Engineering Software
Dlubal

Versión
marzo de 2010

Programa

RFEM 4

Estructuras espaciales de acuerdo con 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 total ni parcialmente, ni por procedimientos mecánicos ni electrónicos o por cualquier otro medio, incluyendo la fotocopia, sin el permiso previo de DLUBAL ENGINEERING SOFTWARE.

© Dlubal Engineering Software
Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach

Tel.: +49 (0) 9673 9203-0
Fax: +49 (0) 9673 1770
E-mail: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.com

Contenidos

	Contenidos	Página
1.	**Introducción**	**6**
1.1	**Novedades en RFEM 4**	**6**
1.2	**Capacidades del programa**	**7**
1.3	**La empresa**	**7**
1.4	**El equipo de RFEM**	**8**
1.5	**Uso del manual**	**9**
2.	**Instalación**	**10**
2.1	**Requisitos del sistema**	**10**
2.2	**Proceso de instalación**	**10**
2.2.1	Instalación desde DVD	11
2.2.2	Instalación en red	11
2.2.3	Instalar actualizaciones y módulos nuevos	12
2.2.4	Instalación en paralelo de RFEM 3 y RFEM 4	12
3.	**Ejemplo introductorio**	**13**
3.1	**Sistema y cargas**	**13**
3.2	**Iniciar RFEM 4 y crear una nueva estructura**	**15**
3.3	**Introducir datos estructurales**	**15**
3.3.1	Ajustar ventana de trabajo y rejilla	15
3.3.2	Definir superficies	16
3.3.2.1	Forjado	17
3.3.2.2	Muros	22
3.3.3	Definir barras	28
3.3.3.1	Soportes de acero	28
3.3.3.2	Viga de acero	32
3.3.4	Definir apoyos	35
3.3.5	Comprobar datos de entrada	36
3.4	**Introducir datos de carga**	**37**
3.4.1	Caso de carga 1: Peso propio	37
3.4.2	Caso de carga 2: Cargas variables	41
3.4.3	Caso de carga 3: Imperfección	45
3.5	**Combinación de acciones**	**46**
3.5.1	Definir combinaciones de carga	46
3.5.2	Definir grupos de carga	48
3.6	**Cálculo**	**52**
3.6.1	Comprobación plausible	52
3.6.2	Generar malla de EF	52
3.6.3	Calcular estructura	55
3.7	**Resultados**	**56**
3.7.1	Resultados gráficos	56
3.7.2	Tablas de resultados	58
3.8	**Documentación**	**59**
3.8.1	Crear informe	59
3.8.2	Editar informe	60
3.8.3	Incluir gráficos en el informe	61
3.9	**Conclusiones**	**64**
4.	**Interfaz de usuario**	**65**
4.1	**Vista previa**	**65**
4.2	**Terminología**	**66**
4.3	**Términos especiales en RFEM**	**71**
4.4	**La interfaz de usuario de RFEM 4**	**72**
4.4.1	Barra de menú	72
4.4.2	Barra de herramientas	72
4.4.3	Navegador	74
4.4.4	Tablas	77
4.4.5	Barra de estado	78
4.4.6	Panel de control	79
4.4.7	Botones predeterminados	83
4.4.8	Funciones del teclado	84
4.4.9	Funciones del ratón	85
5.	**Datos estructurales**	**86**
5.1	**Nudos**	**88**
5.2	**Líneas**	**94**
5.3	**Materiales**	**103**
5.4	**Superficies**	**111**
5.5	**Sólidos**	**121**
5.6	**Aberturas**	**124**
5.7	**Apoyos en nudos**	**125**
5.8	**Apoyos lineales**	**129**
5.9	**Apoyos elásticos en superficie**	**133**
5.10	**Articulaciones lineales**	**138**
5.11	**Espesores variables**	**140**
5.12	**Superficies ortótropas**	**141**
5.13	**Secciones**	**146**

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Contenidos

	Contenidos	Página
5.14	**Articulaciones en barras**	**155**
5.15	**Excentricidades de barras**	**157**
5.16	**Divisiones de barras**	**158**
5.17	**Barras**	**159**
5.18	**Nervios**	**168**
5.19	**Apoyos elásticos en barras**	**171**
5.20	**No linealidades de barra**	**173**
5.21	**Conjuntos de barras**	**177**
5.22	**Intersecciones**	**179**
5.23	**Refinamientos de malla de EF**	**182**
6.	**Cargas y combinaciones**	**186**
6.1	**Casos de carga**	**186**
6.2	**Grupos de carga**	**191**
6.3	**Combinaciones de carga**	**197**
7.	**Cargas**	**203**
7.1	**Cargas en nudos**	**205**
7.2	**Cargas en barras**	**208**
7.3	**Cargas lineales**	**215**
7.4	**Cargas superficiales**	**220**
7.5	**Cargas en sólidos**	**224**
7.6	**Cargas puntuales libres**	**225**
7.7	**Cargas lineales libres**	**227**
7.8	**Cargas rectangulares libres**	**230**
7.9	**Cargas circulares libres**	**232**
7.10	**Cargas poligonales libres**	**234**
7.11	**Deformación impuesta en nudo**	**236**
7.12	**Desplazamientos impuestos lineales**	**238**
7.13	**Imperfecciones**	**239**
7.14	**Cargas generadas**	**243**
8.	**Cálculo**	**245**
8.1	**Comprobación de los datos de entrada**	**245**
8.1.1	Comprobación plausible	245
8.1.2	Comprobación de la estructura	246
8.1.3	Regenerar estructura	248
8.1.4	Eliminar cargas	249
8.2	**Malla de EF**	**249**

	Contenidos	Página
8.2.1	Trasfondo de los elementos finitos aplicados	249
8.2.2	Parámetros de malla de EF	251
8.2.3	Refinamientos de malla de EF	253
8.2.4	Generación de malla de EF	254
8.3	**Parámetros de cálculo**	**255**
8.3.1	Casos de carga	255
8.3.2	Grupos de carga	257
8.3.3	Combinaciones de carga	259
8.3.4	Opciones	260
8.4	**Iniciar el cálculo**	**265**
9.	**Resultados**	**267**
9.0	**Resumen**	**267**
9.1	**Nudos – Esfuerzos en los apoyos**	**268**
9.2	**Líneas – Esfuerzos en los apoyos**	**271**
9.3	**Nudos - Deformaciones**	**275**
9.4	**Barras - Deformaciones**	**276**
9.5	**Barras – Esfuerzos internos**	**278**
9.6	**Barras – Fuerzas de contacto**	**282**
9.7	**Conjuntos de barras – Esfuerzos internos**	**283**
9.8	**Secciones – Esfuerzos internos**	**284**
9.9	**Superficies - Deformaciones**	**285**
9.10	**Superficies – Esfuerzos internos fundamentales**	**288**
9.11	**Superficies – Esfuerzos internos principales**	**291**
9.12	**Superficies – Esfuerzos internos de cálculo**	**293**
9.13	**Superficies – Tensiones fundamentales**	**297**
9.14	**Superficies – Tensiones principales**	**299**
9.15	**Superficies – Tensiones equivalentes**	**301**
9.16	**Superficies – Otras tensiones**	**304**
9.17	**Superficies – Tensiones de contacto**	**305**
9.18	**Sólidos - Deformaciones**	**307**
9.19	**Sólidos - Tensiones**	**308**
10.	**Evaluación de resultados**	**311**
10.1	**Resultados disponibles**	**311**
10.2	**Selección de resultados**	**312**

Contenidos

	Contenidos	Página
10.3	**Visualización de resultados**	**313**
10.4	**Valor de visualización**	**315**
10.5	**Diagramas de resultados**	**320**
10.6	**Secciones**	**322**
10.7	**Suavizar resultados**	**325**
10.8	**Vista de ventanas múltiples**	**330**
10.9	**Filtro de resultados**	**330**
10.10	**Animación de deformaciones**	**336**
11.	**Informe**	**338**
11.1	**Informe**	**338**
11.1.1	Crear o abrir un informe	338
11.1.2	Trabajar en el informe	340
11.1.3	Definir los contenidos del informe	342
11.1.3.1	Seleccionar datos estructurales	343
11.1.3.2	Seleccionar datos de carga	344
11.1.3.3	Seleccionar datos de resultados	345
11.1.3.4	Seleccionar datos de módulos adicionales	348
11.1.4	Ajustar encabezado de informe	349
11.1.5	Insertar gráficos de RFEM	351
11.1.6	Insertar gráficos y textos	353
11.1.6.1	Insertar gráficos	353
11.1.6.2	Insertar textos	353
11.1.6.3	Insertar texto desde archivos de texto	354
11.1.6.4	Insertar textos de archivos RTF	354
11.1.7	Modelo de informe	355
11.1.7.1	Crear un nuevo modelo	355
11.1.7.2	Aplicar modelo	357
11.1.7.3	Administrar modelos	357
11.1.8	Ajustar diseño	358
11.1.9	Crear portada	358
11.1.10	Imprimir Informe	360
11.1.11	Exportar Informe	361
11.1.12	Configuración de idioma	362
11.2	**Impresión gráfica directa**	**365**
11.2.1	Registro *General*	365
11.2.2	Registro *Opciones*	368
11.2.3	Registro *Paleta de colores*	370

	Contenidos	Página
12.	**Herramientas**	**371**
12.1	**Editar objetos**	**371**
12.1.1	Selección gráfica	371
12.1.2	Selección especial	372
12.1.3	Mover y copiar	374
12.1.4	Girar	378
12.1.5	Simetría	379
12.1.6	Proyectar	380
12.1.7	Estirar	381
12.1.8	Modificar pendiente	383
12.1.9	Generar superficies desde barras	384
12.2	**Herramientas CAD**	**386**
12.2.1	Planos de trabajo	386
12.2.2	Rejilla	387
12.2.3	Referencia a objetos	389
12.2.4	Sistemas de coordenadas	393
12.2.5	Dividir líneas y barras	395
12.2.6	Conectar líneas y barras	397
12.2.7	Alargar líneas y barras	399
12.2.8	Unir barras	400
12.2.9	Empalmar esquinas	400
12.2.10	Extruir superficies	401
12.2.11	Acotar	402
12.2.12	Comentarioss	404
12.2.13	Líneas auxiliares	405
12.2.14	Capas DXF	409
12.2.15	Cambiar numeración	412
12.3	**Funciones de entrada de tablas**	**414**
12.3.1	Funciones de edición	414
12.3.2	Funciones de selección	418
12.3.3	Funciones de vista	423
12.3.4	Configuración de la tabla	424
12.3.5	Funciones de filtro	425
12.3.6	Importar y exportar tablas	426
12.4	**Entrada de datos parametrizada**	**429**
12.4.1	Concepto	429
12.4.2	Lista de parámetros	429

