se recomienda utilizar el cuadro de diálogo *Generar emparrillado* (ver capítulo 11.7.2, página 550).

Para acceder a las funciones de extrusión, seleccione **Extruir** en el menú **Herramientas**.

También se puede utilizar el menú contextual de la línea o barra relevante.

Extruir barra/línea en superficie



Menú Herramientas → Extruir

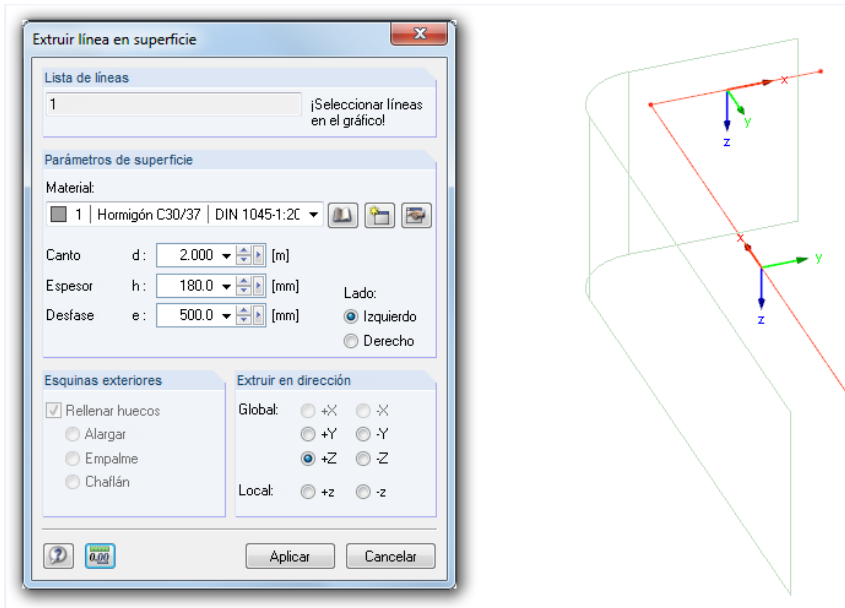


Figura 11.141: Cuadro de diálogo *Extruir línea en superficie*

La línea seleccionada aparece en la *Lista de líneas*. En caso necesario, es posible agregar más líneas haciendo clic en la ventana de trabajo. Note que todas las líneas de la lista deben quedar en un plano.

Luego, introduzca el material, profundidad y espesor de la nueva superficie como *Parámetros de superficie*. Si se define un *Desfase*, la superficie se crea a una distancia lateral relacionada con la dirección de la extrusión. En este caso, especifique el *Lado*. Los parámetros modificados se muestran inmediatamente en el gráfico de la ventana de trabajo.

Si se extruyen varias líneas, se ofrecen varias posibilidades en la sección de diálogo *Esquinas exteriores* para ajustar las líneas copiadas. La figura anterior muestra las líneas (sin ejes) extruidas con un desfase y conectadas con un arco.

En la sección de diálogo *Extruir en dirección*, defina la dirección global o local de la extrusión.

Extruir barra en emparrillado

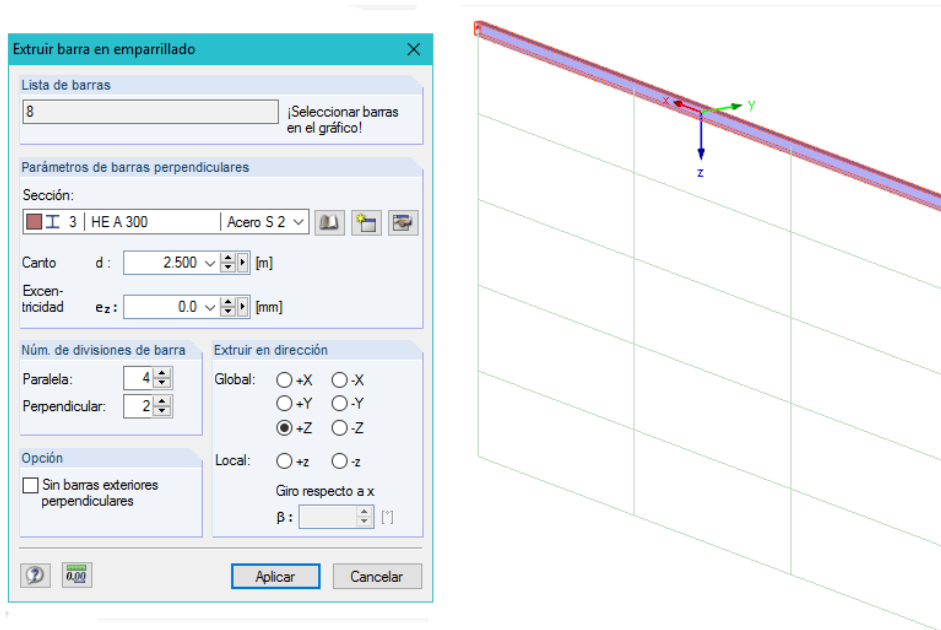


Figura 11.142: Cuadro de diálogo *Extruir barra en emparrillado*

La barra seleccionada aparece en la *Lista de barras*. En caso necesario, es posible agregar más barras activándolas en la ventana de trabajo. Todas las barras de la lista deben quedar en un plano.

En la sección de diálogo *Parámetros de barras perpendiculares*, introduzca la sección de las barras verticales y la profundidad como el valor para la altura total del emparrillado. Opcionalmente, especifique una excentricidad a fin de conectar las barras mediante una conexión excéntrica (ver capítulo 4.15, página 145).

Los ajustes en la sección de diálogo *Núm. de divisiones de barra* controla la división en un emparrillado uniforme compuesto de barras paralelas y verticales. Además, tiene la *Opción* de realizarlo sin la generación de barras verticales externas.

En la sección de diálogo *Extruir en dirección*, define la dirección global o local donde el emparrillado de barras se va a crear. La entrada de datos *Giro respecto a x* permite copiar los objetos fuera del plano.

11.7.1.3 Extruir superficies

Mediante la extrusión de superficies planas es posible crear rápidamente objetos geométricos espaciales.

Para acceder a las funciones correspondientes, seleccione **Extruir** en el menú **Herramientas**.

También puede usar el menú contextual de las superficies relevantes.



Menú *Herramientas* → *Extruir*

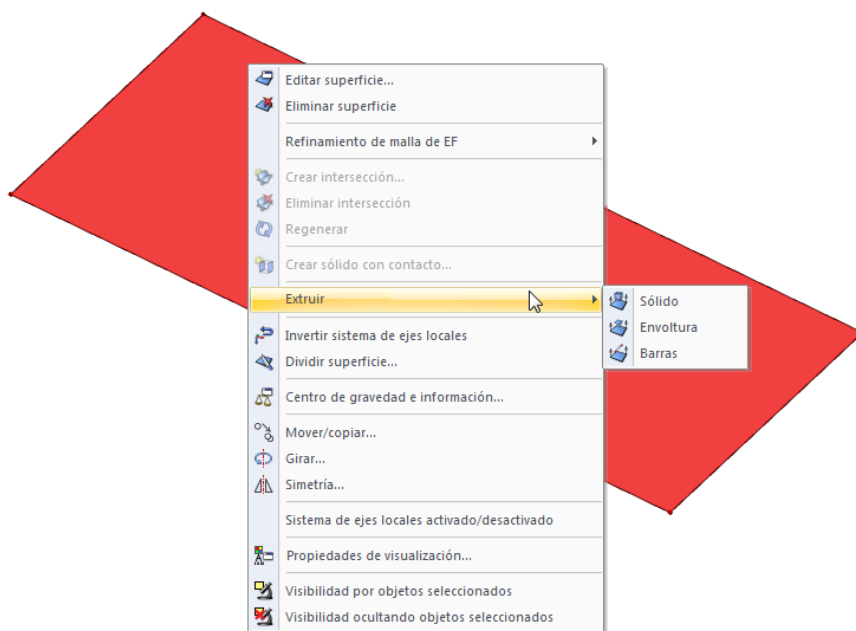


Figura 11.143: Menú contextual de superficie

Para crear objetos extruidos desplazando la superficie paralela en el espacio de trabajo, seleccione una de las siguientes opciones en el menú contextual.

- **Sólido:** Se crea un sólido 3D (ver capítulo 4.5, página 92).
- **Envoltura:** Sólo se generan superficies envolviendo al objeto espacial.
- **Barras:** Las barras se crean en las líneas de conexión entre los nudos y sus copias. Opcionalmente, la superficie básica también se copia.

Dependiendo de su elección, un cuadro de diálogo nuevo aparece donde tiene que definir los parámetros relevantes. Es posible insertar la *Altura h* directamente o determinarla gráficamente con el ratón.

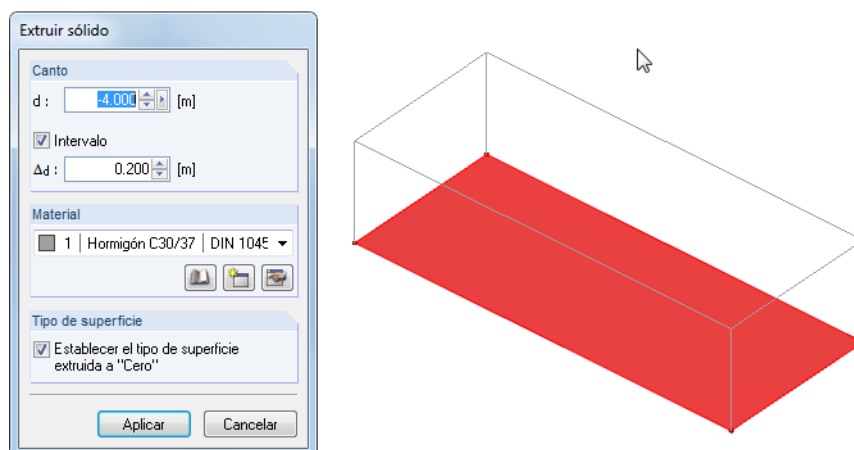


Figura 11.144: Cuadro de diálogo *Extruir sólido*

11.7.1.4 Generar sólidos

El capítulo anterior describe cómo las superficies existentes se pueden utilizar para crear sólidos o envolturas. Pero si se desea generar un sólido completamente nuevo, RFEM ofrece funciones especiales para crear objetos 3D: primero, cree las superficies (rectángulo con empalmes, semicírculo, etc.). En un segundo paso, extruya las superficies en relación a un punto o un plano.

Extruir superficie en relación a un plano paralelo



Para acceder a la función correspondiente,

señale **Datos del modelo** en el menú **Insertar**, seleccione **Sólidos** y **Gráficamente**, y luego haga clic en **Extruir con sección variable**

o bien utilice el botón de la lista correspondiente en la barra de menú.

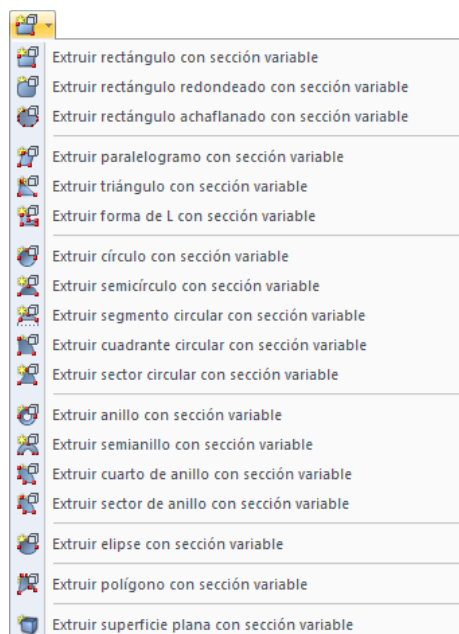


Figura 11.145: Botón lista *Extruir superficie*

El menú contiene un gran número de formas de superficies planas que se pueden definir y luego extruir paralelamente a la superficie plana.

El principio funcional es similar a la entrada de datos gráfica de superficies (ver capítulo 4.4, página 80): primero, defina el material y la rigidez en un cuadro de diálogo. Luego, puede crear las superficies en la ventana de trabajo haciendo clic en los puntos de definición.

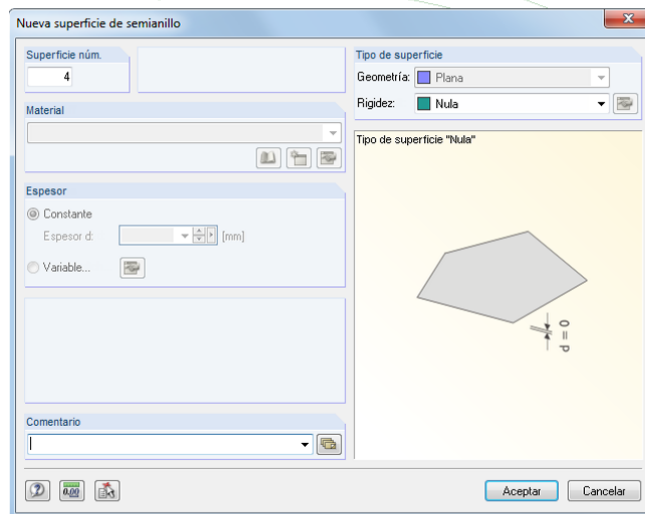


Figura 11.146: Cuadro de diálogo *Nueva superficie de semianillo* para la definición de la superficie

Una vez definida el área de la base, defina los parámetros para la creación del sólido en el cuadro de diálogo *Extruir*.

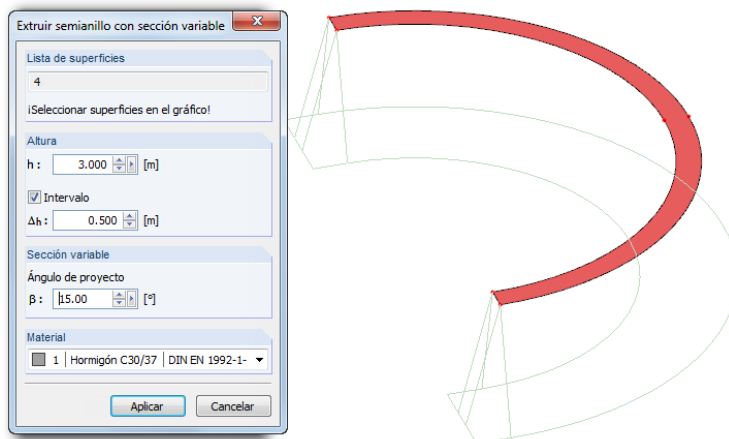


Figura 11.147: Cuadro de diálogo *Extruir semianillo con sección variable* con superficies laterales inclinadas

La *Altura h* se puede insertar directamente en el cuadro de diálogo o determinar gráficamente con el ratón. La dirección de proyección está siempre en el ángulo derecho al plano del área de la base.

Al introducir un valor en la sección de diálogo *Sección variable* es posible crear un recubrimiento paralelo o área de base con lados inclinados. El ángulo β describe la inclinación con la dirección de proyección.

Además, se debe especificar el *Material* del nuevo sólido.

- Extruir rectángulo hacia un punto
- Extruir rectángulo redondeado hacia un punto
- Extruir rectángulo achafanado hacia un punto
- Extruir paralelogramo hacia un punto
- Extruir triángulo hacia un punto
- Extruir forma de L hacia un punto
- Extruir círculo hacia un punto
- Extruir semicírculo hacia un punto
- Extruir segmento circular hacia un punto
- Extruir cuadrante circular hacia un punto
- Extruir sector circular hacia un punto
- Extruir anillo hacia un punto
- Extruir semianillo hacia un punto
- Extruir cuarto de anillo hacia un punto
- Extruir sector de anillo hacia un punto
- Extruir elipse hacia un punto
- Extruir polígono hacia un punto
- Extruir superficie plana hacia un punto

Extruir superficie en relación a un punto

Para acceder a la función correspondiente,

señale **Datos del modelo** en el menú **Insertar**, seleccione **Sólidos** y **Gráficamente**, y luego haga clic en **Extruir hacia un punto**.

El menú contiene un gran número de formas de superficies planas que se pueden definir gráficamente y luego extruir en relación a un punto.

El principio funcional es similar a la extrusión del objeto en referencia a un plano paralelo (ver anteriormente): primero, defina el área de la base gráficamente. Luego, puede insertar el punto de la proyección de extrusión en el cuadro de diálogo *Extruir*. También puede definirlo gráficamente.

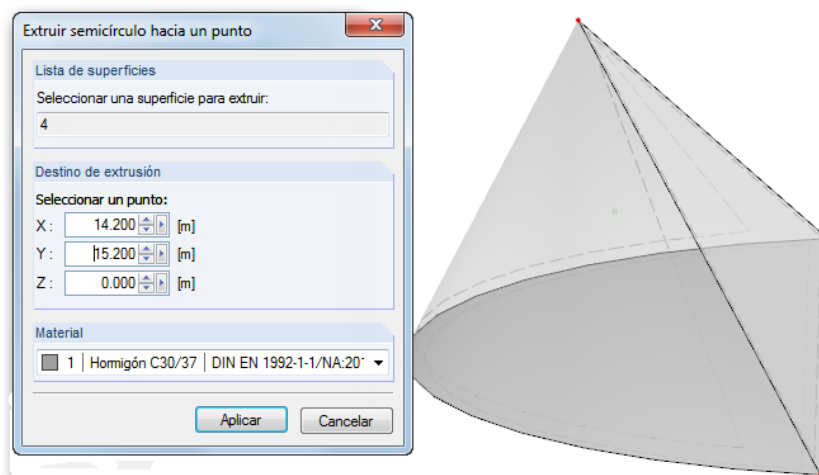


Figura 11.148: Cuadro de diálogo *Extruir semicírculo hacia un punto* con resultado

11.7.1.5 Descomponer barra en superficies

A veces, es necesario analizar ciertas zonas del modelo de barras en detalle (por ejemplo, para la evaluación de apoyos o uniones de pórticos como modelo de superficie). Sería posible introducir una sección manualmente utilizando superficies, pero esto es bastante laborioso. La función *Descomponer barra en superficies* ayuda a representar un elemento 1D por medio de elementos de superficie 2D



La función está sólo disponible si el modelo se ha definido como 3D (ver Figura 12.23, página 598).

Para dividir una barra seleccionada previamente,



señale **Descomponer barra en superficies** en el menú **Herramientas**, y luego seleccione **Generar**.

Esta función está también disponible en el menú contextual. Haga clic con el botón secundario para abrir su menú contextual.

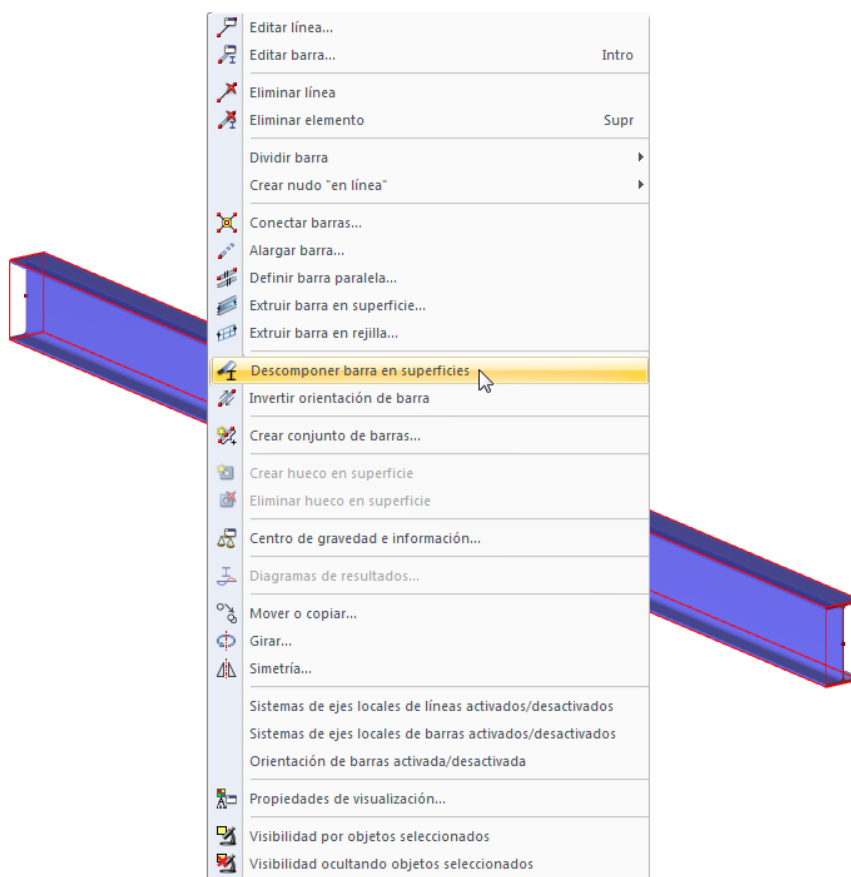


Figura 11.149: Menú contextual de barra

La información sobre la barra no se perderá: además de las superficies, se creará una barra ficticia en el eje neutro. La barra ficticia contiene todos los datos de la barra, pero no se considerará en el cálculo.

Para acceder a más opciones para la función *Descomponer barra en superficies* señale **Descomponer barra en superficies** en el menú **Herramientas**, y luego seleccione **Configuración**

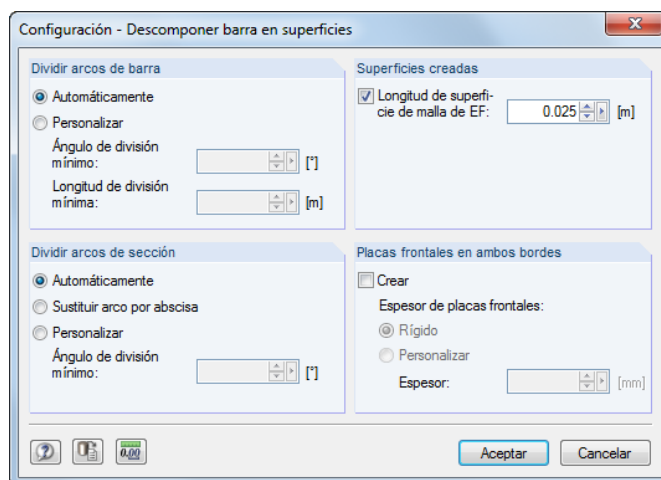


Figura 11.150: Cuadro de diálogo Configuración – Descomponer barra en superficies

Utilice la sección de diálogo *Dividir arcos de barra* para controlar cuántas veces se tiene que dividir una barra definida sobre una línea curva. Si se crea una cadena poligonal muy tosca con

la configuración predeterminada *Automáticamente*, puede personalizar la división y reducir el *Ángulo de división* o la *Longitud de división*.

La configuración en la sección de diálogo *Dividir arcos de sección* afecta a la división de las superficies curvas, por ejemplo a las barras de sección de tipo "Tubo". De nuevo, la división se puede refinar mediante un *Ángulo de división* definido por el usuario.

En la sección de diálogo *Superficies creadas*, puede definir un refinamiento de malla de EF para las superficies generadas (ver capítulo 4.23, página 178).

En el curso de la conversión, se pueden crear *Placas frontales* en los extremos de barras. Las características de las superficies generadas se pueden ajustar posteriormente editando las superficies (ver capítulo 4.12, página 120).

11.7.2 Generadores de modelos

Para acceder a los cuadros de diálogo para crear modelos estructurales,

seleccione **Generar modelo - Barras** en el menú **Herramientas** o bien

seleccione **Generar modelo - Superficies** en el menú **Herramientas**.

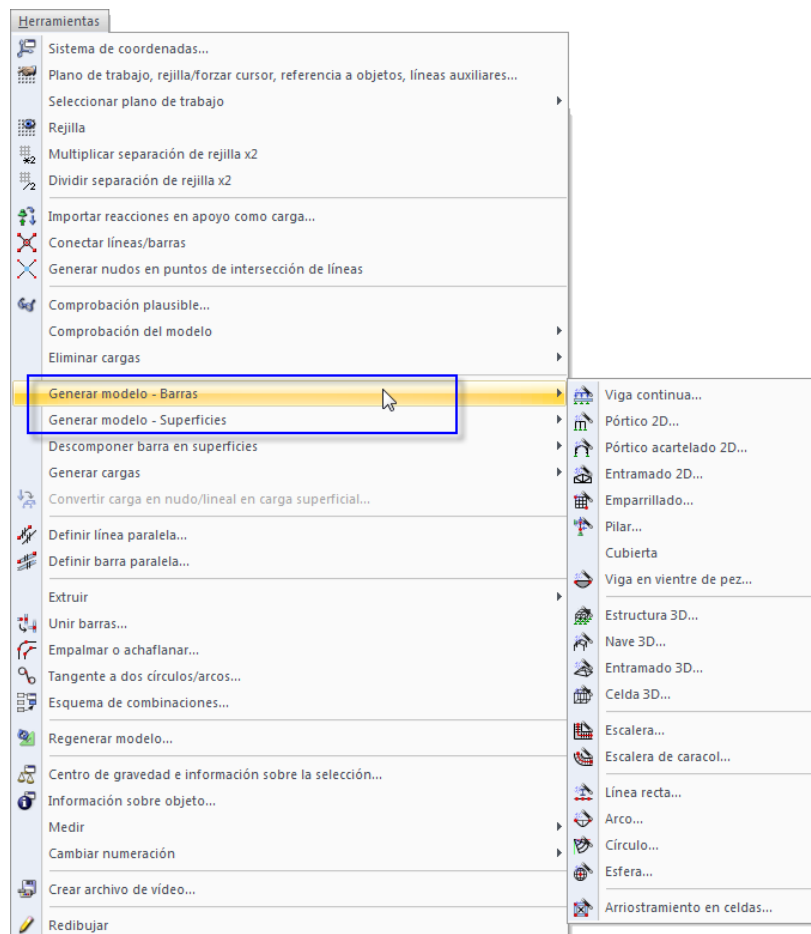


Figura 11.151: Menú *Herramientas* → *Generar modelo - Barras* o *Superficies*

A continuación, se presentan los distintos generadores. Sin embargo, no encontrará una descripción en detalle de los cuadros de diálogo debido a que los gráficos de diálogo ilustran los parámetros adecuadamente.

Es posible guardar cada entrada de datos como una plantilla para su uso posterior. Ambos botones que se muestran a la izquierda se utilizan para guardar y cargar los datos del generador.



11.7.2.1 Barras

Viga continua

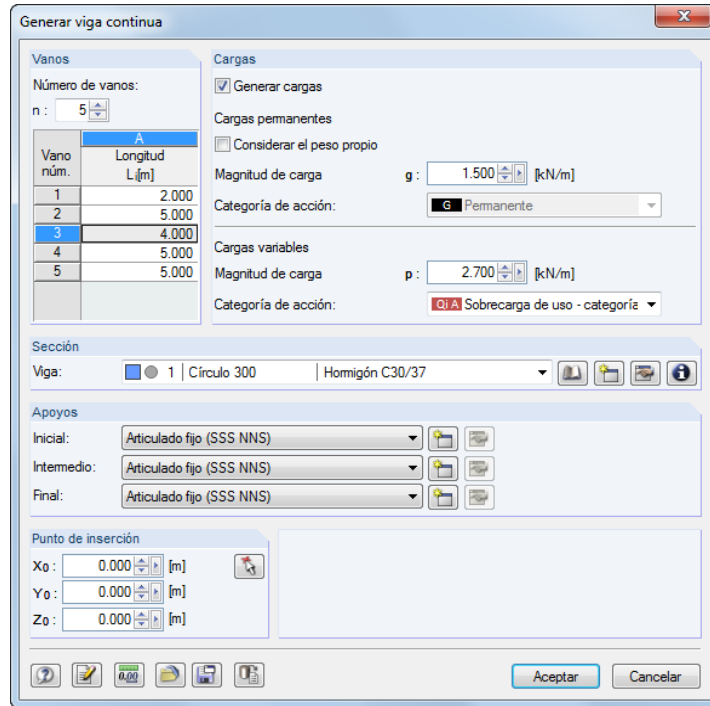


Figura 11.152: Cuadro de diálogo *Generar viga continua*

RFEM crea una viga continua con sección uniforme, apoyos y vanos irregulares. También es posible crear casos de carga y combinaciones de resultados.

Pórtico 2D

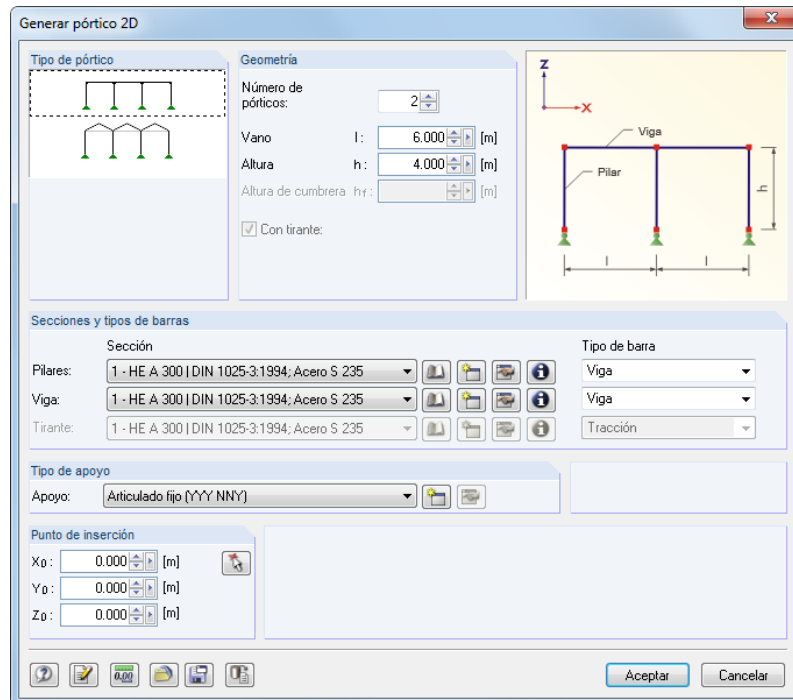


Figura 11.153: Cuadro de diálogo *Generar pórtico 2D*

Antes de introducir los datos geométricos y las propiedades de la sección, seleccione el *Tipo de pórtico*. Los pilares del pórtico plano reciben las mismas condiciones de apoyo.

Pórtico acartelado 2D

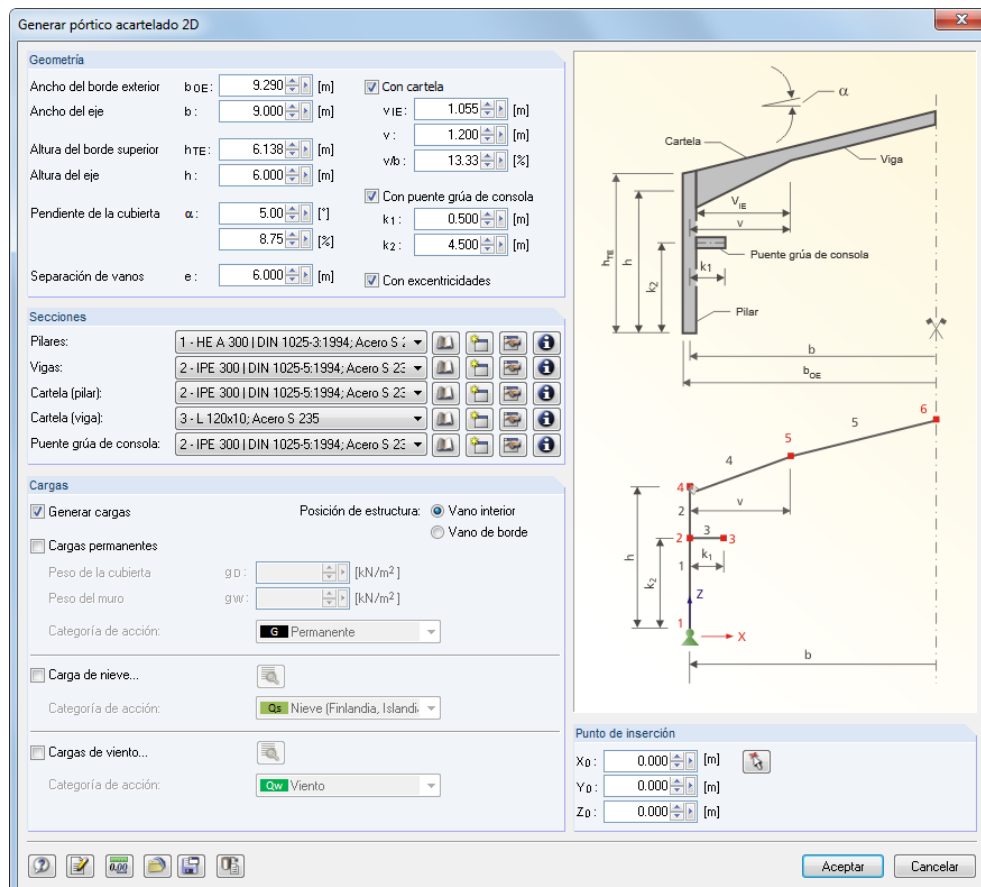


Figura 11.154: Cuadro de diálogo *Generar pórtico acartelado 2D*



El pórtico plano se debe definir por su *Geometría* y *Secciones*. Puede crear cartelas, puentes grúa de consolas y conexiones excéntricas. Las *Cargas* se pueden generar de manera adicional. Los botones [Configuración] ofrecen acceso a los parámetros del generador. La *Posición de la estructura* es importante para la determinación de cargas.

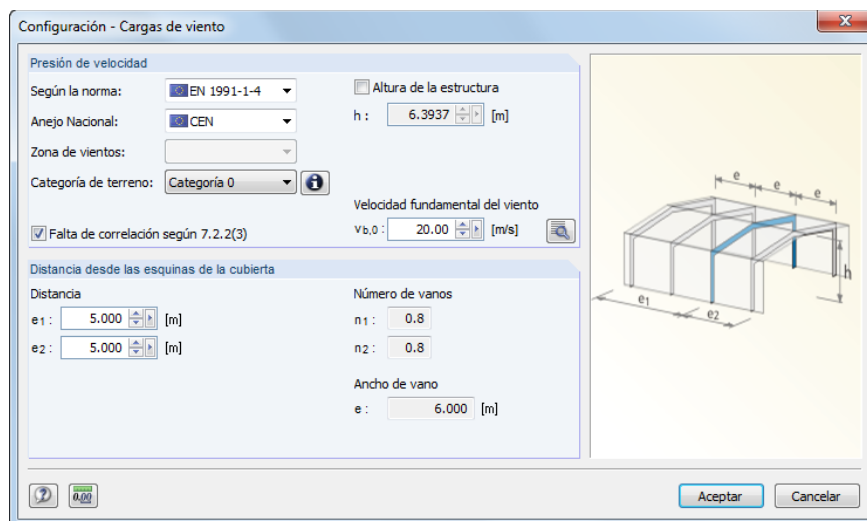


Figura 11.155: Cuadro de diálogo Configuración - Cargas de viento

Entramado 2D

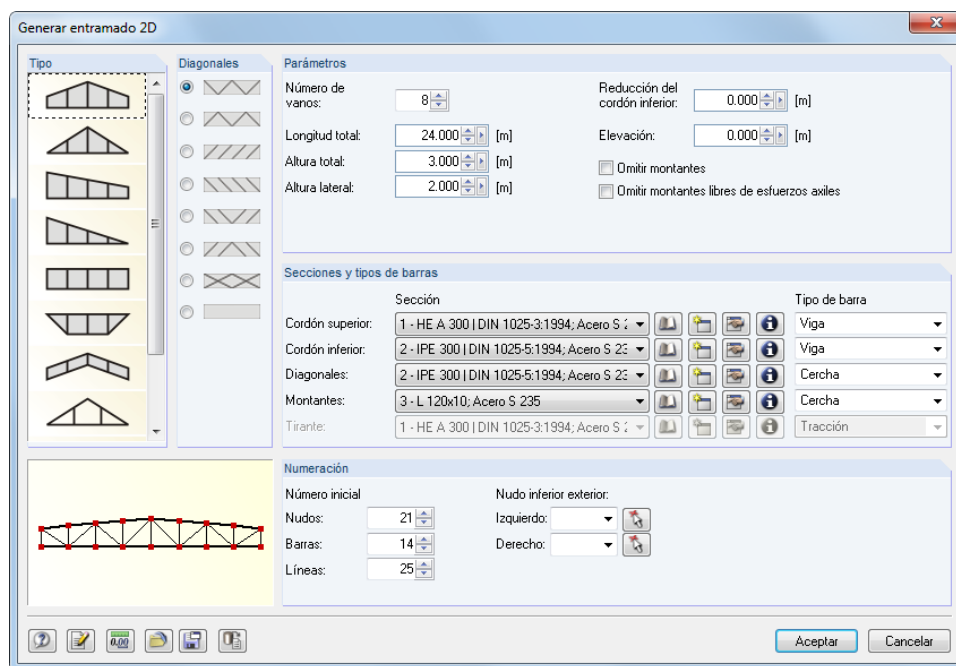
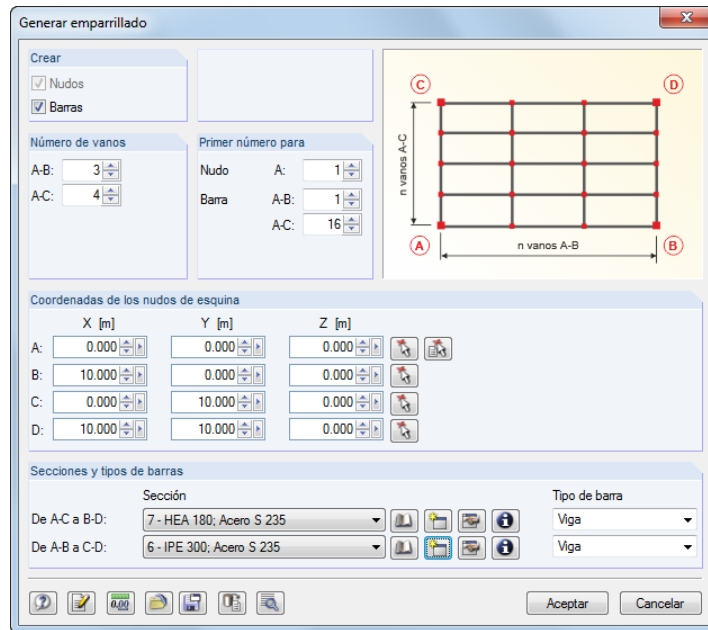


Figura 11.156: Cuadro de diálogo Generar entramado 2D

Primero, defina el Tipo de entramado y la disposición de las Diagonales. Luego, defina los Parámetros, Secciones y tipos de barras.

Emparrillado



Generar emparrillado

Crear

Nudos

Barras

Número de vanos

A-B: 3

A-C: 4

Primer número para

Nudo A: 1

Barra A-B: 1

Barra A-C: 16

Coordenadas de los nudos de esquina

	X [m]	Y [m]	Z [m]
A:	0.000	0.000	0.000
B:	10.000	0.000	0.000
C:	0.000	10.000	0.000
D:	10.000	10.000	0.000

Secciones y tipos de barras

Sección

De A-C a B-D: 7 - HEA 180; Acero S 235

De A-B a C-D: 6 - IPE 300; Acero S 235

Tipo de barra

Viga

Viga

Aceptar Cancelar

Figura 11.157: Cuadro de diálogo *Generar emparrillado*

Utilice este generador para crear modelos que tengan un emparrillado uniforme. Estos no necesitan diseñarse con ángulos rectos como se muestra en la figura anterior. Es posible diseñar cualquier tipo de modelo espacial cuadrangular con cuatro puntos de esquina. Para generar un emparrillado "real", se recomienda seleccionar el *Tipo de modelo* como **2D - en XY** en el cuadro de diálogo del modelo *Datos generales* (ver capítulo 12.2, página 598).



Para generar emparrillados irregulares, utilice el botón [Editar configuración avanzada] que se muestra a la izquierda.

Pilar

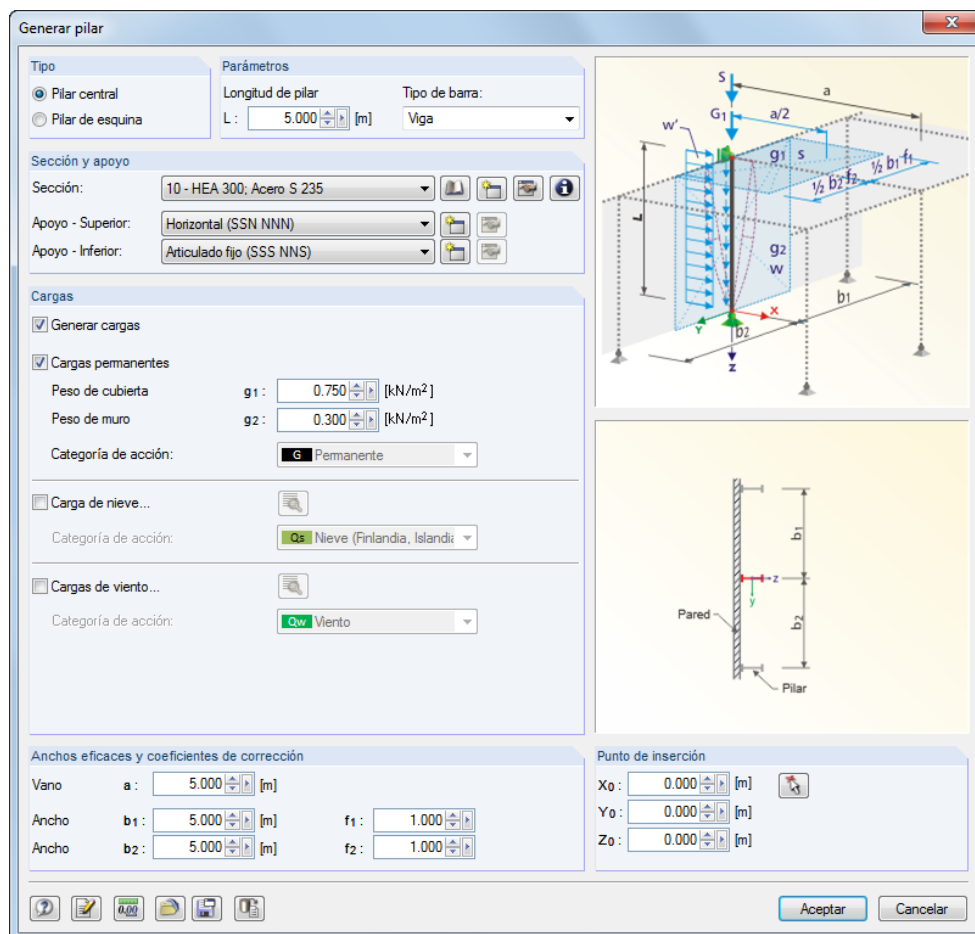


Figura 11.158: Cuadro de diálogo *Generar pilar*

En la sección de diálogo *Tipo*, se decide si se generará un pilar central o de esquina. En caso que se quiera generar *Cargas*, se tiene que especificar sus *Anchos eficaces y coeficientes de corrección*. Para generar un pilar de un hastial, el **Vano a** es necesario para la zona de influencia en dirección longitudinal del pórtico. Los factores **f₁** y **f₂** se utilizan para aplicar una escala a las anchuras geométricas **b₁** y **b₂** para el modelo estático o para cumplir requisitos especiales de normativa (por ejemplo, los coeficientes de incremento de carga en diseños individuales).

Generadores de cubiertas

El elemento del menú *Cubierta* proporciona tres generadores de cubiertas que se pueden seleccionar para generar sistemas planos de cubierta incluyendo sus cargas. Los botones de [Configuración] disponibles en los cuadros de diálogo de las cubiertas ayudan a determinar las cargas de viento y de nieve (ver Figura 11.155, página 549).



Cubierta → Cubierta con falso tirante

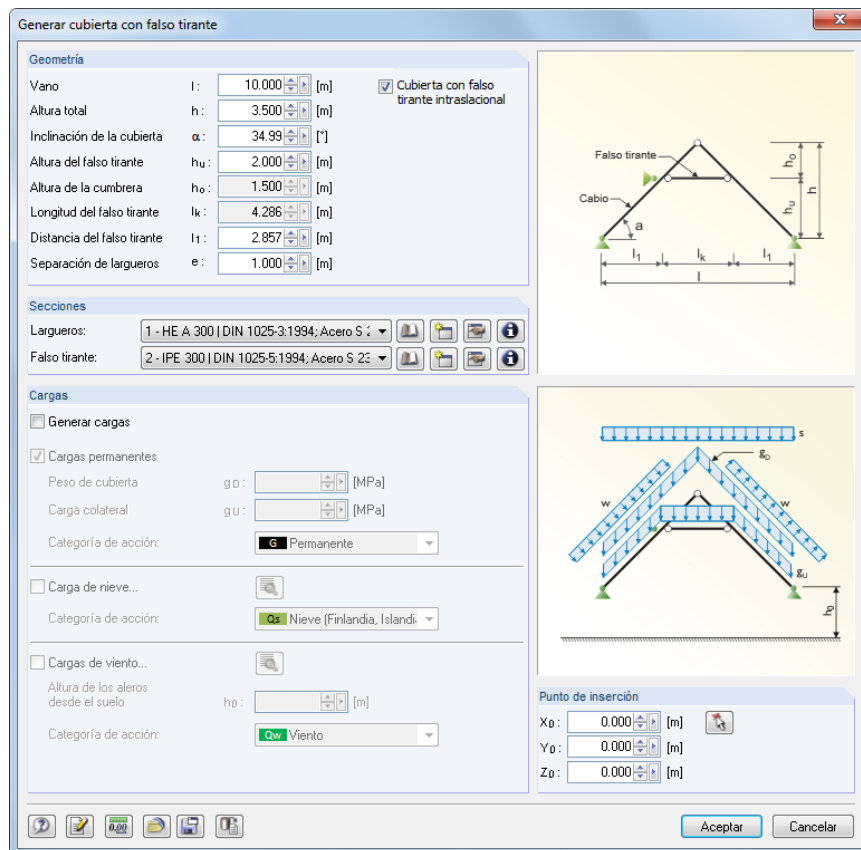


Figura 11.159: Cuadro de diálogo *Generar cubierta con falso tirante*

Cubierta → Cubierta a dos aguas

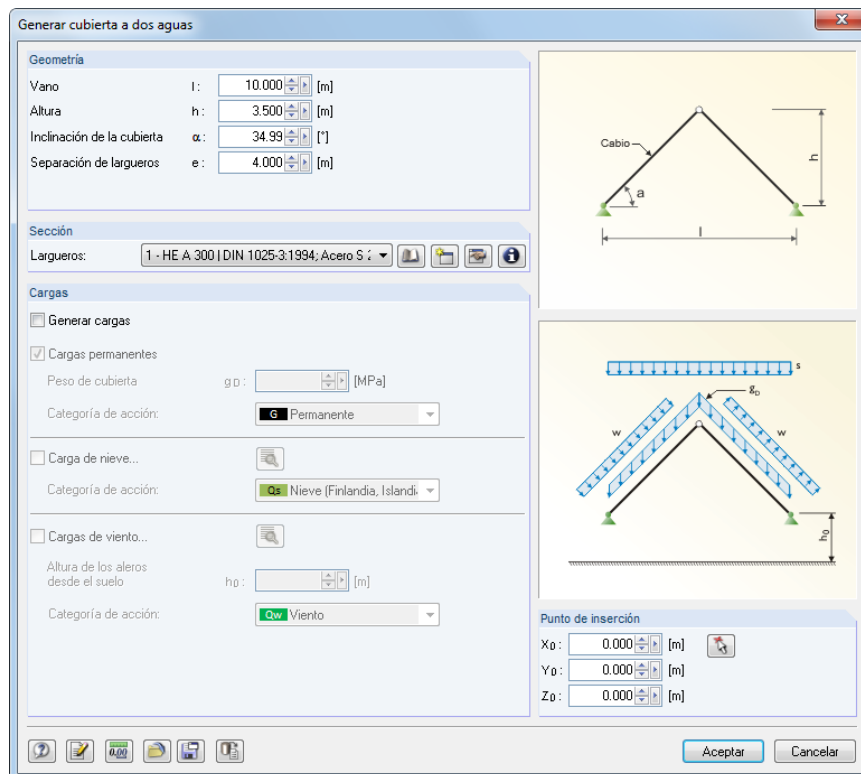


Figura 11.160: Cuadro de diálogo *Generar cubierta a dos aguas*

Cubierta → Cubierta a un agua

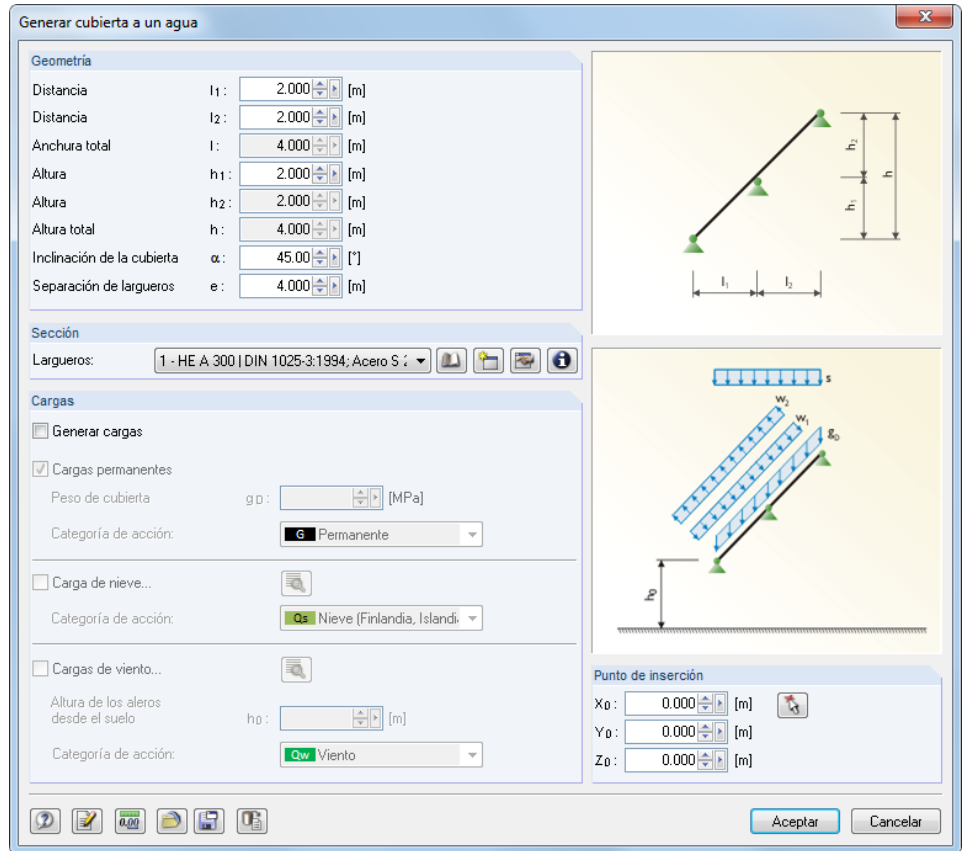


Figura 11.161: Cuadro de diálogo *Generar cubierta a un agua*

Viga de vientre de pez

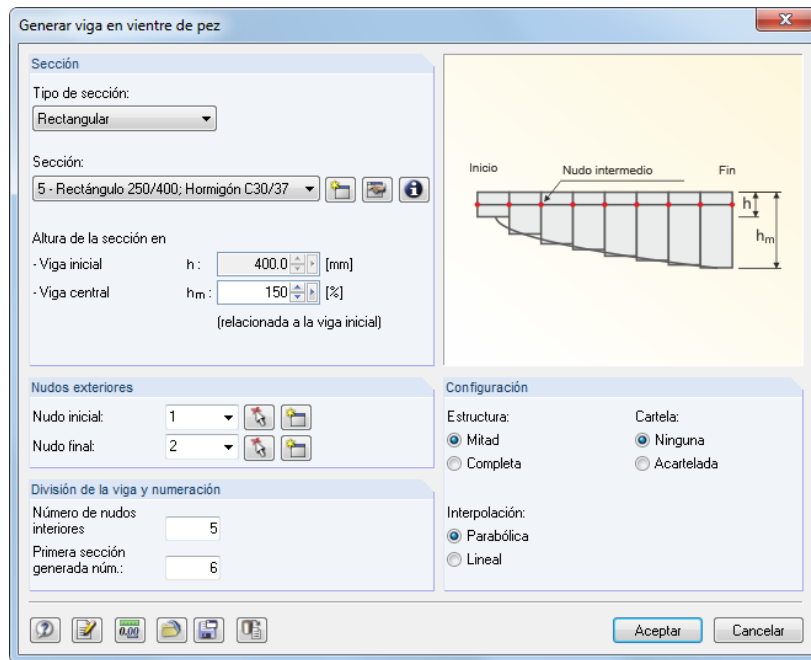


Figura 11.162: Cuadro de diálogo *Generar viga de vientre de pez*

Para la generación de vigas de vientre de pez utilizadas comúnmente en construcciones de madera, es posible seleccionar los tipos de sección rectangular e ITS (vigas en I simétricas) en la lista *Sección*.

Estructura 3D

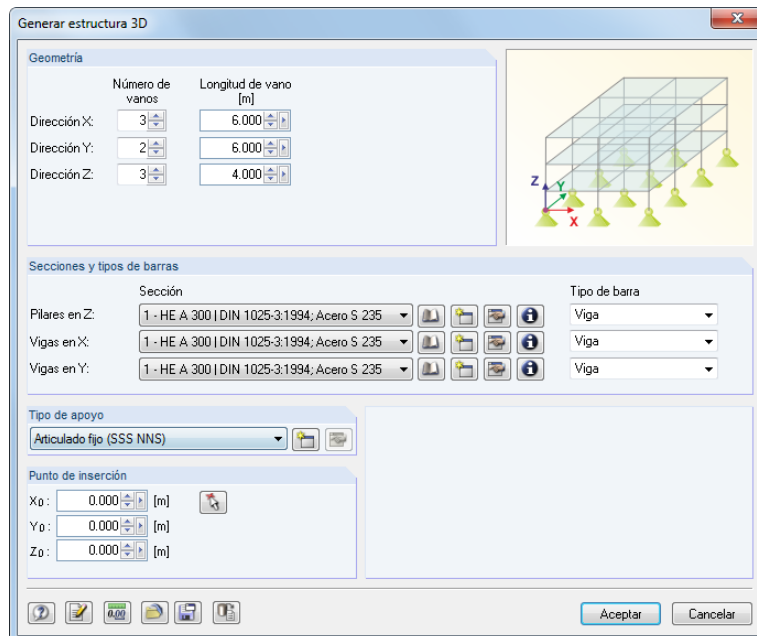


Figura 11.163: Cuadro de diálogo *Generar estructura 3D*

Utilice este generador para crear modelos de estructuras regulares. Los pilares de la estructura reciben condiciones de apoyo iguales.

Nave 3D

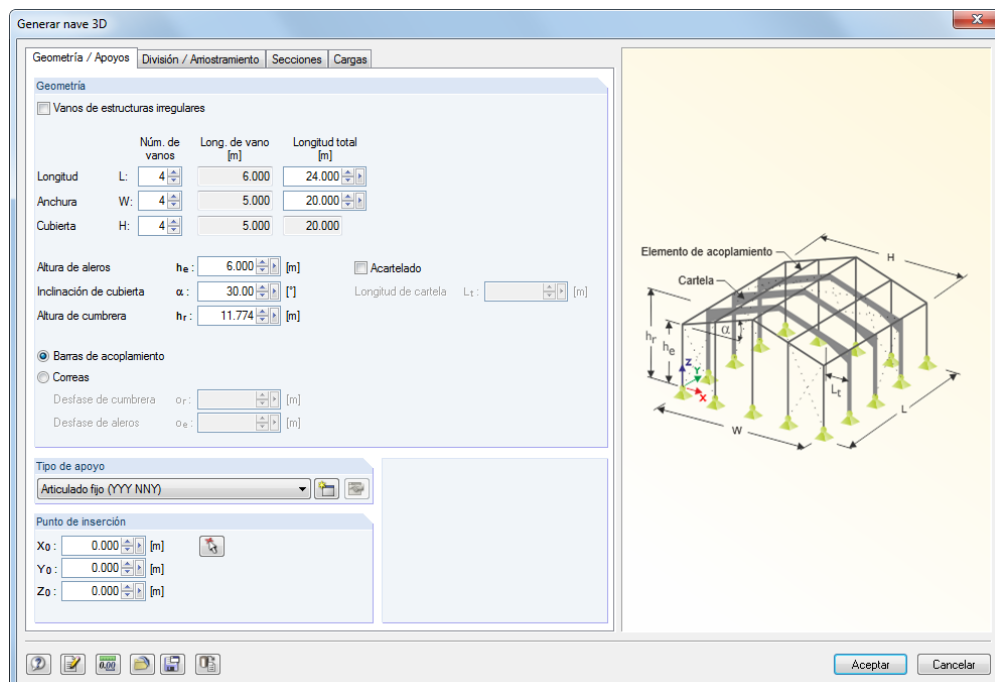


Figura 11.164: Cuadro de diálogo *Generar nave 3D*

Este generador complejo crea una nave completa incluyendo las cargas. Se proporcionan cuatro pestañas de diálogos: *Geometría* / *Apoyos* administra la geometría del sistema, *División* / *Arriostramiento* controla las separaciones irregulares del pórtico y la disposición de los arriostramientos. En las dos pestañas restantes, se definen las *Secciones* y las *Cargas*.

Entramado 3D

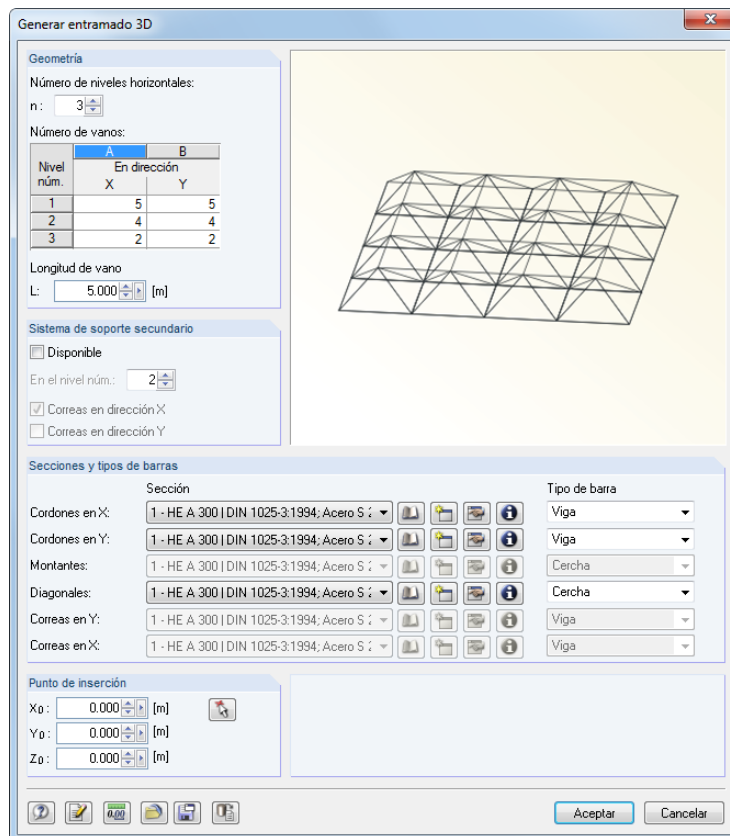


Figura 11.165: Cuadro de diálogo *Generar entramado 3D*

Utilice este generador para crear una estructura espacial de soporte de carga según el sistema *Bernauer* (www.raumtragwerke.de).

Celda 3D

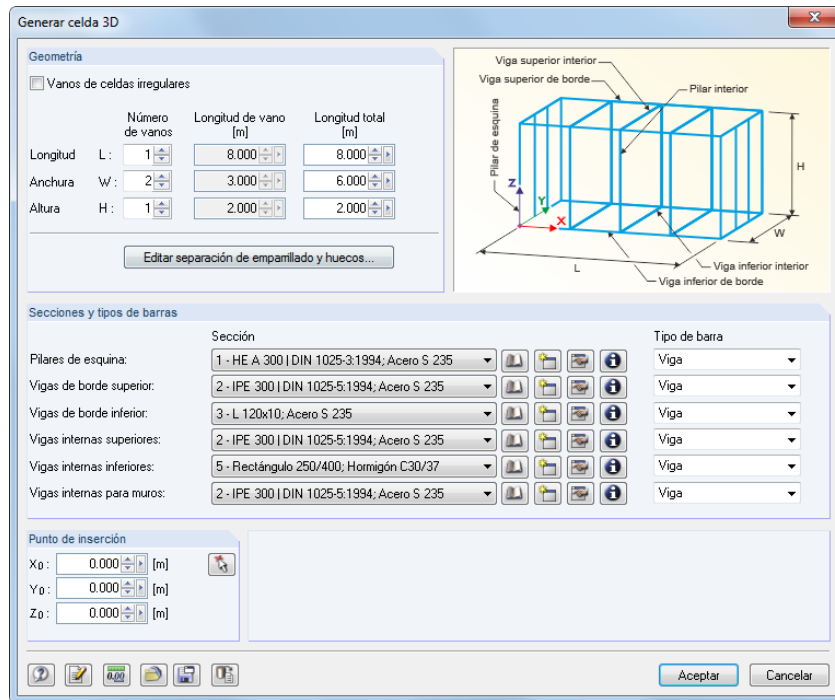


Figura 11.166: Cuadro de diálogo *Generar celda 3D*

Editar separación de emparrillado y huecos...

El generador crea una celda espacial con varios vanos. Utilice el botón [Editar separación de emparrillado y huecos] para abrir otro cuadro de diálogo donde es posible definir huecos, así como la disposición del emparrillado para la separación de vanos irregulares.

Escalera

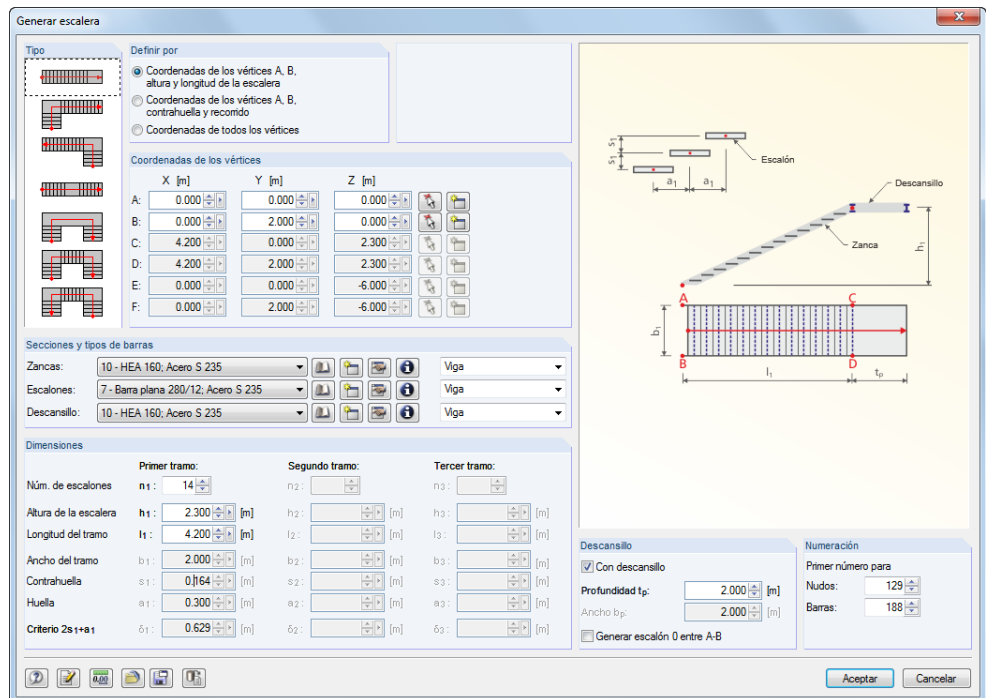


Figura 11.167: Cuadro de diálogo *Generar escalera*

En la lista, seleccione el *Tipo* que controla los parámetros restantes.

Escalera de caracol

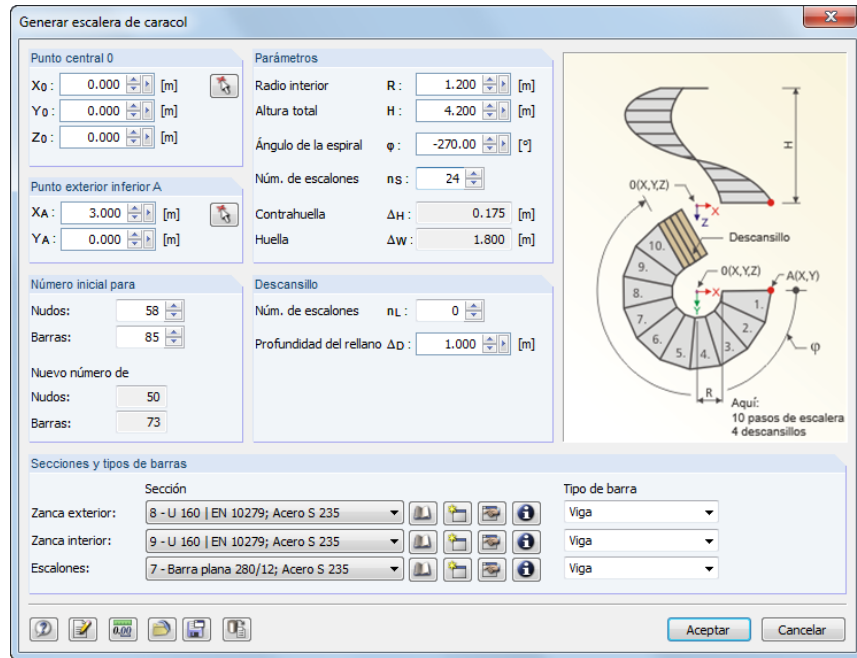


Figura 11.168: Cuadro de diálogo *Generar escalera de caracol*

Línea recta

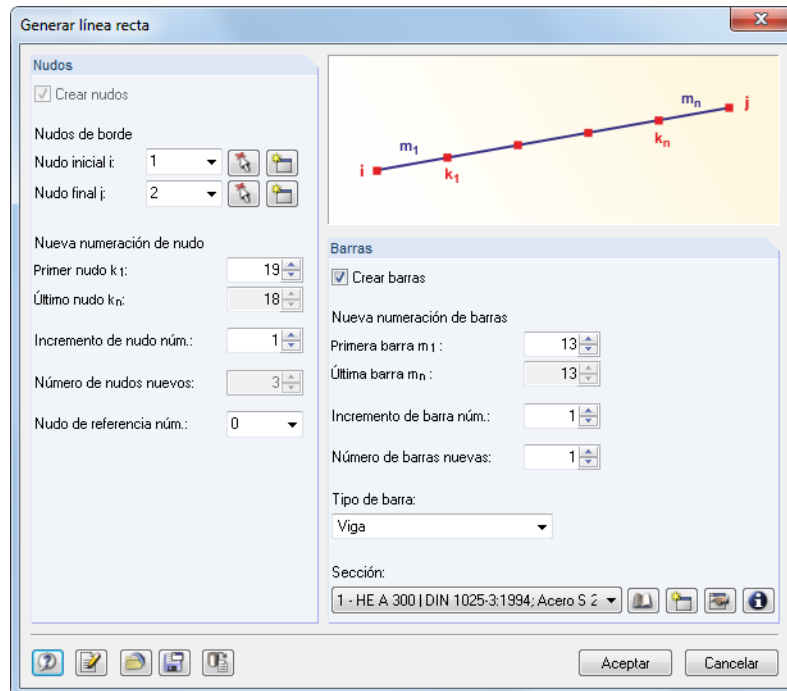


Figura 11.169: Cuadro de diálogo *Generar línea recta*

Esta función permite generar líneas rectas basadas en nudos nuevos o ya existentes. También es posible crear sólo nudos situados en una línea recta imaginaria.

Arco

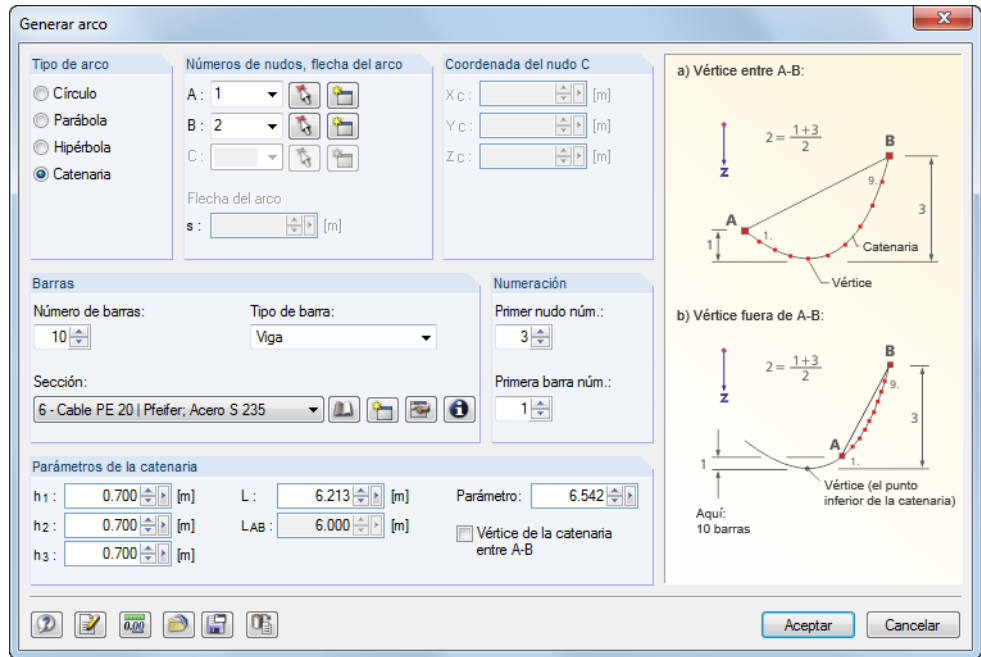


Figura 11.170: Cuadro de diálogo *Generar arco*

Primero, defina el *Tipo de arco*: círculo, parábola, hipérbola o catenaria. Los puntos *A* y *B* representan los dos nudos de los vértices, el punto *C* determina su disposición. La *Flecha del arco* define la combadura. La longitud de una catenaria se define por el parámetro *L*. Las alturas *h*₁, *h*₂ y *h*₃ son valores interactivos. El *Parámetro* describe la constante *a* en la siguiente ecuación de la curva de catenaria:

$$y(x) = a \cdot \cosh\left(\frac{x - v_x}{a}\right) + v_y \quad \text{donde } v_x \text{ o } v_y : \text{ desplazamientos en } x \text{ o } y$$

Ecuación 11.1

Cuanto mayor sea el *Número de barras*, más preciso será el modelado del arco como línea poligonal.

Círculo

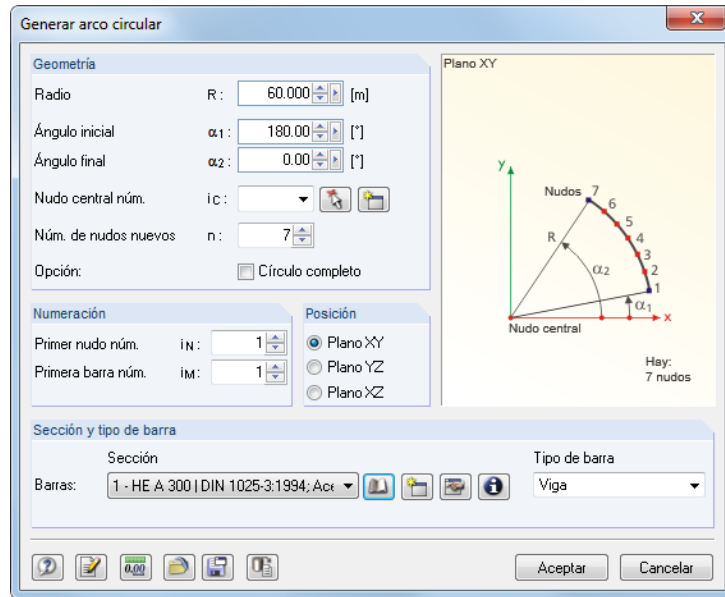


Figura 11.171: Cuadro de diálogo *Generar arco circular*

El círculo o arco circular se define por el *Radio* y los ángulos. El objeto se creará alrededor de un punto central que se puede seleccionar en cualquier parte en uno de los planos globales.

Esfera

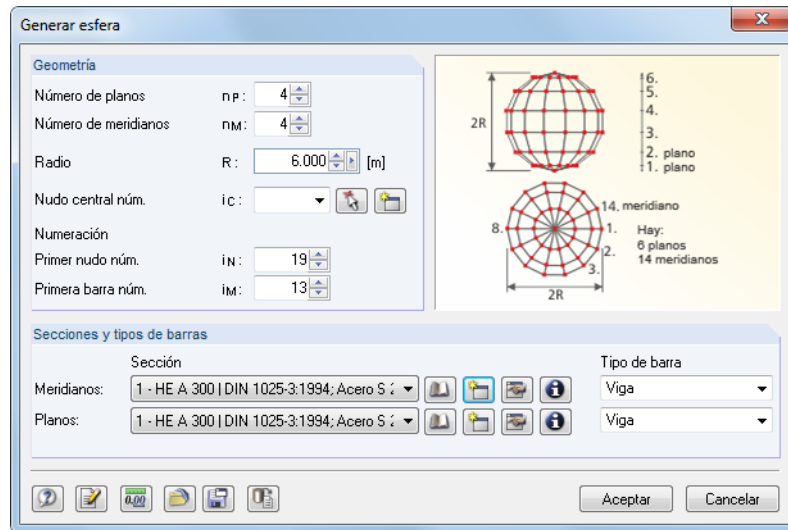


Figura 11.172: Cuadro de diálogo *Generar esfera*

Cuanto mayor sea el *Número de planos*, así como de *meridianos*, mayor será la redondez de la forma de la esfera. Las líneas poligonales se aproximan a la forma esférica, con cada barra representada por un segmento.

Arriostramiento en celdas

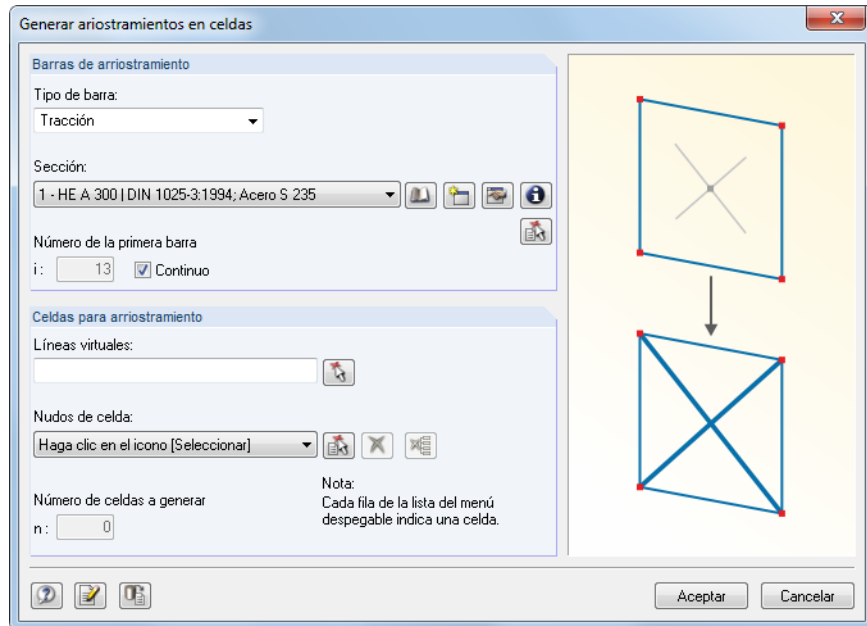


Figura 11.173: Cuadro de diálogo *Generar arriostramientos en celdas*



Las celdas se definen con cuatro nudos de esquina, unidos por barras en todos los lados y pertenecientes a un mismo plano. En el cuadro de diálogo del generador, especifique las *Barras de arriostramiento* y las *Celdas para arriostramiento*. También se puede utilizar la función [↵] para seleccionarlas en la ventana de trabajo haciendo clic en las cruces de las celdas.



Además, las *Líneas virtuales* hacen posible cerrar celdas para que se puedan crear arriostramientos también, por ejemplo entre los apoyos en muros.

11.7.2.2 Superficies

Cabeza abovedada según DIN 28 011 o DIN 28 013

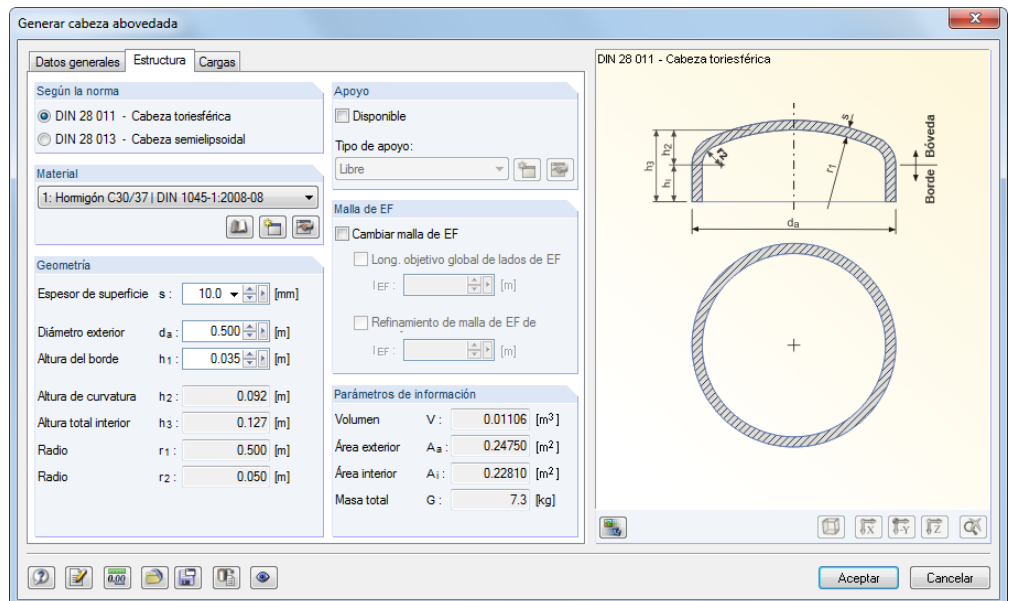


Figura 11.174: Cuadro de diálogo *Generar cabeza abovedada*, pestaña *Estructura*

Para crear una cabeza abovedada, RFEM ofrece las variantes estándar *Cabeza toriesférica* y *Cabeza semielipsoidal*. Cuando se ha definido el punto de referencia para la posición de la cabeza en la pestaña *Datos generales*, se puede definir el material y los parámetros del generador para el espesor de superficie, diámetro exterior y altura del borde en la pestaña *Estructura*. Además, es posible especificar sobrepresiones como una carga superficial para la generación en la pestaña del diálogo *Cargas*.