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Contenidos

	Contenidos	Página
12.4.3	Editor de fórmulas	431
12.4.4	Formulación en tablas y cuadros de diálogo	435
12.5	**Generadores de estructuras y cargas**	**436**
12.5.1	Generadores de estructuras	436
12.5.2	Generadores de carga	450
12.6	**Funciones generales**	**464**
12.6.1	Propiedades de visualización	465
12.6.2	Unidades y decimales	466
12.6.3	Comentarios	468
12.6.4	Funciones de medición	470
12.6.5	Funciones de búsqueda	471
12.6.6	Determinación del centro de gravedad	472
13.	**Administración de archivos**	**473**
13.1	**Administrador de proyectos**	**473**
13.1.1	Crear nuevo proyecto	474
13.1.2	Conectar carpeta existente	475
13.1.3	Desconectar carpeta	476
13.1.4	Borrar proyecto	476
13.1.5	Copiar proyecto	478
13.1.6	Cambiar la descripción del proyecto	478
13.1.7	Abrir estructura	479
13.1.8	Mover o copiar estructura	480
13.1.9	Cambiar nombre a la estructura	480
13.1.10	Eliminar estructura	481
13.1.11	Historial	481
13.1.12	Archivar datos	482

	Contenidos	Página
13.1.13	Extraer desde archivo	483
13.1.14	Configuración de detalles	484
13.2	**Crear nueva estructura**	**485**
13.3	**Administración de la red**	**488**
13.4	**Administrador de bloques**	**489**
13.4.1	Crear bloque	491
13.4.2	Insertar bloque	492
13.4.3	Borrar bloque	493
13.5	**Interfaces**	**493**
13.5.1	Dlubal RFEM 1.xx/2.xx	494
13.5.2	Programas externos	496
13.5.2.1	DSTV *.stp	496
13.5.2.2	Formato ASCII *.dxf	497
13.5.2.3	Formato Glaser *.fem	499
13.5.2.4	Formato Nemetschek *.asf	499
13.5.2.5	Formato MS Excel *.xls	500
13.5.2.6	Formato OpenOffice *.ods	502
13.5.2.7	Formato SDNF *.dat	502
13.5.2.8	Strakon Format *.cfe	502
13.5.2.9	Formato IFC *.ifc	502
13.5.2.10	Formato ESF *.esf	503
13.5.2.11	RX-LINK Import *.step, *.iges, *.sat	503
A	**Bibliografía**	**504**
B	**Índice**	**506**

1. Introducción

1.1 Novedades en RFEM 4

RFEM, el programa de AEF para superficies, membranas, láminas, sólidos y entramados; le ayuda a cumplir las necesidades de la ingeniería civil moderna. Con su arquitectura basada en módulos, RFEM 4 es el programa básico para el análisis de esfuerzos internos, deformaciones y reacciones en apoyos de estructuras de losas con o sin barras o elementos sólidos.

La nueva versión del programa RFEM 4 ofrece varias mejoras y opciones útiles para un trabajo más cómodo. Una vez más queremos darle las gracias por sus ideas y sugerencias.

Las innovaciones más importantes de RFEM 4 se enumeran a continuación:

- Administrador de proyectos compatible con trabajos en red
- Diferentes estilos de cálculo de la interfaz de usuario de RFEM 4
- Cuadro de diálogo *Abrir* con gráficos e información detallada
- Menús contextuales extendidos con los comandos y funciones más útiles
- Superficies NURBS cuadrangulares
- Propiedades ortótropas extendidas para superficies
- Insertar círculos introduciendo el centro y el radio
- No linealidad de material opcional para superficies mediante el módulo RF-MAT NL
- Nuevos tipos de líneas: elipse, arco elíptico, parábola e hipérbola
- Inserción directa de aberturas rectangulares, circulares y elípticas
- Entrada de sistemas de coordenadas para superficies
- Diagramas tensión-deformación para aceros
- Curvas de tensión crítica de pandeo de acuerdo con el EC 3 para todas las secciones laminadas y soldadas
- Visualización de sistemas de coordenadas de apoyos lineales y en nudos en el menú contextual
- Generación de cargas en barras y superficiales por efecto de la retracción
- Organización definida por el usuario de los datos en tablas
- Cargas generadas como objetos de carga editables
- Comprobación de la estructura para evitar la superposición o intersección de líneas
- Procesador de 64-bit
- Determinación del centro de gravedad del modelo incluyendo la generación de nudos
- Reacciones en apoyos lineales con la suma, valor medio, centro de gravedad, excentricidad y momento
- Opción para exportar a Excel las propiedades de secciones y los esquemas de combinación
- Ventana de información de objetos con datos de barras y superficies, así como los valores resultantes
- Visualización del lado de tracción para barras
- Acotaciones con textos añadidos y propiedades de visualización expandidas
- Acotaciones de ángulos, diámetros e inclinaciones
- Opción de exportar a Excel valores del cuadro de diálogo *Diagrama de resultados*
- Posibilidad de girar, mover y simetría de las capas DXF
- Editor de fórmulas con funciones extendidas y más cómodas para la entrada de datos
- Opción para la conexión automática de barras y líneas
- Generación de superficies desde celdas
- Administración de todas las secciones empleadas en el navegador *Mostrar*
- Módulos adicionales favoritos en el navegador *Datos*
- Informe en el idioma húngaro

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Esperamos que disfrute trabajando con RFEM 4.

El equipo de DLUBAL ENGINEERING SOFTWARE

1.2 Capacidades del programa

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

Datos estructurales

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 de carga y combinaciones

Casos de carga	9,999
Grupos de carga	9,999
Combinaciones de carga	9,999

Tabla 1.1: Límites de programa de RFEM 4

1.3 La empresa

Desde sus comienzos en 1987, DLUBAL ENGINEERING SOFTWARE ha estado involucrada en el desarrollo de nuestros programas para análisis estructural y dinámico, potentes y fáciles de usar. En 1990, Dlubal Engineering Software se traslada a su localización actual en Tiefenbach, en la Bavaria oriental.

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 6,800 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 100 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 nuestra asistencia cualificada por email o fax de forma gratuita.

El equilibrio perfecto entre precio y rendimiento, combinado con el excelente servicio proporcionado por DLUBAL ENGINEERING SOFTWARE hacen de los programas DLUBAL herramientas esenciales para cualquiera involucrado en los campos de la estática, dinámica y diseño.

1.4 El equipo de RFEM

Las siguientes personas se involucraron en el desarrollo de RFEM 4:

Coordinación del programa

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Ing. Pavel Bartoš
Ing. Pavol Červeňák
Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem
Ing. Evžen Haluzík
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. Pavel Gunia
Ing. František Kafka
Ing. Lenka Kočutová
Jan Kofroň
Dr.-Ing. Jaroslav Lain
Ing. Martin Matúšů
Ing. Jan Miléř
Ing. Daniel Molnár
Mgr. Ján Nad'
Ing. Petr Novák
Ing. Jan Otradovec
Mgr. Petr Oulehle
Mgr. Jiří Patrák
Mgr. Petr Pitka
Bc. Ondřej Planý
Lukáš Rajchert
Ing. Jan Rybín, Ph.D.
David Schweiner
Ing. Roman Svoboda
Bc. Ondřej Šašinka
RNDr. Stanislav Škovran
Dis. Jiří Šmerák
Ing. Jan Štalmach
Lukáš Tůma
Jan Vachulka
RNDr. Miroslav Valeček
Michal Zelenka

Programación – Motor de cálculo

Doc. Ing. CSc. Ivan Němec
Ing. Jiří Buček
Ing. Jiří Doležal
Ing. Petr Horák
Ing. Ph.D. Radoslav Rusina
Ing. CSc. Ivan Ševčík
Ing. CSc. Zbyněk Vlk
Ing. Lukáš Weis
RNDr. Milan Zeiner

Diseño de programa, diálogos gráficos e iconos

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Ing. Pavol Červeňák
MgA. Robert Kolouch
Zdeněk Ballák
Ing. Jan Miléř

Bloques

Tommy Brtek
Ing. Dmitry Bystrov
Ing. Evžen Haluzík
Tomáš Németh

Supervisión del programa

Jakub Falc
Ing. Tomáš Ferencz
Bc. Jakub Harazín
Kamila Horová
Karel Kolář
Ing. František Knobloch
Ing. Zuzana Ľašová
Jozef Krčmárik
Stanislav Krytinář
Lukáš Macalík
Ing. Pavel Marek
Petr Mareš
Ctirad Martinec
Ing. Robert Michalovič
Ing. Václav Rek
Ing. Michala Sobotková
Ing. Martin Vasek

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Manual, sistema de ayuda y traducción

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl
Ing. Ladislav Kábrt
Ing. Antonio Vaz Fernandéz
Ing. Lara Caballero Freyer
Msc. Michaela Kryšková
Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker
Mgr. Petra Pokorná
Ing. Téc. José Martínez Hernández

Soporte técnico y gestión de calidad

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann
Dipl.-Ing. Frank Faulstich
Dipl.-Ing. (FH) René Flori
Dipl.-Ing. (FH) Peter Konrad
Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
Dipl.-Ing. (FH) Alexandra Lazar
M.Sc. Dipl.-Ing. Frank Lobisch
Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer
Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier
M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag
Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner
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 4: los gráficos, tablas y el navegador Datos están en pie de igualdad. Para mantener el carácter de libro de referencia, el manual sigue el orden y la estructura de las tablas para la estructura, cargas y datos resultantes. Las tablas individuales son descritas en detalle columna por columna. En vez de ser una simple presentación de las opciones de las ventanas, el manual ofrece consejos prácticos y notas.

Si es nuevo con el programa, debería seguir el ejemplo introductorio paso por paso descrito en el capítulo 3. De esta manera, usted se familiarizará con las características más importantes de RFEM 4.

El texto del manual muestra los **botones** descritos entre corchetes, por ejemplo [Nuevo]. Al mismo tiempo aparecen gráficamente a la izquierda. Adicionalmente, las **expresiones** de cuadros de diálogo, tablas y menús se establecen en *cursiva* para clarificar las explicaciones.

Otra nueva característica de este manual es un índice para ayudarle a encontrar ciertas expresiones. Si no encuentra lo que está buscando, visite nuestra página web **www.dlubal.com**, donde puede consultar nuestras *páginas FAQ* seleccionando un criterio en particular.

2. Instalación

2.1 Requisitos del sistema

Para poder utilizar RFEM 4 cómodamente, recomendamos los siguientes requisitos de sistema:

- Sistema operativo Windows XP / Vista / 7
- CPU a 2 GHz
- 2 GB RAM
- DVD-ROM y unidad de disco de 3.5" para la instalación, alternativamente también es posible una instalación desde internet
- 10 GB de capacidad de disco duro, incluyendo 500 MB para la instalación
- Tarjeta gráfica con aceleración OpenGL y una resolución de 1024 x 768 píxeles, soluciones integradas y tecnologías de memoria compartida no son recomendables.



RFEM 4 no es soportado por Windows 95/98/Me/2000, Linux o Mac OS.

No se hace ninguna recomendación de productos, a excepción del sistema operativo, básicamente por funcionar RFEM 4 y sus módulos adicionales en todos los sistemas que cumplen los requisitos. Si se emplea RFEM para cálculos intensivos, puede aplicarse el principio “cuanto más mejor”.

Cuando se trabaja en sistemas grandes 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. De cualquier modo, un incremento en la memoria permite mayor rapidez de cálculo que el empleo de un procesador más rápido. Cuando elija una placa base asegúrese de que la memoria puede ser ampliada.



El núcleo de análisis de RFEM 4 soporta varios núcleos de procesador, lo que permite explotar al máximo el potencial del sistema operativo de 64-bit. Para sistemas operativos de 32-bit el tamaño de la memoria empleada por el procesador se reduce a 2 gigabytes. En cambio, con la tecnología de 64-bit se puede emplear mucha más memoria. Si dispone de un equipo con suficiente memoria RAM y un sistema operativo de 64-bit, el método rápido y directo de resolución de ecuaciones se puede aplicar también para estructuras mayores.

Para calcular sistemas estructurales complejos recomendamos el uso de la siguiente configuración:

- Procesador de cuatro núcleos
- Windows Vista 64-bit
- 8 GB RAM

2.2 Proceso de instalación

La familia de programas **RFEM 4** se entrega en DVD. Este DVD contiene no sólo el programa principal RFEM 4 sino también módulos adicionales como **RF-CONCRETE, RF-STABILITY** etc. Así, todos los módulos conectados con RFEM 4 pueden ser encontrados en este DVD.

Para ejecutar el programa como una versión completa se necesita la correspondiente llave de hardware y un archivo de autorización. Este archivo contiene datos codificados sólo para su(s) autorización(es). La llave de hardware se intoduce en la conexión USB de su equipo .

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Se necesita un archivo de autorización para cada estación de trabajo. La etiqueta en el disco de autorización contiene información a cerca de a qué llave(s) de hardware pertenece el archivo de autorización. Este archivo puede ser copiado tantas veces como se necesite. Aunque si el contenido del archivo es cambiado de cualquier forma no podrá ser empleado como autorización nunca más. En caso de que posteriormente reciba un DVD con la actualización de RFEM, puede volver a utilizar el mismo archivo de autorización. Pero cuando adquiera módulos adicionales del programa recibirá un nuevo archivo de autorización. El antiguo no debe ser utilizado entonces.

Antes de instalar RFEM 4 cierre todos los programas que pueda tener abiertos. Luego instale el programa siguiendo las instrucciones de la portada del DVD. Después de la instalación conecte la llave de hardware USB que se incluye a un puerto USB en su equipo.



Asegúrese de haber iniciado sesión como administrador o tener derechos de administrador para instalar programas. Cuando esté trabajando con RFEM 4 será suficiente con los derechos de usuario.

2.2.1 Instalación desde DVD

Primero lea la información contenida en la parte de atrás de la cubierta del DVD de RFEM. Ahí se encuentra una guía completa de los pasos a seguir para instalar el programa.

- Insertar el DVD de RFEM en su unidad de DVD.
- El proceso de instalación se inicia automáticamente.
- Haga clic en el botón [Instalar RFEM] en la ventana que se abre.
- Siga las instrucciones del asistente de instalación.

Si el proceso de instalación no empieza automáticamente, la opción autoarranque puede estar desactivada en su unidad DVD. En ese caso haga doble clic en el icono [Mi PC] con el botón primario del ratón y luego otra vez sobre el símbolo de su unidad DVD con el logo de RFEM. En la carpeta del DVD debe hacer doble clic en el archivo [setup.exe].

El DVD también contiene el manual completo en PDF. Para abrirlo necesita Acrobat Reader. Si este lector no está instalado puede iniciar su instalación en el botón [Instalar Acrobat Reader]. Haciendo clic en [Manual de usuario] Acrobat Reader abrirá el manual. Después podrá visualizar e imprimir el documento.

También hay varios vídeos en el DVD para hacer los primeros pasos más sencillos. Para ver los vídeos necesita Windows Media Player o Real Player.

El botón [Información del software] abre un documento PDF con la información más reciente sobre los programas disponibles de DLUBAL ENGINEERING SOFTWARE.

2.2.2 Instalación en red

La instalación puede ser iniciada desde cualquier unidad de su equipo o servidor. Simplemente copie el contenido del DVD y el archivo de autorización del disco, si es necesario, en una carpeta de su elección. Luego inicie el archivo [setup.exe] desde un cliente. Los siguientes pasos no difieren de la instalación llevada a cabo directamente desde el DVD.

2.2.3 Instalar actualizaciones y módulos nuevos

Como se menciona con anterioridad, el DVD contiene el pack completo del programa incluyendo todos los módulos adicionales. Cuando adquiera un módulo adicional, no necesariamente recibirá un DVD, pero sí como siempre un nuevo archivo de autorización. La instalación sólo se llevará a cabo con el nuevo archivo de autorización.

Cuando necesite instalar un nuevo DVD de RFEM como parte de una prestación de servicios, asegúrese que utiliza siempre el archivo de autorización más reciente.

En caso de trabajar con encabezados de informe definidos por el usuario, es mejor que los guarde primero antes de instalar una actualización. Estos encabezados se encuentran en el archivo **DlubalProtocolConfig.cfg** en el archivo principal (normalmente C:\Documentos y configuración\Todos los usuarios\Datos de programa\Dlubal\Stammdat). Esta carpeta está protegida contra escritura aunque se recomienda una copia de seguridad.

Si utiliza los informes de muestra, debe guardar el archivo **RfemProtocolConfig.cfg** antes de instalar una actualización. Este archivo puede ser encontrado en la carpeta máster de RFEM 4 (de forma predeterminada C:\Documentos y configuración\Todos los usuarios\Datos de programa\Dlubal\RFEM4\Stammdat).

Los proyectos en el Administrador de proyectos son administrados en el archivo **PRO.DLP** de tipo ASCII, el cual se puede encontrar en la carpeta C:\Documentos y configuración\Todos los usuarios\Datos de programa\Dlubal\ProMan. Si desea desinstalar RFEM 4 completamente, antes de volverlo a instalar de nuevo, necesita guardar también este archivo.

2.2.4 Instalación en paralelo de RFEM 3 y RFEM 4

Ambas aplicaciones de Dlubal: RFEM 4 y RFEM 3 pueden funcionar en paralelo en un equipo siempre que los archivos de los programas estén contenidos en distintos directorios. Las carpetas predeterminadas son:

- RFEM 3: C:\Archivos de programa\Dlubal\RFEM3,
- RFEM 4: C:\Archivos de programa\Dlubal\RFEM4.

Todas las estructuras creadas con la versión anterior RFEM 3 también se pueden abrir y editar con RFEM 4. Los archivos de las estructuras son compatibles hacia adelante en el tiempo pero no hacia atrás. Esto significa que las estructuras creadas en RFEM 4 no se pueden abrir en RFEM 3.

Para asegurarse de que las estructuras existentes no van a ser sobrescritas en RFEM 4, los dos programas de RFEM utilizan diferentes extensiones de archivo: RFEM 3 guarda los archivos de estructuras en formato *.**rf3** mientras que RFEM 4 los guarda en *.**rf4**.

En el capítulo 13.5.1 en la página 494, se puede encontrar información detallada de cómo incorporar proyectos de las versiones anteriores RFEM 1 y RFEM 2 en el administrador de archivos del Administrador de proyectos de RFEM 4. Necesita volver a vincularlos de modo que las estructuras individuales aparezcan allí.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

3. Ejemplo introductorio

Este capítulo le ayudará a familiarizarse con las funciones más importantes de RFEM 4 usando un ejemplo sencillo. Puesto que hay muchas formas diferentes en RFEM de alcanzar objetivos específicos, puede tener sentido emplear una u otra siempre teniendo en cuenta la situación y las preferencias del usuario. Este ejemplo quiere animarle a descubrir las posibilidades y opciones de RFEM 4 por sí mismo.

Como ejemplo, se modela una construcción mixta de hormigón y acero. Se calculará para los casos de carga con *cargas permanentes* y *variables,* así como *imperfecciones* de acuerdo con el análisis estático lineal y el análisis de segundo orden.

El archivo **RFEM-Ejemplo-01.rf4** muestra los datos del ejemplo siguiente, y puede ser encontrado en el proyecto **Ejemplos** que se crea automáticamente durante la instalación. Sin embargo, para los primeros pasos con RFEM 4 le recomendamos que introduzca los datos manualmente.

3.1 Sistema y cargas

Sistema estático

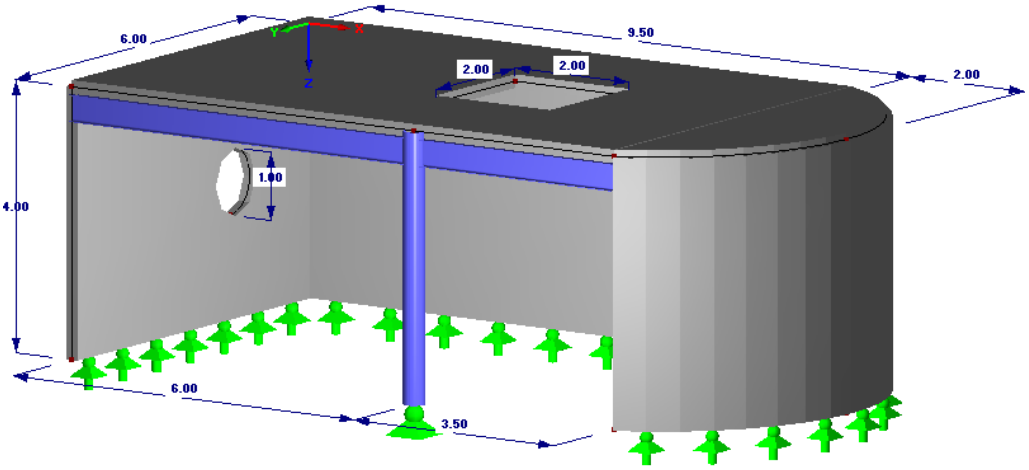


Figura 3.1: Sistema estático

Materiales y secciones

Como materiales se emplea **hormigón C 30/37** y **acero S 235.**

El espesor del forjado y de los muros es de **20 cm** cada uno.

Como viga de acero se emplea un perfil **IPE 400** y para el soporte de acero un tubo **RO 323.9 x 10**.

Cargas

Caso de carga 1: Cargas permanentes

Es la carga resultante del **peso muerto** de la estructura, la **estructura del forjado** de 2.0 kN/m^2 y el empuje del terreno en el muro semicircular. La ordenada de la carga en la parte inferior del muro con su correspondiente relleno de grava se determina como sigue:

$q = 16.0 \text{ kN/m}^3 * 4.0 \text{ m} = 64.0 \text{ kN/m}^2$

No es necesario agregar el peso propio de la estructura, ya que RFEM 4 puede calcularlo por sí mismo basándose en las secciones actuales y los espesores de las superficies.