Bóveda de cañón

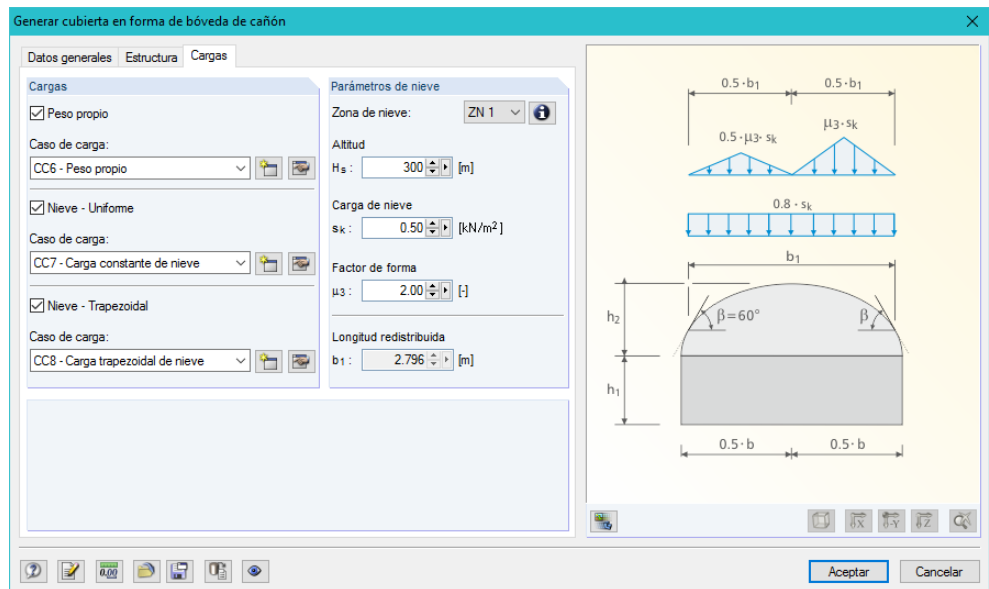


Figura 11.175: Cuadro de diálogo *Generar cubierta en forma de bóveda de cañón*, pestaña *Cargas*

Defina los parámetros de la bóveda de cañón en las pestañas de diálogo *Datos generales* y *Estructura*. En la pestaña *Cargas*, introduzca los datos requeridos para la creación de casos de carga de nieve.

Cúpula

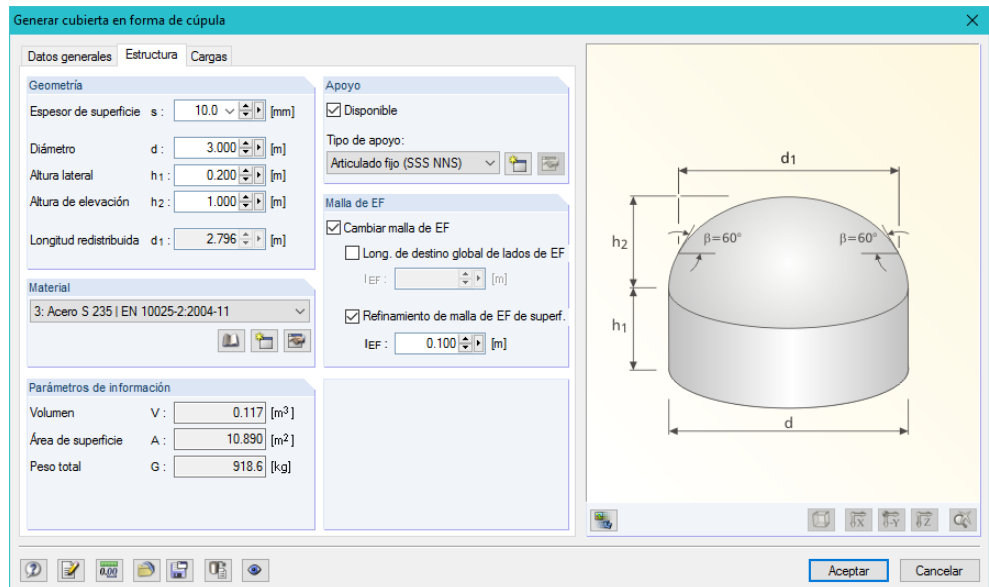


Figura 11.176: Cuadro de diálogo *Generar cubierta en forma de cúpula*, pestaña *Estructura*

Defina los parámetros de la cubierta en forma de cúpula en las pestañas de diálogo *Datos generales* y *Estructura*. En la pestaña *Cargas*, introduzca los datos requeridos para la creación de casos de carga de nieve.

Superficies desde celdas

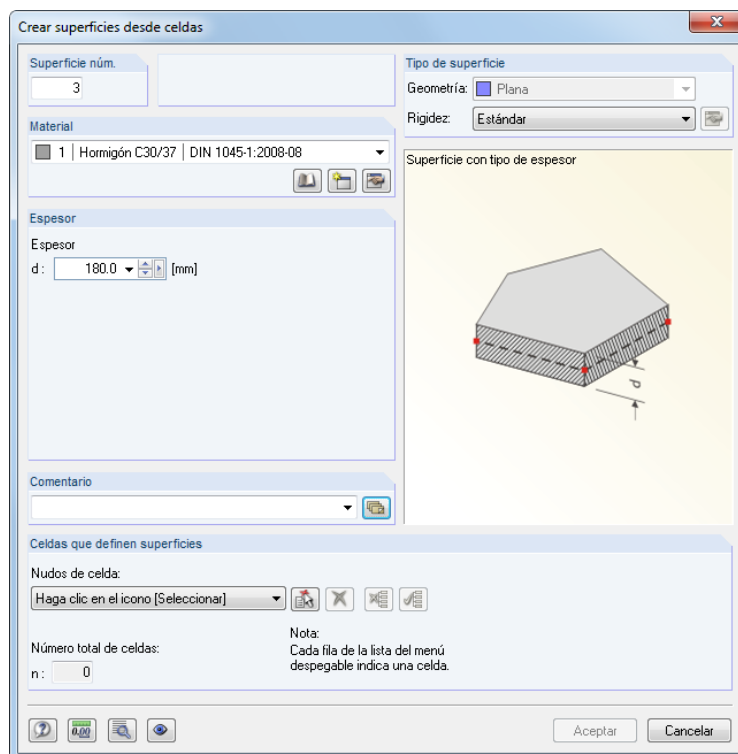


Figura 11.177: Cuadro de diálogo *Crear superficies desde celdas*



Las celdas se componen de por lo menos tres puntos de esquina. Están encerradas por líneas o barras en todos los lados y situadas en un mismo plano. Para rellenar celdas con superficies, defina primero el *Material* y el *Espesor* de la superficie. Luego, seleccione las celdas gráficamente utilizando la función [↵] haciendo clic en las cruces de las celdas en la ventana de trabajo.

11.8 Generadores de carga

El segundo grupo de generadores le ayuda a aplicar cargas en barras y superficiales: por una parte, es posible convertir cargas de área (por ejemplo nieve, viento) actuando en el sistema en cargas en barras y cargas superficiales. Por otra parte, es posible convertir cargas lineales libres y cargas de capa debidas a cargas de hielo en cargas en barras.

Para abrir los cuadros de diálogo para generar cargas en barras y superficiales, seleccione **Generar cargas** en el menú **Herramientas**.

11.8.1 Funciones generales

Ajustes para la generación de cargas



Muchos cuadros de diálogos de generadores ofrecen el botón [Configuración] (ver Figura 11.184, página 566) que abre el cuadro de diálogo *Configuración de generación de cargas* utilizado para controlar la tolerancia para la integración de los nudos en el plano de trabajo y para corregir las cargas generadas.

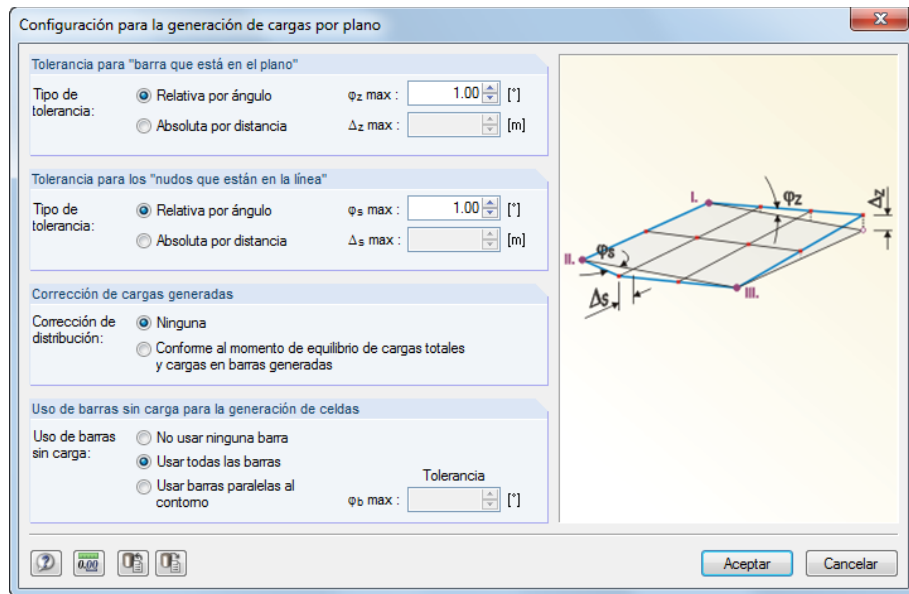


Figura 11.178: Cuadro de diálogo *Configuración para la generación de cargas por plano*

Las especificaciones en el cuadro de diálogo de la configuración son válidas para todos los generadores de cargas en barras. La *Tolerancia* determina las condiciones bajo las cuales las barras o nudos se consideran pertenecientes a un plano o a una línea. Los ajustes son posibles introduciendo un ángulo o una distancia. Si los nudos quedan dentro de los límites definidos, RFEM reconoce las celdas y genera las cargas.

La sección de diálogo *Corrección de cargas generadas* permite una comparación de las cargas superficiales generadas con las cargas en barras determinadas. Las sumas de comprobación se muestran en los cuadros de diálogo que aparecen después de la generación y antes de realizarse la conversión final en cargas en barras (ver Figura 11.188, página 569). En caso de que ocurran diferencias menores, debe realizar una corrección de la distribución según el *equilibrio de momentos*.

Se aplica lo siguiente:

$$\int_{L_{cell}} (q_{member} + q_{correct}) dL = \int_{S_{cell}} q dS \quad \text{Equilibrio de fuerzas}$$

$$\int_{L_{cell}} (q_{member} + q_{correct}) r dL = \int_{S_{cell}} q r dS \quad \text{Equilibrio de momentos}$$

donde $r = (x, y)$ Distancia al centro de gravedad de la celda



Al corregir cargas generadas por el *equilibrio de momentos*, el momento se forma desde las cargas superficiales hacia el centro de gravedad, y luego se comparan con el momento de las cargas en barras. Como simplificación, se puede imaginar la corrección del momento para volver a calcular los esfuerzos en los apoyos. Este esfuerzo en el apoyo se aplicará como una carga lineal a la barra. Aproveche esta opción de corrección para crear por ejemplo cargas en barras desde cargas superficiales variables.

Los ajustes en la sección de diálogo *Uso de barras sin carga para la generación de celdas* conciernen principalmente a las barras que quedan en una posición inclinada dentro del modelo. En el transcurso de la generación de cargas, el área total a cargar se determina primero. Luego, RFEM examina las barras que encierran a celdas. Luego, las celdas se restan del área total. Al excluir una barra de la carga (opción *Quitar influencia de barras*, ver a continuación), RFEM reubica su carga a las barras restantes del plano o celda.

A continuación, se explican las tres opciones mediante un ejemplo de construcción de una plataforma. Queremos aplicar sólo cargas de tráfico a barras que transcurren en dirección X. Al igual que las barras paralelas a Y, la barra inclinada está excluida de la aplicación de carga, pero dependiendo de la configuración afecta a la creación de las cargas en barras.

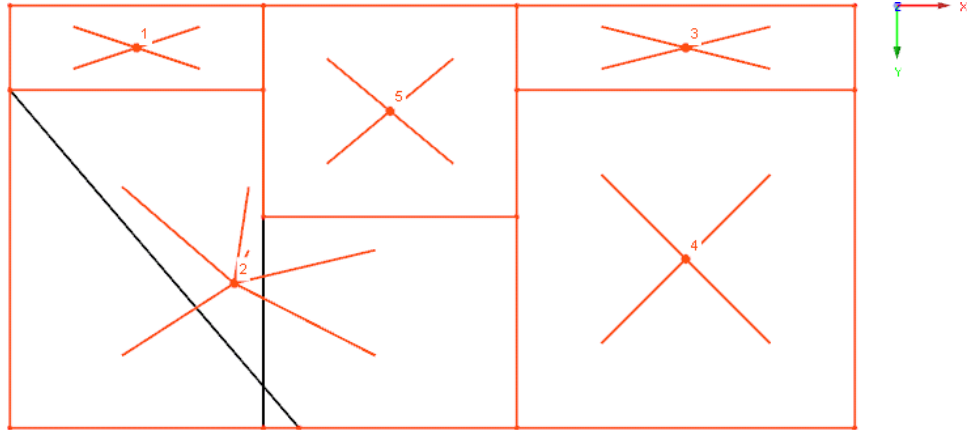


Figura 11.179: Construcción de plataforma con celdas para la generación de cargas

- No usar ninguna barra:**
 La carga se aplica uniformemente a las barras de borde e intermedias. Con esta configuración, todas las barras excluidas se omiten, lo que significa que se aplican internamente para la distribución de cargas. Después de calcular la zona de la celda, la carga se distribuye a las barras permitidas de la celda.

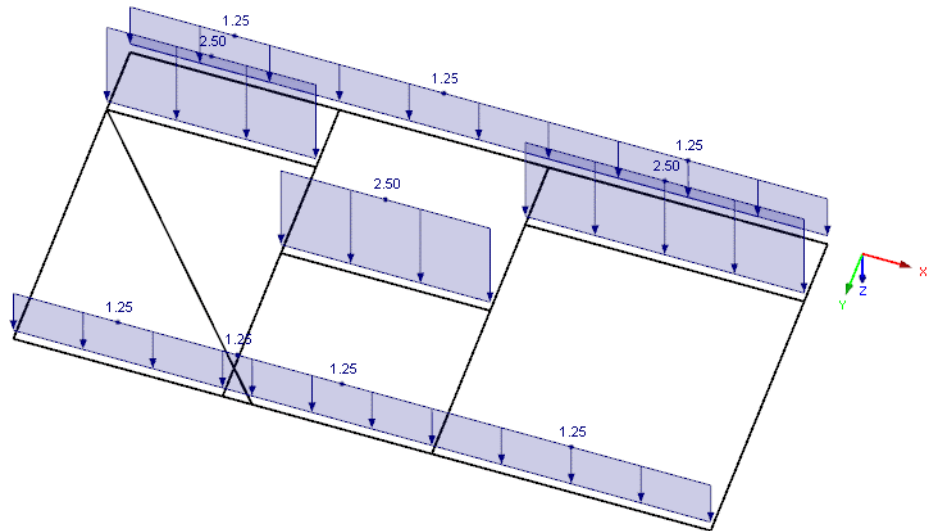
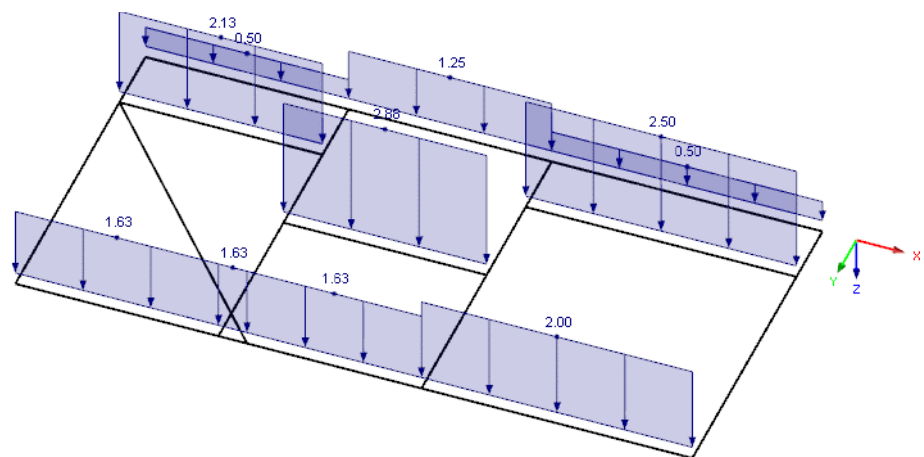
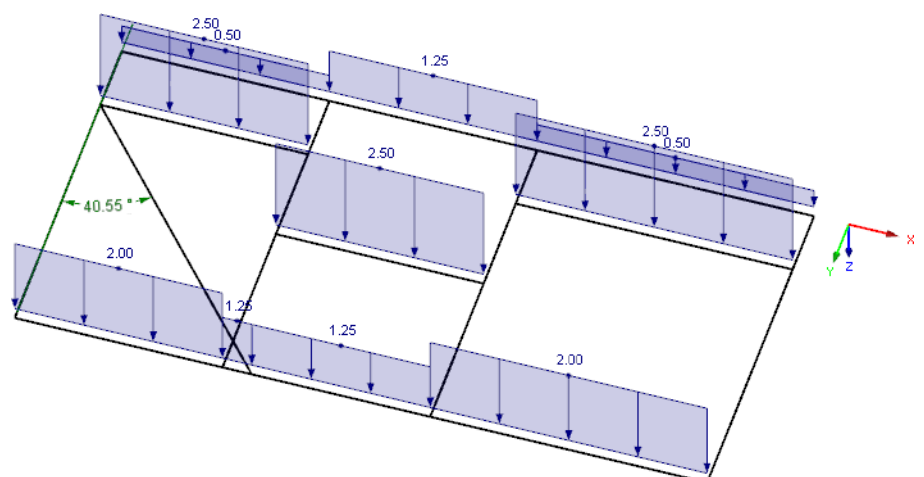


Figura 11.180: Resultado para No usar ninguna barra

- Usar todas las barras:**
 Todas las barras sin carga se excluyen para la generación de carga. Todavía existe un pequeño problema en este ejemplo para la distribución de carga debido a la gran celda generada número 2.

Figura 11.181: Resultado para *Usar todas las barras*

- *Usar barras paralelas al contorno:*
De esta manera, es posible excluir las barras que quedan en una posición inclinada. Si el ángulo límite entre barras φ_b está restringido a 40.55° en el cuadro de diálogo *Configuración* (ver Figura 11.178, página 563), la carga se genera según lo previsto.

Figura 11.182: Resultado de *Usar barras paralelas al contorno*

Modificación posterior de las cargas generadas

Una vez confirmado un cuadro de diálogo del generador, encuentra las cargas generadas transferidas a la tabla 3.15 de cargas. La entrada de datos adicional *Cargas generadas* aparece en el navegador *Datos* (ver Figura 6.52, página 269). Los parámetros del generador no se pierden porque los cuadros de diálogo originales permanecen accesibles como objetos de entrada de datos para cambios. Para abrir el cuadro de diálogo inicial de nuevo, haga doble clic en una de las entradas de datos en el navegador. También puede hacer doble clic en una carga generada en la ventana de trabajo. El cuadro de diálogo original aparece, donde puede ajustar los parámetros.

Pero si se desea tratar las cargas generadas como objetos de carga aislados, tiene que liberar las cargas del concepto general y dividir las en sus componentes. El acceso a esta función está disponible en el menú contextual de carga que se abre haciendo doble clic en una carga generada. Seleccione *Desconectar carga generada* en el menú contextual para crear las cargas por separado (ver figura siguiente).

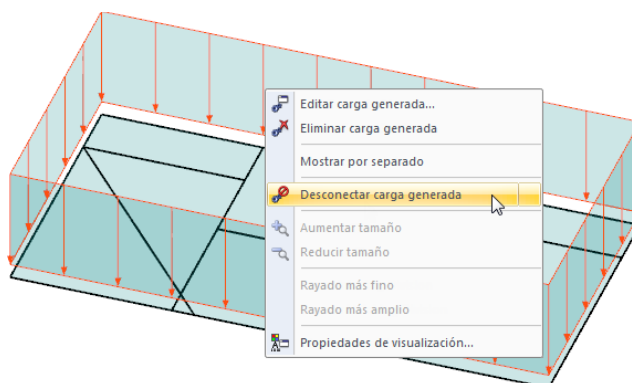


Figura 11.183: Menú contextual de la carga generada

También puede utilizar el menú contextual de la carga generada en el navegador *Datos*.

11.8.2 Cargas en barra/lineales desde cargas superficiales



11.8.2.1 Cargas en barra desde cargas superficiales por plano

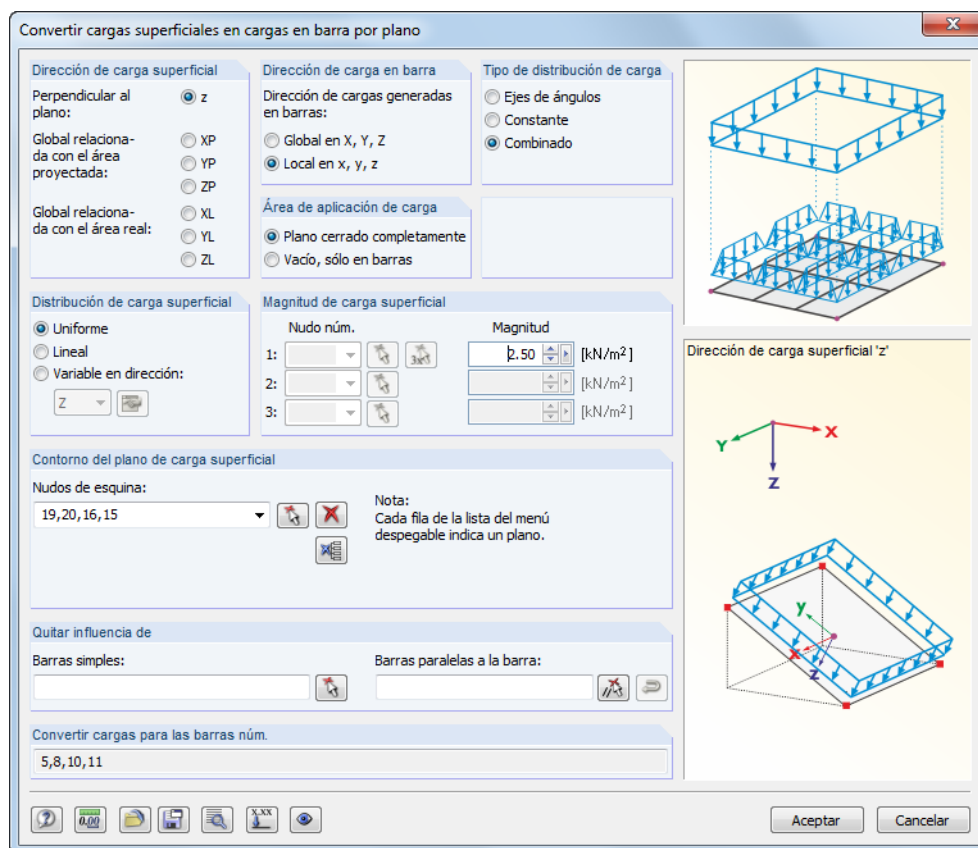


Figura 11.184: Cuadro de diálogo *Convertir cargas superficiales en cargas en barra por plano*

Dirección de carga superficial

Decida si la carga actúa perpendicular al plano o referida globalmente al área real o proyectada. El gráfico del diálogo en la esquina derecha ilustra la dirección de carga seleccionada.

Dirección de carga en barra

Las cargas en barras generadas se pueden definir para que sean cargas globales o locales (ver capítulo 6.2, página 237). La diferencia es especialmente importante para cálculos no lineales.

Área de aplicación de carga

Dispone de dos opciones de selección. Seleccione *Plano cerrado completamente* si existe una superficie en el plano de carga entre las barras (por ejemplo una superficie de muro o de cubierta) que no esté representado en el modelo de RFEM. En este caso, RFEM convierte la carga superficial que actúa en el plano completo a las barras. Pero si la construcción se compone sólo de barras (por ejemplo una torre de celosía), seleccione la opción *Vacío, sólo en barras*. Entonces, RFEM carga sólo el área eficaz o proyectada que las secciones de barras proporcionan como una "superficie de aplicación de carga". La carga se aplica considerando la orientación de la barra.

Tipo de distribución de carga

Decide cómo se asignan los componentes de las cargas superficiales a las barras. Seleccione *Ejes de ángulos* para polígonos que no tengan un ángulo de reflexión. Los puntos de intersección de las líneas bisectrices se conectan de tal manera que las zonas de aplicación se creen como se muestra en la figura de la izquierda. De esta manera, es posible distribuir la carga superficial a las barras claramente y sin ambigüedad.

El método de los ejes de los ángulos no se aplica para planos con ángulos de reflexión o para polígonos. En estos casos, defina el tipo de distribución a *Constante*. Además de las bisectrices de los ángulos, RFEM determina también el centro geométrico del plano. Si los puntos de intersección de las líneas bisectrices se encuentran frente al centroide, se generan zonas de aplicación de triángulos. Si se encuentran detrás del centroide, una línea que sea paralela a la barra se traza a través del centroide, formando una zona de aplicación con las dos bisectrices de los ángulos.

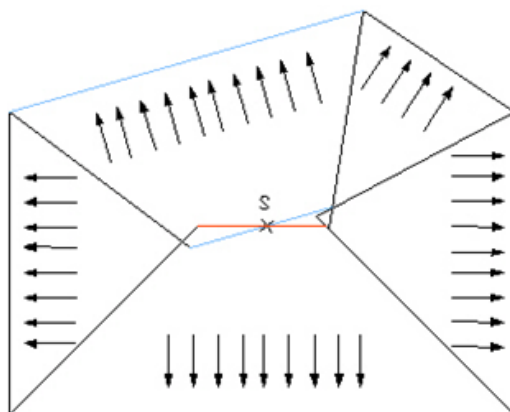
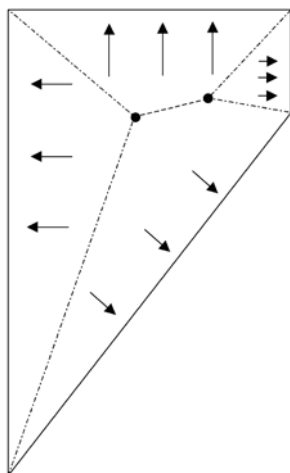


Figura 11.185: Tipo de distribución de carga *Constante*

Utilizando este método resulta en el hecho que las zonas no se consideran o aplican dos veces. La cantidad que falta o restante se multiplica por una constante para que la suma de las cargas superficiales y en barras sea igual.

La opción *Combinado* determina las zonas de aplicación de triángulos, cuadrángulos y polígonos según el método de los ejes de los ángulos, donde sea posible. Si el método no se puede utilizar, RFEM cambia automáticamente a la distribución de carga constante. Por tanto, el método combinado se establece de manera predeterminada; RFEM selecciona el método apropiado automáticamente.

Distribución de carga superficial

La carga puede actuar en la zona como carga variable *Uniforme* o *Lineal*. También es posible definir cargas superficiales actuando libremente *Variable en dirección* de un eje global (por ejemplo una carga de viento dependiente de la altura). Utilice el botón [Editar] para abrir el cuadro de diálogo donde puede definir los parámetros de carga como una función por niveles de altura.



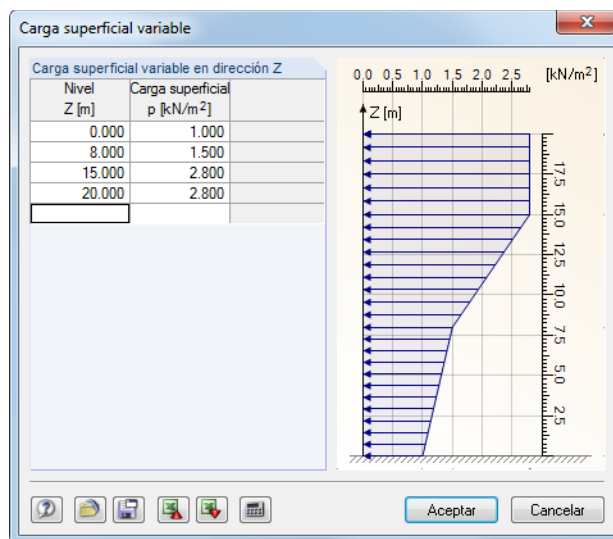


Figura 11.186: Cuadro de diálogo *Carga superficial variable*

En la columna de la tabla de la izquierda, introduzca las ordenadas globales del *Nivel*. Asigne los valores respectivos de la *Carga superficial* a la derecha. El gráfico ilustra el estado actual de la entrada.



Quando establezca cargas variables libremente, tiene que seleccionar la corrección de la distribución según el equilibrio de momentos en el cuadro de diálogo *Configuración* (ver Figura 11.178, página 563). De lo contrario, se generan cargas constantes en barras.



Magnitud de carga superficial

Si la carga actúa uniformemente en la zona, introduzca el valor de la carga en el campo de entrada disponible. Para cargas variables linealmente, especifique tres números de nudos con las cargas respectivas. También puede utilizar la función [^] para seleccionar los nudos gráficamente en la ventana de trabajo.



Contorno del plano de carga superficial

El contorno está definido por los nudos de esquina del plano. Utilice la función [^] y haga clic en los nudos relevantes uno detrás de otro en la ventana de trabajo. El plano se marca con el color de selección. El plano introducido completamente aparecerá en color cian. Se necesitan al menos tres nudos para definir un plano. No es necesario que en la zona está encerrada por líneas o barras en todos sus lados.



Es posible definir planos distintos que aparezcan en la lista *Nudos de esquina*.



Si el cuadro de diálogo se abre repetidas veces, es posible que los últimos planos introducidos estén preestablecidos en la lista de los *Nudos de esquina*. Para evitar la asignación de cargas dobles de manera no intencionada con estos planos, se recomienda vaciar la lista en este caso con el botón [Eliminar todos los planos de cargas superficiales].



Quitar influencia de

En la sección de diálogo *Quitar influencia de*, puede excluir barras de la aplicación de carga (por ejemplo de correas o riostras). La selección se realiza barra por barra o introduciendo una plantilla de barra que sea paralela a las barras libres de carga. De nuevo, se recomienda utilizar la función [^] para la selección gráfica.



Haga clic en el botón [Configuración] que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de cargas* (ver Figura 11.178, página 563). Entonces, puede ajustar la tolerancia para la integración de los nudos en el plano de trabajo o corregir las cargas generadas.





Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] para poner a escala las cargas para barras particulares. De esta manera, puede considerar efectos de continuidad de un revestimiento de cubierta sobre las vigas del borde para generar ahí cargas reducidas. Se abre el siguiente cuadro de diálogo.

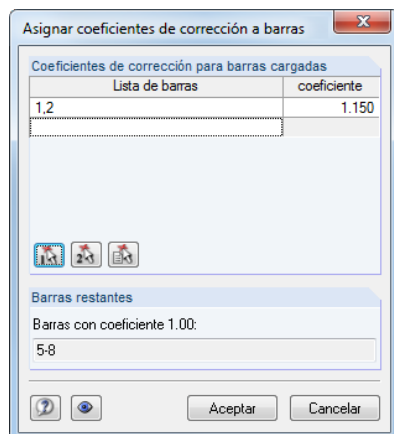


Figura 11.187: Cuadro de diálogo *Asignar coeficientes de corrección a barras*



Utilice los botones [^] para seleccionar las barras en la ventana de trabajo. Luego, puede poner escalas con un *Coefficiente*.

Haga clic en [Aceptar] para iniciar la generación de cargas en barras. Aparece una vista general con información sobre las celdas y cargas.

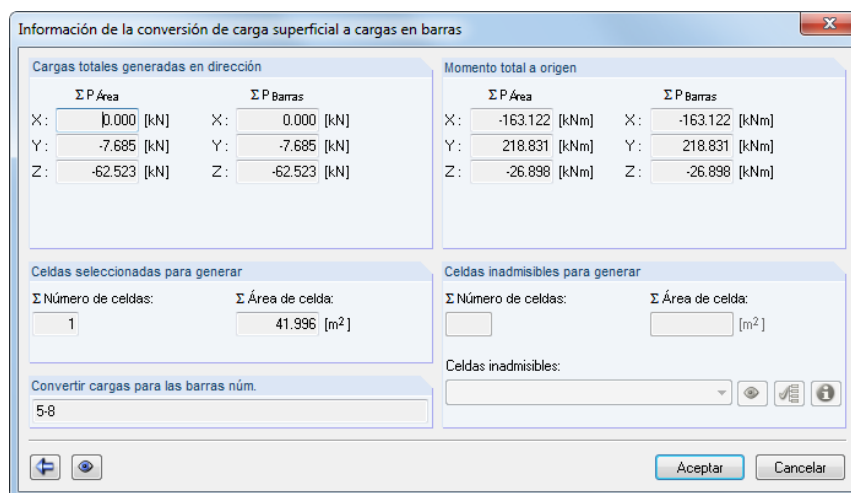


Figura 11.188: Cuadro de diálogo *Información sobre conversión de carga superficial a cargas en barra*



En caso de que se listen celdas inadmisibles, RFEM no es capaz de asignar las cargas sin ambigüedad. Utilice el botón del ojo [Mostrar las celdas inadmisibles actuales] para resaltar la celda en el gráfico. Para mostrar una lista de razones por las cuales no son válidas, haga clic en el botón de [Información]. A menudo, los bordes eliminados de la celda (esto es, las barras de los bordes sin carga aplicada) o barras de cruce no conectadas son los responsables de los problemas que ocurren durante la conversión de cargas.



En la sección del diálogo *Momento total al origen*, las cargas en barras determinadas se comparan con las cargas superficiales aplicadas. En caso de diferencias, puede utilizar el botón [Volver] para acceder al cuadro de diálogo inicial donde puede cambiar los parámetros. Las especificaciones se tienen que ajustar en el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de cargas* (ver Figura 11.178, página 563) al cual puede acceder usando el botón [Configuración].

Los botones en la esquina inferior izquierda en la ventana de información tienen las siguientes funciones:



Botón	Descripción
	El cuadro de diálogo <i>Convertir cargas superficiales en cargas en barras</i> se abre de nuevo para ajustar los parámetros de generación.
	RFEM le muestra la ventana de trabajo donde puede cambiar la vista (modo de vista). Para volver a la ventana de trabajo <i>Información</i> , haga clic con el botón secundario del ratón en la ventana de trabajo o use la tecla [Esc].

Tabla 11.15: Botones en la ventana de información para las cargas en barras convertidas

11.8.2.2 Cargas en barra desde cargas superficiales por celdas

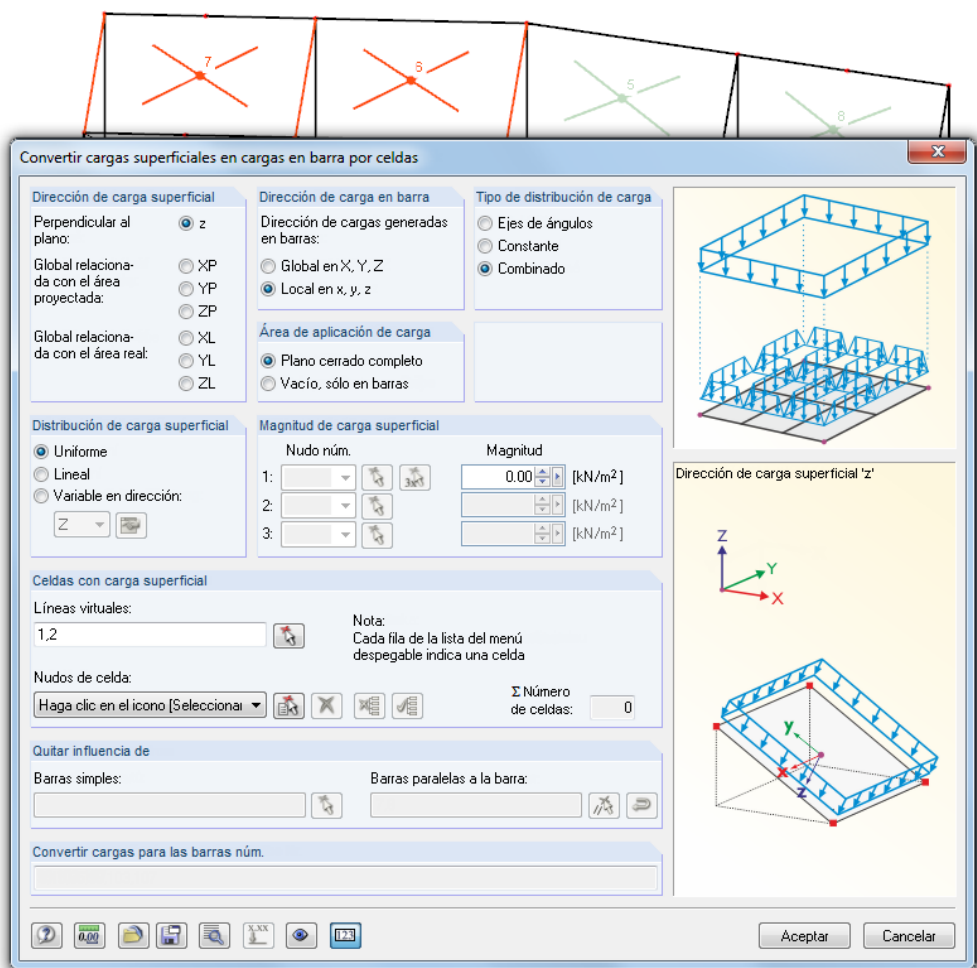


Figura 11.189: Cuadro de diálogo *Convertir cargas superficiales en cargas en barra por celdas*

Este cuadro de diálogo es similar al cuadro de diálogo *Convertir cargas superficiales en cargas en barra por plano* descrito en la página 566. Al abrir el cuadro de diálogo, RFEM comprueba la existencia de celdas en el modelo. Las celdas disponibles se representan mediante cruces de celda. Las celdas son zonas definidas por tres o más nudos de esquina, encerradas por barras en todos los lados y situadas en un mismo plano.



El generador de cargas por celdas no se puede utilizar para cargas de viento, por ejemplo en un muro de un pórtico con pilares: RFEM no reconoce ninguna celda debido a que no hay barras entre los apoyos. En tal caso, puede crear *Líneas virtuales* haciendo clic en el inicio y fin del

nudo utilizando la función [↖]. De esta manera, las celdas se cierran artificialmente y el generador las puede reconocer.



Los *Nudos de celda* se pueden seleccionar con [↖] uno detrás de otro en el gráfico. Después de la generación, aparece una vista general con información sobre las celdas y cargas.



Haga clic en el botón [Configuración] que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de cargas* (ver Figura 11.178, página 563). Entonces, puede ajustar la tolerancia para la integración de los nudos en el plano de carga o corregir las cargas generadas.