Caso de carga 2: Cargas variables

Las superficies del forjado se emplean como zonas de reunión con una sobrecarga de uso de 4.0 kN/m^2.

Además, suponemos que existen cuatro cargas lineales verticales actuantes de 2.0 kN/m cada una, y dos cargas en nudos de 10.0 kN cada una debidas a un recubrimiento para una abertura en el forjado.

Caso de carga 3: Imperfección

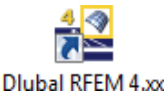
De acuerdo con el Eurocódigo 3, deben considerarse las imperfecciones. Se administran en un caso de carga a parte, porque permite al usuario asignar por separado a las imperfecciones coeficientes parciales de seguridad al crear grupos de carga.

De acuerdo con EN 1993-1-1:2005, tabla 6.2, se puden asignar secciones de tubos conformados en caliente a la curva de tensión crítica de pandeo **a**. Para simplificar el modelo suponemos $\varphi_0 = 1/200$ para la inclinación y $w_0 = l/300$ para la contraflecha.

Los valores exactos se pueden determinar de acuerdo con EN 1993-1-1:2005, capítulo 5.3.2.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

3.2 Iniciar RFEM 4 y crear una nueva estructura



Para iniciar RFEM 4, haga clic en **Inicio**, sitúese en **Programas**, luego en **Dlubal** y finalmente haga clic en **Dlubal RFEM 4.xx**, o doble clic en **Dlubal RFEM 4.xx** en el escritorio de su equipo.

Aparece la ventana de trabajo y ya se pueden introducir los datos generales de la nueva estructura en el siguiente cuadro de diálogo de entrada.

Si se muestra ya una estructura, ciérrela haciendo clic en **Cerrar** en el menú **Archivo**. Para abrir el cuadro de diálogo haga clic en el menú **Archivo** y luego en **Nuevo**.

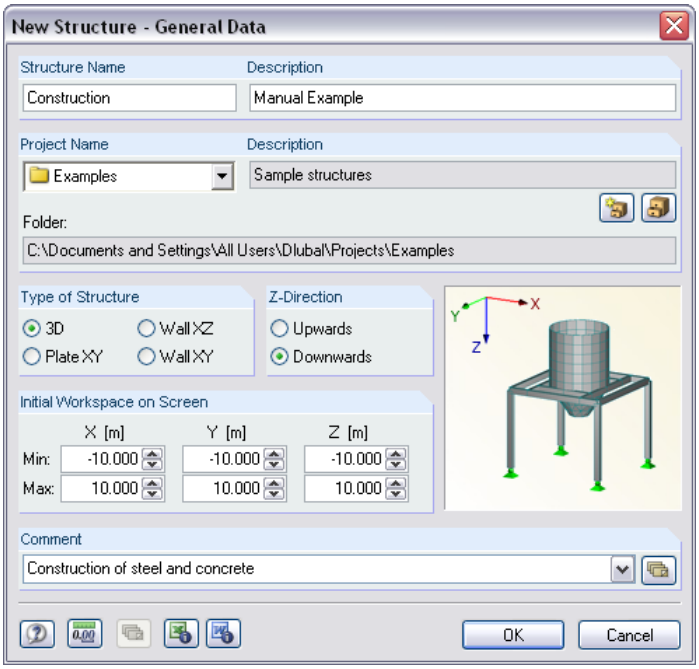


Figura 3.2: Cuadro de diálogo *Nueva estructura - Datos generales*

En el cuadro de texto *Nombre de la estructura*, escriba **Construcción**. Este cuadro siempre hay que rellenarlo, porque esta entrada se usará posteriormente como nombre de archivo. En el cuadro *Descripción*, escriba **Ejemplo del manual**. No es necesario rellenarlo.

En el cuadro *Nombre del proyecto*, seleccione **Ejemplos** de la lista, si no está ya seleccionado de antemano. La *Descripción* del proyecto y su correspondiente *Carpeta* se muestran automáticamente.

En la sección del diálogo *Tipo de estructura*, **3D** está establecido como predeterminado, permitiendo una entrada espacial del modelo. Acepte también el parámetro predeterminado **Descendente** para la orientación del eje en la *Dirección Z*.

Los parámetros en la sección del diálogo *Área de trabajo inicial en pantalla* pueden ser aceptados también. En el cuadro *Comentarios* se puede introducir alguna explicación adicional.

Haga clic en [Aceptar] para cerrar el cuadro de diálogo. Aparece el área de trabajo vacío.

3.3 Introducir datos estructurales

3.3.1 Ajustar ventana de trabajo y rejilla



Primero haga clic en el botón [Maximizar] en la barra de título para agrandar la ventana. Se pueden ver los ejes de coordenadas con los ejes globales X, Y Z en la pantalla.



Se pueden ajustar los ejes de coordenadas. Haciendo clic en el botón [Mover] mostrado a la izquierda, el cursor se convierte en una mano. Ahora se puede posicionar el área de trabajo de acuerdo con sus preferencias moviendo el cursor mientras se mantiene el botón primario del ratón pulsado.

De la misma manera se puede usar el puntero en forma de mano para aplicar un zoom y girar la estructura completa

- Zoom: Mover el puntero y mantener pulsada la tecla [Mayúsculas].
- Giro: Mover el puntero y mantener pulsada la tecla [Ctrl].



La rejilla conforma el fondo del área de trabajo. En el cuadro de diálogo *Plano de trabajo, Rejilla/forzar cursor, Referencia a objetos y Líneas auxiliares*, se puede ajustar la distancia entre los puntos de la rejilla. Para abrir el cuadro de diálogo haga clic en el botón de la barra de herramientas [Plano de trabajo] que se muestra a la izquierda.

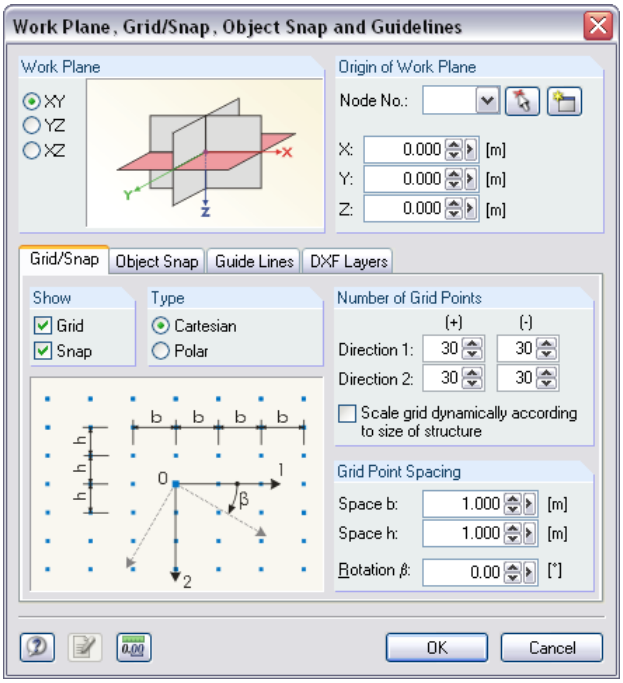


Figura 3.3: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo, Rejilla/forzar cursor, Referencia a objetos y Líneas auxiliares*



Para luego introducir datos en los puntos de rejilla, es importante que los campos de control *FORZC* y *REJILLA* estén activados en la barra de estado. Así la rejilla se hace visible y los puntos se ven forzados en la rejilla al hacer clic.



Se establece el plano XY como plano de trabajo. Esto significa que todos los objetos introducidos gráficamente serán generados en este plano. Sin embargo, este plano no tiene importancia para la entrada de datos en los cuadros de diálogo o tablas.

Todos los parámetros predeterminados son apropiados para el ejemplo introductorio. Para cerrar el cuadro de diálogo haga clic en [Aceptar].

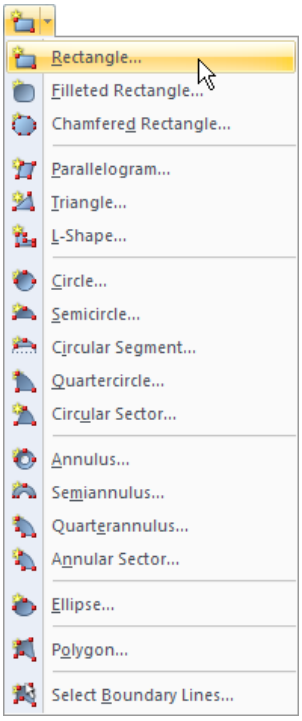
3.3.2 Definir superficies

Para crear superficies, primero defina nudos de esquina en el gráfico o tablas, y luego únalos entre sí con líneas, o introduzca líneas y superficies directamente en el gráfico.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

3.3.2.1 Forjado

Definir una superficie rectangular



Las losas rectangulares se utilizan con frecuencia en la construcción y se pueden crear rápidamente en RFEM 4. En el menú **Insertar**, haga clic en **Datos estructurales, Superficies**, **Plana**, y luego haga clic en **Rectángulo gráficamente**, o utilice el botón de la lista en la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. Los nudos y líneas relacionados se crearán automáticamente. Después de seleccionar esta función, se abre el cuadro de diálogo *Nueva superficie rectangular*.

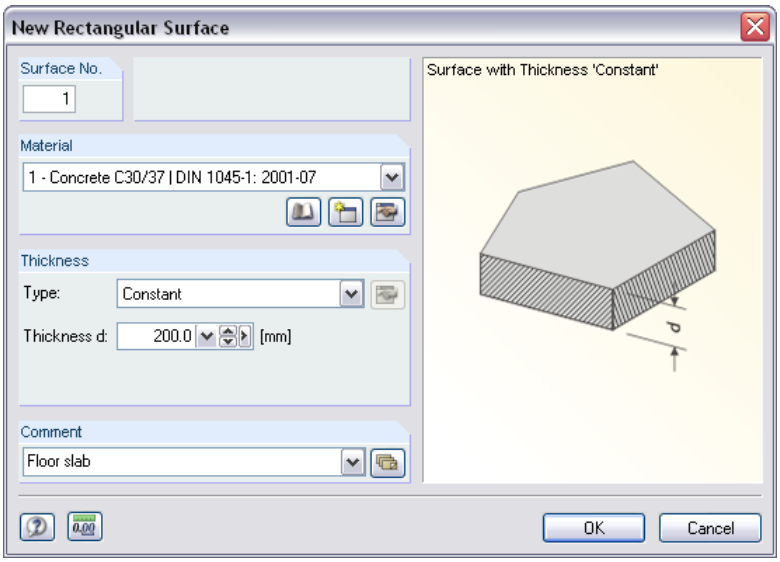


Figura 3.4: Cuadro de diálogo *Nueva superficie rectangular*

El cuadro de texto *Superficie núm.* Para la nueva superficie rectangular se establece en "**1"** de forma predeterminada. No es necesario cambiar este número.

El cuadro de lista *Material* está preestablecido en **Hormigón C30/37,** de acuerdo con DIN 1045-1. Si desea utilizar otro material, se puede cambiar la configuración haciendo clic en el botón [Biblioteca de materiales] que se encuentra debajo del cuadro de lista.

En la sección *Espesor*, acepte **Constante** en el cuadro *Tipo*, pero aumente el valor para el *Espesor d* hasta **200.0** mm. Para ajustar la configuración, utilice la rueda del ratón o introduzca los datos directamente.

En el cuadro *Comentarios*, puede introducir por ejemplo **Losa de forjado**.

Haga clic en [Aceptar], y luego defina la esquina superior izquierda de la losa con un simple clic con el botón primario del ratón en el **Origen de coordenadas** (X/Y/Z coordenadas **0.000/0.000/0.000**). Las coordenadas actuales del puntero se muestran junto a la retícula. Defina la esquina inferior derecha de la losa haciendo clic en el punto de rejilla con las coordenadas X/Y/Z **9.000/6.000/0.000**.

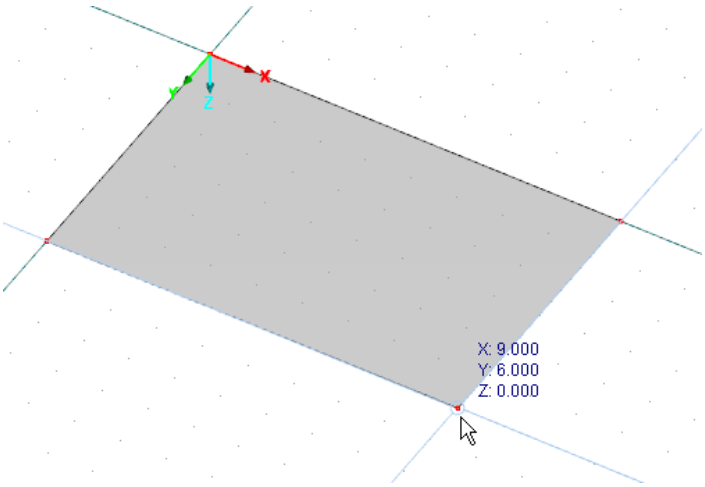


Figura 3.5: Superficie rectangular 1



Es más fácil forzar la esquina inferior derecha cuando cambia a la vista en Z ("vista de planta") utilizando el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. El modo de entrada no se verá afectado.

Ya se generaron los nudos del 1 al 4 y las líneas de la 1 a la 4, así como la superficie 1. Para salir del modo de entrada de datos presione la tecla [Esc] o haga clic con el botón secundario del ratón en una zona vacía del área de trabajo.



Si quiere visualizar la numeración de los nudos, líneas y superficies haga clic con el botón secundario del ratón en cualquier lugar de la ventana de trabajo. El siguiente menú contextual aparece mostrando numerosas opciones para ajustar la pantalla.

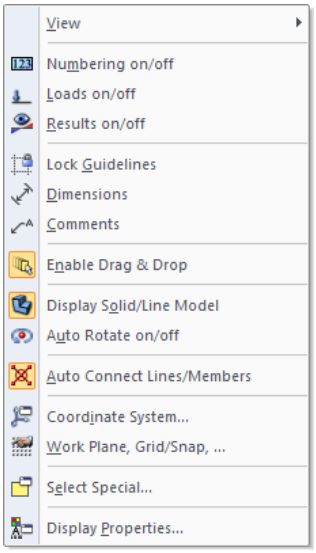


Figura 3.6: Menú contextual al hacer clic con el botón secundario del ratón en la ventana de trabajo



Se pueden seleccionar incluso más opciones detalladas en el navegador *Mostrar*.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

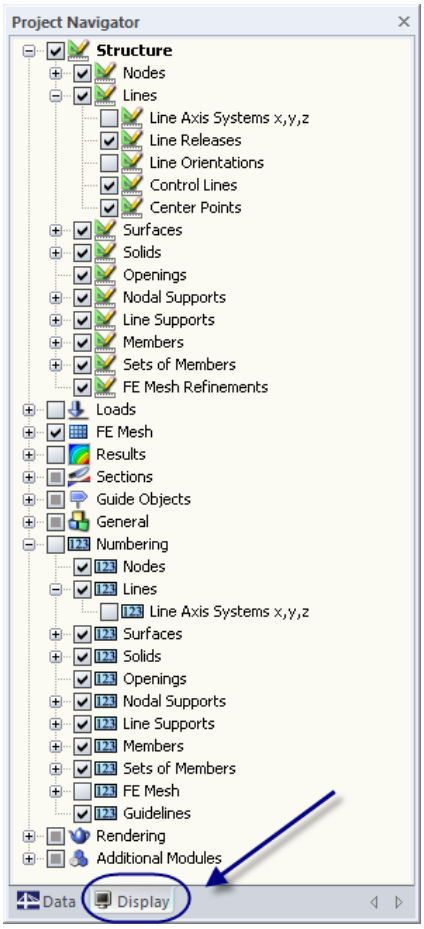


Figura 3.7: Navegador *Mostrar*

Las coordenadas del nudo 3 y del nudo 4 no están correctas todavía, porque la superficie tiene una longitud de 9.00 m en vez de 9.50 m. Haga doble clic en el nudo 4 para cambiar las coordenadas. El cuadro de diálogo *Editar nudo* aparece.

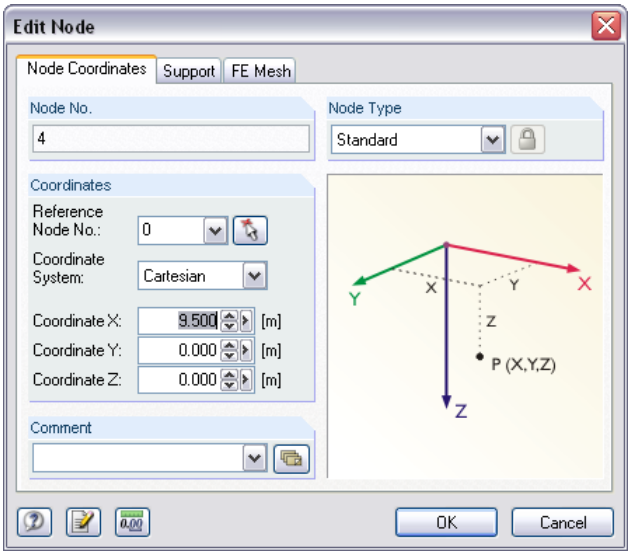


Figura 3.8: Cuadro de diálogo *Editar nudo*

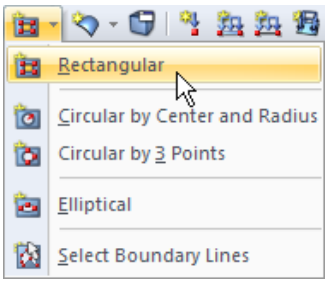
También es posible abrir este cuadro de diálogo en el navegador *Datos*. Abra la carpeta *Datos estructurales*, abra la carpeta *Nudos* y luego haga doble clic en el nudo número 4.

En la sección *Coordenadas*, cambie la coordenada X a **9.500** m. Después de confirmar los parámetros del diálogo, el gráfico se actualizará automáticamente.

Cambie las coordenadas del nudo **3** en la tabla. Seleccione la pestaña *1.1 Nudos* y haga clic en la fila del nudo 3 en la columna D. Establezca la coordenada X en **9.500** m y confirme el cambio utilizando la tecla [Tab] o la tecla [↵]. Puede ver el resultado modificado en el gráfico inmediatamente.

Para ver la estructura introducida en pantalla completa, haga clic en el botón de la barra de herramientas [Estructura completa]. Para ver sólo una parte de ella haga clic en [Zoom en ventana]. Sitúe el puntero en la esquina superior izquierda de la sección que quiera ampliar. Abra una ventana rectangular moviendo el puntero hasta la esquina inferior derecha manteniendo el botón izquierdo presionado.

Insertar una abertura



Ahora inserte una abertura rectangular en la losa de forjado. Coloque la abertura directamente sobre la estructura usando el botón de la barra de herramientas [Abertura]. Para definir el primer nudo de la abertura, haga clic en el punto de rejilla de coordenadas X/Y/Z **5.000/2.000/0.000**. Defina el nudo opuesto haciendo clic en el punto de rejilla de coordenadas **7.000/4.000/0.000**.

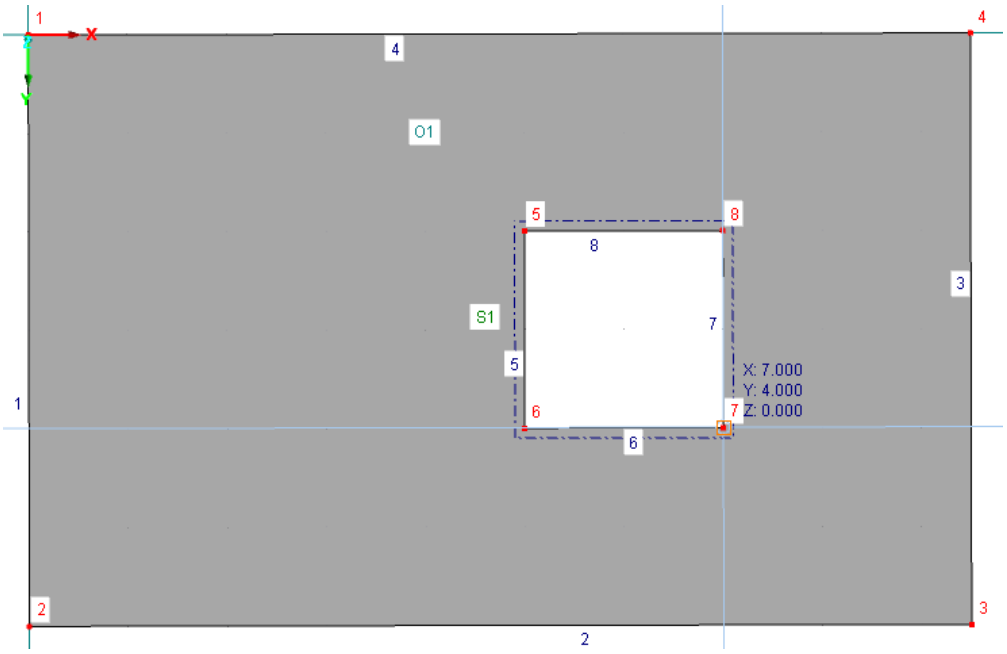


Figura 3.9: Insertando la abertura

Salga del modo de entrada de datos haciendo clic en la tecla [Esc], o haga clic con el botón secundario del ratón en cualquier zona del área de trabajo.