11.8.2.3 Cargas lineales desde cargas superficiales en huecos

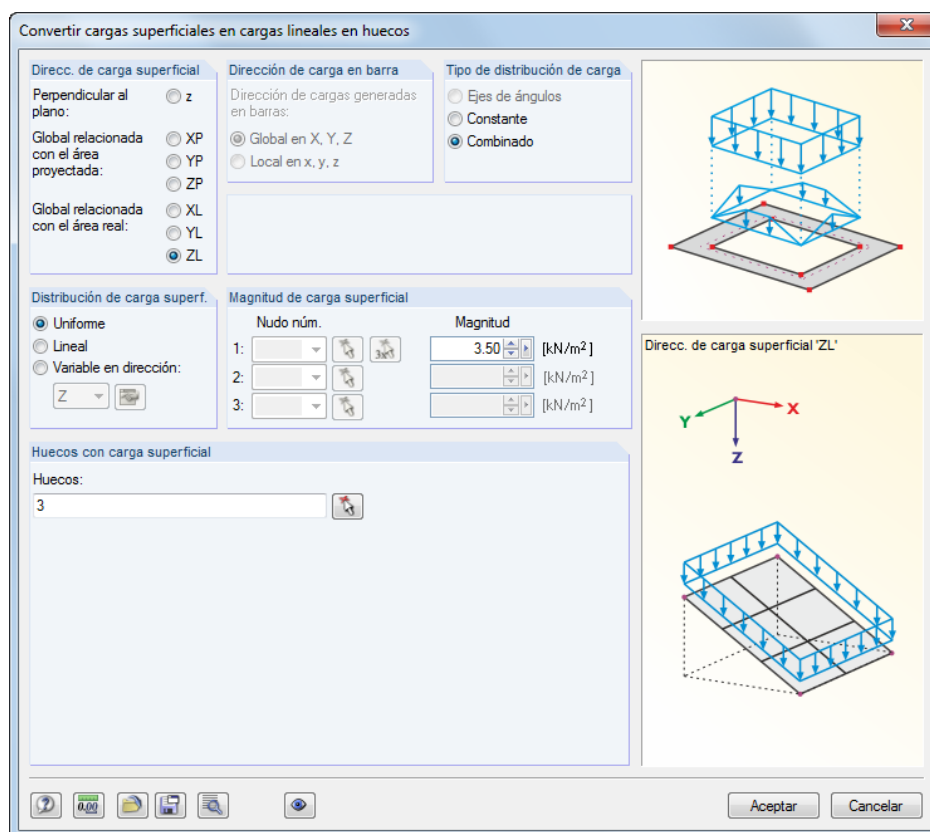


Figura 11.190: Cuadro de diálogo *Convertir cargas superficiales en cargas lineales en huecos*

El cuadro de diálogo es similar al cuadro de diálogo *Convertir cargas superficiales en cargas en barra por plano* descrito en la página 566. En las secciones de diálogo superior, puede definir los parámetros de carga distintos.



En el campo de entrada de la sección de diálogo *Huecos con carga superficial*, introduzca los números de los huecos. También es posible seleccionarlos con la función [↖] en la ventana de trabajo.

Haga clic en [Aceptar]. Aparece una vista general con información sobre las cargas generadas. Entonces, haga clic en [Aceptar] para crear las cargas lineales en los bordes del hueco.

11.8.3 Otras cargas

11.8.3.1 Cargas en barras desde carga lineal libre

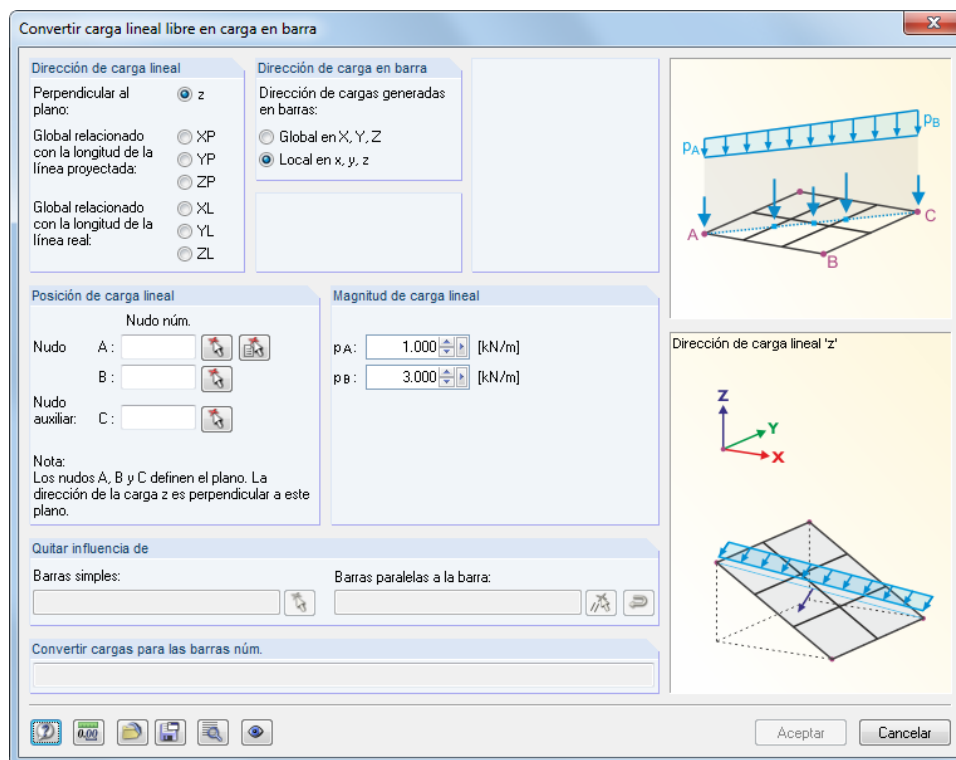


Figura 11.191: Cuadro de diálogo *Convertir carga lineal libre en carga en barra*

Utilice el generador para definir cargas lineales libres para modelos completos de barras como emparrillados de barras para prorratear las cargas a las barras.

La correcta asignación de la carga requiere requisitos de *Dirección de carga lineal* y *Dirección de carga en barra*, cuando corresponda. Estas secciones de diálogo, así como la opción para *Quitar influencia de* se describen para la función "Cargas en barra desde cargas superficiales por plano" en la página 566.



La *Magnitud de carga lineal* se puede definir de manera constante o lineal. La *Posición de carga lineal* puede definirse gráficamente con la función [↖] haciendo clic en el inicio y fin del nudo. Si la carga lineal está dirigida perpendicularmente al plano, introduzca además el nudo auxiliar C.



Haga clic en el botón [Configuración] que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de cargas* (ver Figura 11.178, página 563).



11.8.3.2 Cargas en barra desde capa

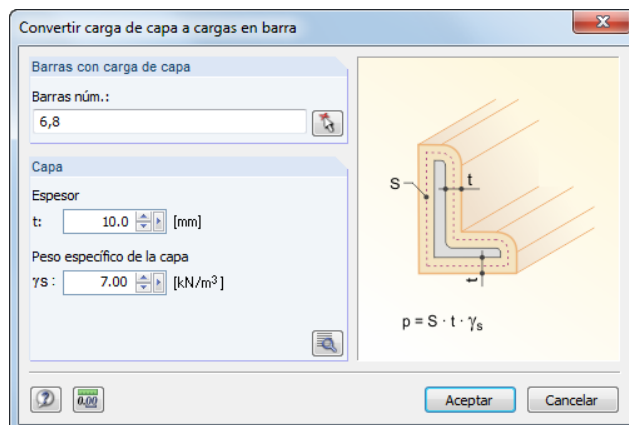


Figura 11.192: Cuadro de diálogo *Convertir carga de capa a cargas en barra*

Barras con carga de capa se pueden introducir directamente o determinar gráficamente con [↖]. La *Capa* ha de definirse mediante el espesor y el peso específico.

Utilice el botón de [Información] que se muestra a la izquierda para revisar las áreas de capa A_s de las secciones seleccionadas de la barra que serán aplicadas para la determinación de la carga de hielo. Las áreas están referidas a las líneas centrales de la carga de hielo como se muestra en la imagen del diálogo (Figura 11.192). Por tanto, las cargas se determinan correctamente incluso para secciones pequeñas con muchos bordes.



11.8.3.3 Cargas desde movimiento acelerado

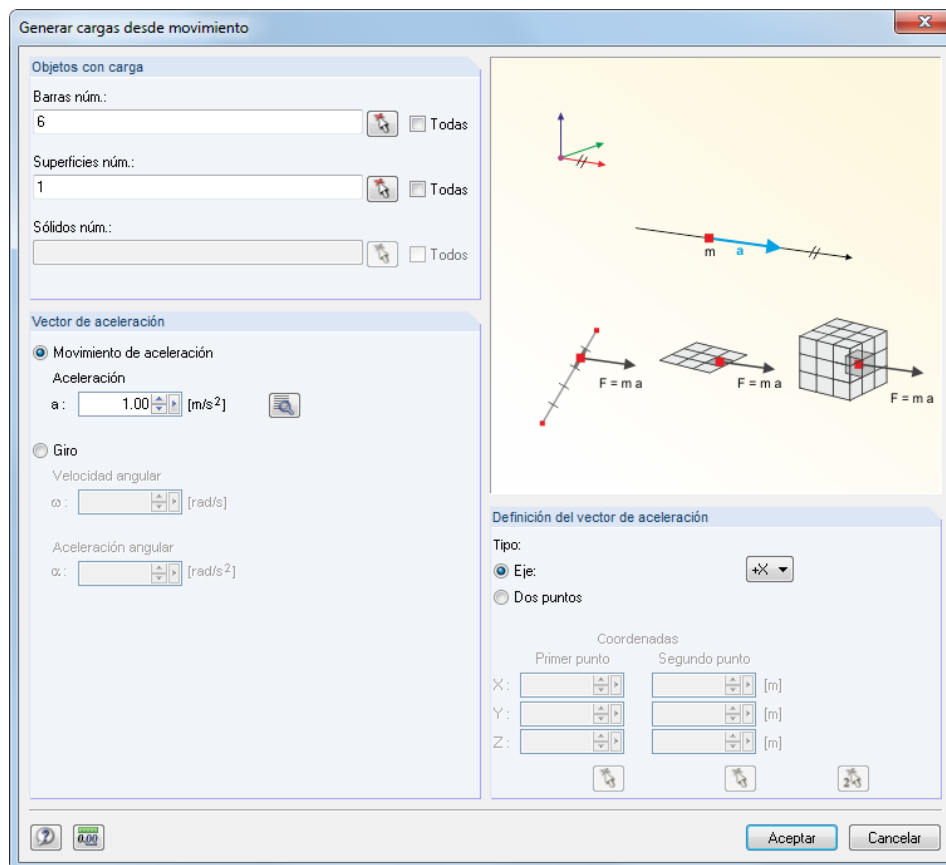


Figura 11.193: Cuadro de diálogo *Generar cargas desde movimiento*



El generador crea cargas como resultado de una aceleración o giro actuando en objetos particulares del modelo. La masa se determina a partir del peso propio.

En la sección de diálogo *Objetos con carga*, inserte los números de las barras, superficies o sólidos relevantes. También puede seleccionarlos gráficamente con la función [F6].

Defina el *Vector de aceleración* como aceleración o giro (velocidad angular ω , aceleración angular α). Utilice el botón [Abrir] que se muestra a la izquierda para determinar la aceleración desde las velocidades que están disponibles en dos puntos.

En la sección de diálogo *Definición del eje de giro*, se decide si el vector está relacionado con un eje global o definido por dos puntos. El vector se puede definir gráficamente mediante el uso de los botones [F7].

Haga clic en [Aceptar] para crear las cargas del caso de carga definido actualmente.

11.8.4 Cargas de nieve

11.8.4.1 Cubierta plana/a un agua

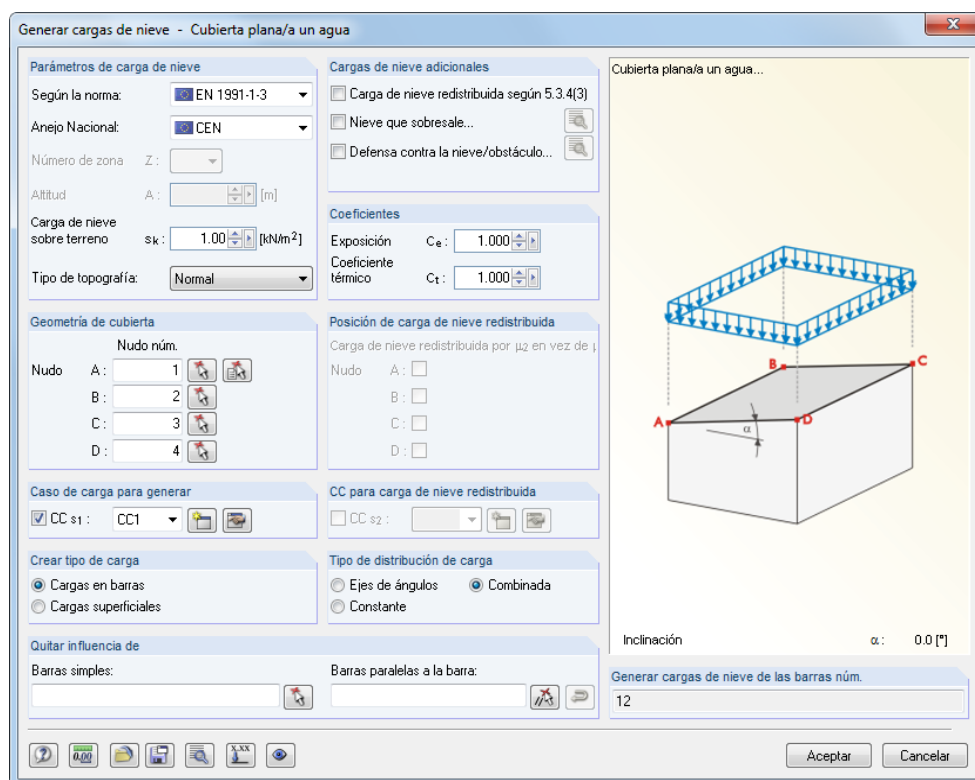


Figura 11.194: Cuadro de diálogo *Generar cargas de nieve - Cubierta plana/a un agua*

Las cubiertas planas y a un agua se administran conjuntamente en un cuadro de diálogo. Los coeficientes de forma para cubiertas planas o cubiertas a un agua se consideran según EN 1991-1-3, CTE DB-SE-AE y DIN 1055-5.

Primero, defina la normativa y, en caso necesario, el anejo nacional en la sección de diálogo *Parámetros de carga de nieve*. La configuración controla los campos de entrada habilitados para el acceso.



Utilice el botón [Información] para abrir un mapa donde la zona de carga de nieve Z se puede seleccionar gráficamente. En base a sus requisitos, RFEM determina el valor característico de la carga de nieve s_k sobre el terreno, considerando la altitud A (ver nivel).

Utilice las casillas de verificación en la sección de diálogo *Cargas de nieve adicionales* para decidir si se consideran otras cargas de nieve:

- Carga de nieve redistribuida
- Nieve que sobresale
- Defensa contra la nieve/obstáculo



Utilice los botones [Editar] para definir los parámetros para la nieve que sobresale y la defensa contra la nieve.

En caso necesario, puede ajustar el coeficiente de *Exposición* C_e (EN 1991-1-3, tabla 5.1), así como el *Coefficiente térmico* C_t (EN 1991-1-3, apartado 5.2 (8)) en la sección de diálogo *Coefficientes*.



Defina la *Geometría de cubierta* por medio de los nudos de esquina de la cubierta desde A hasta D según el gráfico del diálogo. También puede utilizar la función [↖] para determinarlos gráficamente en la ventana de trabajo. El plano se marcará con el color de selección. Se necesitan al menos tres nudos para definir un plano. La zona señalada no necesariamente ha de estar encerrada por líneas o barras en todos sus lados.

La *Posición de carga de nieve redistribuida* se puede definir mediante los nudos de esquina de la cubierta.



En las secciones de diálogo *Caso de carga para generar* y *CC para carga de nieve redistribuida*, especifica los números de casos de carga para la generación de cargas. Los casos de carga de nieve se pueden crear con el botón [Nuevo]. Si hay superficies disponibles en el modelo, puede usar las opciones en la sección de diálogo *Crear tipo de carga* para decidir si se generan las cargas en barras o superficiales.

Las secciones de diálogo *Tipo de distribución de carga* y *Quitar influencia de* están descritas en la función del generador "Cargas en barra desde cargas superficiales por plano" de la página 567.



Haga clic en el botón [Configuración] que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de cargas* (ver Figura 11.178, página 563).



Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] para poner a escala las cargas para barras particulares. Los requisitos se pueden introducir en un cuadro de diálogo por separado (ver Figura 11.187, página 569).



Después de confirmar el cuadro de diálogo del generador con [Aceptar], RFEM le muestra los resultados de la generación de carga para todos los casos de carga en una vista general. De esta forma, es posible comparar las cargas superficiales actuantes con las cargas convertidas. Antes de que las cargas se transfieran a RFEM, es posible hacer clic en el botón [Volver] para acceder al cuadro de diálogo inicial donde puede modificar los parámetros de las cargas.

11.8.4.2 Cubierta a dos aguas

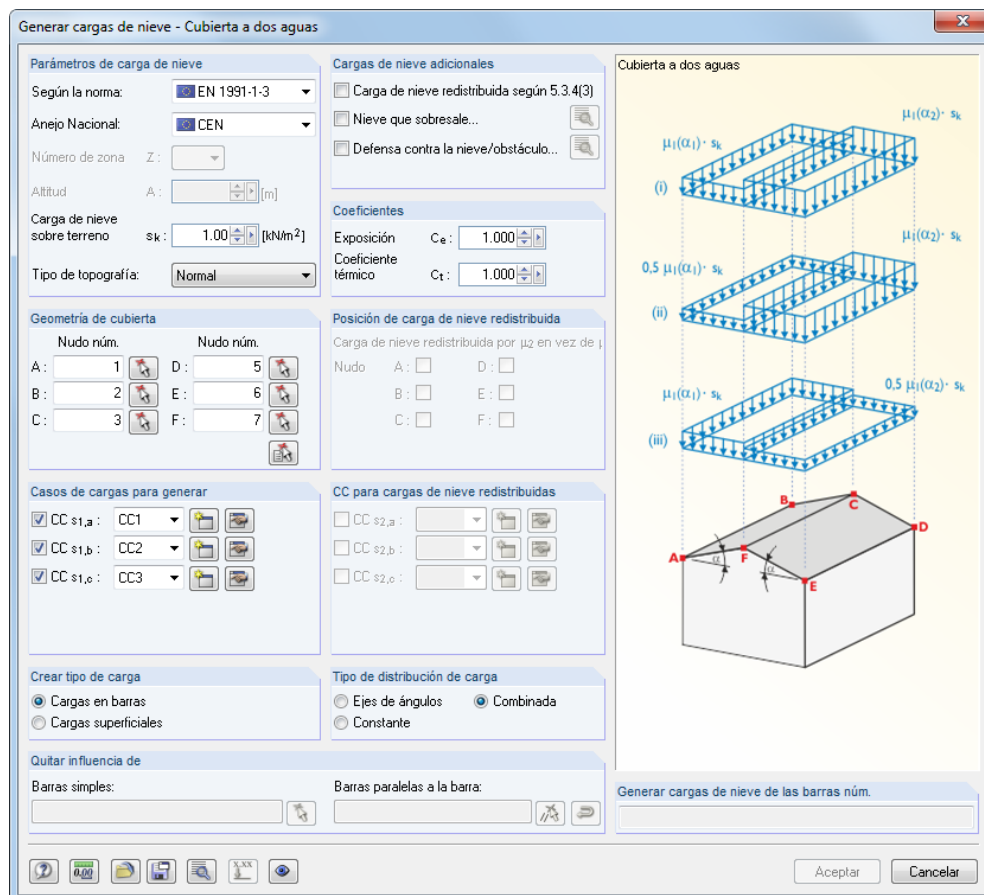


Figura 11.195: Cuadro de diálogo *Generar cargas de nieve - Cubierta a dos aguas*

Primero, defina la normativa y, en caso necesario, el anejo nacional en la sección de diálogo *Parámetros de carga de nieve*. La configuración controla los campos de entrada habilitados para el acceso.



Especifique los parámetros tal y como se describe en el capítulo anterior. La *Geometría de cubierta* de una cubierta a dos aguas está definida por los nudos de esquina de la cubierta desde A hasta F según el gráfico del diálogo. También puede utilizar la función [↗] para determinar los nudos gráficamente en la ventana de trabajo.



En las secciones de diálogo *Casos de carga para generar* y *CC para cargas de nieve redistribuidas*, especifica los números de casos de carga para la generación de la carga. Los casos de carga alternativos se crean si se consideran cargas de nieve adicionales (por ejemplo DIN 1055-5, figura 4) o coeficientes de forma (por ejemplo EN 1991-1-3, figura 5.3). Los casos de carga de nieve relevantes se pueden crear con el botón [Nuevo].

11.8.5 Cargas de viento

11.8.5.1 Muros verticales

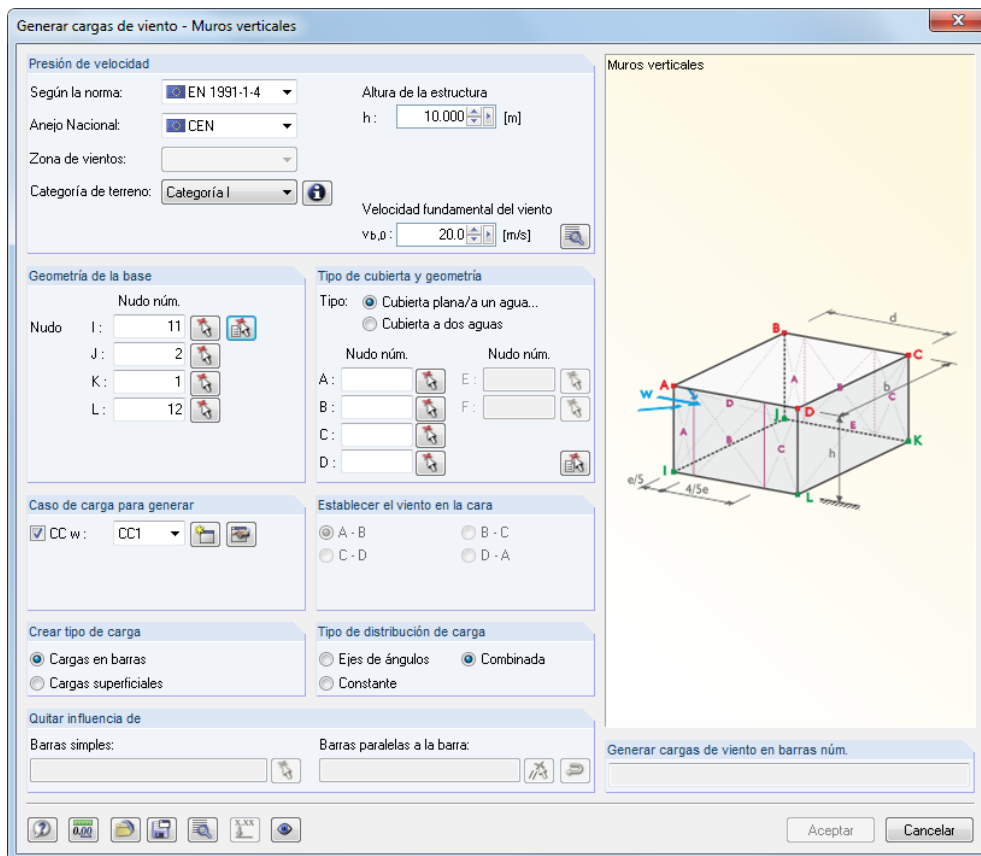


Figura 11.196: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento - Muros verticales* (geometría de cubierta: *Cubierta plana/a un agua*)

Primero, defina la normativa y, cuando proceda, el anejo nacional en la sección de diálogo *Presión de velocidad*. La configuración controla los campos de entrada habilitados para el acceso.



La zona de viento y categoría de terreno pueden seleccionarse gráficamente en un mapa que abre con el botón de [Información]. La altura de la estructura h no se importa automáticamente del modelo, sino que se debe especificar. Basada en su configuración, RFEM determina el valor básico de la velocidad fundamental del viento $v_{b,0}$.



Haga clic en el botón [Editar] que se muestra a la izquierda para acceder a más coeficientes utilizados para determinar las cargas de viento.

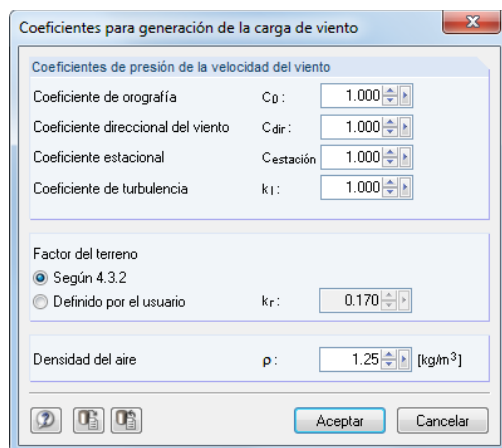


Figura 11.197: Cuadro de diálogo *Coeficientes para generación de la carga de viento*



Los muros se determinan por la *Geometría de la base* (nudos desde *I* hasta *L* para la zona de la base inferior) y el *Tipo de cubierta y geometría* (nudos desde *A* hasta *D* o *F* para planos de cubierta superior). En caso de cubiertas con voladizos, especifique los nudos del muro superior, no los nudos de la cubierta. Como se muestra en el gráfico del diálogo, las cargas de viento se pueden generar para los objetos de un edificio cerrado en todos los lados con un área de base cuadrilátera. Note que al introducir la geometría, los nudos de inicio *I* y *A* deben quedar uno sobre el otro. Además, la dirección de los nudos marcados debe ser consistente al determinar el área de la base y la cubierta. También puede utilizar los botones [^] para definir gráficamente la geometría de la base y de la cubierta.



En la sección de diálogo *Casos de carga para generar*, introduzca el número de caso de carga para la generación de la carga. Con el botón [Nuevo] puede crear un caso de carga de viento.



La dirección del viento se define en la sección de diálogo *Establecer el viento en la cara*. El viento actúa perpendicularmente a la línea especificada.

Si hay superficies disponibles en el modelo, puede usar las opciones en la sección de diálogo *Crear tipo de carga* para decidir si se generarán cargas en barra o superficiales.

Las secciones de diálogo *Tipo de distribución de carga* y *Quitar influencia de* están descritas en la función del generador "Cargas en barra desde cargas superficiales por plano" de la página 567.



Haga clic en el botón [Configuración] que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de cargas* (ver Figura 11.178, página 563).



Después de confirmar el cuadro de diálogo de generador con [Aceptar], RFEM le muestra los resultados de la generación de carga en una vista general. De esta forma, es posible comparar las cargas superficiales actuantes con las cargas convertidas. Antes de que las cargas se transfieran a RFEM, puede hacer clic en el botón [Volver] para acceder al cuadro de diálogo inicial donde puede modificar los parámetros de las cargas.

11.8.5.2 Cubierta plana

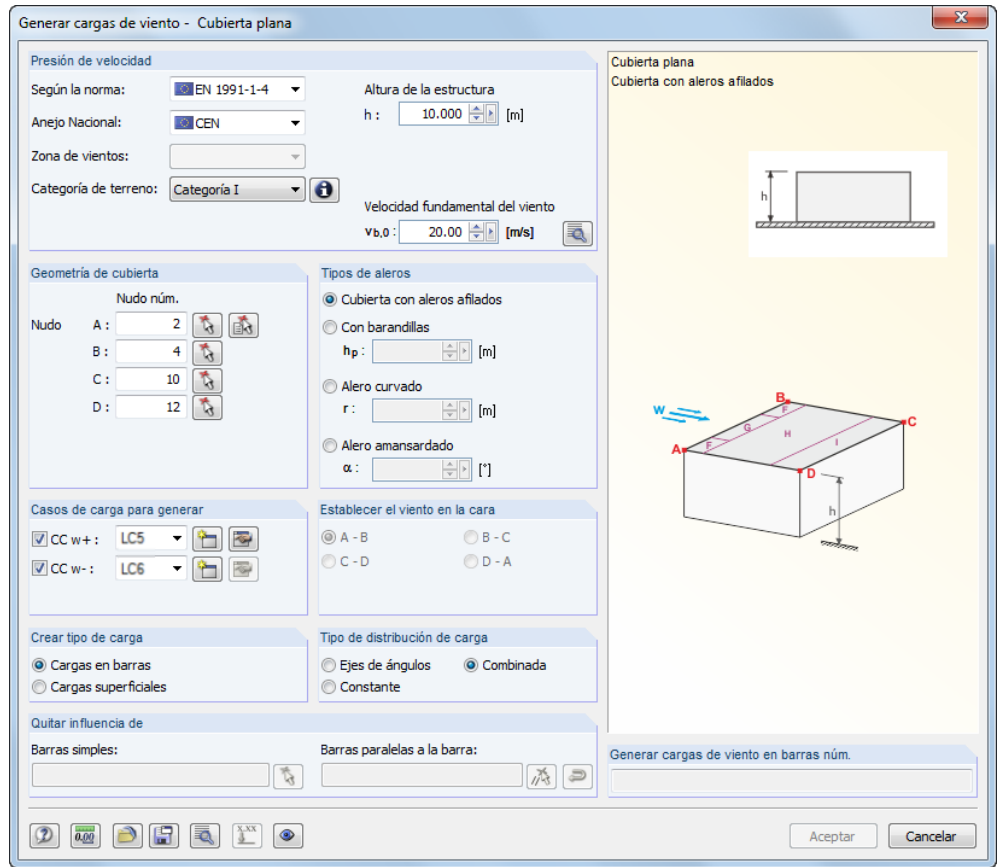


Figura 11.198: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento - Cubierta plana*

RFEM considera que una cubierta es plana si la inclinación de la cubierta $\alpha < 5^\circ$.

Primero, defina la normativa y, cuando proceda, el anejo nacional en la sección de diálogo *Presión de velocidad*. La configuración controla los campos de entrada habilitados para el acceso.

Especifique los parámetros tal y como se describe en el capítulo anterior. La sección de diálogo *Tipo de aleros* está vinculada a los gráficos interactivos del diálogo a la derecha ilustrando la configuración individual.



Tal y como se describe por ejemplo en EN 1991-1-4, tabla 7.2, para una cubierta plana se deben considerar varios casos de carga. En la sección de diálogo *Casos de carga para generar*, especifique los números de casos de carga para la generación de cargas. Las cargas de presión se crean en el caso de carga CC w+. Las cargas de succión se generan en CC w-. Los casos de carga relevantes se pueden crear con el botón [Nuevo].

Después de confirmar el cuadro de diálogo del generador con [Aceptar], RFEM le muestra los resultados de la generación de cargas para todos los casos de carga en una vista general (ver Figura 11.201, página 582). Las pestañas del diálogo representan una opción de comprobación importante porque puede ver para cada caso de carga el coeficiente de presión externa $c_{pe,10}$ y la presión externa w_e mostrada por zonas.

11.8.5.3 Cubierta a un agua

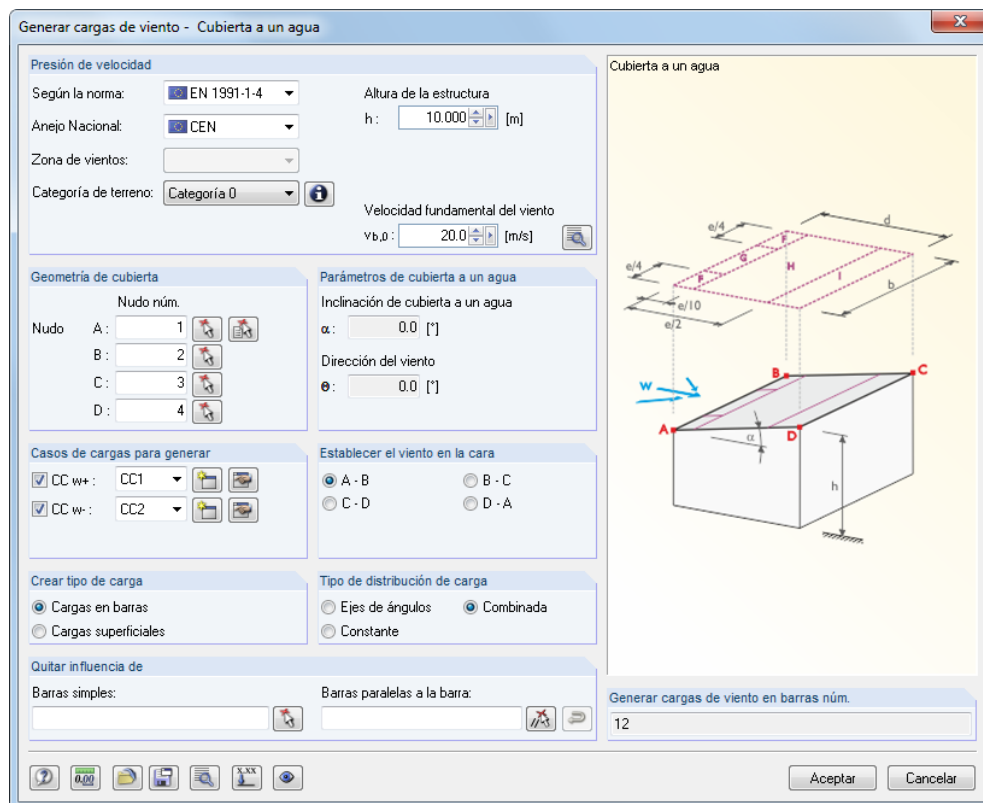


Figura 11.199: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento - Cubierta a un agua*

Primero, defina la normativa y, cuando proceda, el anejo nacional en la sección de diálogo *Presión de velocidad*. La configuración controla los campos de entrada habilitados para el acceso.

Especifique los parámetros tal y como se describe en el capítulo 11.8.5.1. Los *Parámetros de cubierta a un agua* se determinan automáticamente a partir de la geometría de la cubierta y el lado por donde sopla el viento.

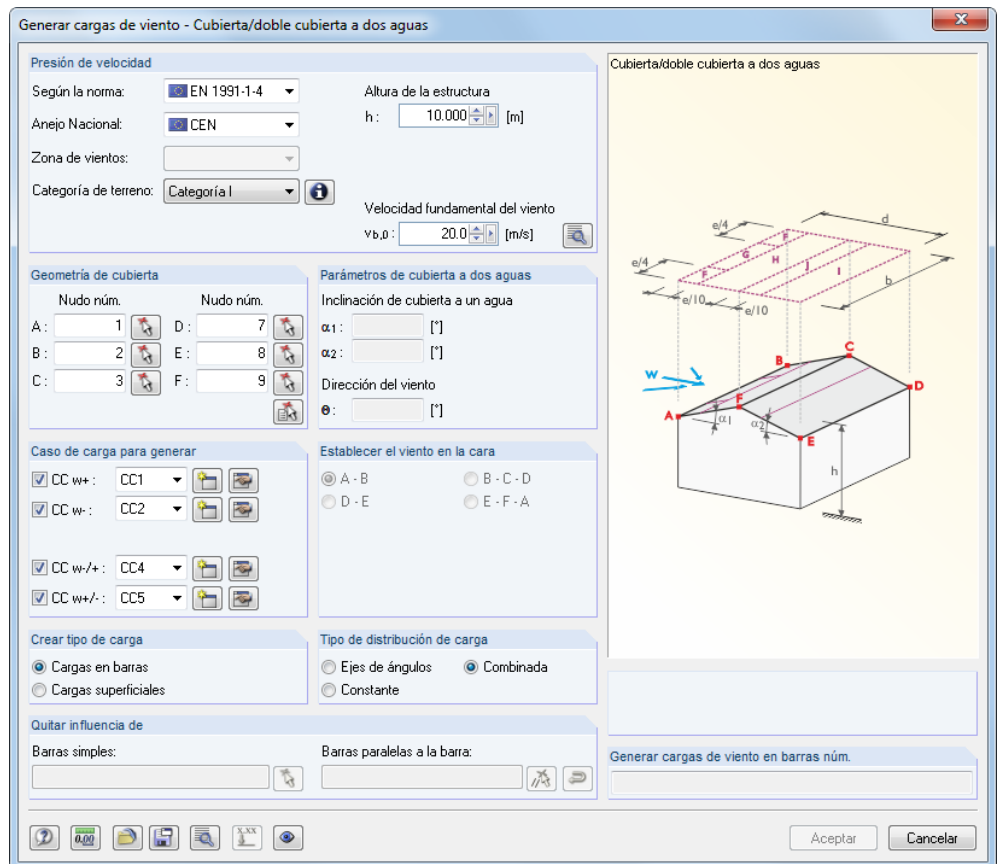


Tal y como se describe por ejemplo en EN 1991-1-4, tabla 7.3a, para una cubierta a un agua se deben considerar varios casos de carga. En la sección de diálogo *Casos de carga para generar*, especifique los números de casos de carga para la generación de cargas. Las cargas de presión se crean en el caso de carga CC w+. Las cargas de succión se generan en CC w-. Los casos de carga relevantes se pueden crear con el botón [Nuevo].



Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] para poner a escala las cargas para barras particulares. De esta manera, puede considerar efectos de continuidad de un revestimiento de cubierta sobre las vigas de borde para generar ahí cargas reducidas. Los requisitos se pueden introducir en un cuadro de diálogo por separado (ver Figura 11.187, página 569).

11.8.5.4 Cubierta/doble cubierta a dos aguas

Figura 11.200: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento - Cubierta/doble cubierta a dos aguas*

Primero, defina la normativa y, cuando proceda, el anejo nacional en la sección de diálogo *Presión de velocidad*. La configuración controla los campos de entrada habilitados para el acceso.

Especifique los parámetros tal y como se describe en el capítulo 11.8.5.1 en la página 577. Los *Parámetros de cubierta a dos aguas* se determinan automáticamente a partir de la geometría de la cubierta y el lado por donde sopla el viento.



Tal y como se describe por ejemplo en EN 1991-1-4, tabla 7.4a, para una cubierta a dos aguas se deben considerar varios casos de carga. En la sección de diálogo *Casos de carga para generar*, especifique los números de casos de carga para la generación de cargas. Las cargas de presión se crean en el caso de carga CC w+. Las cargas de succión se generan en CC w-. La combinaciones (presión en un lado de la cubierta y succión en el otro lado) se definen como CC w-/+ y CC w+/- . Los casos de carga relevantes se pueden crear con el botón [Nuevo].

Después de confirmar el cuadro de diálogo del generador con [Aceptar], RFEM le muestra los resultados de la generación de cargas para todos los casos de carga en una vista general. Las pestañas del diálogo representan una opción de comprobación importante ya que puede ver para cada caso de carga el coeficiente de presión externa $c_{pe,10}$ y la presión externa w_e mostrada por zonas.