Definir una superficie semicircular

Para introducir una superficie limitada por un arco, y unida a la losa de forjado, defina primero el nudo en la flecha del arco. Haga clic en el botón de la barra de herramientas [Nuevo nudo], y luego introduzca las coordenadas **X = 11.500** m e **Y = 3.000** (ver figura 3.10). Use el botón [Aplicar] o el método abreviado de teclado [Alt] + A para situar el nudo. Después de introducir los datos de las coordenadas, asegúrese de no mover el puntero fuera del cuadro de diálogo, de lo contrario, la entrada de datos del diálogo será sobrescrita por la posición actual del puntero.

Para cerrar el cuadro de diálogo haga clic en el botón Cerrar [x]. Salga del modo de entrada de datos con la tecla [Esc]. Para recuperar la vista general haga clic en el botón [Estructura completa].

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

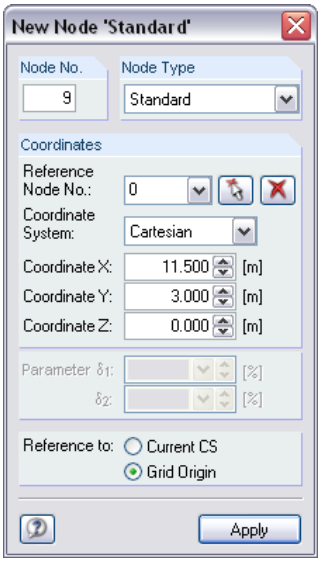


Figura 3.10: Cuadro de diálogo *Nuevo nudo "Estándar"*



Ahora cree un arco circular incluyendo los nudos 3, 4 y 9. Haga clic en la flecha [▼] en el botón de la barra de herramientas [Nueva polilínea] para ver las diferentes herramientas para tipos especiales de líneas.

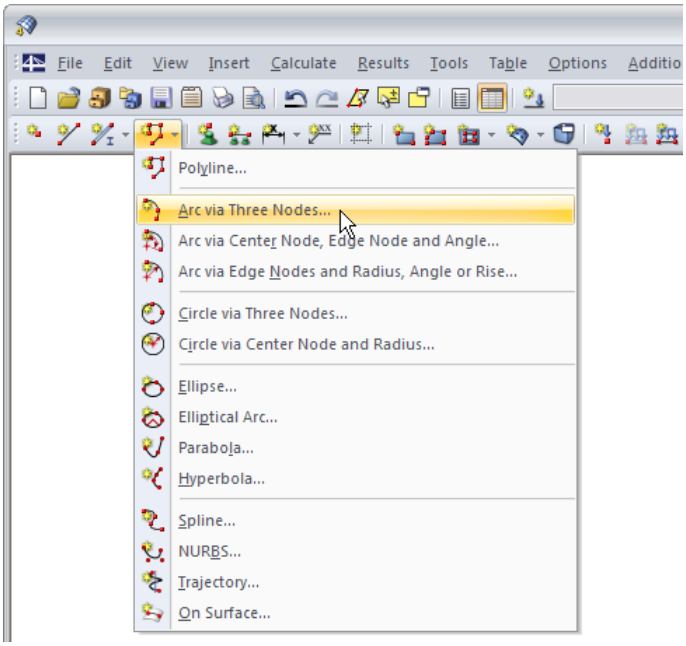


Figura 3.11: Botón *Nueva Polilínea – Arco por 3 puntos*

Seleccione *Arco por 3 puntos*, y luego haga clic en los nudos **4**, **9** y **3**, uno tras otro. Después de hacer clic en el último nudo, el arco se creará. Para salir del modo de entrada de datos, presione la tecla [Esc].



Para crear la losa, limitada por el arco, haga clic en el botón [Nueva superficie plana]. Aparece el cuadro de diálogo *Nueva superficie*.

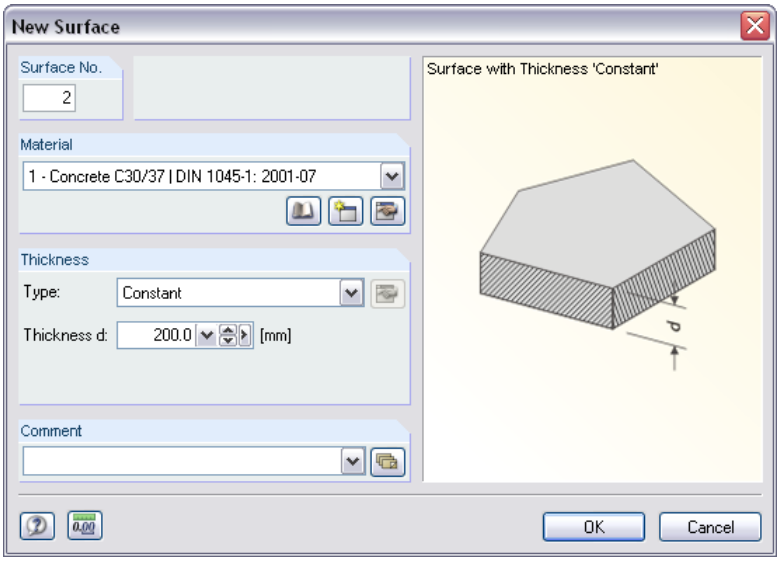


Figura 3.12: Cuadro de diálogo *Nueva superficie*

Haga clic en [Aceptar] para aceptar los parámetros predeterminados y luego haga clic en la línea 3 y en la línea 9, RFEM reconoce la línea contigua y crea la superficie 2.

Ya se completó la entrada de datos para la losa de forjado. La conexión entre las dos superficies es resistente a la flexión, porque no se definió ninguna articulación a lo largo de la línea 3.

3.3.2.2 Muros

Definir un muro rectangular con abertura



Antes de comenzar a crear superficies de muros, cambie a la vista isométrica haciendo clic en el botón de la barra de herramientas [Vista isométrica] que se muestra a la izquierda. Empleando la función encuadre, puede girar el sistema a una posición adecuada moviendo la estructura mientras mantiene presionada la tecla [Ctrl].



En el siguiente paso, seleccione otro plano de trabajo. Haga clic en el botón de la barra de herramientas [Plano de trabajo YZ] que se muestra a la izquierda. Ahora la rejilla está activa en la dirección vertical. El origen del plano de trabajo se mantiene sin cambios.



Una vez más, abra *Nueva superficie rectangular*. Confirme los parámetros del diálogo, y luego haga clic en el nudo 1. Para definir la esquina opuesta inferior de la superficie, haga clic en el punto de rejilla de coordenadas **Y** = **6.000** m y **Z** = **4.000** m. RFEM 4 reconoce que el nudo 2 y la línea 1 pertenecen a la misma superficie y los define automáticamente. Las superficies 1 y 3 están rígidamente conectadas por la línea 1.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

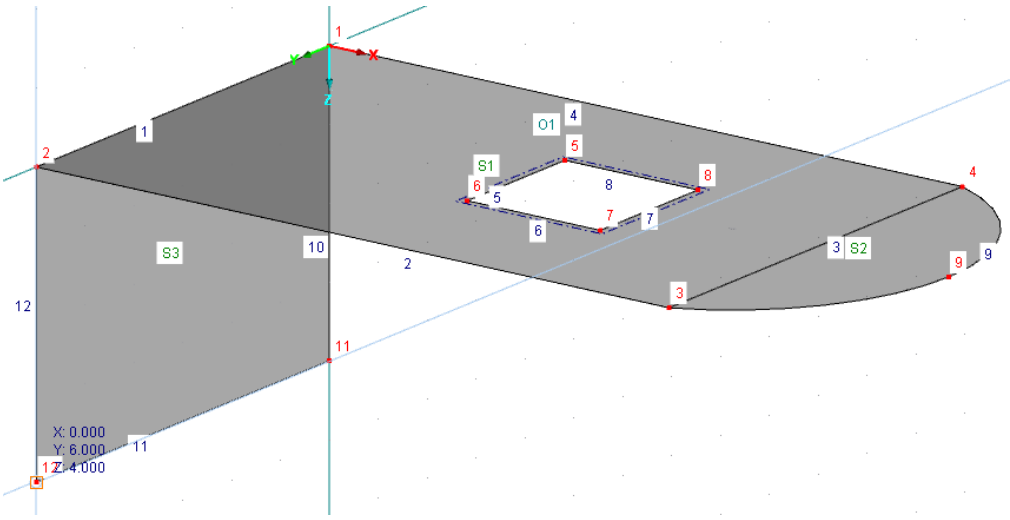
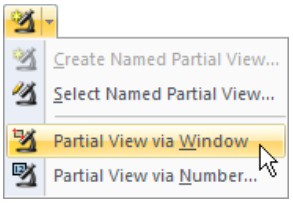


Figura 3.13: Superficie rectangular 3

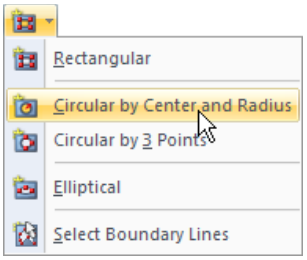
Salga del modo de entrada para la superficie rectangular empleando la tecla [Esc]. Ahora inserte una abertura circular en el muro.



A menudo puede ser útil mostrar sólo la parte de la estructura que está siendo procesada. La función *Vista parcial* le ayuda a ver sólo partes específicas de la estructura. Haga clic en el botón de la barra de herramientas [Vista parcial] y seleccione *Vista parcial por ventana*. Dibuje una ventana cubriendo toda la superficie 3 mientras mantiene presionado el botón primario del ratón. El resto de la estructura se mostrará con menor intensidad en el fondo.



Haga clic en el botón de la barra de herramientas [Estructura completa] para establecer la vista de ventana completa de la superficie 3.



Una vez más, se puede crear una abertura directamente sobre la superficie 3. En el menú Abertura, seleccione *Circular por centro y radio*. El cuadro de diálogo *Nuevo círculo* aparece.

Haga clic en el punto (**0.00/2.00/2.00**) para definir el centro del círculo.

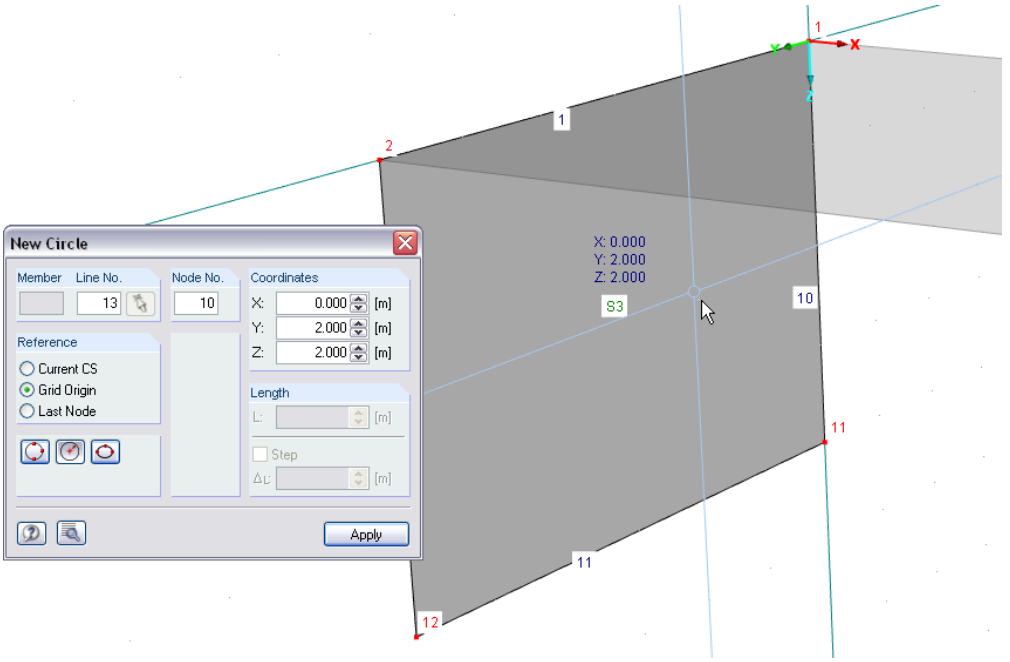
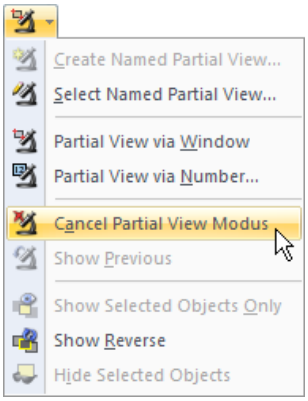


Figura 3.14: Cuadro de diálogo *Nuevo círculo*

En el siguiente cuadro de diálogo *Nuevo círculo*, introduzca **0.500** m en el cuadro *Radio r*, y luego haga clic en el botón [Aplicar]. Asegúrese, una vez más, de que no mueve el puntero fuera del cuadro de diálogo, de lo contrario, la entrada del diálogo será sobrescrita por la posición activa del cursor. Salga del cuadro de diálogo usando la tecla [Esc].



Para mostrar las partes de la estructura ocultadas previamente, haga clic en el botón de la barra de herramientas [Vista parcial] y seleccione *Cancelar modo de vista parcial*. Ahora la vista de la pantalla debería parecerse a la de la figura que sigue.

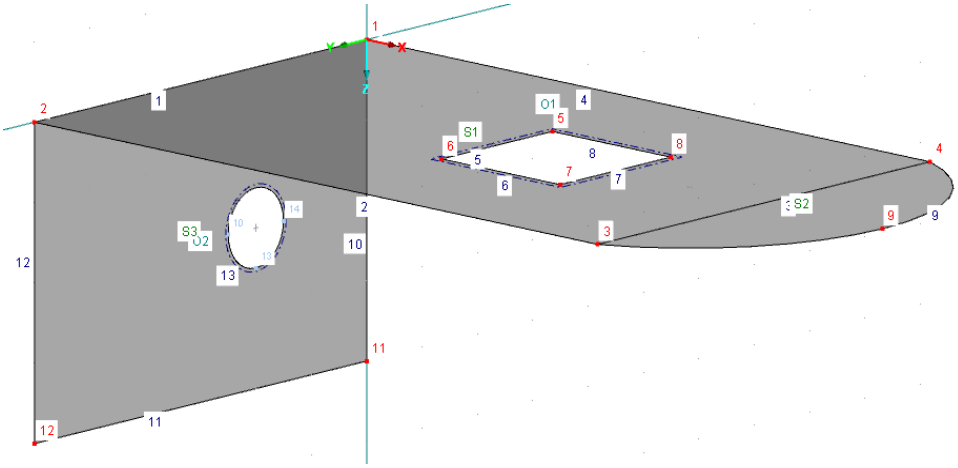


Figura 3.15: Superficie del forjado y muro con aberturas

Definir el muro de atrás

Para generar la lámina curvada y el muro de atrás, copie las líneas 3, 4 y 9. Primero, haga clic en la línea **3**, mantenga presionada la tecla [Mayús], y luego haga clic en las líneas **4** y **9** una tras otra. Esto le permite seleccionar las tres líneas juntas. Los objetos seleccionados se resaltan en otro color. Ahora, no haga clic en el área de trabajo ni en ningún otro objeto, si no se cancelará la selección.



Para copiar estás tres líneas a 4.0 m en dirección Z, abra el cuadro de diálogo *Mover/copiar*. En el menú *Edición*, haga clic en *Mover/copiar* o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

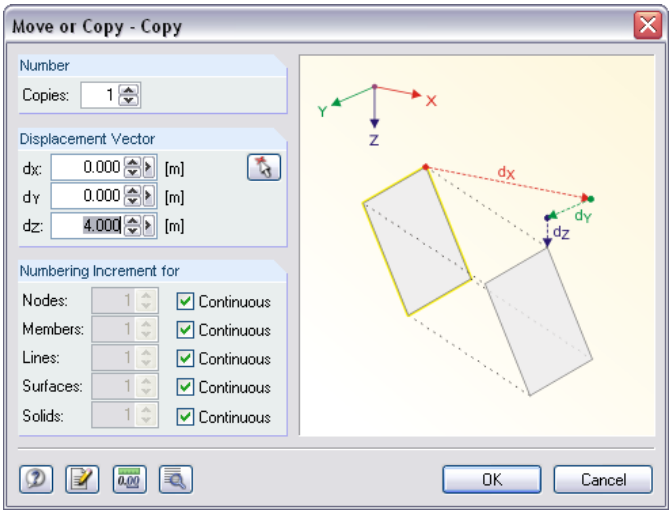


Figura 3.16: Cuadro de diálogo *Mover/copiar*

Cuando se introduce "0" en el cuadro *Copias*, los objetos se moverán. Sin embargo, para crear una copia exacta escriba "**1**". En la sección del diálogo *Vector desplazamiento*, introduzca **4.000** m en el cuadro d_z y confirme los parámetros haciendo clic en [Aceptar].

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



Ahora conecte el nudo 3 y el 16, así como el nudo 4 con el 17 con líneas. Haga clic en el botón de la barra de herramientas [Nueva línea] que se muestra a la izquierda y defina las líneas haciendo clic en los respectivos nudos. Para salir del modo de entrada de datos utilice la tecla [Esc] o haga clic con el botón secundario del ratón en el área de trabajo.

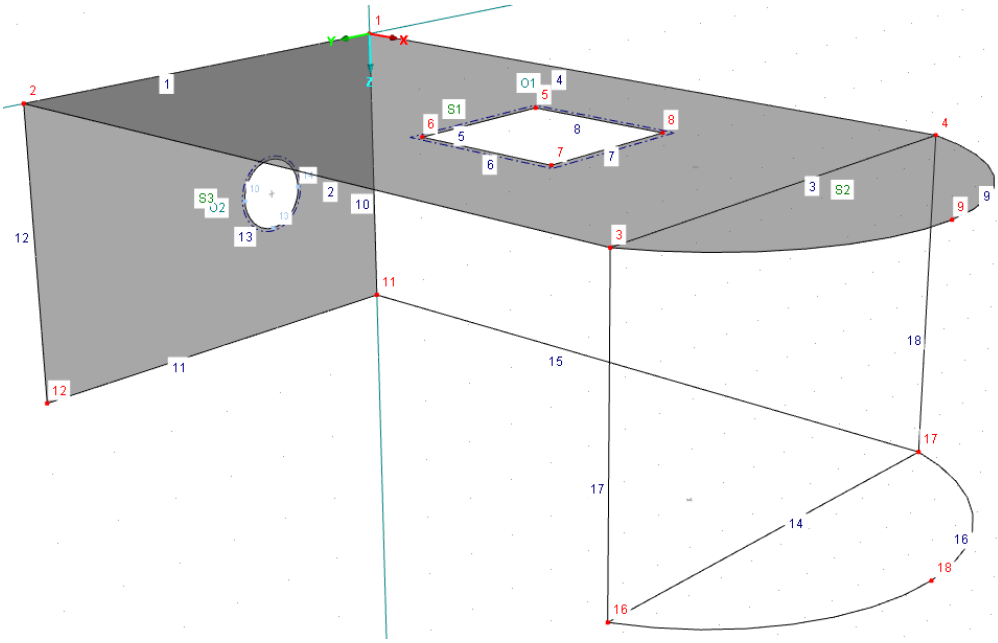


Figura 3.17: Resultado: Líneas 14 a 18

En el siguiente paso, cree el muro de atrás. Seleccione las líneas **4**, **10**, **15** y **18** haciendo clic con el botón primario del ratón y manteniendo presionada la tecla [Mayús]. El orden de selección de las líneas no es importante.

En el navegador *Datos*, abra la carpeta *Datos estructurales*, haga clic con el botón secundario del ratón sobre *Superficies*, haga clic en *Nueva superficie*, y luego en *Plana*.

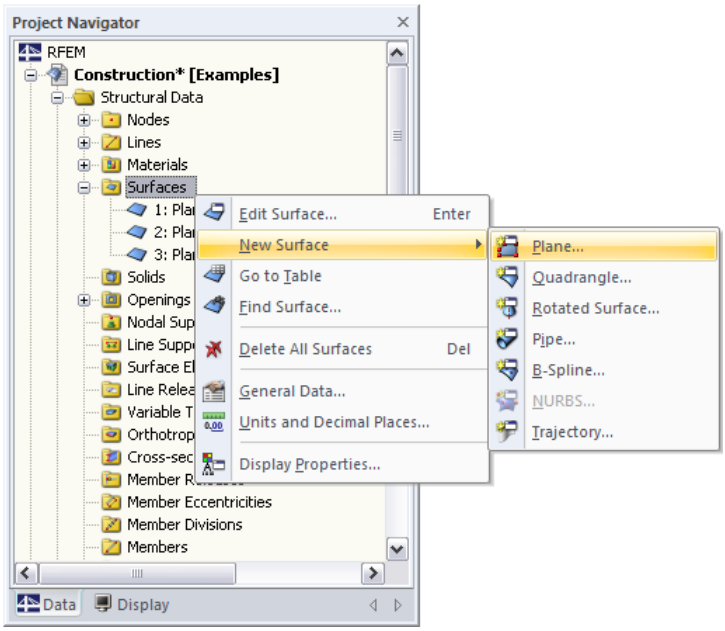


Figura 3.18: Crear una superficie mediante el menú contextual *Superficies*

El cuadro de diálogo *Nueva superficie* aparece en pantalla. Puede ver, sin embargo, que este cuadro de diálogo se agregó junto al cuadro de texto *Líneas de contorno núm.* en el cual ya se introdujeron las cuatro líneas seleccionadas. Después de confirmar los parámetros del diálogo, se creará la superficie.