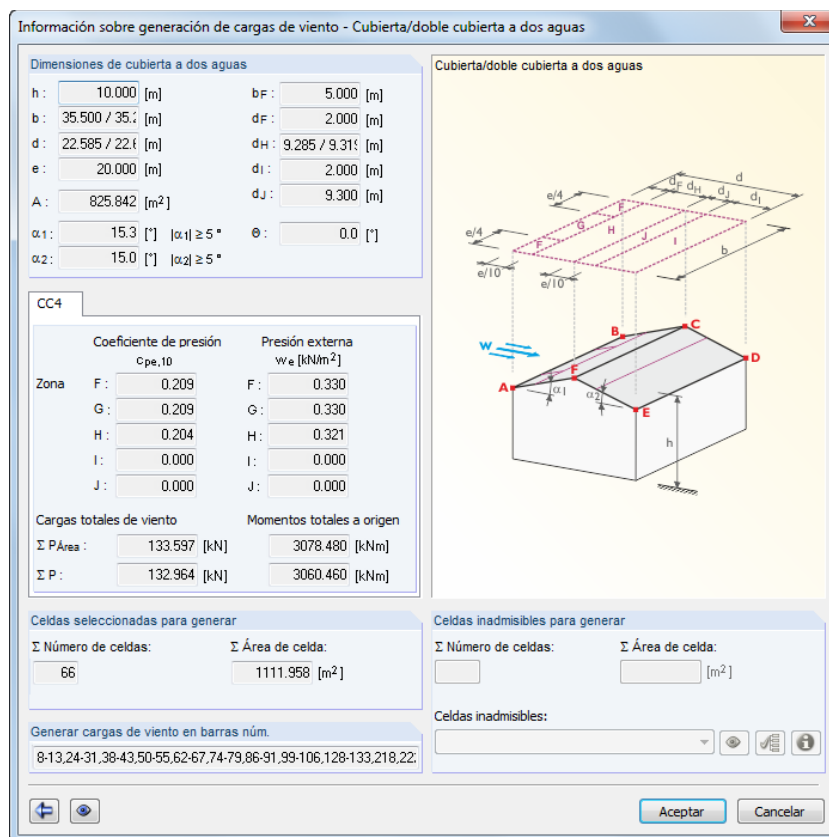


Figura 11.201: Cuadro de diálogo Información sobre generación de cargas de viento - Cubierta/doble cubierta a dos aguas



Antes de que las cargas se transfieran a RFEM, puede hacer clic en el botón [Volver] para acceder al cuadro de diálogo inicial donde puede cambiar los parámetros de las cargas.

11.8.5.5 Muros verticales con cubierta

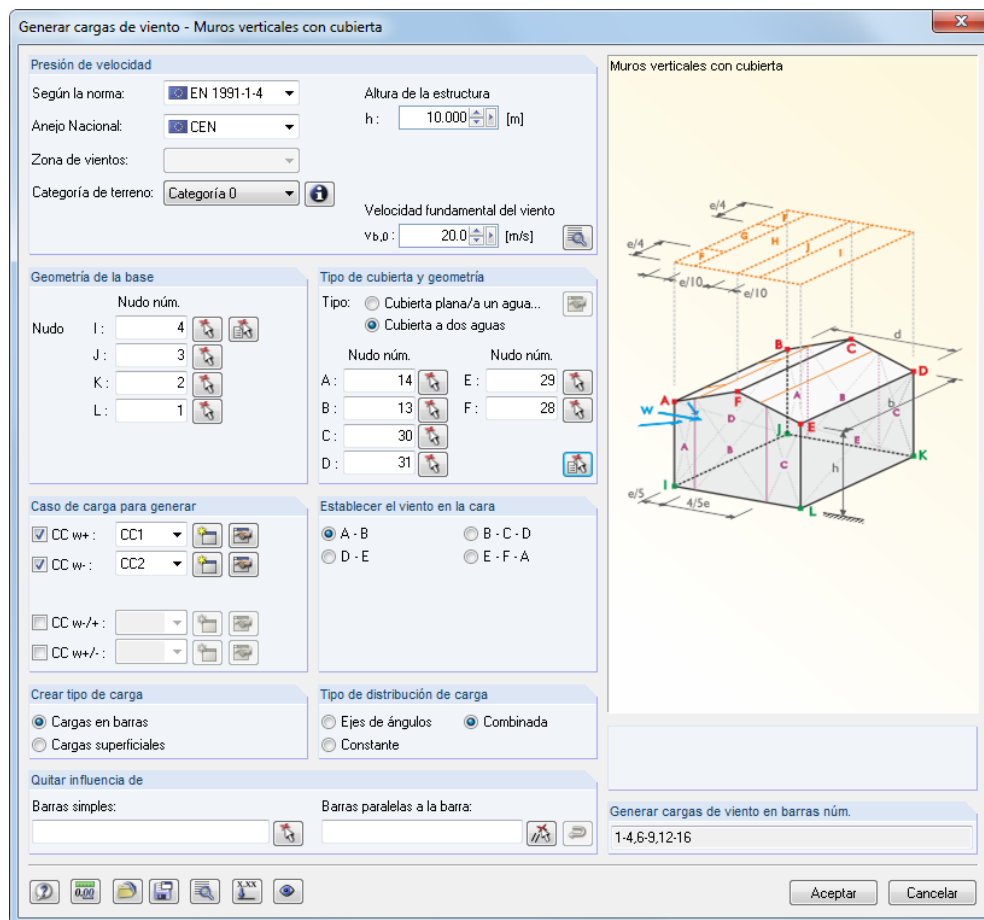


Figura 11.202: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento - Muros verticales con cubierta* (geometría de cubierta: *Cubierta a dos aguas*)

Primero, defina la normativa y, cuando proceda, el anejo nacional en la sección de diálogo *Presión de velocidad*. La configuración controla los campos de entrada habilitados para el acceso.

Especifique los parámetros tal y como se describe en el capítulo 11.8.5.1 en la página 577.



Tal y como se describe por ejemplo en EN 1991-1-4, tabla 7.4a, para una cubierta a dos aguas se deben considerar varios casos de carga.. En la sección de diálogo *Casos de carga para generar*, especifique los números de casos de carga para la generación de cargas. Las cargas de presión se crean en el caso de carga CC w+. Las cargas de succión se generan en CC w-. La combinaciones (presión en un lado de la cubierta y succión en el otro lado) se definen como CC w-/+ y CC w+/- . Los casos de carga relevantes se pueden crear con el botón [Nuevo].



Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] para poner a escala las cargas para barras particulares. Los requisitos se pueden introducir en un cuadro de diálogo aparte (ver Figura 11.187, página 569).

Después de confirmar el cuadro de diálogo del generador con [Aceptar], RFEM le muestra los resultados de la generación de cargas para todos los casos de carga en una vista general (ver Figura 11.201, página 582). Las pestañas del diálogo representan una opción de comprobación importante ya que puede ver para cada caso de carga el coeficiente de presión externa $C_{pe,10}$ y la presión externa w_e mostrada por zonas.

12. Administración de archivos

Este capítulo explica cómo se organizan los datos en el Administrador de proyectos y cómo los componentes de modelos repetitivos se administran en bloques. Además, el capítulo describe la importación y exportación de datos con las interfaces integradas para el intercambio de datos con otros programas.

12.1 Administrador de proyectos

En el análisis estructural, un proyecto se subdivide a menudo en varios modelos. El *Administrador de proyectos* le ayuda a organizar los datos de sus aplicaciones Dlubal. También puede usarlo para la administración de modelos de RFEM dentro de la red de trabajo (ver capítulo 12.3, página 606).

El Administrador de proyectos se puede dejar abierto como una aplicación independiente al trabajar en RFEM.



Para abrir el Administrador de proyectos, seleccione **Administrador de proyectos** en el menú **Archivo**, o bien use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.



Figura 12.1: Botón *Administrador de proyectos* en la barra de herramientas



También es posible acceder al Administrador de proyectos en el cuadro de diálogo *Datos generales*.

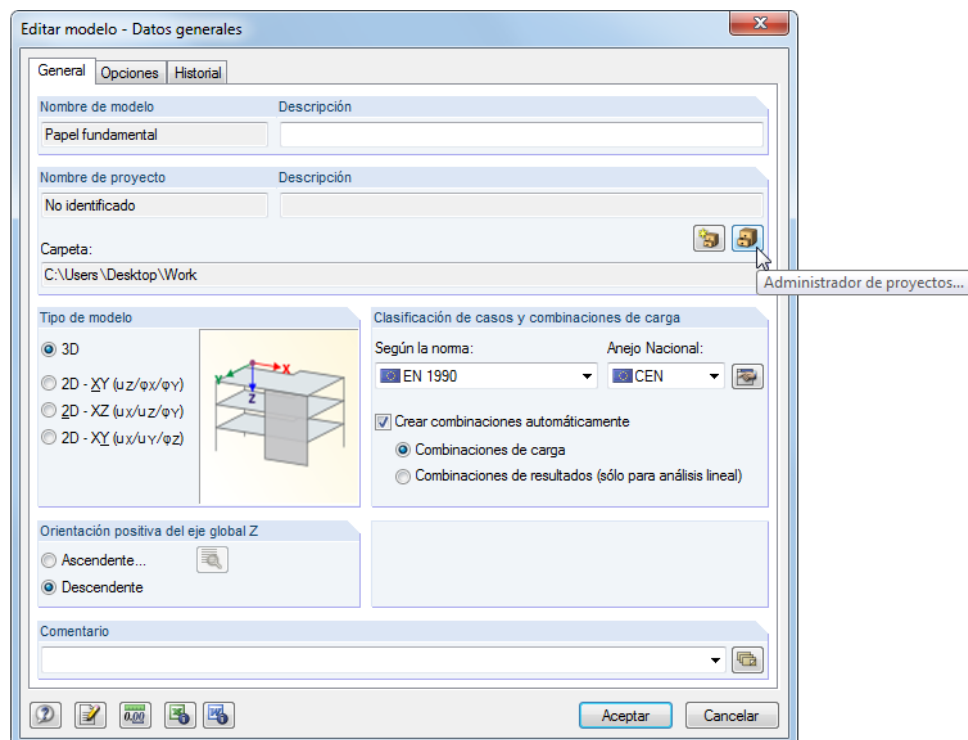


Figura 12.2: Botón *Administrador de proyectos* en el cuadro de diálogo *Datos generales*

Al abrir el Administrador de proyectos, aparece la siguiente ventana de varias partes. Ésta tiene su propio menú y barra de herramientas.

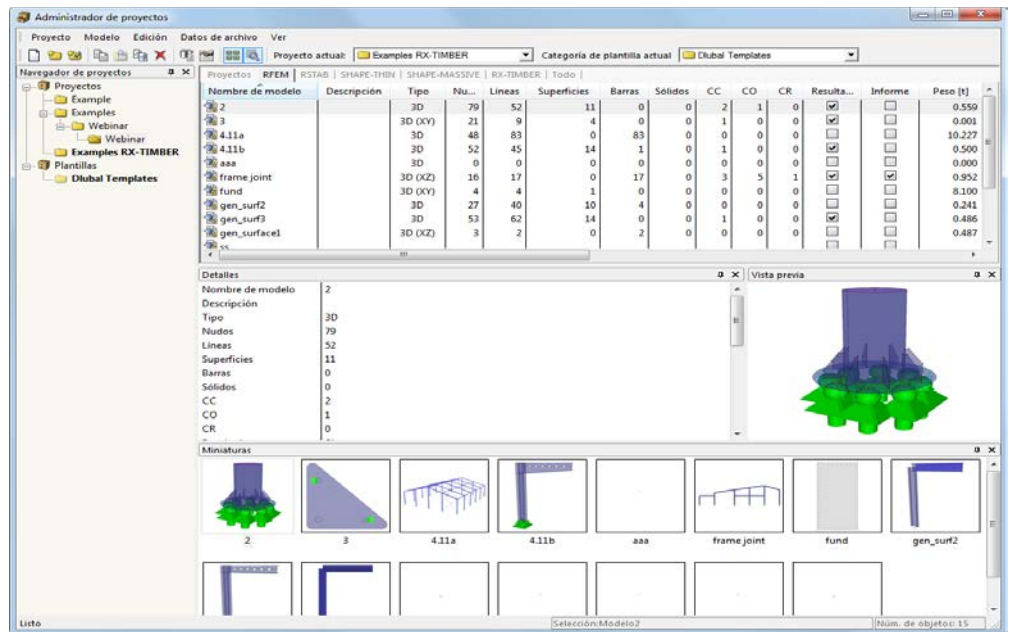


Figura 12.3: Administrador de proyectos

Navegador de proyectos

En la parte izquierda se muestra un navegador listando todos los proyectos en una estructura de árbol. El proyecto actual aparece en negrita. Para seleccionar otro proyecto, haga doble clic en la entrada correspondiente o utilice la lista *Proyecto actual* en la barra de herramientas. La tabla de la derecha del navegador lista los modelos contenidos en el proyecto seleccionado.

Tabla de modelos

Los modelos están dispuestos en varias pestañas, clasificados por aplicaciones Dlubal. La pestaña de *RFEM* lista todos los modelos de RFEM contenidos en el proyecto seleccionado. Ahí se muestra tanto el *Nombre de modelo* como la *Descripción*, así como información del archivo y del modelo importante incluyendo el nombre del usuario que creó y editó el modelo.

Para ajustar la representación de las columnas, seleccione **Gestionar columnas de registro** en el menú **Ver** del Administrador de proyectos, o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda (ver página 594).

Detalles

Esta parte de la ventana muestra toda la información disponible para el modelo que esté seleccionado en la sección de la ventana superior.

Vista previa

El modelo seleccionado se muestra en una vista previa. El tamaño de la ventana de vista previa se puede ajustar desplazando el borde superior de la ventana.

Vistas en miniatura

El área inferior del Administrador de proyectos le ofrece una información general gráfica sobre los modelos contenidos en el proyecto seleccionado. Las imágenes de vistas en miniatura son interactivas con la tabla superior.

Use los alfileres para minimizar las partes de la ventana particulares. Se acoplan como pestañas al pie de página.



12.1.1 Administrador de proyectos

Crear un proyecto nuevo

Para crear un proyecto nuevo,

- seleccione **Nuevo** en el menú **Proyecto** del Administrador de proyectos o bien
- haga clic en el botón [Nuevo proyecto] en la barra de herramientas a la izquierda.

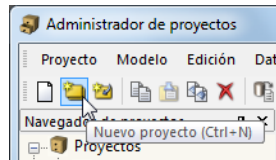


Figura 12.4: Botón *Nuevo proyecto*

El cuadro de diálogo *Crear nuevo proyecto* se abre, donde puede introducir el *Nombre* del nuevo proyecto. Luego, seleccione la *Carpeta* donde desee guardar los modelos. Utilice el botón [Examinar] que se muestra a la izquierda para establecer el directorio. También puede agregar una corta *Descripción* del proyecto. Ésta se mostrará en el encabezado del informe y no tiene más relevancia.

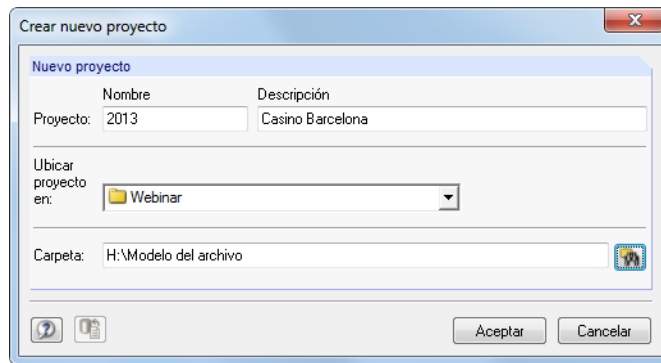


Figura 12.5: Cuadro de diálogo *Crear nuevo proyecto*

También es posible crear subproyectos en el Administrador de proyectos seleccionando un proyecto en la lista *Ubicar proyecto en*. El nuevo proyecto se muestra como un subproyecto en el navegador. Si no quiere utilizar esta configuración, seleccione la entrada de la lista *Proyectos* en la parte superior de la lista. Entonces, el proyecto aparece como una entrada principal en el navegador.

Después de hacer clic en [Aceptar], se crea una carpeta nueva con el nombre de proyecto en el disco duro local o de trabajo en red.

Conectar una carpeta existente

Para integrar una carpeta como un proyecto que ya contiene varios modelos de RFEM,

- seleccione **Conectar carpeta** en el menú **Proyecto** del Administrador de proyectos o
- use el botón [Conectar carpeta] de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

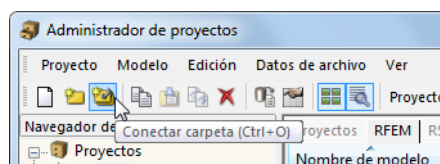
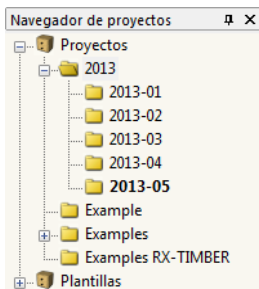


Figura 12.6: Botón *Conectar carpeta*

Es irrelevante en qué unidad local o de trabajo en red se encuentre la carpeta que desea conectar. Se incluye en el administrador de archivos y se deja en su ubicación, similar a la crea-



ción de un acceso directo en el escritorio. La información se guarda en el archivo ASCII **PRO.DLP** en la carpeta **ProMan** (ver capítulo 12.1.4.3, página 597).



Se abre un cuadro de diálogo parecido al que se muestra en la Figura 12.5. Introduzca el *Nombre* y la *Descripción* del proyecto, y utilice el botón [Examinar] para establecer el directorio para la *Carpeta* relevante. Si un proyecto se especifica en la lista *Ubicar proyecto en*, la carpeta de conexión debe estar contenida dentro del directorio de este proyecto. La carpeta se administrará entonces como un subproyecto. Pero si desea que la carpeta aparezca en el Administrador de proyectos como un proyecto independiente, seleccione *Proyectos* de la parte superior de la lista.

Marque la opción *Conectar carpeta incluyendo todas las subcarpetas* para conectar todas las carpetas contenidas en la carpeta seleccionada de una vez con la gestión del Administrador de proyectos.

Desconectar una carpeta



Para desconectar una carpeta integrada en el administrador de proyectos,

- seleccione **Desconectar** en el menú **Proyecto** del Administrador de proyectos (el proyecto se debe seleccionar previamente)
- haga clic en el botón [Desconectar proyecto] en la barra de herramientas del administrador que se muestra a la izquierda o bien
- utilice el menú contextual del proyecto en el navegador.

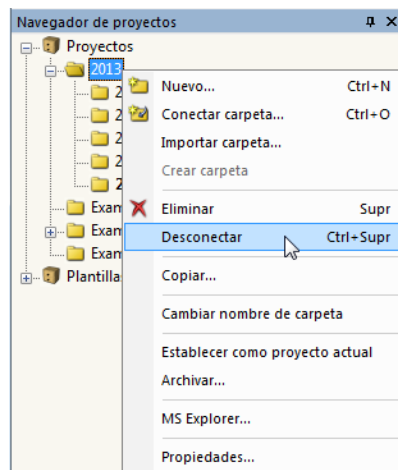


Figura 12.7: Menú contextual de un proyecto



El proyecto se quita sólo de la administración interna. Tanto la carpeta en el disco duro como su contenido permanecen sin cambios.

Eliminar un proyecto



Para eliminar un proyecto,

- seleccione **Eliminar** en el menú **Proyecto** del Administrador de proyectos (el proyecto se debe seleccionar previamente),
- haga clic en el botón [Eliminar] en la barra de herramientas del administrador a la izquierda o bien
- utilice la entrada **Eliminar** en el menú contextual del proyecto en el navegador (ver figura anterior).

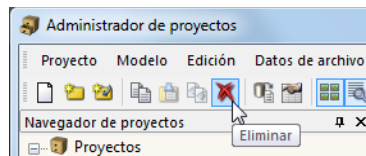


Figura 12.8: Botón *Eliminar*

La carpeta, incluyendo sus contenidos, se elimina completamente del disco duro.

Si la carpeta contiene también archivos de otros programas, sólo se eliminan los archivos de las aplicaciones Dlupal. La carpeta se mantiene en sí misma.



Para deshacer la eliminación de los proyectos,

seleccione **Restaurar de la papelera de reciclaje de Dlupal** en el menú **Edición** del Administrador de proyectos.

La papelera de reciclaje de Dlupal se describe en el capítulo 12.1.4.2 en la página 595.

En caso que los archivos de una unidad de trabajo en red se eliminen, se copian mediante la red local en la papelera de reciclaje Dlupal en el disco duro, que es distinto del estándar de Windows, donde los datos son irre recuperables. De esta manera, puede restaurar archivos, eliminados en unidades de trabajo en red, desde el equipo informático relevante. Si no se desea que los archivos se copien en la papelera de reciclaje, recomendamos desconectar sólo el proyecto (ver apartado anterior). Entonces, puede eliminar los datos desde la unidad de trabajo en red manualmente.

Copiar un proyecto

Para copiar un proyecto,

- seleccione **Copiar** en el menú **Proyecto** del Administrador de proyectos (el proyecto se debe seleccionar previamente), o bien
- utilice la entrada **Copiar** en el menú contextual del proyecto en el navegador (ver Figura 12.7).

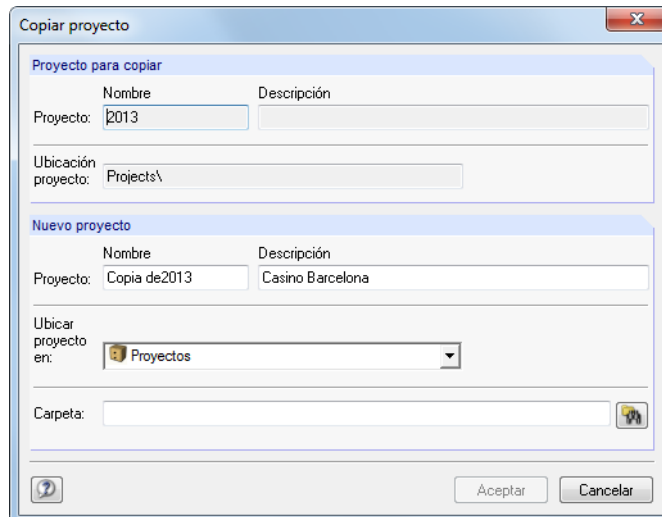


Figura 12.9: Cuadro de diálogo *Copiar proyecto*

Introduzca el *Nombre*, la *Descripción* y la ubicación del nuevo proyecto en el Administrador de proyectos, y defina la *Carpeta* que se va a crear con la función copiar.

También es posible copiar el proyecto con el Explorador de Windows. Entonces, puede integrar la nueva carpeta como una carpeta conectada en la gestión del Administrador de proyectos (ver Figura 12.6, página 586).

Renombrar un proyecto / cambiar la descripción

Para cambiar la descripción de un proyecto posteriormente,

- seleccione **Propiedades** en el menú **Proyecto** del Administrador de proyectos (el proyecto se debe seleccionar previamente), o bien
- use la entrada **Propiedades** en el menú contextual del proyecto en el navegador (ver Figura 12.7).

El cuadro de diálogo *Propiedades de proyecto* se abre donde se puede cambiar el *Nombre* y la *Descripción* del proyecto. La *Carpeta* del proyecto se muestra también.

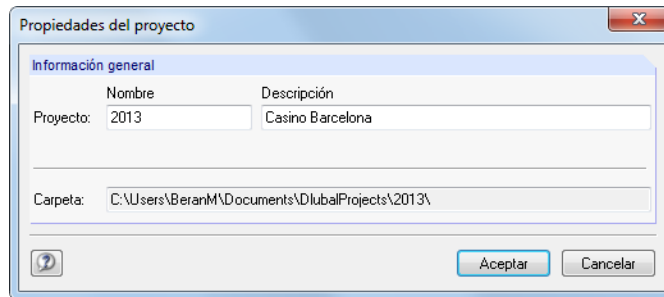


Figura 12.10: Cuadro de diálogo *Propiedades del proyecto*

Importar una carpeta de proyecto

Después de cambiar el equipo informático, puede restaurar el árbol directorio completo del Administrador de proyectos sin copiar el archivo PRO.DLP (ver capítulo 12.3, página 606). Todos los proyectos incluidos en una carpeta se introducen en el administrador de proyectos (lo que significa que esta carpeta debe contener proyectos, no modelos). De esta manera, los proyectos no necesitan estar conectados por separado.

Para abrir el cuadro de diálogo para la importación de una carpeta de proyectos,

seleccione **Importar carpeta** en el menú **Proyecto** del Administrador de proyectos.

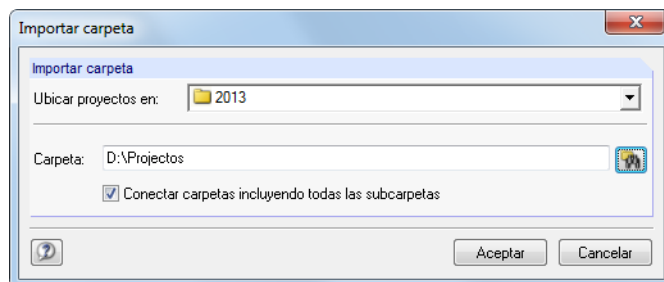


Figura 12.11: Cuadro de diálogo *Importar carpeta*



En la lista *Ubicar proyectos en*, defina cómo integrar la carpeta de proyectos en el administrador. Si desea que las carpetas aparezcan en el Administrador de proyectos como proyectos independientes, seleccione la entrada de lista *Proyectos* en la parte superior de la lista. Utilice el botón [Explorar] que se muestra a la izquierda para establecer el directorio para la *Carpeta* a vincular.

Marque la opción *Conectar carpetas incluyendo todas las subcarpetas* para integrar todas las subcarpetas de las carpetas en el gestor del Administrador de proyectos.

12.1.2 Administración de modelos

Abrir un modelo

Para abrir un modelo fuera del Administrador de proyectos,

- haga doble clic en el nombre del modelo o en su imagen de miniatura,
- seleccione **Abrir** en el menú **Modelo** del Administrador de proyectos (el modelo se debe seleccionar previamente)
- o bien utilice el menú contextual del modelo.

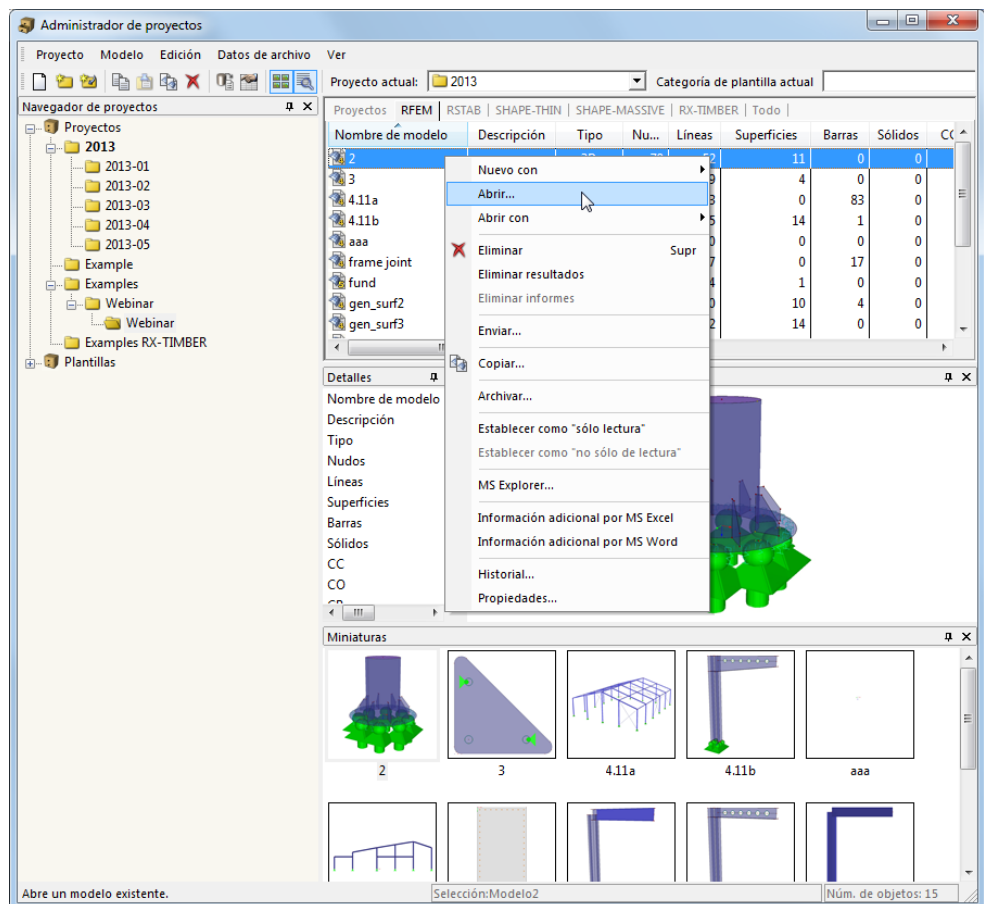


Figura 12.12: Menú contextual del *Modelo*

Utilice la opción del menú contextual *Abrir con* que se muestra a la izquierda para seleccionar una aplicación particular de Dlubal con la cual desee abrir el modelo.

Es posible abrir archivos de RSTAB directamente en RFEM.

Desplazar / copiar un modelo

Para copiar un modelo en otro proyecto,

- seleccione **Copiar** en el menú **Modelo** (el modelo debe estar seleccionado previamente),
- use la entrada **Copiar** en el menú contextual del modelo (ver figura anterior) o bien
- utilice la función arrastrar y soltar presionando la tecla [Ctrl].



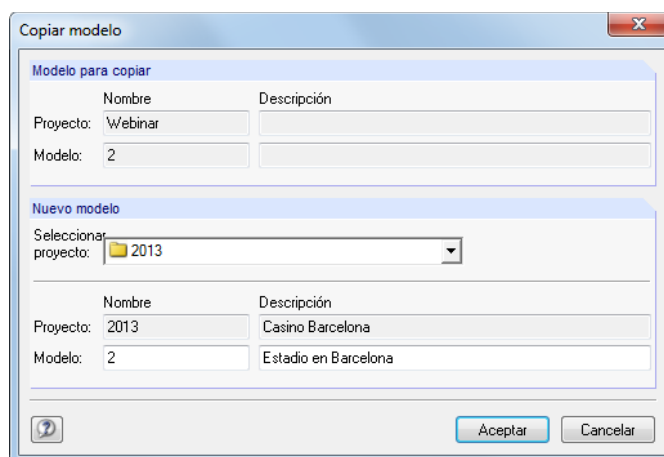


Figura 12.13: Cuadro de diálogo *Copiar modelo*

En el cuadro de diálogo *Copiar modelo*, especifique el proyecto objetivo e introduzca el *Nombre* y la *Descripción* para la copia del modelo.

Para desplazar un modelo, mantenga presionado el botón primario del ratón al moverlo a otra carpeta.

Renombrar un modelo

Para cambiar de nombre a un modelo,

- seleccione **Propiedades** en el menú **Modelo** del Administrador de proyectos (el modelo se debe seleccionar previamente) o
- use la entrada **Propiedades** en el menú contextual del modelo en el navegador (ver Figura 12.12).

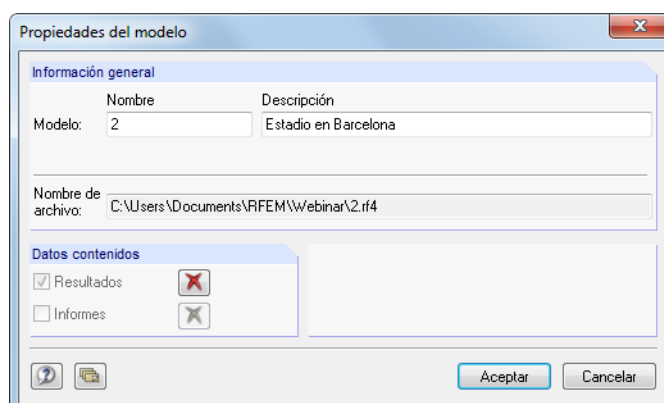


Figura 12.14: Cuadro de diálogo *Propiedades del modelo*

En el cuadro de diálogo *Propiedades del modelo*, puede cambiar el *Nombre* y *Descripción* del modelo. El *Nombre de archivo* y el directorio del modelo también se muestran.

Si el modelo contiene también resultados e informes, puede quitar tales *Datos* adicionales del registro de datos usando el botón [Eliminar].



Eliminar un modelo



Para eliminar un modelo,

- seleccione **Eliminar** en el menú **Modelo** del Administrador de proyectos (el modelo se debe seleccionar previamente)
- haga clic en el botón [Eliminar] en la barra de herramientas a la izquierda
- use la entrada **Eliminar** en el menú contextual del modelo (ver Figura 12.12).

En el menú contextual, también es posible *Eliminar resultados* y/o *Eliminar informes* del modelo expresamente. En ambos casos, los datos de entrada siguen estando disponibles.



Para deshacer la eliminación de modelos,

seleccione **Restaurar de la papelera de reciclaje de Dlupal** en el menú **Edición** del Administrador de proyectos.

La papelera de reciclaje de Dlupal se describe en el capítulo 12.1.4.2 en la página 595.

Mostrar el historial

Para comprobar el historial de un modelo,

- seleccione **Historial** en el menú **Modelo** del Administrador de proyectos (el modelo se debe seleccionar previamente) o
- use la entrada **Historial** en el menú contextual del modelo (ver Figura 12.12).

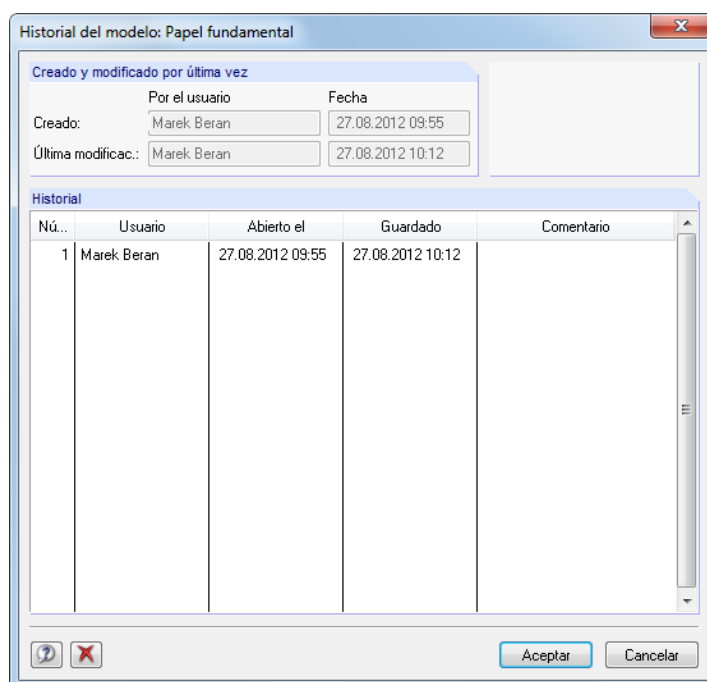


Figura 12.15: Ventana de información *Historial del modelo*

Un cuadro de diálogo aparece mostrándole información sobre los usuarios que crearon, abrieron o modificaron el modelo. La información general incluye también la hora a la que se realizan las acciones individuales.

Las notas enumeradas en la columna *Comentario* se basan en los datos generales del modelo. Las entradas correspondientes en el cuadro de diálogo *Datos generales* se administran en la pestaña de diálogo *Historial*. Saque provecho de los comentarios para describir el proceso estructural respectivo (ver capítulo 12.2.2, página 605).

12.1.3 Copia de seguridad de datos

Archivar datos

Puede hacer una copia de seguridad de los modelos seleccionados o incluso de una carpeta de proyecto completa a un archivo de copia de seguridad comprimido. Los modelos originales siguen estando disponibles.

Para iniciar el archivado,

- seleccione **Archivar** en el menú **Archivar datos** del Administrador de proyectos (el modelo o proyecto se debe seleccionar previamente) o
- use el menú contextual del proyecto (ver Figura 12.7) o modelo (ver Figura 12.12).

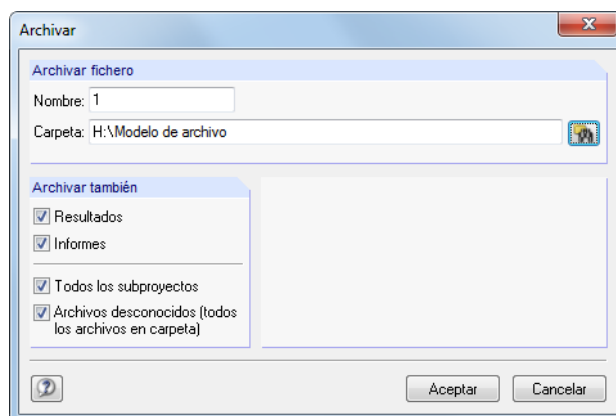


Figura 12.16: Cuadro de diálogo *Archivar*

El archivo de copia de seguridad se puede generar con o sin resultados e informes. Más opciones tienen en cuenta la integración de subproyectos y archivos que no son parte de ninguna aplicación de Dlupal.

Una vez defina el *Nombre* y la *Carpeta* del archivo de almacenamiento, cree el archivo ZIP haciendo clic en [Aceptar].

Extraer desde un archivo

Para extraer datos desde el archivo,

seleccione **Extraer proyecto/modelos del archivo** en el menú **Archivar datos** del Administrador de proyectos.

El cuadro de diálogo de Windows *Abrir* aparece, donde puede seleccionar el archivo de copia de seguridad ZIP. Tras hacer clic en [Aceptar], sus comentarios se muestran.

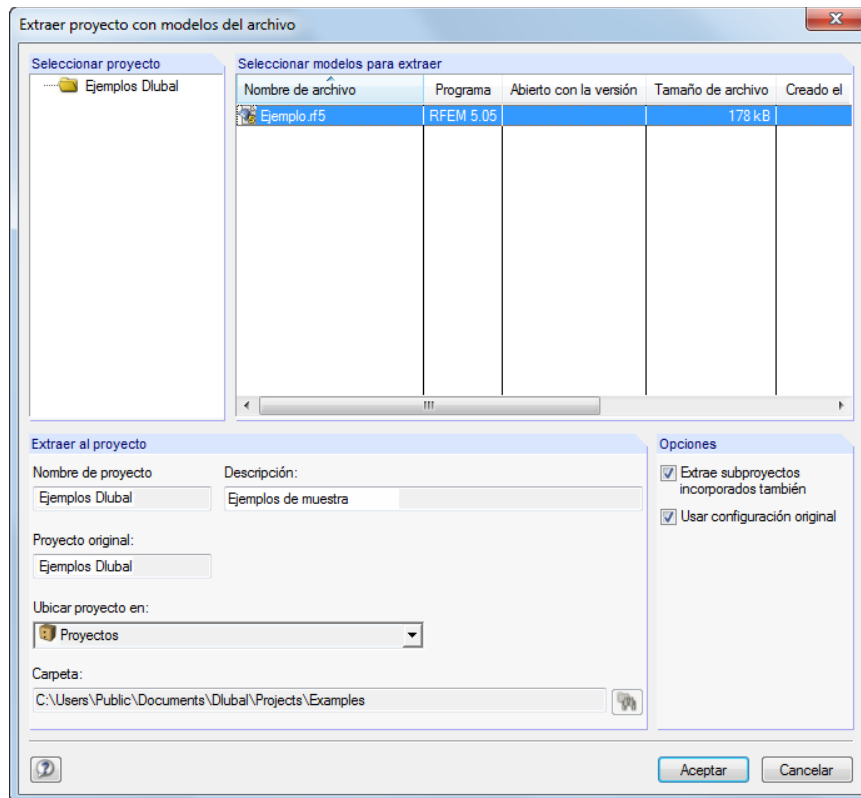


Figura 12.17: Cuadro de diálogo *Extraer proyecto con modelos del archivo*



En la sección del diálogo *Seleccionar modelos para extraer*, seleccione los modelos que desee almacenar. Se pueden desempaquetar con la configuración del proyecto original y como nuevo proyecto. En la lista *Ubicar proyecto en*, puede definir la clasificación en la estructura de gestión del Administrador de proyectos. Alternativamente, puede crear un directorio nuevo por medio del botón [Examinar].

12.1.4 Configuración

12.1.4.1 Ver

Mostrar vistas en miniatura y detalles

El área de la ventana bajo la tabla del modelo se puede ajustar de acuerdo con sus preferencias. Puede elegir dos opciones para ventanas adicionales que se puedan activar independientemente entre ellas.

Para establecer las opciones de visualización,

- seleccione **Vista previa de imágenes de todos los modelos** en el menú **Ver** y

- seleccione **Detalles de modelos actuales** en el menú **Ver** del Administrador de proyectos,

o use los botones de la barra de herramientas respectivos.



Botón	Función
	Muestra imágenes de vistas en miniatura de todos los modelos en el proyecto
	Muestra detalles del modelo y la vista previa del modelo

Tabla 12.1: Botones para configurar la vista

Clasificar modelos

La disposición de modelos en la tabla se puede ajustar: como es usual con las aplicaciones de Windows, puede buscar la lista en un orden ascendente o descendente con el fin de hacer clic en los títulos de la columna.
Alternativamente, puede

seleccionar **Clasificar modelos** en el menú **Ver**.

Ajustar columnas

Para organizar las columnas según sus necesidades,

- seleccione **Gestionar columnas de registro** en el menú **Ver** del Administrador de proyectos.
- o use el botón [Gestionar columnas de registro] en la barra de herramientas del administrador que se muestra a la izquierda.

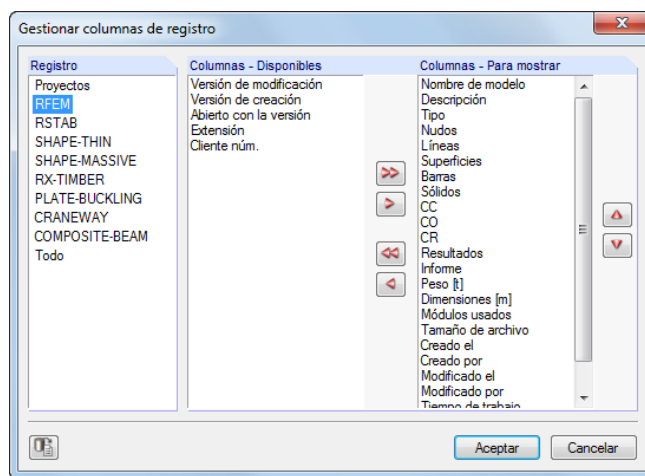


Figura 12.18: Cuadro de diálogo *Gestionar columnas de registro*



Primero, defina el *Registro* cuyas columnas desee ajustar (por ejemplo RFEM). Ahora puede seleccionar entradas relevantes en la lista *Columnas - Disponibles* para transferirlas a la lista *Columnas - Para mostrar*. Use los botones de flecha [▶] para la transferencia. También puede hacer doble clic sobre los elementos. Las columnas que no desee mostrar se pueden ocultar con los botones [◀].

El orden de las columnas en la lista de los modelos se puede cambiar usando los botones ▲ y ▼ en la lista *Columnas - Para mostrar*. Haga clic sobre los mismos para desplazar hacia arriba y hacia abajo una entrada seleccionada.



Para optimizar los anchos de columna en la lista de los modelos, seleccione **Organizar automáticamente** en el menú **Ver** del Administrador de proyectos. Puede también usar la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

12.1.4.2 Papelera de reciclaje

Para restaurar proyectos y modelos eliminados,

seleccione **Restaurar de la papelera de reciclaje de Dlubal** en el menú **Edición** del Administrador de proyectos.

Un cuadro de diálogo aparece, donde todos los modelos eliminados se enumeran por proyectos.

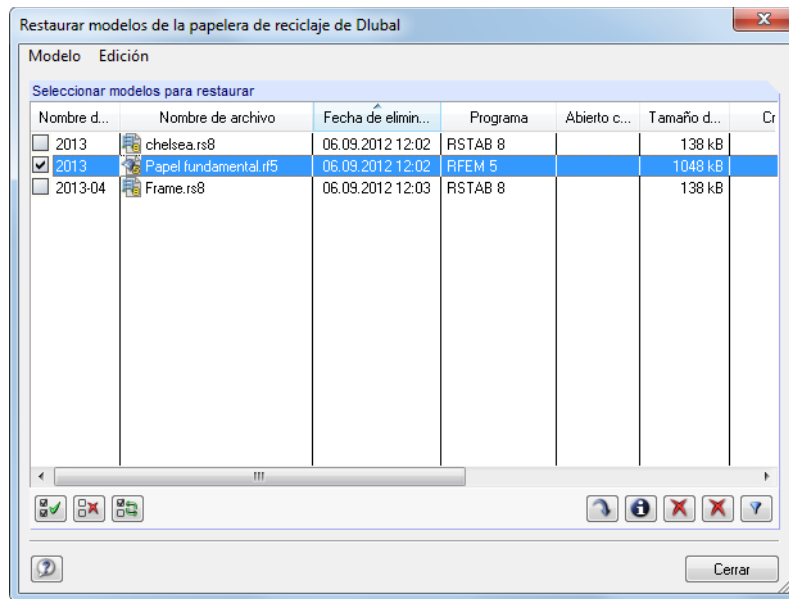


Figura 12.19: Cuadro de diálogo Restaurar modelos de la papelera de reciclaje de Dlubal



Los modelos para restaurar se pueden seleccionar mediante un clic de ratón. Con el botón [Seleccionar todo] puede marcar todas las entradas de una vez. Haga clic en el botón [Restaurar modelos seleccionados] para insertar los modelos eliminados en las carpetas del proyecto originales.

Para eliminar objetos almacenados en la papelera de reciclaje de Dlubal, seleccione **Vaciar la papelera de reciclaje de Dlubal** en el menú **Edición** del Administrador de proyectos.

Antes de realizarse la eliminación permanente, se muestra una pregunta de seguridad,

Para ajustar la configuración para la papelera de reciclaje de Dlubal, seleccione **Configuración para la papelera de reciclaje de Dlubal** en el menú **Edición** del Administrador de proyectos.

Un cuadro de diálogo aparece, donde se administra la configuración para la ubicación y tamaño de memoria.

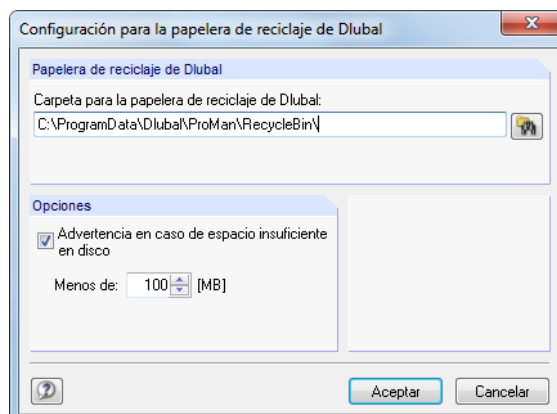


Figura 12.20: Cuadro de diálogo Configuración para la papelera de reciclaje de Dlubal

12.1.4.3 Directorios

Los directorios del Administrador de proyectos (y Administrador de bloques) se pueden comprobar en las *Opciones del programa*. Para abrir el cuadro de diálogo correspondiente, seleccione **Opciones del programa** en el menú **Edición** del Administrador de proyectos.

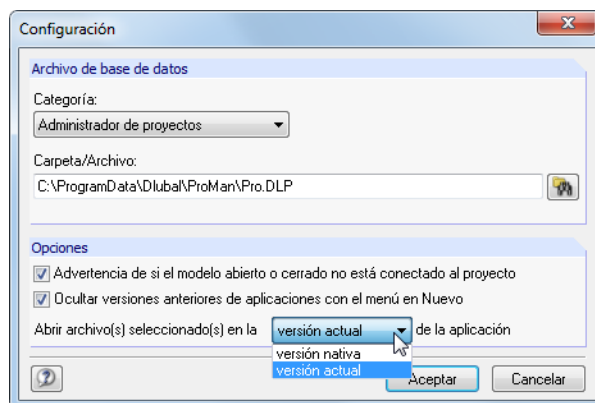


Figura 12.21: Cuadro de diálogo *Configuración*



La *Categoría* administra la configuración separadamente para el Administrador de proyectos y para el Administrador de bloques. La carpeta y el nombre del archivo se muestran en el siguiente campo de entrada donde se puede ajustar, en caso necesario. Los proyectos se administran en el archivo **PRO.DLP**, los cuales se pueden normalmente encontrar en la carpeta *C:\ProgramData\Dlupal\Global\Project Manager* (Windows 10). El botón [Examinar] le ayuda a establecer otra ruta.

Como el Administrador de proyectos es compatible con la red, es posible organizar la administración de datos para modelos contenidos en la Administrador de proyectos en una ubicación central: establezca el directorio para el archivo *PRO.DLP* en el servidor (ver capítulo 12.3, página 606).

La sección del diálogo *Opciones* le ofrece una configuración general para gestionar los archivos de RFEM: usualmente, un mensaje aparece al abrir un archivo fuera del Explorador, un programa de correo electrónico etc. cuando la carpeta en cuestión no está integrada en la administración del Administrador de proyectos. El mensaje se puede desactivar. Además, puede decidir qué versión del programa desea usar para crear o abrir archivos del modelo.

12.2 Crear un Nuevo modelo



Para crear un modelo,

- seleccione **Nuevo** en el menú **Archivo** de RFEM,
- haga clic en el botón de la barra de herramientas [Nuevo modelo] que se muestra a la izquierda,
- señale **Nuevo con** en el menú **Modelo** del Administrador de proyectos, y luego seleccione **RFEM 5**.

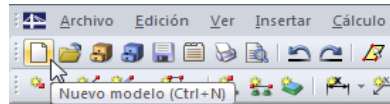


Figura 12.22: Botón *Nuevo modelo*

El cuadro de diálogo *Nuevo modelo - Datos generales* se abre ofreciéndole dos pestañas.

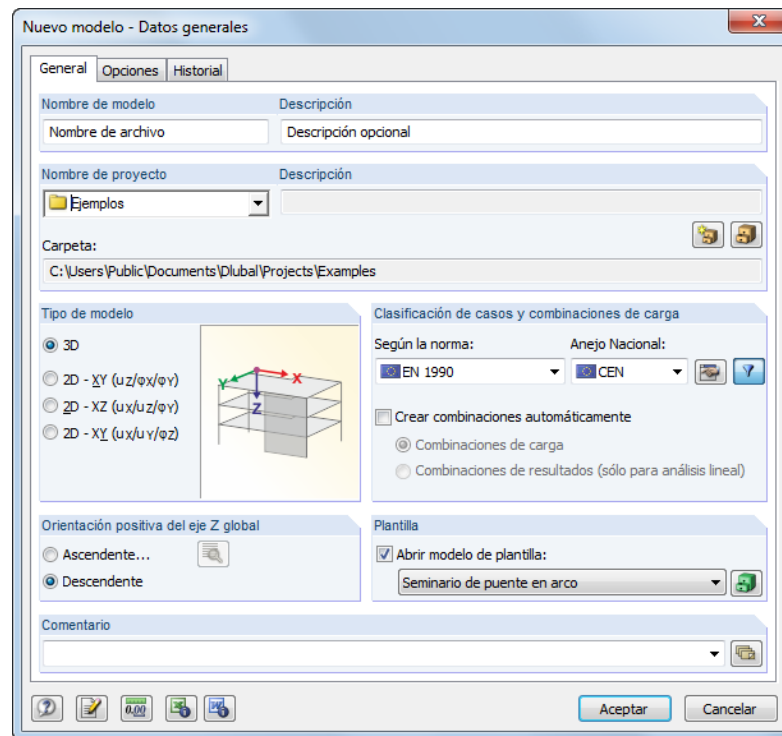


Figura 12.23: Cuadro de diálogo *Nuevo modelo - Datos generales*, pestaña *General*

Cuando desee editar los datos generales del modelo más tarde,

- señale **Datos del modelo** en el menú **Edición**, y luego seleccione **Datos generales** o
- use el menú contextual del modelo en el navegador *Datos*.

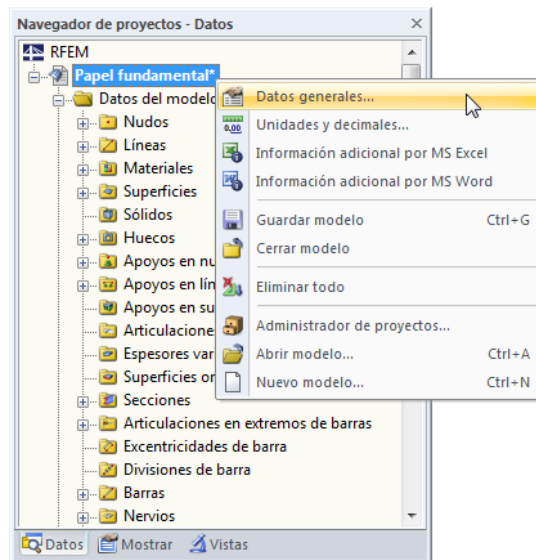


Figura 12.24: Menú contextual del modelo

12.2.1 General

La primera pestaña de diálogo (ver Figura 12.23) administra los parámetros básicos del modelo.

Nombre de modelo / Descripción

Introduzca un nombre en el campo de entrada para el *Nombre de modelo*. A la vez, se usa como nombre de archivo del modelo. Introduciendo una *Descripción* puede describir el modelo en detalle. Aparece en el informe pero no tiene más relevancia.

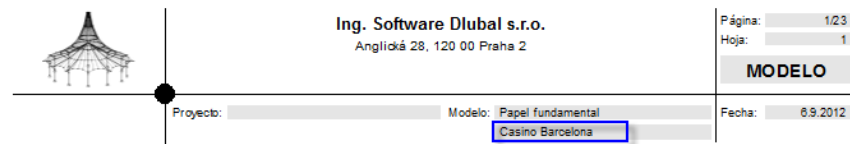


Figura 12.25: Descripción del modelo en el informe

Nombre de proyecto / Descripción

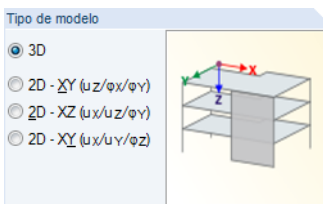
En la lista *Nombre de proyecto*, puede seleccionar la carpeta de proyecto donde se crea el modelo. El proyecto actual se preestablece. En caso necesario, puede cambiar la configuración previa en el Administrador de proyectos (ver capítulo 12.1, página 584) a la que puede acceder con el botón del diálogo de la derecha.

La *Descripción* y la *Carpeta* del proyecto seleccionado se muestran a nivel informativo.

Tipo de modelo

Para los datos generales del modelo, tiene que especificar si su estructura es un modelo tridimensional o bidimensional. En caso de modelos 2D, la entrada se reduce a especificar las coordenadas límite y los grados de libertad.

El tipo *2D - XY* se usa para estructuras de placas bidimensionales como losas que están tensionadas perpendicularmente al plano de superficie. Los tipos de modelo *2D - XZ* y *2D - XY* se pueden usar para muros y láminas existentes cuyas cargas sólo actúan en dirección del plano de superficie. El uso del tipo *2D - XZ* se recomienda para estructuras de pórtico bidimensionales, ya que esta opción considera los momentos sólo respecto a los ejes de barra fuertes.



Es posible cambiar el tipo de modelo seleccionado subsecuentemente. Tenga en cuenta que esta modificación puede dar lugar a la pérdida de datos, por ejemplo cuando un modelo 3D se reduce a un muro.

Clasificación de casos y combinaciones de carga

La carga se tiene que aplicar por casos de carga. Los casos de carga pueden ser por ejemplo peso propio, nieve o sobrecarga de uso.

Las normas individuales definen reglas para combinar casos de carga. Por lo tanto, es importante asignar casos de carga a categorías de acciones particulares (ver capítulo 5.1, página 183). De este modo, al crear combinaciones de carga y de resultados, RFEM es capaz de ofrecer los casos de carga automáticamente con los coeficientes parciales de seguridad y de combinación correctos.

Según la norma

La lista *Según la norma* contiene una variedad de reglas y normas que describen los principios para el estado límite último, servicio y resistencia de sistemas estructurales. Con la selección de la norma se definen las reglas para crear combinaciones de carga y de resultados en RFEM. Este requisito es especialmente significativo para la creación automática de combinaciones por RFEM (ver capítulo 5.2, página 186 hasta el capítulo 5.4, página 203).

Cuando se establece *Ninguna*, no se crean combinaciones automáticamente, lo cual corresponde a la configuración predeterminada en RFEM 4. En este caso, los casos de carga se deben superimponer manualmente (ver capítulo 5.5.1, página 208 y capítulo 5.6.1, página 216).

Al cambiar la norma subsecuentemente se requiere clasificar de nuevo los casos de carga y ajustar la combinación. Aparece la advertencia correspondiente.

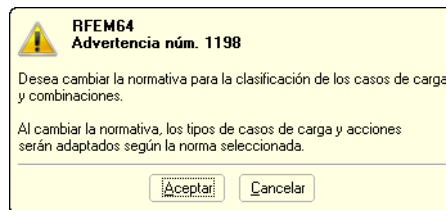
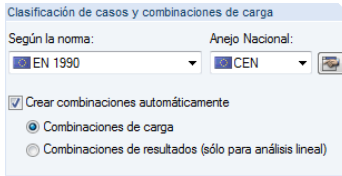
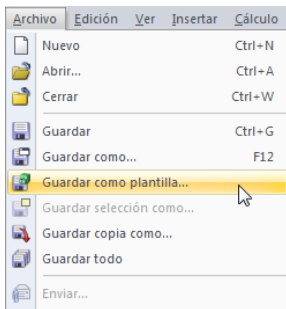


Figura 12.26: Advertencia al modificar la norma



Anejo Nacional

Cuando se selecciona la norma *EN 1990*, aparece una lista desplegable adicional: a pesar de que las reglas de combinación se definen en la norma de los Eurocódigos, a los países se les permite a ellos mismos especificar coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación.

La lista le ofrece una elección entre anejos nacionales de diferentes países. Cuando se establece la opción *CEN*, se aplican los coeficientes recomendados por la Comisión Europea.

Use el botón del diálogo [Editar] para comprobar los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación de la norma establecida actualmente. Cuando se establece una norma definida por el usuario, puede incluso ajustarlos.

Los coeficientes se organizan en varias pestañas del cuadro de diálogo *Coefficientes*. La primera pestaña administra los *Coefficientes parciales de seguridad* y para las situaciones de cálculo "equilibrio estático" y "estado límite último".



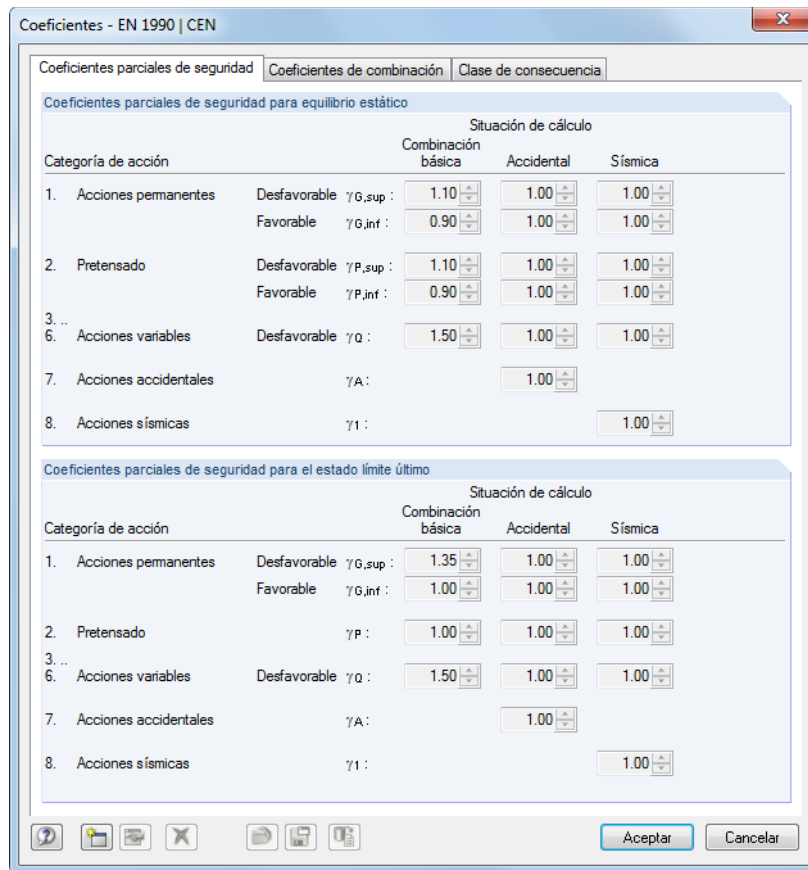


Figura 12.27: Cuadro de diálogo Coeficientes, pestaña Coeficientes parciales de seguridad

La pestaña diálogo *Coeficientes de combinación* (ver Figura 5.24, página 205) controla los coeficientes ψ y ξ . En la pestaña *Clase de consecuencia*, que se encuentra disponible para EN 1990, puede definir el coeficiente de fiabilidad K_{FI} .

Crear combinaciones automáticamente

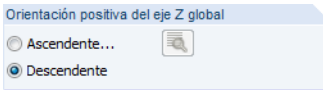
La casilla de verificación está vacía de forma predeterminada, de manera que ambas opciones de abajo no están activas para su acceso. De este modo, las combinaciones de carga y de resultados requeridas se deben crear manualmente como en RFEM 4 (ver capítulo 5.5.1, página 208 y capítulo 5.6.1, página 216). Al combinar los casos de carga, la norma especificada asegura que los coeficientes parciales de seguridad y coeficientes de combinación se asignen automáticamente.

Como una alternativa, puede *Crear combinaciones automáticamente*. Entonces, las pestañas de diálogo adicionales están disponibles en el cuadro de diálogo *Editar casos y combinaciones de carga* así como entradas separadas en el navegador *Datos*. Además, las tablas 2.2 hasta 2.4 están disponibles. La generación de combinaciones se describe en detalle en el capítulo 5.2, página 186 hasta el capítulo 5.4, página 203.



La superposición automática se basa en el módulo adicional RF-COMBI para la versión de RFEM 4. Encuentre información adicional sobre combinatorias en el manual del módulo que aún está disponible para descargar en www.dlubal.com/es/.

Durante la superposición automática de RFEM crea o bien *Combinaciones de carga* o bien *Combinaciones de resultados*. La diferencia entre ambas posibilidades de combinación se describe en los capítulos 5.5 en la página 207 y 5.6 en la página 216.



Orientación positiva del eje Z global

Esta sección del diálogo controla la orientación del eje Z global. En programas CAD, el eje Z tiene generalmente dirección ascendente. En programas usados para análisis de estructuras, tiene normalmente dirección descendente. El requisito es irrelevante para el cálculo.

Si Z se define *Ascendente* y el peso propio se especifica con factor 1.0 en dirección Z en los datos básicos del caso de carga, el peso propio actúa ascendente. En este caso, el factor de peso propio necesita cambiarse por -1.0.

Si el eje Z global tiene dirección ascendente, es posible definir la configuración para superficies y barras haciendo clic en el botón [Elegir] que se muestra a la izquierda. El cuadro de diálogo *Orientación del eje z local* aparece.

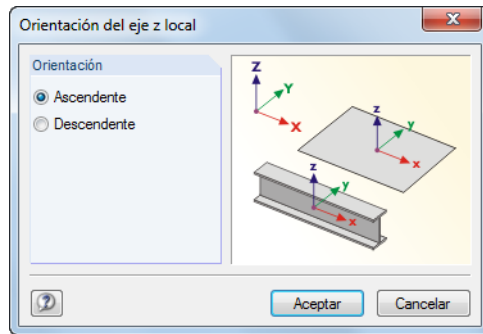


Figura 12.28: Cuadro de diálogo *Orientación del eje z local*

El eje z local puede tener orientación *Ascendente* o *Descendente* con el fin de asignar por ejemplo apoyos elásticos en superficie o armaduras de placas apropiadamente. Luego, responda a la pregunta (ver Figura 12.29) que aparece al cerrar el cuadro de diálogo *Datos generales* con un *No*.



Es posible cambiar la orientación del eje Z subsecuentemente. También tiene la posibilidad de ajustar las coordenadas y cargas globales de manera que la vista del modelo se mantenga. Cuando se modifica la dirección del eje, aparece una pregunta (ver la siguiente figura).

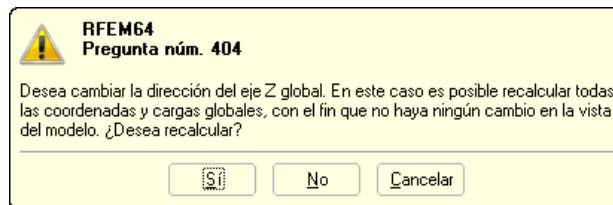
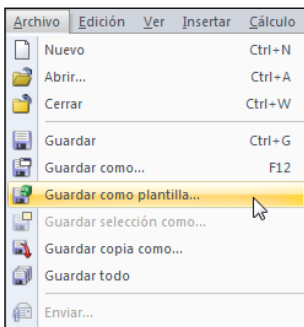


Figura 12.29: Pregunta al cambiar la dirección Z

Plantilla

El modelo se puede crear según una plantilla que se haya guardado en otro modelo. Para acceder a la función de guardado,

seleccione **Guardar como plantilla** en el menú **Archivo**.



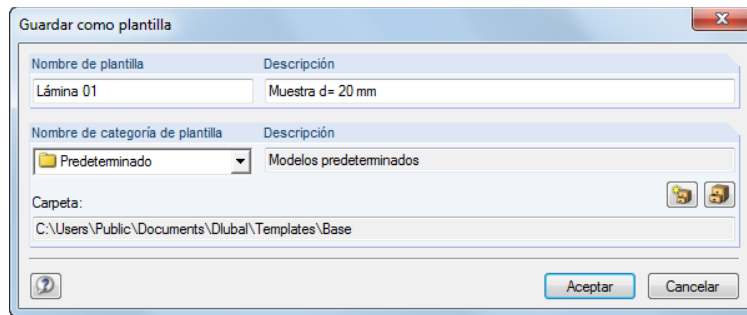


Figura 12.30: Cuadro de diálogo *Guardar como plantilla*

En general, las plantillas se almacenan en la carpeta Dlupal para los modelos de plantilla llamado *Base*.

El acceso está también disponible en el navegador del Administrador de proyectos seleccionando *Predeterminado* en *Plantillas* (ver Figura 12.3, página 585).

Tras hacer clic en la casilla de verificación en el cuadro de diálogo *Nuevo modelo - Datos generales*, puede seleccionar el *modelo de plantilla* relevante de la lista.

Haga clic en el botón que se muestra a la izquierda para abrir una información general con imágenes previas ayudándole a elegir entre las plantillas (ver la siguiente figura).

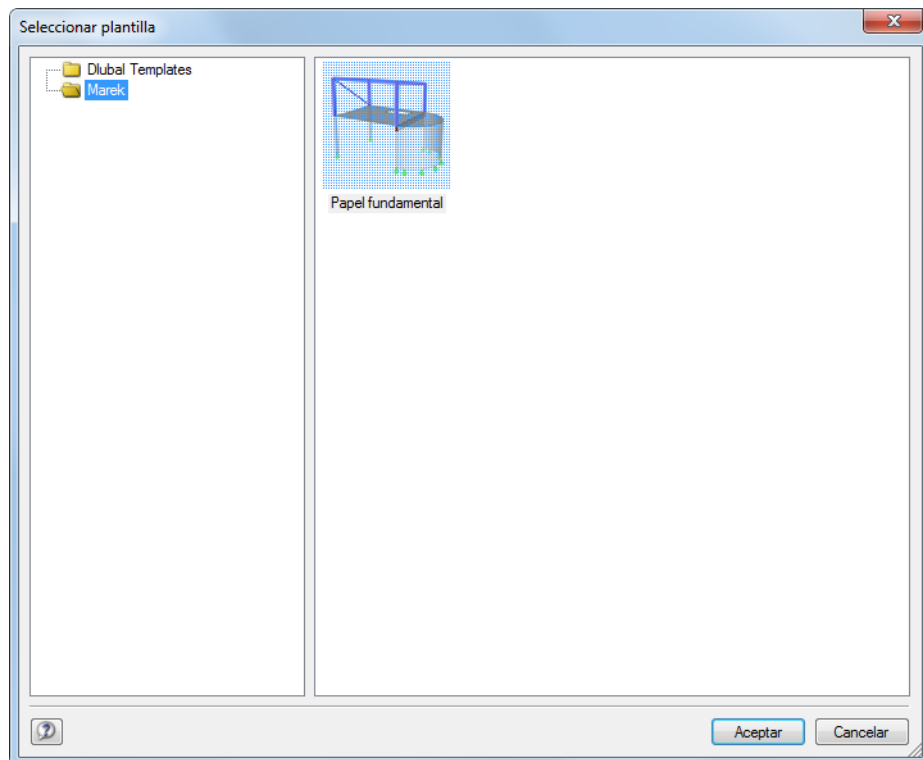
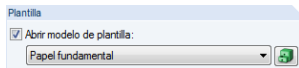


Figura 12.31: Cuadro de diálogo *Seleccionar plantilla*

Comentario

Puede introducir un texto en el campo de entrada o seleccionar un texto de la lista para agregar una descripción breve a los datos generales. El comentario también aparece en el informe.

Los botones en este cuadro de diálogo *Datos generales* tienen las siguientes funciones:





Botón	Nombre	Aclaración
	Comentario	→ capítulo 11.1.4, página 453
	Unidades y decimales	→ capítulo 11.1.3, página 451
	MS Excel	Opción para aclaraciones adicionales en el formato de archivo XLS guardado en el archivo de RFEM
	MS Word	Opción para aclaraciones adicionales en el formato de archivo DOC guardado en el archivo de RFEM

Tabla 12.2: Cuadro de diálogo *Datos generales*, botones

12.2.2 Historial

La segunda pestaña de diálogo del cuadro de diálogo *Datos generales* almacena un registro del proceso en forma de *Historial*.

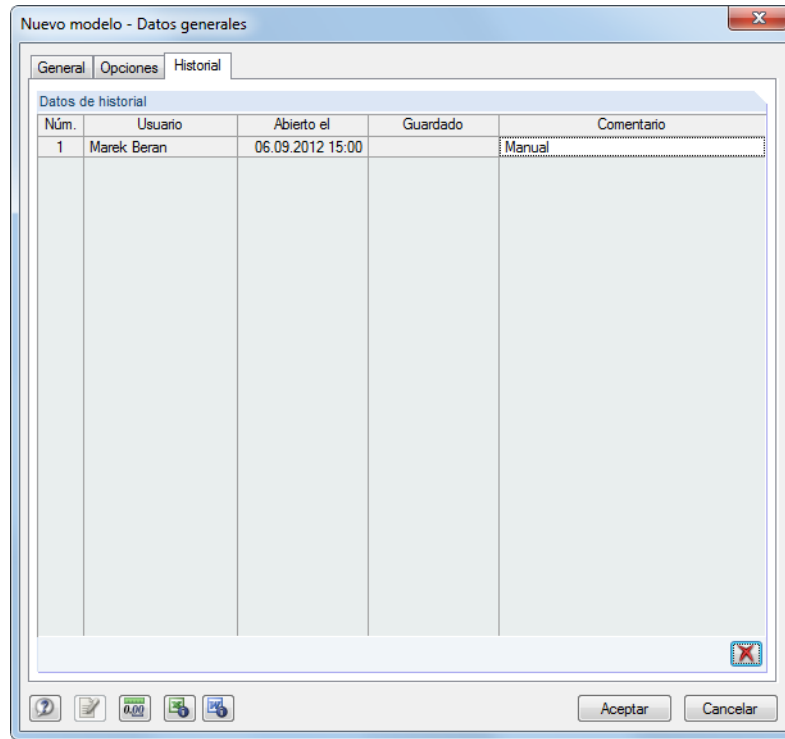


Figura 12.32: Cuadro de diálogo *Nuevo modelo - Datos generales*, pestaña *Historial*

La tabla muestra información sobre la hora a la que un *Usuario* ha *Abierto* y *Guardado* el modelo.

En la primera fila, puede introducir un *Comentario* describiendo el estado actual del tratamiento del modelo. La próxima vez la nota estará disponible para el historial una vez se guarde el modelo. El comentario aparece no sólo en la pestaña *Historial* sino que también está disponible en el Administrador de proyectos (ver Figura 12.15, página 592).



Para eliminar el historial, haga clic en el botón [X]. De esta forma, es posible eliminar la información personal del archivo.

12.3 Administración de la red

Cuando varios usuarios están trabajando en los mismos proyectos, el administrador del modelo se puede organizar mediante el Administrador de proyectos, siempre que los modelos se almacenen en una carpeta que sea accesible desde la red.

Primero, conecte la carpeta de red al administrador interno del proyecto. Encuentre una descripción en el capítulo 12.1.1 en la página 586. Ahora, puede acceder directamente a los modelos de esta carpeta en el Administrador de proyectos, lo que significa que puede abrir o copiar los modelos, comprobar sus historiales o suministrarles una protección de escritura.

En caso de que un usuario ya esté trabajando en el modelo que usted desea abrir, aparece una advertencia. En tal caso, puede abrir el modelo como copia.

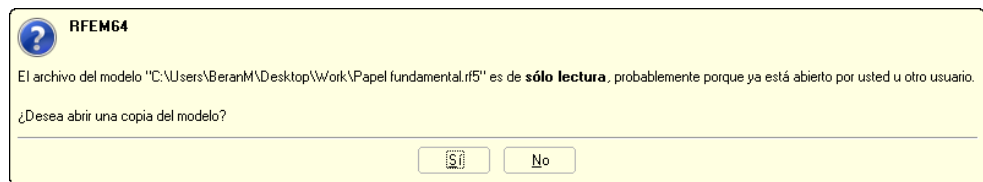


Figura 12.33: Consulta al abrir un modelo con protección de escritura



No es posible una sincronización de modificaciones de datos automática.

La información sobre proyectos registrados en el Administrador de proyectos se almacena en el archivo **PRO.DLP**. Se trata de un archivo ASCII que está ubicado de forma predeterminada en `C:\ProgramData\Dlupal\Global\Project Manager (Windows 10)`.

Copiando el archivo PRO.DLP a otro equipo, puede evitar el tener que conectar carpetas de proyecto de una en una. Además, el archivo se puede editar mediante un editor. Esto facilita la importación de todas las carpetas de proyectos relevantes a un administrador de archivo interno del Administrador de proyectos, especialmente después de nuevas instalaciones. Como alternativa, puede usar la función *Importar carpeta* (ver capítulo 12.1.1, página 589).

Antes de copiar el archivo PRO.DLP, al igual que antes desinstale las aplicaciones de Dlupal, se recomienda guardar el archivo existente.

El Administrador de proyectos es compatible con la red. El administrador de archivos se puede organizar en un lugar central de manera que todos los usuarios se integren en una gestión de proyecto común. Para definir la configuración de red,

seleccione **Opciones del programa** en el menú **Edición** del Administrador de proyectos.

Un cuadro de diálogo se abre, donde puede definir la ubicación de almacenamiento para el archivo PRO.DLP (ver Figura 12.21, página 597).

El Administrador de proyectos se ejecuta en cada equipo local, salvo que cada uno esté usando el archivo PRO.DLP del servidor central. De esta forma, todos los usuarios pueden realizar modificaciones para la estructura del proyecto al mismo tiempo. Para el acceso de escritura en el archivo PRO.DLP, el archivo se bloquea sólo por un tiempo breve y se desbloquea inmediatamente después.

12.4 Administrador de bloques

El Administrador de bloques administra los bloques del modelo mediante la gestión de proyectos cruzada: los objetos seleccionados se pueden guardar como bloques y volver a importar a otros modelos. Una multitud de elementos normalizados se predefine en el *Catálogo* del Administrador de bloques.



Para abrir el Administrador de bloques, seleccione **Administrador de bloques** en el menú **Archivo** en RFEM, o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

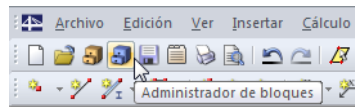


Figura 12.34: Botón *Administrador de bloques* en la barra de herramientas

Cuando abre el Administrador de bloques, aparece una ventana de varias partes. Al igual que el Administrador de proyectos (ver capítulo 12.1) tiene su propio menú y barra de herramientas.

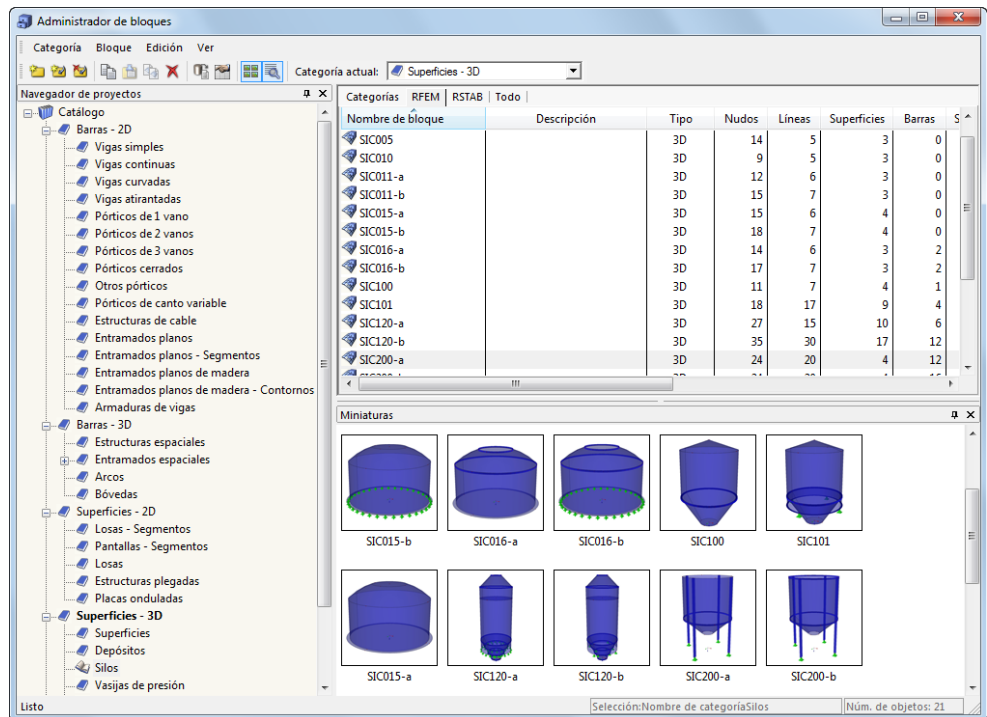


Figura 12.35: Administrador de bloques

Navegador de proyectos

A la izquierda, es posible ver el navegador con el *Catálogo* de todas las categorías de bloque. La categoría actual se establece en negrita. Para seleccionar otra categoría, haga doble clic en la entrada relevante o use la lista *Categoría actual* en la barra de herramientas del administrador. La tabla a la derecha del navegador enumera los objetos cumplimentados en la categoría seleccionada. Bloques para varios modelos de barras, superficies y sólidos están disponibles para su selección.

Tabla de bloques

Los bloques de la categoría seleccionada se enumeran uno a uno. El *Nombre del bloque* y *Descripción* así como el objeto significativo y la información del archivo se muestran respectivamente.



Para ajustar las columnas representadas, seleccione **Gestionar columnas de registro** en el menú **Ver** del Administrador de bloques, o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda (ver capítulo 12.1.4.1, página 595).

Detalles

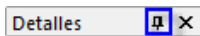
La sección de la ventana le muestra información detallada respecto al bloque seleccionado.

Vista previa

El bloque seleccionado se muestra en una vista previa. El tamaño de la ventana de vista previa se puede ajustar desplazando el borde superior de la ventana.

Vistas en miniatura

El área inferior del Administrador de bloques le ofrece una información general gráfica sobre los bloques contenidos en la categoría seleccionada. Las imágenes de vistas en miniatura son interactivas con la tabla superior.



Use las marcas para minimizar las partes de la ventana particulares. Se acoplan como pestañas al pie.

12.4.1 Crear un bloque

Para crear un bloque a partir de objetos particulares, seleccione los objetos relevantes en el modelo de RFEM actual en la ventana de trabajo. Una selección múltiple es posible trazando una ventana con el botón del ratón. Puede también hacer clic sobre varios elementos al mantener presionada la tecla [Ctrl].

Para crear un nuevo bloque,

seleccione **Guardar como bloque** en el menú **Archivo** en RFEM.

Se abre el siguiente cuadro de diálogo.

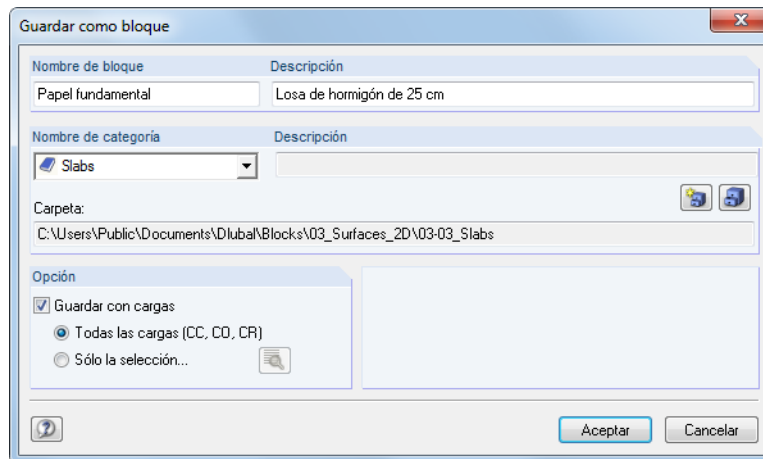


Figura 12.36: Cuadro de diálogo *Guardar como bloque*

Defina el *Nombre de bloque* y el *Nombre de categoría* en donde desee guardar en bloque. La categoría se puede seleccionar en la lista. La *Descripción* es una entrada opcional que se usa para describir el bloque de forma breve.

El directorio del bloque se indica en el campo de diálogo *Carpeta*.

En caso de que se definan cargas, éstas se pueden guardar juntas con el bloque. Además, puede usar la configuración en la sección del diálogo *Opciones* para decidir si todas las cargas, o sólo los casos de carga seleccionados, son relevantes.



Para crear una nueva categoría de bloque, use el botón [Nueva categoría] que se muestra a la izquierda

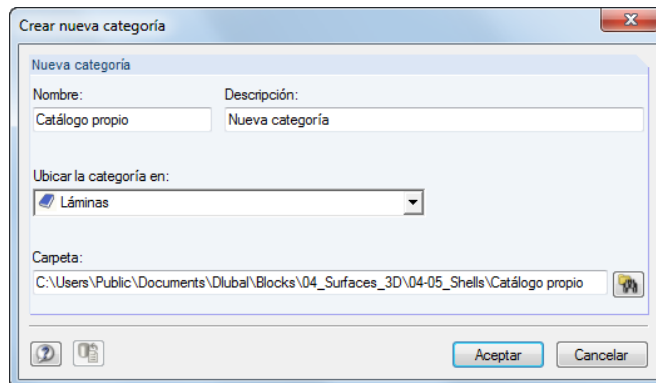


Figura 12.37: Cuadro de diálogo *Crear nueva categoría*

La creación de un bloque es similar a la creación de un nuevo proyecto en el Administrador de proyectos (ver capítulo 12.1.1, página 586).

12.4.2 Importar un bloque



Para importar un bloque al modelo de RFEM actual, abra el Administrador de bloques (ver Figura 12.34, página 607). Primero, seleccione la categoría en el catálogo. Luego, puede seleccionar el bloque relevante mediante un clic de ratón en la pestaña *RFEM*.

Para iniciar la importación,

- seleccione, **Insertar bloque** en el menú **Bloque** o
- use el menú contextual del bloque.

Categorías RFEM RSTAB Todo							
Nombre de bloque	Descripción	Tipo	Nudos	Líneas	Superf...	Barras	Sólidos
SIC001		3D	10	4	2	0	0
SIC005		3D	14	5	3	0	0
SIC010		3D	9	5	3	0	0
SIC011-a		3D	12	6	3	0	0
SIC011-b		3D	15	7	3	0	0
SIC015-a		3D	15	6	4	0	0
SIC015-b		3D	18	7	4	0	0
SIC016-a		3D	14	6	3	2	0
SIC016-b		3D	17	7	3	2	0
SIC100		3D	11	7	4	1	0
SIC101		3D	18	17	9	4	0
SIC120-a		3D	27	15	10	6	0
SIC120-b		3D	35	30	17	12	0
SIC200-a		3D	24	20	4	12	0
SIC200-b		3D	24	20	4	16	0
SIC250		3D	86	78	32	18	0
SIC500-a		3D	173	195	78	3	0
SIC500-b		3D	173	195	78	3	0
SIR001		3D	16	24	9	8	0

Figura 12.38: Menú contextual del bloque

También puede hacer doble clic sobre el bloque en la tabla. Se abre el siguiente cuadro de diálogo.

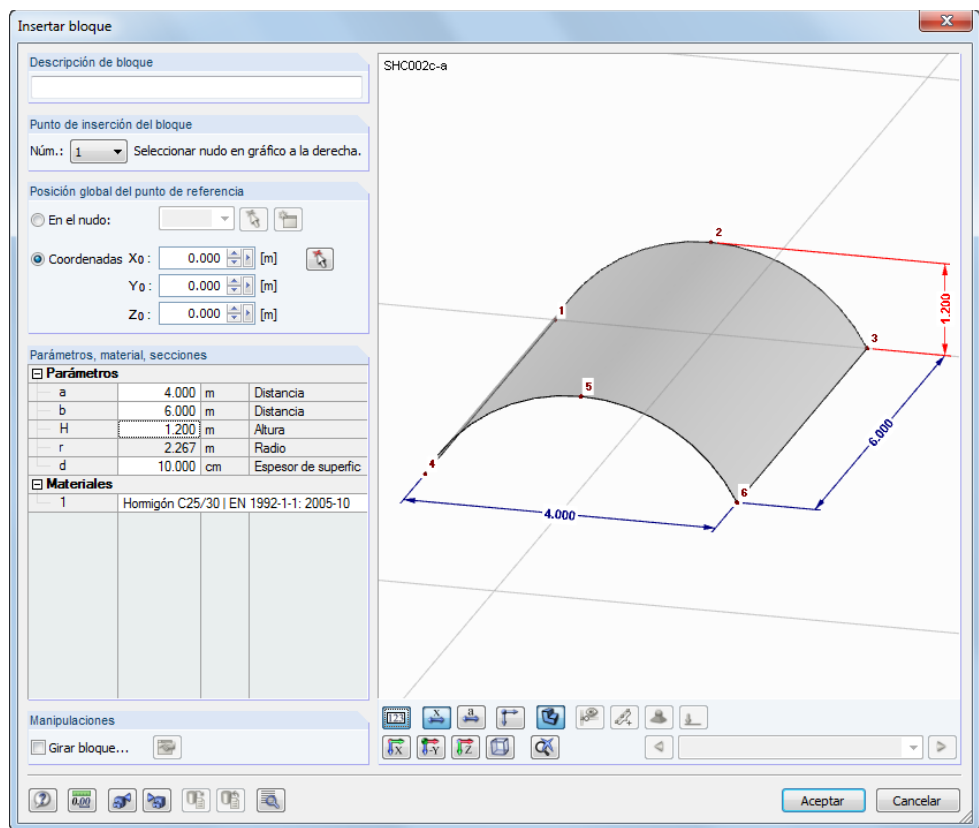


Figura 12.39: Cuadro de diálogo *Insertar bloque*



Especifique el *Punto de inserción del bloque* (el "punto de acoplamiento") y la *Posición global del punto de referencia* en el cuadro de diálogo. Los puntos también se pueden seleccionar gráficamente en el modelo del bloque o modelo de RFEM.



Los *Parámetros* geométricos se pueden modificar de la misma forma que el *material* y las *secciones*. Un clic sobre el campo de entrada relevante habilita los botones que puede usar para seleccionar elementos de una lista o para abrir bibliotecas.



Haga clic en el botón [Editar] que se muestra a la izquierda para acceder a la configuración de importación específica que se puede definir en otro cuadro de diálogo.

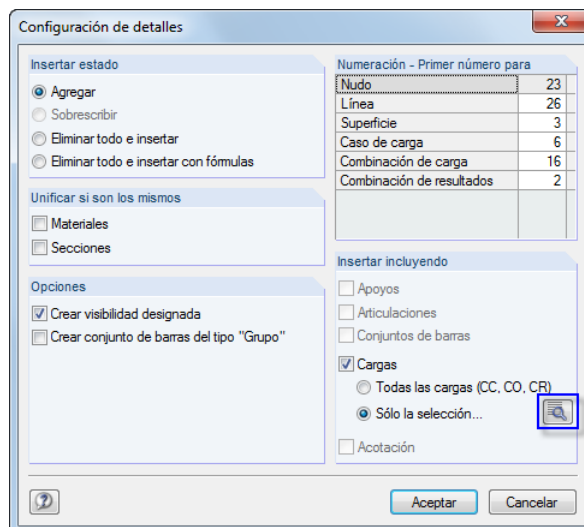


Figura 12.40: Cuadro de diálogo *Configuración de detalles*

Con las opciones disponibles en el cuadro de diálogo *Configuración de detalles* usted determina cómo los objetos se alinean con los elementos del modelo existentes. Además, puede influir en su *Numeración*.



Haga clic en el botón [Seleccionar] para abrir un nuevo cuadro de diálogo donde pueda seleccionar los casos de carga, combinaciones de carga y de resultados para la importación.

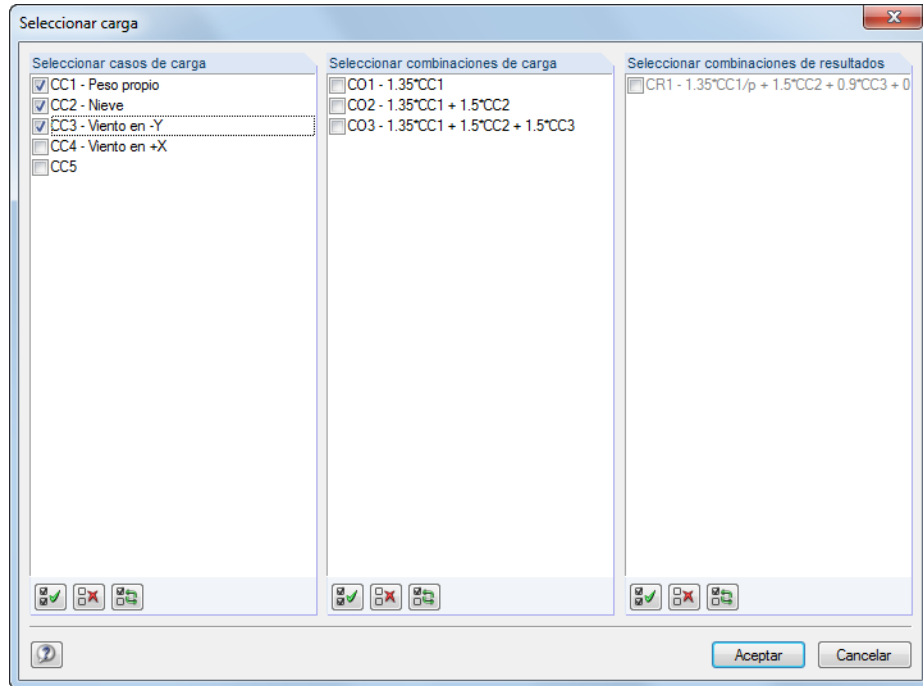


Figura 12.41: Cuadro de diálogo *Seleccionar carga*

12.4.3 Eliminar un bloque



Para eliminar un bloque,

- seleccione **Eliminar** en el menú **Bloque** del Administrador de bloques (el bloque se debe seleccionar previamente)
- haga clic en el botón [Eliminar] en la barra de herramientas a la izquierda
- use el menú contextual del bloque (ver Figura 12.38).

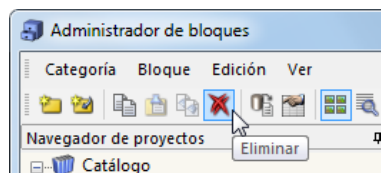


Figura 12.42: Botón *Eliminar*

Una vez confirmada la pregunta de seguridad, el bloque se coloca en la papelera de reciclaje de Dlubal.

12.5 Interfaces

RFEM le ofrece la posibilidad de intercambiar datos con otros programas. De este modo, puede usar por ejemplo plantillas de CAD creadas en otras aplicaciones. Es más, los resultados de los cálculos estructurales del software de construcción o cálculo se pueden consultar.

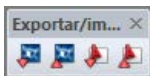
La exportación del informe como archivo **RTF** y a **VCmaster** se describe en el capítulo 10.1.11 en la página 431.

RFEM también se puede ejecutar externamente usando una interfaz programable basada en la tecnología COM (por ejemplo Visual Basic). Con **RF-COM**, el cual puede adquirirse como módulo adicional de RFEM, es posible usar macros de entrada personalizada y programas de seguimiento.

12.5.1 Intercambio directo de datos

RFEM le ofrece una interfaz para desarrollo de programas de software por la empresa DLUBAL. Los datos de entrada de todas las versiones anteriores de **RFEM** se pueden importar sin problemas. También los archivos del programa de estructuras **RSTAB** se pueden abrir directamente en RFEM de manera que los elementos de superficie o sólido se puedan agregar. De la misma forma, puede abrir archivos creados con RFEM 5 en RSTAB 8.

Hay una conexión directa con los programas CAD de **Tekla Structures** y **Autodesk AutoCAD** (menos para versiones LT). De esta forma, es posible aprovechar la ventaja de BIM (Building Information Modeling) con RFEM, ya que los modelos de datos se pueden intercambiar directamente para procesos de planificación digital. Encuentre descripciones para las interfaces con [Tekla Structures](#) y [Autodesk AutoCAD Revit](#).



Para iniciar el intercambio directo de datos,

seleccione **Importar** o **Exportar** en el menú **Archivo** en RFEM

o use los botones de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

El cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 12.43 o Figura 12.44 en la página 613 se abre, donde puede seleccionar los programas CAD relevantes en la sección de diálogo *Importaciones directas* o *Exportaciones directas*.

Los botones en la barra de herramientas de RFEM *Exportar/Importar* tienen las siguientes funciones:





	Importación directa desde Tekla Structures
	Exportación directa desde Tekla Structures
	Importación directa desde AutoCAD
	Exportación directa desde AutoCAD

Tabla 12.3: Botones de la barra de herramientas *Exportar/Importar*

12.5.2 Formatos de archivos para intercambio de datos

Si los programas de CAD o programas para análisis estructural pueden crear archivos de los tipos *.stp, *.dxf, *.fem, *.asf, *.dat, *.cfe o *.ifc, es posible usar los datos correspondientes como plantilla para RFEM. Y viceversa, RFEM es capaz de crear archivos en formatos apropiados para otros programas.



Para abrir el cuadro de diálogo para importar un archivo, seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.

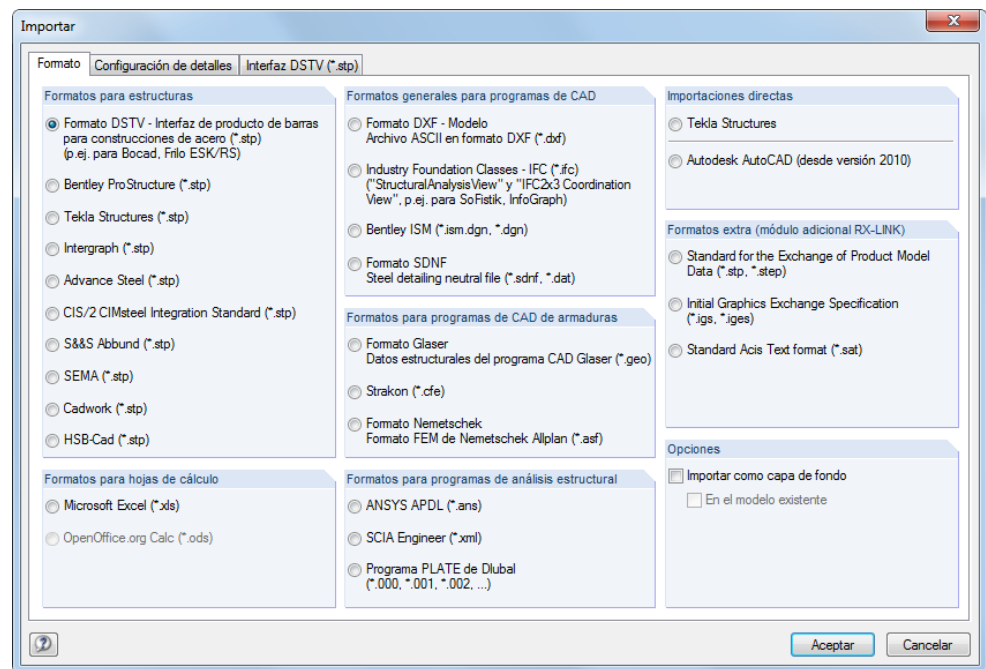


Figura 12.43: Cuadro de diálogo *Importar*

Cuando se marca la opción *Importar como capa de fondo*, RFEM le muestra sólo un modelo de línea en la ventana de trabajo que se puede usar para colocar nudos, líneas etc. (ver capítulo 11.3.10, página 491).



Para iniciar la exportación de un archivo de RFEM, seleccione **Exportar** en el menú **Archivo**.

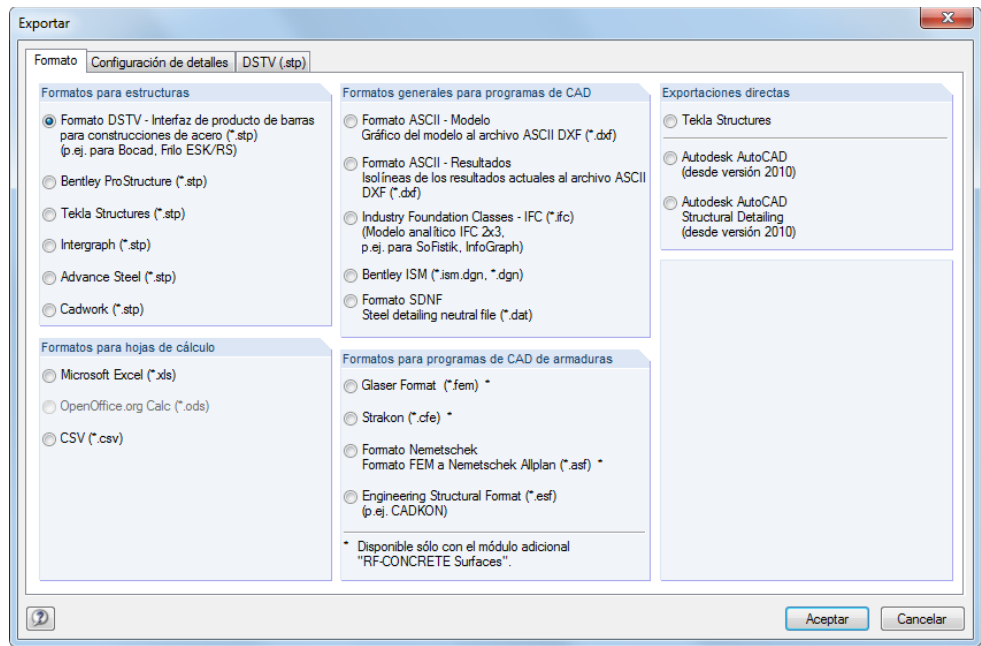


Figura 12.44: Cuadro de diálogo *Exportar*

Formatos de archivo para estructuras

Formato DSTV *.stp

Al usar la interfaz del producto de DSTV (Asociación alemana de construcciones de acero), la transferencia no se realiza con archivos de estructuras reducidos a modelos de líneas sino a archivos que contengan todos los datos del modelo y carga que sea necesario para un tratamiento eficiente. DLUBAL, al igual que muchos otros creadores de software, trabaja en el desarrollo de la interfaz del producto. Por lo que es posible intercambiar datos con una variedad de programas como *Bentley ProStructure*, *Tekla Structures*, *Intergraph Frameworks*, *Advance Steel*, *CIS/2 CIMSteel* o *cadwork*. Puede seleccionar los programas también directamente en los cuadros de diálogo de importación y exportación.



La interfaz cubre datos estructurales y de CAD en general. RFEM, sin embargo, sólo es compatible con formatos estructurales con "entidades" específicas.

La interfaz transfiere información de nudos, barras y secciones que incluyen excentricidades de barras y giros de sección. Es más, se transfieren los apoyos de nudos, casos de carga, combinaciones de carga y de resultados con cargas en nudos y en barra, así como imperfecciones. Los resultados del cálculo se pueden almacenar también en el archivo de intercambio.

Es posible definir más parámetros para intercambio de datos en la pestaña de diálogo *DSTV (.stp)*.

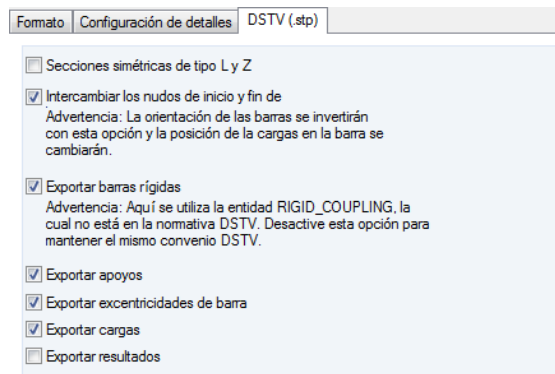


Figura 12.45: Cuadro de diálogo *Exportar*, pestaña *DSTV (.stp)*

Formatos de archivo para hojas de cálculo

Formato MS Excel *.xls

RFEM es capaz de importar y crear tablas como archivos *.xls. El intercambio de datos con MS Excel ya se ha descrito en el capítulo 11.5.6 en la página 528. Sin embargo, la opción de intercambio descrita sólo está disponible para la tabla de RFEM activa. La función descrita a continuación cubre todos los datos del modelo de una vez. De este modo, es posible usar los generadores externos definidos por el usuario para el modelo y datos de carga.

Para **importar** un archivo XLS, primero abra el archivo en MS Excel. Luego, puede usar la opción *Microsoft Excel* en el cuadro de diálogo de importación de RFEM (ver Figura 12.43) para abrir el siguiente cuadro de diálogo.

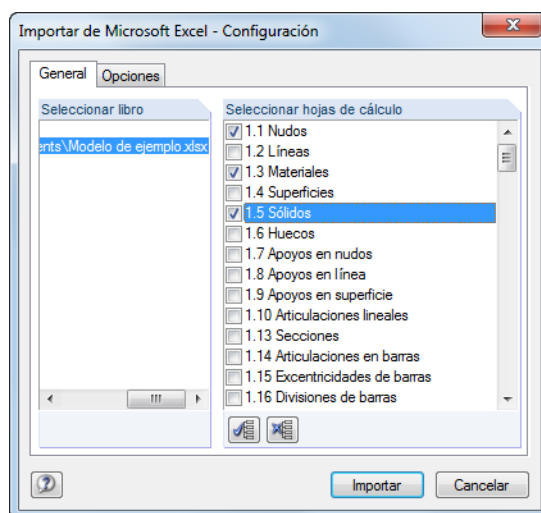


Figura 12.46: Cuadro de diálogo *Importar de Microsoft Excel - Configuración*

Seleccione el *Libro* y *Hojas de cálculo* que desee importar. Las descripciones, secuencia y estructura de hojas de cálculo se deben ajustar con precisión a los datos en RFEM, de manera que los datos importados se puedan escribir correctamente en las tablas de RFEM. Si no está demasiado seguro, intente crear un archivo XLS a partir del archivo actual de RFEM con fines de prueba.

En la pestaña *Opciones*, especifique si las hojas de cálculo se importan con o sin encabezados y de qué forma se representan las fórmulas en las hojas de cálculo.

Al **exportar** un archivo, no es necesario abrir MS Excel. El programa de hoja de cálculo se inicia automáticamente.

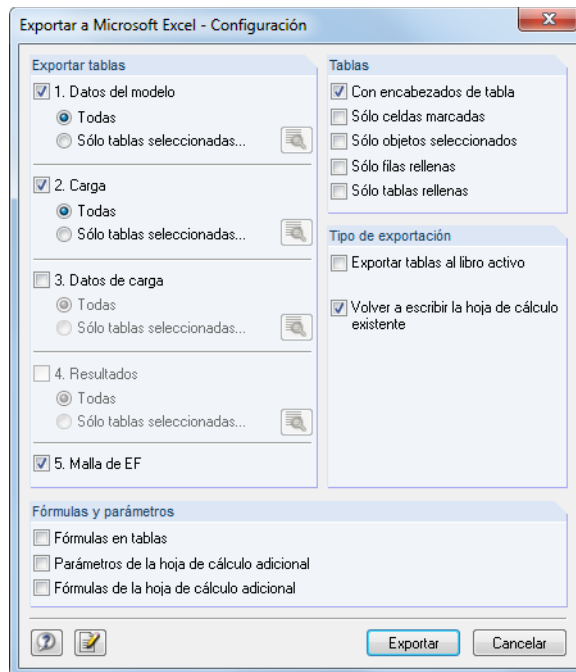


Figura 12.47: Cuadro de diálogo *Exportar a Microsoft Excel - Configuración*



En la sección del diálogo *Exportación de tablas*, seleccione las tablas que desee exportar. Cuando activa la opción *Sólo tablas seleccionadas*, RFEM habilita el botón [Seleccionar] respectivo que se muestra a la izquierda. Haga clic en el botón para abrir otro cuadro de diálogo para la configuración específica.

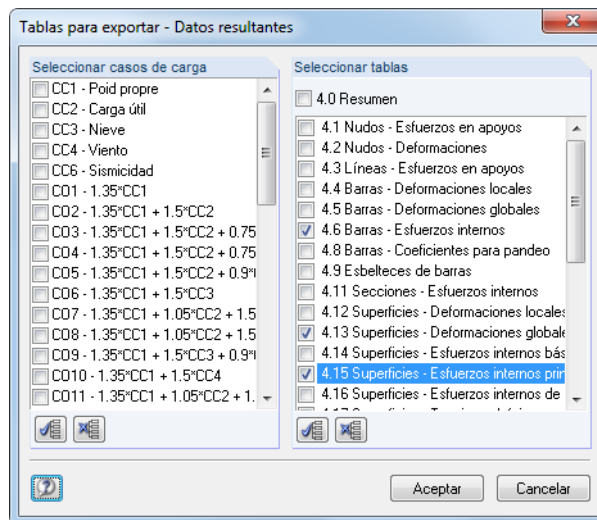


Figura 12.48: Cuadro de diálogo *Tablas para exportar - Resultados*

En la sección del diálogo *Fórmulas y parámetros* del cuadro de diálogo de exportación inicial (Figura 12.47), puede decidir si las fórmulas almacenadas serán transferidas también de RFEM a Excel durante el intercambio de datos.

Formato OpenOffice *.ods

Esta interfaz está sólo disponible cuando se instalan *OpenOffice.org Calc* y *RFEM 5 32-bit*.

Las opciones de importación y exportación son similares al intercambio de datos entre RFEM y Excel descritos en detalle anteriormente.

Formatos de archivo generales para programas CAD

Formato ASCII *.dxf

El formato DXF transfiere sólo información general relativa a líneas usadas en el modelo. RFEM es capaz de importar un modelo de líneas creado por ejemplo en *AutoCAD* y de crear un archivo DXF a partir del modelo actual. Se usa una capa para cada sección. No se admiten apoyos en nudos, cargas, etc.

Es posible definir más parámetros para intercambio de datos en la pestaña de diálogo *Formato ASCII DXF (*.dxf)*. Se recomienda comprobar los parámetros, especialmente antes de la importación.

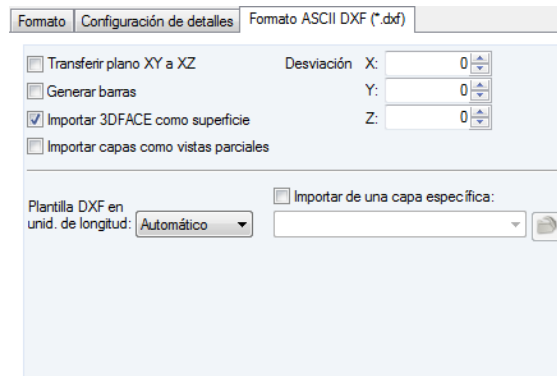


Figura 12.49: Cuadro de diálogo *Importar*, pestaña *Formato ASCII DXF (*.dxf)*

Se recomienda también comprobar las *unidades de longitudes* de la plantilla DXF. Opcionalmente, puede introducir un *Desfase* para posicionar el modelo DXF a una cierta distancia del origen. Seleccione la opción *Importar 3DFACE como superficie* para crear superficies 3D a partir de la plantilla DXF automáticamente como superficies en RFEM.

Si desea *Importar* un archivo *de una capa específica*, use el botón [Seleccionar archivo DXF] que se muestra a la izquierda para seleccionar el archivo DXF. Luego, las capas individuales están disponibles para la selección en la lista.

En la mayoría de programas CAD, el eje Z tiene dirección ascendente. En RFEM, sin embargo, tiene normalmente dirección descendente. Ahora, cuando pase a la segunda pestaña de diálogo *Configuración de detalles* en el cuadro de diálogo, y establezca *Descendente* en la lista para el *Eje Z*, es posible introducir cargas de peso positivas en RFEM.

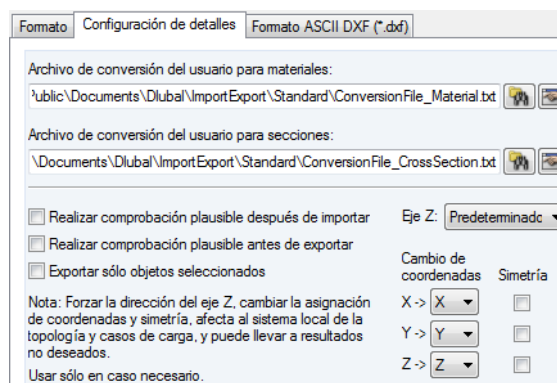


Figura 12.50: Cuadro de diálogo *Importar*, pestaña *Configuración de detalles*

La exportación de DXF incluye también valores. Sin embargo, sólo es posible un valor o un grupo de valores. En caso de que se especifiquen varios valores, siempre se exporta el primer valor y se muestra un mensaje correspondiente.

Para la exportación de DXF, también se recomienda comprobar la orientación del *Eje Z*.



Logo de IAI

Formato IFC *.ifc

El *Industry Foundation Classes* (IFC) es un formato de datos de exportación estándar global basado en modelos, dirigido a la industria de la construcción. Se ha desarrollado por medio de la IAI (International Alliance for Interoperability). La IFC está estructurada en campos (arquitectura, diseño, análisis estructural, ingeniería eléctrica etc.). El software DLUBAL es compatible con el campo de ingeniería estructural, el cual admite la transferencia de datos estructurales como nudos, barras, apoyos, casos de carga y cargas. El IFC se encuentra aún en fase de desarrollo.

Busque la descripción de la interfaz en www.buildingsmart.de.

Cuando exporta un modelo de RFEM como modelo IFC, se crea un modelo analítico en la versión IFC 2 x Edición 3.

Formato Bentley *.ism.dgn, *.dgn

La interfaz hace posible la exportación de datos con productos CAD *MicroStation*. RFEM es capaz de importar datos del modelo, así como de exportar archivos de RFEM, usando las posibilidades de interoperabilidad. De este modo, una conexión con todas las aplicaciones Bentley tales como *ProSteel* se dan en base al ISM (Integrated Structural Modeling).

Formato SDNF *.dat

El formato SDNF (*Steel detailing neutral file*) se usa para intercambiar datos geométricos como nudos, secciones y barras con INTERGRAPH.

Formatos de archivo para programas de CAD de armaduras

Formato Glaser *.geo, *.fem

RFEM ofrece una interfaz con el programa *Glaser* mediante ISB CAD haciendo posible el intercambio de datos geométricos y armadura.

Si desea exportar resultados de armadura del módulo adicional RF-CONCRETE Surfaces, asegúrese de que las superficies se definan como planas y horizontales, lo que significa que estén creadas en el plano XY.

En la pestaña de diálogo *Resultados - Glaser (.fem)*, puede controlar los resultados de la armadura que sean relevantes para la exportación.

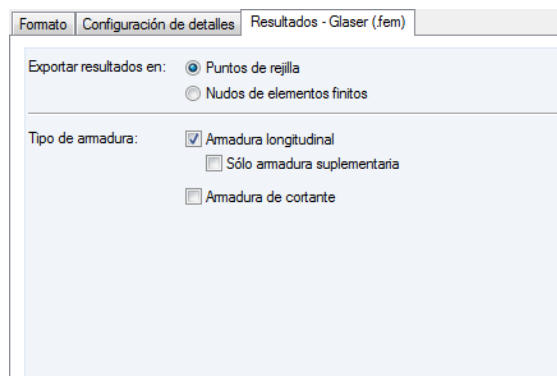


Figura 12.51: Cuadro de diálogo *Exportar*, pestaña *Resultados - Glaser (.fem)*

Las armaduras exportadas a GLASER se pueden realizar gráficamente en puntos de rejilla o nudos de EF. Ya que se encuentran disponibles como valores, es posible usarlas en trazados de armadura.

Formato Strakon *.cfe

El formato Strakon es compatible con el intercambio de datos geométricos como superficies con el sistema de programas CAD STRAKON, producido por el programador de software DICAD.

En la pestaña de diálogo *Resultados* del cuadro de diálogo *Exportar*, puede establecer las superficies cuyas armaduras desee exportar (ver Figura 12.52).

Formato Nemetschek *.asf

El intercambio de datos también es posible con el programa *Allplan* de NEMETSCHKE.

Para la exportación de resultados de armadura del módulo adicional RF-CONCRETE Surfaces, considere que las superficies se pueden definir en cualquier posición, pero deben ser planas. Durante la exportación, RFEM crea un archivo ASF por superficie plana. Por ejemplo: cuando el modelo de RFEM tiene 12 superficies, se crean 12 archivos que se pueden combinar con un modelo 3D en Allplan.

En la pestaña de diálogo *Resultados* del cuadro de diálogo *Exportar*, puede establecer las superficies cuyas armaduras desee exportar.

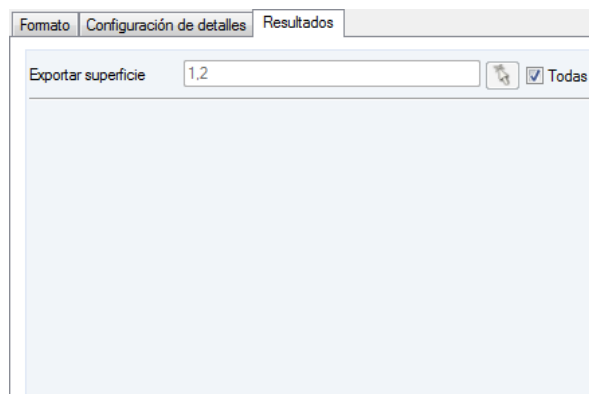


Figura 12.52: Cuadro de diálogo *Exportar*, pestaña *Resultados*

Formato ESF *.esf

Esta interfaz se ha desarrollado especialmente para el programa *CADKON* de AB STUDIO. Es posible exportar superficies planas con espesores constantes que incluyan huecos e información de material. Es más, es posible exportar las armaduras de las superficies de RFEM en formato *.esf (*Engineering Structural Format*).

La importación de archivos *.esf no es posible. Puede usar el formato DXF en su lugar.

Formatos de archivo para programas de análisis estructural

Formato Ansys *.ans

Use la interfaz con el programa ANSYS de EF para importar archivos disponibles en el formato *.ans. De esta forma, puede usar datos de este programa polivalente también para análisis realizados con RFEM.

Formato Scia *.xml

También es posible importar los datos del modelo desde el programa de análisis estructural *Scia* de NEMETSCHKE a RFEM, siempre que los datos estén disponibles en el formato *.xml.

Formatos generales de Dlubal *.xml, *.ft5

Para guardar archivos de RFEM como archivos XML o plantillas, seleccione **Guardar como** en el menú **Archivo**.

En el cuadro de diálogo de Windows *Guardar como*, use la lista para seleccionar el tipo de archivo relevante en el campo de diálogo *Guardar como*.



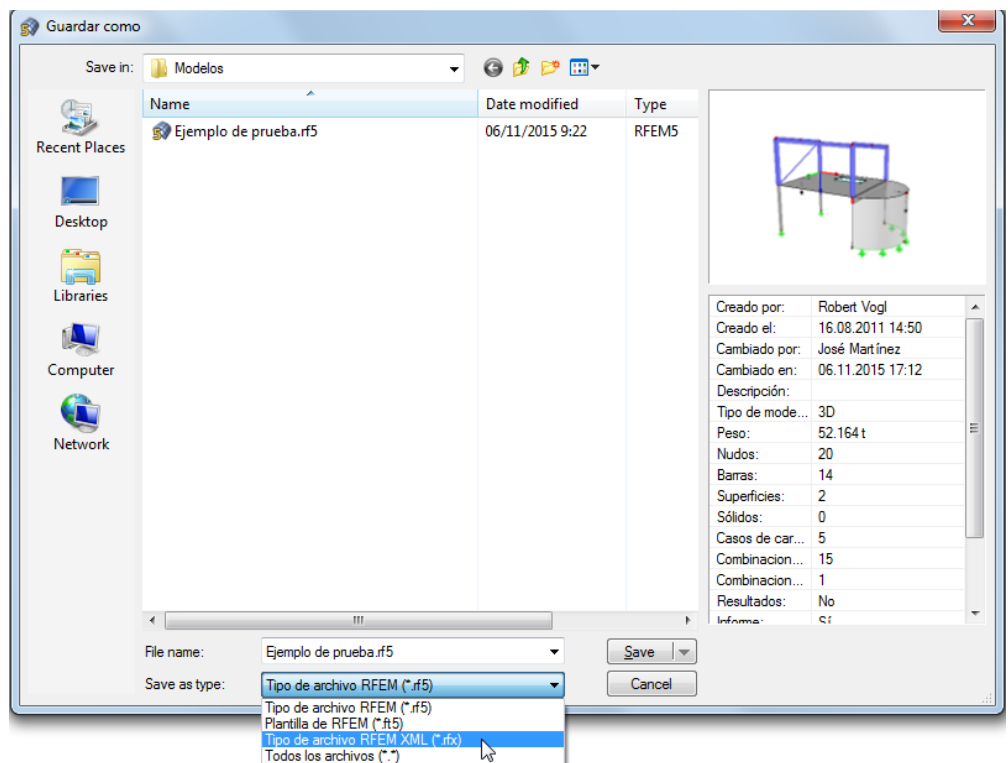


Figura12.53: Cuadro de diálogo *Guardar como*

Con el formato FT5 puede guardar el modelo como una plantilla que se puede importar más tarde cuando cree un archivo nuevo (ver Figura 12.23, página 598).

Al guardar el modelo con el tipo de archivo RFX, los datos tabulares se convierten en formato XML. Los datos restantes se guardan en formato binario. Los datos se almacenan en un archivo comprimido que se puede abrir como un archivo de almacenamiento ZIP. De esta forma, es posible crear archivos para programas CAD.

12.5.3 Importación de RF-LINK *.step, *.iges, *.sat

Con el módulo adicional RF-LINK (no incluido en RFEM) es posible importar datos en formato STEP, IGES o ACIS. Los formatos de archivos se usan principalmente en ingeniería mecánica, permitiendo una transferencia de geometría del modelo en la forma de líneas y superficies de contorno.



Para importar archivos del modelo disponible a uno de los formatos mencionados anteriormente,

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.

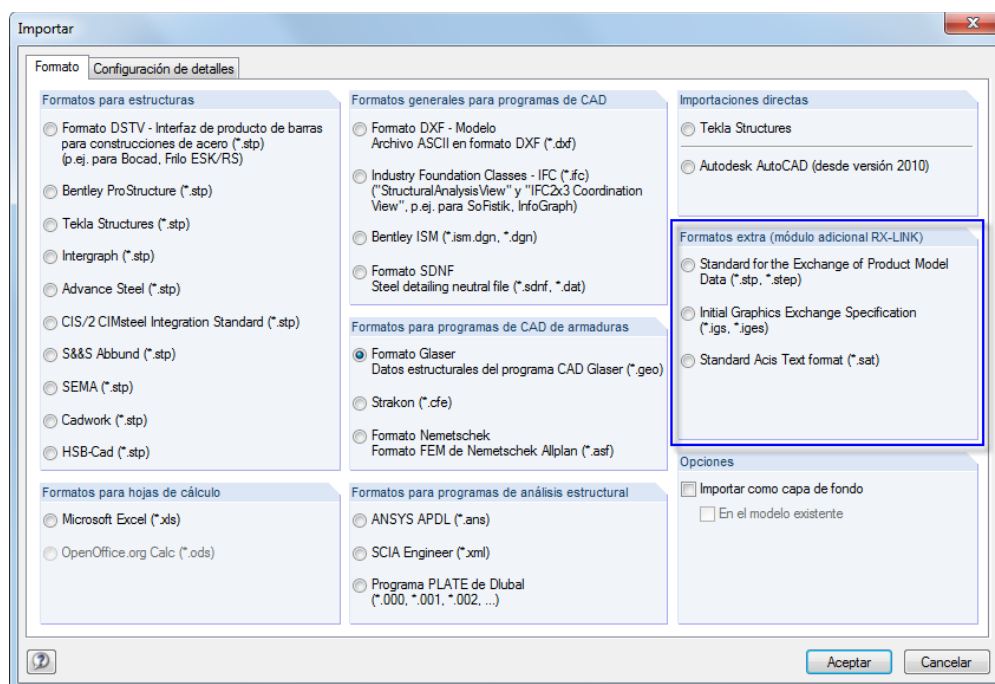


Figura 12.54: Cuadro de diálogo *Importar*

En la sección del diálogo *Formatos extra* del cuadro de diálogo *Importar*, puede definir el formato de archivo relevante:

- *Standard for the Exchange of Product Model Data* (*.stp, *.step)
- *Initial Graphics Exchange Specification* (*.igs, *.iges)
- *Standard Acis Text format* (*.sat)

El acceso a las opciones está disponible sólo cuando se instala RF-LINK. La instalación requiere de un proceso de instalación aparte.

En la pestaña de diálogo *Importar* (*.sat, *.step, *.iges), puede especificar una configuración detallada para unidades y tratamiento de líneas y superficies.

Las opciones de exportación de archivos de RFEM en formato STEP, IGES o SAT no están disponibles actualmente.

A Bibliografía

- [1] ZIENKIEWICZ, O. C., CHEUNG, Y.K.: The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics, McGraw-Hill, New York, London 1967
- [2] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente (tschechisch), SMTL Prag 1972
- [3] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente, Springer, Wien-New York 1975
- [4] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Modeling of Soil-Structure Interaction, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, co-published with Academica Prague, 1989, second revised edition
- [5] STIGLAT, K. WIPPEL, H.: Massive Platten. In: Betonkalender 1989/I, S. 281 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1989
- [6] CZERNY, F.: Tafeln für Rechteckplatten. In: Betonkalender 1990/I, S. 309 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1990
- [7] WUNDERLICH, W. et al.: Modellierung und Berechnung von Deckenplatten mit Unterzügen. In: Bauingenieur 69, Heft 10, S. 381-389, Springer-Verlag 1994
- [8] PASTERNAK, P.L.: Grundlagen einer neuen Methode der Berechnung von Fundamenten mittels zwei Bettungskoeffizienten, Gos. Isd. Stroj. i Arch., Moskau 1954 (Russian)
- [9] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, S. 146 ff, Haus der Technik, Ostrau 1983 (tschechisch)
- [10] TIMOSHENKO, S.P. und WOINOWSKI-KRIEGER, S.: Theory of Plates and Shells, 2. Auflage, McGraw-Hill, New York 1959
- [11] GRASSER, E. und THIELEN, G.: Heft 240 DAfSt, Ernst & Sohn, Berlin-München-Düsseldorf, 1978, 2. überarbeitete Auflage
- [12] GRASSER, E., KORDINA, K., QUAST, U.: Bemessung von Beton- und Stahlbetonbauteilen nach DIN 1045, DAfStb - Heft 220, Ernst & Sohn, Berlin 1979
- [13] KOLÁR, V. - NEMEC, I.: Contact Stress and Settlement in the Structure-Soil Interface. Studie der tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften Nr. 16, Academia Prag 1991, 160 Seiten (englisch)
- [14] PETERSEN, Chr.: Stahlbau, Vieweg & Sohn, Braunschweig-Wiesbaden 1988
- [15] BARTH, C., RUSTLER, W.: Finite Elemente in der Baustatik-Praxis, Bauwerk, Berlin 2010
- [16] NEMEC, I, KOLAR, V. et al.: Finite Element Analysis of Structures - Principles and Praxis, Aachen 2010
- [17] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, Haus der Technik, Ostrau, 1983 (tschechisch)
- [18] KOLÁR, V. et al.: Bemessung von zwei- und dreidimensionalen Strukturen mit FEM, Springer-Verlag, New York/Wien, 1975, S. 425 ff. Kapitel 1 (1D-Element) und 6 (Variationsprinzip)
- [19] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Finite Element Analysis of Structures. United Nations Development Program, Economic Com. for Europe, Workshop on CAD Techniques, June 1984, Prague-Geneva, Vol. I, 248 pp.
- [20] BERGAN, P. G. : Finite Elements Based on Energy Orthogonal Functions. Int. Journal for Numerical Methods in Engineering, 17 (1981), S. 154-155
- [21] BERGAN, P.G. - NYGARD, M. K.: Finite Elements With Increased Freedom in Choosing Shape Functions. Int. Journal for Num. Meth. in Eng., 20 (1984), p. 643-664, (Free Formulation Concept)

- [22] BERGAN, P.G. - FELIPPA, C. A.: A Triangular Membrane Element With Rotational Degrees of Freedom. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 50 (1985), pp. 25-69
- [23] ZIENKIEWIC, O.C.: *The Finite Element Method in Engineering Science*, Mc Graw - Hill, London 3rd Ed., repr. 1979, 787 pp., Chapter 18 - 19 (Nonlinear Problems)
- [24] DVORKIN, E.N. - BATHE, K.-J.: A continuum mechanics based four-node shell element for nonlinear analysis. In: *Eng. Comput.*, 1984, vol. 1, pp. 77-88.
- [25] BATHE, K.J.: *Finite Element Procedures*, New Jersey, 1996
- [26] BAUMANN, Th.: Zur Frage der Netzbewehrung von Flächentragwerken. In: *Der Bauingenieur* 47 (1972), S. 36 ff, Springer-Verlag, Berlin 1972
- [27] SCHLAICH, J., SCHÄFER, K.: Konstruieren im Stahlbetonbau. In: *Betonkalender 1993, Teil II*, S. 327 ff, Ernst & Sohn, Berlin 1993
- [28] LEONHARDT, F.: *Vorlesungen über Massivbau, Teil 6*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1979
- [29] DIN 1045 (07.88), *Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1988
- [30] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: *DIN 1045-1 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Entwurf 12.1998.*
- [31] DIN 18800 (11.90) Teil 1, *Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [32] DIN 18800 (11.90) Teil 2, *Stahlbauten, Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [33] Eurocode 2 Teil 1-1 (06.92), *Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1992
- [34] Eurocode 3 Teil 1-1 (04.93), *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*, Beuth, Berlin-Wien-Zürich 1993
- [35] KLINGMÜLLER, O. LAWOW, M., THIERAUF, G. (1983), *Stabtragwerke, Matrizenmethoden der Statik und Dynamik, Teil 2: Dynamik*, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- [36] KLOTTER, K. (1981), *Technische Schwingungslehre, Bd. 1, Teil A: Lineare Schwingungen, Teil B: Nichtlineare Schwingungen, Bd. 2: Schwinger von mehreren Freiheitsgraden*, Springer, Berlin
- [37] KOLOUSEK, V. (1962), *Dynamik der Baukonstruktionen*, VEB-Verlag f. Bauwesen, Berlin
- [38] KRÄMER, E. (1984), *Maschinendynamik*, Springer, Berlin
- [39] LEHMANN, T. (1979), *Elemente der Mechanik IV: Schwingungen, Variationsprinzipie*, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig
- [40] LIPINSKI, J. (1972), *Fundamente und Tragkonstruktionen für Maschinen*, Bauverlag, Wiesbaden
- [41] LORENZ, H. (1960), *Grundbau-Dynamik*, Springer, Berlin
- [42] MÜLLER, F. P. (1978), *Baudynamik, Betonkalender 1978*, Ernst & Sohn, Berlin
- [43] NATKE, H. G. (1989), *Baudynamik*, B. G. Teubner, Stuttgart
- [44] NOWACKI, W. (1974), *Baudynamik*, Springer, Berlin
- [45] FLESCH, R. (1993), *Baudynamik, praxisgerecht*, Bauverlag, Wiesbaden-Berlin
- [46] MESKOURIS, K. (1999), *Baudynamik, Modelle Methoden Praxisbeispiele*, Ernst & Sohn, Berlin
- [47] BARES, R. A. (1989), *Tabellen für die Berechnung von Platten und Wänden STNL*, Prag
- [48] ŠEVČÍK, I., *3D Finite Elements with Rotational Degrees of Freedom*, FEM Consulting s.r.o., Brno

B Índice

A

Abrir un modelo	590, 597
Acción	186
Acción alternativa	187
Acción característica	181
Acción predominante	197, 204, 214
Aceleración	574
Achaflanar esquina	513
Acoplamiento	123, 150, 154
Acoplamiento rígido	150, 154
Acotación en cadena	480
Acotaciones	479, 481
Actividad parcial	105
Actividad parcial de la articulación	142
Actualizaciones	14
Administrador de bloques	607
Administrador de configuración	37
Administrador de informes	409
Administrador de proyectos	14, 584
Agregar	522
Agregar caso de carga	185
Alargar barras	509
Alargar líneas	509
Aleros	579
Altura	480
Análisis de grandes deformaciones	285, 293
Análisis de segundo orden	207, 284, 293
Análisis estático lineal	265
Análisis postcrítico	285, 295
Ancho eficaz	162
Anejo Nacional	600
Angular	480
Ángulo	455
Ángulo de ejes principales	128
Ángulo de giro de la sección	128
Ángulo de inclinación	280
Ángulo de visión	457
Anillo	80
Anillo circular	463
Animación	316, 406
Ansys	619
Aplicación de carga	567
Apoyo	100, 103, 107, 110
Apoyo elástico en barra	164
Apoyo en línea	107, 112
Apoyo en muro	109
Apoyo en nudo	100, 112
Apoyo en nudo girado	308
Apoyo en superficie	111, 345
Apoyo ineficaz	166
Aproximación del módulo de rigidez	111
Archivar	593
Archivo ASCII	137, 424
Archivo ASF	619
Archivo de impresión	430
Archivo de intercambio	296
Archivo de texto	424
Archivo DXF	491, 493, 617
Archivo PDF	431
Archivo RTF	424, 431
Archivo XML	619
Arco	54, 58, 516, 558
Arco circular	55, 559
Área	458
Área de aplicación de carga	567
Área de cortante	127
Área de la sección	127
Área de superficie	458
Área real	247, 257
Arrastrar y soltar	36, 410
Arriostramiento	560
Articulación	117, 138
Articulación de momento para barra	139
Articulación de momento para línea	118
Articulación de tijera	140
Articulación en barra	138
Articulación lineal	117
Articulación plástica	169
Asiento de pilar	262
Asignar valores resultantes	379
Asistente de ayuda	297
B	
Bach	352, 361, 365, 367
Barra	148, 541

Barra comprimida	150, 151	Capacidades del programa	9
Barra de cimentación	279, 294, 321	Capas de fondo	476
Barra de cruce	273	Carga	524
Barra de estado	28	Carga circular libre	258
Barra de herramientas	22	Carga crítica de pandeo	160
Barra de pandeo	150, 151	Carga de capa	573
Barra de sección variable	294	Carga de composición multicapa	248
Barra ficticia	155	Carga de hielo	573
Barra paralela	538	Carga de nieve	574, 576
Barra rígida	150, 151	Carga de nieve adicional	575
Barra solapada	272	Carga de nieve redistribuida	575
Barra tipo cable	284	Carga de viento	567, 577, 579, 580, 581, 583
Barra traccionada	150, 151	Carga del procesador	296
Barras continuas	171	Carga distribuida uniformemente	236, 241
Barras defectuosas	299	Carga en barra	233
Barras dobles	160	Carga en nudo	230, 498
Bentley	618	Carga global	238, 242, 247, 285
Biblioteca de encabezados	419	Carga lineal	240
Biblioteca de materiales	75	Carga lineal libre	254, 572
Biblioteca de secciones	129	Carga local	238, 242, 247, 285
Bloque	608, 609	Carga permanente	219
Bloquear imagen gráfica	422	Carga poligonal libre	260
Bloquear línea auxiliar	486, 487	Carga puntual	236, 241
Botón	18	Carga puntual libre	252
Botón de rueda	36	Carga rectangular libre	256
Botón lista	18, 80	Carga superficial	244, 566, 570
Botones predeterminados	34	Carga superficial variable lineal	247
Bóveda de cañón	561	Carga trapezoidal	236, 241
Buscar	456, 462, 520	Carga variable	219, 236, 241
C		Cargas en sólido	250
Cabeza abovedada	560	Cargas equivalentes	265
Cable	150, 152	Cargas generadas	565
Cable en poleas	152	Cartela	548
Cadkon	619	CARTES	29, 471
Calculadora	536	Casilla de verificación	19
Cálculo	113	Caso de carga	181, 498
Calidad de impresión	440	Casos de carga correspondientes	321
Cambiar numeración	516	Categoría	609
Cambiar numeración de caso de carga	518	Categoría de acción	183, 187
Campo de comentarios	453	Catenaria	558
Campo de entrada	18	Celda	556, 560, 562, 570
Campo de selección	19	Celda 3D	556
Capa	491, 617	Centro de cortante	238
Capa de fondo	491, 493, 504, 613	Centro de gravedad	458
Capacidad de soporte de carga	188	Centros	473

Cercha	150	Contacto	93
Cercha (sólo N)	150, 151	Contenido del tubo	235
Chapa trapezoidal	123	Convergencia	297, 299, 303
Cimientos corridos	165	Convertir carga en nudo en carga superficial ...	232
Círculo	56, 80, 99, 516, 558, 559	Convertir carga lineal en carga superficial	243
Clasificación	600	Coordenadas del nudo	48
Coacción	103, 110	Copiar	495, 520
Coeficiente de barra	269, 323	Copiar caso de carga	185
Coeficiente de combinación	204, 210	Copiar un modelo	590
Coeficiente de corrección de carga ...	569, 575, 580, 583	Corrección de distribución de carga	563
Coeficiente de dilatación térmica	63	Cortar	520
Coeficiente de fricción	106	Crear un modelo	598
Coeficiente de longitud de pandeo	324	Crear un proyecto	586
Coeficiente de Poisson	63	Criterio	219, 373
Coeficiente de reducción	204, 210, 299	Criterio de actividad	268
Coeficiente parcial de seguridad	181, 204, 210	Criterio de fluencia	373
Coeficiente parcial para el material	63	Cruzar barras	498, 507
Coeficientes	204, 600	Cuadro de título	440
Color de material	459	Cubierta a dos aguas	552, 576, 581, 583
Colores en el gráfico	460	Cubierta a un agua	553, 574, 580
Colores en renderizado	400	Cubierta con falso tirante	552
Combinación adicional	219	Cubierta en forma de cúpula	561
Combinación alternativa	219	Cubierta plana	574, 579
Combinación cuadrática	292	Curva de trayectoria	60
Combinación de acciones	198, 203, 204	Curvatura	235, 245, 268
Combinación de carga 207, 208, 210, 212, 214, 601		D	
Combinación de resultados 197, 216, 218, 221, 223, 292, 321, 371, 601		Datos generales	598
Combinaciones	601	De pendiente	480
Comentario	453, 481, 605	Decimales	451
Completar biblioteca de materiales	77	Defensa contra la nieve/obstáculo	575
Componente de superficie	85, 174	Definición del eje	602
Componentes	85, 86, 174	Deformación	251, 353, 355, 357, 406
Comprobación del modelo	271	Deformación axial	235, 245
Comprobación plausible	270	Deformación básica	354
Conectar barras	507	Deformación de barra	315, 317
Conectar líneas	498, 507	Deformación de cortante	128
Conectar una carpeta	586	Deformación de sólido	362
Configuración	37	Deformación de superficie	327, 330, 372
Configuración de idiomas	448	Deformación en nudo	310
Configuración de tabla	524, 526	Deformación impuesta en nudo	262
Configurar idioma	432	Deformación inicial	290
Conjunto de barras	20, 170, 234, 267, 325	Deformación principal	356
Constante del muelle	155	Descomponer barra	544
Constantes del suelo	115, 165	Desconectar cargas	565
		Desconectar una carpeta	587

Descripción de la sección 126

Descripción del material 62

Descripción del modelo 419, 421, 599

Descripción del proyecto 419, 421, 589

Desfase 146, 404, 469, 480, 482

Desgarro 168, 169

Deslizamiento 155, 168

Desplazamiento 235, 310, 316, 317, 329, 330, 363

Desplazamiento axial 235

Desplazamiento impuesto 263, 264

Desplazamiento impuesto lineal 263

Diagonal en rectángulo de EF 280

Diagrama de convergencia 303, 305

Diagrama de resultados 313, 382, 386, 388, 394, 438

Diagrama para el apoyo en nudo 106

Diagrama para la articulación 143

Diagrama tensión-deformación 65, 66, 73

Diagramas de cálculo 298

Diálogo de entrada 39

Dicad 618

Diferencias 373

Diferencias en la rigidez 128

Dimensiones totales 129

Dirección de barra 510

Dirección de carga 238, 242, 247, 255, 257

Dirección de ejes principales 336, 342

Dirección de la línea 507

Dirección de línea 510

Dirección de proyección para la sección 385

Discretización 176

Diseño 24

Disposición 427

Distancia 455, 475

Distancia forzar cursor 471

Distorsión 353, 355, 357, 358, 359, 361, 366

Distribución de carga 236, 241, 246, 251, 257, 374

Distribución de esfuerzos internos 390, 391

Dividir 522

Dividir barra 147, 294, 372, 505

Dividir línea 505

Dividir superficie 515

División de malla de EF 295

Duplicidad 497

E

Editor de fórmulas 529, 530, 534, 536, 537, 616

Efecto de la articulación 141

Efectos no lineales 298

Eje de giro 499, 505

Eje Z 602, 617

Ejes de barra 156, 238, 316, 498

Ejes de línea 51, 242

Ejes de superficie 247, 329, 347

Ejes principales 319

Elemento cuadrangular 281

Elemento triangular 281

Elementos finitos 276, 278

Eliminar cargas 276

Eliminar un modelo 592

Eliminar un proyecto 587

Elipse 57, 99, 463

Emparrillado 550

Emparrillado de viga 550

Empuje hidrostático 251

Encabezado de empresa 418, 420

Encabezado de informe 418, 420, 436

Entrada en diálogo 226

Entrada en tabla 519, 521

Entrada gráfica 39, 226

Entrada parametrizada 531

Entramado 549, 555

Envoltura 541

Envolvente 221, 371

Equilibrio de momentos 563

Error de cálculo 369

Esbeltez 324

Esbeltez de barra 324

Escala 373, 502

Escala de colores 441

Escalas de colores 304

Escalas de grises 440

Escalas de relación de colores 524

Escalera de caracol 557

Escaleras 556

Esfera 559

Esfuerzo axil 319, 333, 335

Esfuerzo axil de cálculo 337

Esfuerzo cortante 319, 333

Esfuerzo crítico 296

Esfuerzo de membrana	344	Factor de longitud eficaz	160
Esfuerzo de tracción.....	287	Factor multiplicador de rigidez.....	121
Esfuerzo en apoyo.....	306	Factor multiplicador de rigidez.....	124
Esfuerzo en apoyo como carga	308	Factores.....	210
Esfuerzo en apoyo en línea	311	Fallo del apoyo	104, 105, 110, 116, 166
Esfuerzo en apoyo en nudo.....	306	Favoritos en la biblioteca de materiales	76
Esfuerzos en apoyo como carga	313	Favoritos en la biblioteca de secciones.....	131
Esfuerzos internos básicos	331, 333	Fecha.....	419
Esfuerzos internos de barras	372	Fila.....	520
Esfuerzos internos de cálculo.....	336, 338	Filtro	33, 309, 314, 316, 319, 373, 379, 397, 405, 406, 527
Esfuerzos internos de nervio	383	Fluencia.....	66, 71, 169
Esfuerzos internos de superficie	332, 334	Flujo de cortante.....	333
Esfuerzos internos de superficies	372	Forma de cartela	159
Esfuerzos internos en barra	318	Formato ACIS	620
Esfuerzos internos multicolores	372	Formato IFC	618
Esfuerzos internos principales	334, 335	Formato IGES.....	620
Esfuerzos internos, multicolores	405	Formato RFX.....	620
Esfuerzos internos, renderizado.....	405	Formato SDNF.....	618
Espectro de colores	30, 405	Formato STEP	620
Espectro de valores	31	Fórmula.....	532, 535, 537
Espesor.....	87	Forzar cursor.....	28, 470
Espesor de superficie gráficamente.....	88, 120	Fricción.....	97, 106
Espesor eficaz	122	Fuentes.....	427
Espesor variable.....	87, 119	Fuerza	231, 235, 241, 245
Esquema de combinaciones	225	Fuerza de contacto.....	322
Estadística.....	271	Fuerza de pretensado	235
Estadística de malla de EF	282	Fuerza inicial.....	290
Estado límite último	190	Fuerzas de contacto de barras	321
Estructura.....	554	Fuerzas en apoyo como carga.....	252, 254
Estructura deformada.....	288	Función de selección.....	521
Evaluación de resultados.....	369	Funciones de teclado	35
Excel.....	528, 530, 534, 535, 604, 615	Funciones del ratón	36
Excentricidad.....	88	Fusionar barras	508
Excentricidad de barra.....	145	Fusionar líneas.....	508
Excentricidad de nervio	162		
Explicación adicional	411	G	
Exportar	530, 612, 613	Generador	538, 562
Expresión de combinación	188	Generador de carga	562
Extraer desde un archivo	593	Generador de modelos.....	546
Extruir.....	539, 540	Generar.....	522
F		Girar	498, 499, 504
Fábrica	74	Giro	128, 235, 310, 316, 317, 329, 330, 363, 574
Factor de carga	287	Giro de la barra	156, 157
Factor de escala	33, 373	Giro de la línea.....	53
Factor de estiramiento	494	Giro de la sección.....	128

Giro del apoyo.....	101, 109, 306, 308	Interfaz gráfica de usuario	16
Giro impuesto.....	263	Intergraph	618
Glaser.....	618	Intersección	172, 474, 508
Grado de libertad	296	Isobanda	373
Grupo	220, 399	Isolínea	373
Grupo de barras.....	171	Isótropo.....	64, 86, 93
Grupo de valores.....	375	Iteraciones.....	293
Grupo de vistas parciales.....	402	K	
Grupos	26, 375, 393	Kirchhoff	297
Guardar sección.....	133	L	
H		Lado de articulación lineal.....	118
Hipérbola	58, 558	Lado de superficie	90
Historial.....	592, 605	Lado negativo de superficie.....	338, 341, 343, 354, 356
Hueco	98, 571	Lado positivo de superficie.....	338, 341, 343, 347, 354
I		Lámina.....	81, 277, 599
Idioma de programa	448	Laminada.....	87
Iluminación	461	Límite elástico.....	66
Imágenes informativas.....	411	Línea.....	50
Imperfección.....	192, 265	Línea auxiliar	483, 485
Imperfección desde RF-IMP.....	291	Línea continua	558
Importar	529, 612, 613	Línea de cota	479
Importar tabla de secciones	137	Línea de cruce.....	273
Importar una carpeta de proyecto	589	Línea de influencia	235
Impresión en color.....	440	Línea de intersección.....	173
Impresión en serie	437, 442	Línea de sección.....	463
Impresora predeterminada.....	408, 430	Línea en superficie	61
Imprimir.....	430	Línea paralela.....	538
Imprimir gráfico.....	421	Línea recta.....	557
Imprimir gráficos.....	435	Línea superpuesta	273
Incremento de carga.....	288, 293	Línea virtual	560, 570
Inestabilidad	294, 298	Líneas auxiliares	476
Información en pantalla.....	21	Líneas de contorno	80, 87, 99
Información sobre objeto	381	Lista	19
Informe	408, 414, 432	Lista de barras.....	234, 266
Informe gráfico	435	Lista de líneas.....	241
Iniciar cálculo.....	300	Lista de parámetros	531, 534, 536
Iniciar el programa.....	39	Logo	420
Insertar barra	511	Logo de empresa.....	420
Insertar gráfico.....	423	Longitud de arco.....	480
Insertar nudo	511	Longitud de barra.....	159
Insertar texto	424	Longitud de destino de EF.....	176, 180
Instalación	12	Longitud de destino de elementos EF.....	279
Instalación en paralelo	15	Longitud de referencia	238, 242
Interfaces.....	612	Longitud eficaz.....	160
Interfaz COM.....	612	Longitud real de barra	238

Longitud real de línea..... 242, 255
 Losa aligerada 123
 Luz..... 461

M

Malla de EF 276, 282
 Malla de EF asignada..... 281
 Margen del gráfico..... 494
 Material.....62, 93, 122
 Material de referencia..... 127
 Material híbrido 126
 Matriz de rigidez..... 122
 Matriz de rigidez transformada..... 124
 Mecanismo cinemático 288
 Medir 455
 Membrana87, 277
 Menú contextual 17, 36, 410, 449, 521
 Método de análisis..... 198, 284
 Método directo 296
 Método iterativo..... 296
 MicroStation 618
 Mindlin..... 297
 Mises.....66, 67, 349, 359, 365, 367
 Modelo de cimentación..... 111
 Modelo de material 64
 Modelo de material térmico..... 73
 Modelo de suelo de cimentación 112
 Modelo equivalente..... 291
 Modificar pendiente..... 504
 Modificar rigidez..... 288, 295
 Modo de encuadre 411
 Modo de selección..... 411
 Modo de vista..... 570
 Módulo de cortante.....62
 Módulo de elasticidad62, 122
 Módulo de rigidez E_s 165
 Módulos adicionales 301, 303
 Momento231, 235, 241
 Momento adicional 285
 Momento de cálculo 337
 Momento de contacto..... 322
 Momento de inercia..... 127
 Momento en apoyo..... 307, 312
 Momento flector319, 333, 335, 344
 Momento torsional de inercia 127
 Momento torsor319, 333, 335

Momento total al origen569
 Mostrar 398
 Mostrar arco.....231, 308
 Mover.....495
 Movimiento573
 Movimiento giratorio 235, 245, 251
 Muelle110, 114, 139, 155, 165
 Muelle a cortante para cimentación 166
 Muelle en apoyo 114
 Multiplicar 522
 Muro.....277, 577, 583, 599

N

Nave554
 Navegador..... 24
 Navegador Datos..... 26
 Navegador de proyectos..... 24
 Navegador Mostrar 26, 371, 405, 481
 Navegador Resultados.....27, 370, 375
 Navegador Vistas 26
 Nemetschek.....619
 Nervio150, 161
 Newton-Raphson.....286
 No linealidad de barra..... 167
 No linealidad de material.....64, 373
 No linealidad para articulación 141
 No linealidad para el apoyo104, 110
 No linealidad para el apoyo en superficie 116
 No linealidad para el sólido tipo contacto 96
 Norma.....600
 Notas481
 Nudo 44, 464
 Nudo auxiliar 157
 Nudo de división.....507
 Nudo de referencia 46
 Nudos de EF para sólidos.....373
 Nudos idénticos272
 Nudos intermedios.....506
 Nula 150
 Numeración420, 517
 Numeración de hoja420
 Número de casos de carga194, 200
 Número de línea..... 50
 Número de nudo..... 44
 Número de reactivaciones.....299
 NURBS..... 60

O

Objetos relacionados..... 465
 Objeto visual..... 487, 489
 Objetos integrados.....89, 99, 275
 Objetos ocultos..... 403
 Opciones del programa 297
 Opciones extra.....287, 289, 295
 OpenOffice528, 530, 616
 Operación booleana 94
 Organización de datos de casos de carga 229
 Orientación de barra..... 507
 Orientación de ejes principales..... 355
 Orientación de línea.....51, 506
 Origen467, 469, 478
 Ortótropa87, 124
 Ortotropía 121
 Ortótropo..... 68, 69, 71, 86, 93

P

Página nueva..... 410
 Pandeo..... 323
 Panel.....30
 Panel de control..... 30, 405, 441
 Papelera de reciclaje588, 592, 595
 Papelera de reciclaje de Dlubal..... 596
 Parábola58, 558
 Paralela 474
 Paralelogramo.....80
 Parámetros de cálculo 283, 293
 Parámetros de carga de superficie 248
 Parámetros de carga en barra..... 238
 Parámetros de carga lineal 242
 Parámetros de malla de EF..... 279
 Parámetros de refinamiento 180
 Parámetros del pilar..... 103
 Pegar 520
 Perfil de usuario..... 452
 Perpendicular 473
 Peso 159
 Peso específico..... 63
 Peso propio 183
 Pestaña 18
 Picard..... 286, 295
 Pilar 102, 383, 551
 Placa..... 599
 Placa nervada bidireccional..... 123

Placa nervada unidireccional..... 123
 Plano566
 Plano de destino502
 Plano de proyección 253, 255, 257
 Plano de proyección de carga261
 Plano de recorte.....403
 Plano de simetría500
 Plano de trabajo.....404, 467
 Plano por 3 puntos.....468
 Plantilla..... 426, 602, 619
 Plantilla de informe..... 409, 425, 427
 Plástico64, 66, 71
 Polígono..... 80
 Polilínea..... 52
 Portada.....428
 Portapapeles436
 Pórtico547, 548
 Posición de barra 156, 159, 320, 322
 Posición de carga.....253, 255, 257, 261
 Posición de línea 52
 Posición de luces.....461
 Posición del nervio..... 161
 Posición general de barra157, 159
 Posición vertical157, 275
 Prefijo.....420
 Preselección.....462
 Presión de contacto del suelo345
 Presión del gas.....368
 Pretensado final235
 Pretensado inicial235
 Problema de almacenamiento.....296
 Proceso de deformación407
 Propiedades de visualización449, 450
 Proyección 238, 242, 247, 255, 257, 396
 Proyección de carga260
 Proyectar.....501
 Proyecto actual.....585
 Proyectos de red606
 Punto cero.....478
 Punto de inserción610
 Punto de malla de EF377
 Punto de rejilla.....327, 331, 377, 470, 471
 Punto de vista457
 Puntos de divisiones.....147
 Puntos de partición.....475

R

Rankine351, 360, 365, 367

Reacción en apoyo306, 307, 311, 312

Reactivación..... 298

Reactivar barras 299

Red 14

Reducción de rigidez 164

Reducir combinaciones..... 194

Reemplazar..... 520

REFENT.....29, 472

Referencia a objetos.....471, 483, 489, 493

Refinamiento de malla circular..... 177

Refinamiento de malla de EF..... 176, 281, 546

Refinamiento de malla en línea..... 177, 178, 280

Refinamiento de malla en sólido 179

Refinamiento de malla en superficie 178

Refinamiento de malla rectangular 177

Regenerar modelo 275

Región media 395

Regla de combinación..... 190

Regla de signos.....158, 316, 320, 333

Rejilla 29, 328, 470

Rejilla de líneas..... 476

Rejilla de resultados 328, 378

Relajación dinámica 286, 298

Renderizado316, 372, 459

Renderizado para deformación..... 372

Renderizado para esfuerzos internos..... 372

Renombrar un modelo..... 591

Representación 36

Representación de objetos 450

Representación de resultados 371

Representación de secciones..... 385

Representación de valores..... 375

Representación de valores transparente 377

Requisitos del sistema 12

Resultados 304, 370

Resultante 309

Resumen de resultados..... 304

Retracción..... 235, 245

RF-COMBI..... 601

RF-CONCRETE..... 290, 337

RF-CONCRETE Members 290

RF-CONCRETE Surfaces 290

RFEM 4 15

RF-IMP291

RF-LAMINATE 87

RF-LINK.....620

RF-MAT NL..... 64, 373

RF-SOILIN..... 113

Rígida ficticia 126

Rigidez..... 86, 150, 153, 287

Rigidez a cortante..... 124, 295

Rigidez a flexión 124

Rigidez a torsión..... 124

Rigidez de membrana 124

Romboide.....463

S

Scia.....619

ScreenTip..... 43

Sección 18, 125, 384, 385, 388

Sección armada..... 132

Sección de madera 135

Sección de SHAPE-MASSIVE..... 137

Sección de SHAPE-THIN..... 137

Sección definida por el usuario..... 136

Sección laminada..... 130

Sección maciza 134

Sección paramétrica 133

Sección variable 119, 125, 156

Selección.....462, 521, 522, 533

Selección con ventana 462

Selección en el informe 412, 416, 417

Selección especial.....454, 465

Selección sincronizada..... 24

Selección, adicional.....462

Selección, alternativa 462

Separación de división..... 506

Servicio..... 189, 190

Signos 292

Signos para esfuerzos en apoyos306, 307, 312, 347

Signos para esfuerzos internos..... 158

Simetría498, 500

Sin tracción 86

Sincronización de la selección..... 526

Singularidad 102, 279, 513

Sistema de coordenadas46, 90, 98, 477, 478, 498

Sistema de coordenadas Cartesiano..... 46, 471

Sistema de coordenadas Cilíndrico 47

Sistema de coordenadas Polar 47, 471

Sistema de ecuaciones	296	Tensión equivalente ...	348, 349, 350, 351, 352, 364, 365
Sistema de ejes	90, 98	Tensión equivalente de membrana	349
Sistema de referencia	139	Tensión normal.....	364
Situación de cálculo	191	Tensión tangencial.....	342, 343, 364, 365
Sólido	92, 541, 542, 544	Tensiones básicas	340, 341, 364
Sólido tipo contacto.....	96	Tensiones principales.....	342, 343, 365
Sólido compuesto.....	94	Tensor de tensiones.....	364
Sólido de contacto.....	92	Teoría de flexión.....	297
Sólido nulo	93	Teoría de placas.....	297
Sólido tipo gas.....	93, 95	Textura	459
Spline.....	59	Tierras bajas de Alemania del Norte.....	191
Strakon.....	618	Tipo de apoyo	101, 104, 108, 110, 116
Suavizado.....	383	Tipo de barra	150
Suavizar	389, 392, 394	Tipo de carga.....	235, 241, 245, 251
Suavizar resultados.....	389	Tipo de distribución de carga.....	567
Subproyecto	586, 587	Tipo de línea	51
Sumatorio de control.....	304, 308, 312	Tipo de línea auxiliar.....	485
Superficie	79	Tipo de modelo	599
Superficie B-Spline.....	83	Tipo de nudo	45
Superficie cuadrangular.....	81	Tipo de rejilla.....	471
Superficie curvada	274	Tipo de sólido.....	93
Superficie de contacto	95, 96	Tipo de superficie	80
Superficie de contorno.....	93	Título	411
Superficie de revolución.....	81	Tolerancia.....	298
Superficie de trayectoria.....	85	Torsión.....	238
Superficie nula	87, 92	Transición suave de color	32
Superficie NURBS	84	Transparencia.....	403
Superficie original.....	86, 174	Tratamiento excepcional	299
Superficie ortótropa.....	120	Trayectoria	336, 365
Superficie plana	80	Trazador.....	439, 444
Superficie rígida.....	87	Tresca.....	350, 360, 365, 367
Superficie superpuesta	273	Tsai-Wu.....	71
Superposición O bien-o	219	Tubo	82
T		U	
Tablas	27, 43, 226, 229, 302, 524	Unidades.....	451
Tamaño del gráfico.....	437	Unificar nudos.....	275
Tangente.....	54, 473, 516	Unir barras.....	510
Temperatura	129, 235, 245, 251	V	
Temperatura de referencia	73	Valor de nudo de EF.....	329
Tensión	341, 343, 344, 373	Valor de rejilla	329, 378
Tensión de contacto.....	294, 345, 346	Valores de la sección ideal.....	127
Tensión de membrana	343, 345	Valores extremos 294, 315, 318, 325, 371, 377, 380, 527	
Tensión de sólido	363, 372	Valores límite.....	32, 380
Tensión de torsión	342	Valores límite para el muelle.....	155

Valores resultantes	370, 376, 383	Viga laminada encolada	120
Valores resultantes de EF.....	377	Viga resultante.....	150, 153
VCmaster.....	432	Visibilidades.....	397, 399, 401, 402
Vector de desplazamiento	496	Visibilidades definidas por el usuario	399
Velocidad angular.....	235, 245, 251, 574	Visibilidades generadas.....	400
Ventana	401	Vista de ventanas múltiples	396, 436
Verticalidad	268	Vista parcial.....	26, 400
Vídeo	407	Vista previa de la página	411
Vidrio	86	Vistas.....	397, 398, 457
Viga	150	Vistas definidas por el usuario.....	398
Viga continua.....	547	Vistas en miniatura.....	585, 594, 608
Viga de cimentación	165	Visualización del arco.....	312
Viga de vientre de pez.....	553	W	
Viga en T.....	161	Word.....	604