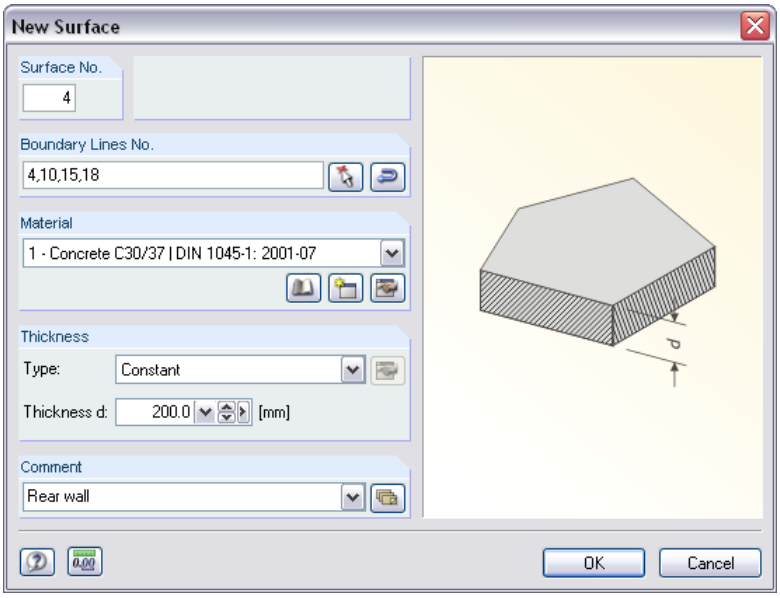


Figura 3.19: Cuadro de diálogo *Nueva superficie*



Para definir la superficie, también puede utilizar el menú **Insertar**, sitúe el cursor en **Datos estructurales**, **Superficies** y **Plana**, y luego haga clic en **Cuadro de diálogo**, o emplee el botón de la barra de herramientas [Nueva superficie plana].



Si desea probar otra opción de entrada, deshaga la creación de la superficie 4 haciendo clic en el botón de la barra de herramientas [Deshacer] que se muestra a la izquierda.

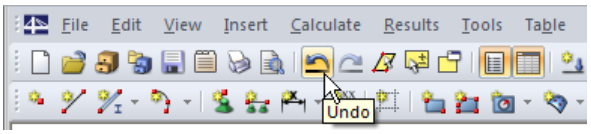


Figura 3.20: Botón *Deshacer*

Definir una lámina



Para definir una lámina, no se puede emplear la función anterior, ya que la superficie en la parte delantera de la estructura no es plana sino curva. Haga clic en la flecha del botón de la barra de herramientas [Cuadrángulo] para ver las diversas posibilidades para crear diferentes tipos de superficies no planas.

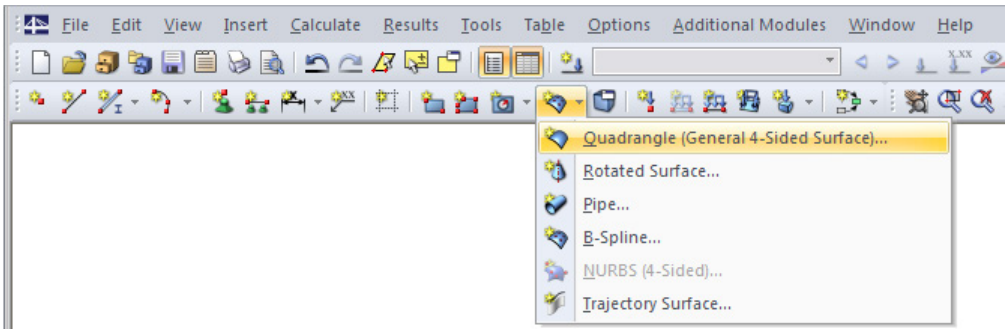


Figura 3.21: Botón *Cuadrángulo*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Usando la función *Cuadrángulo*, se puede crear una lámina con al menos cuatro líneas de contorno. Seleccione *Cuadrángulo*, y aparece el cuadro de diálogo *Nueva superficie cuadrangular*. Una vez más, introduzca los datos para *Material* y *Espesor*.

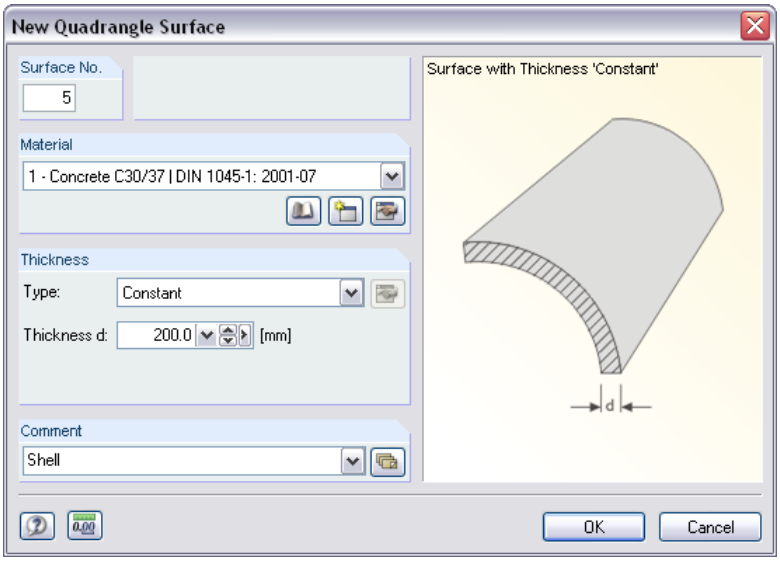


Figura 3.22: Cuadro de diálogo *Nueva superficie cuadrangular*

Confirme los datos del diálogo haciendo clic en [Aceptar]. Luego haga clic en las líneas de contorno de la lámina **9**, **17**, **16** y **18** una tras otra. Finalmente, salga del modo de entrada usando la tecla [Esc].

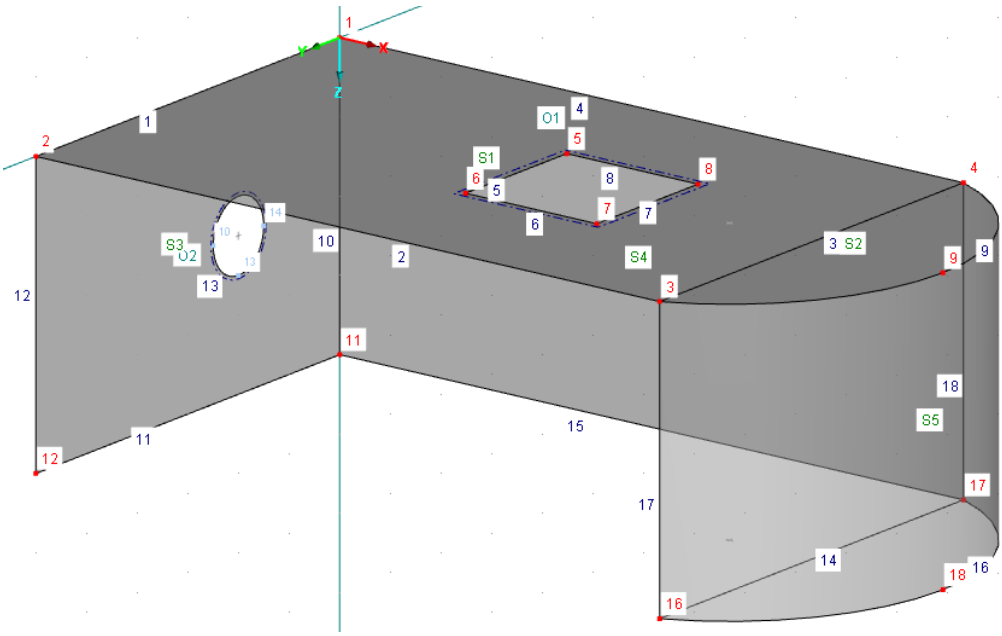


Figura 3.23: Resultado de la entrada de superficies

3.3.3 Definir barras

3.3.3.1 Soportes de acero

Los elementos de barra están vinculados a líneas (esto significa que a cada barra se le puede asignar una sóla línea). Sin embargo, el soporte de acero se puede posicionar directamente en el plano de las líneas 12 y 17, ya que las líneas se generan automáticamente al definir las barras.



En primer lugar, seleccione el plano XZ como *Nuevo plano de trabajo*.



Ahora mueva el plano de trabajo al plano de las líneas 12, 2 y 17 haciendo clic en el botón de la barra de herramientas [Definir un origen de rejilla/plano de trabajo] que se muestra a la izquierda. Para establecer el nuevo *Origen del plano de trabajo* haga clic en el nudo **2** en la parte frontal de la estructura.

Puede situar el soporte directamente en la estructura, incluso aunque el soporte aún no tenga ningún nudo en la línea 2. Esta línea se dividirá automáticamente sin eliminar la superficie 1 ya definida por esta línea.



Haga clic en [Nueva barra] para abrir el cuadro de diálogo *Nueva barra*.

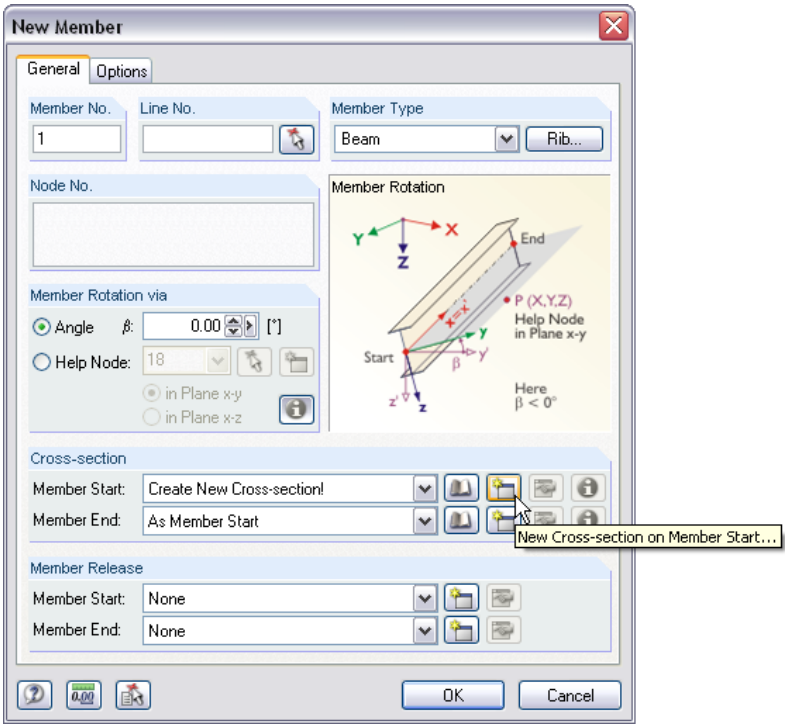


Figura 3.24: Cuadro de diálogo *Nueva barra*



Acepte el parámetro predeterminado **Viga** en el cuadro *Tipo de barra*. En la sección del diálogo *Sección*, haga clic en el botón [Nueva sección para inicio de barra] mostrado a la izquierda para definir un tipo de sección para el *Inicio de barra*.

El cuadro de diálogo *Nueva sección* aparece.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

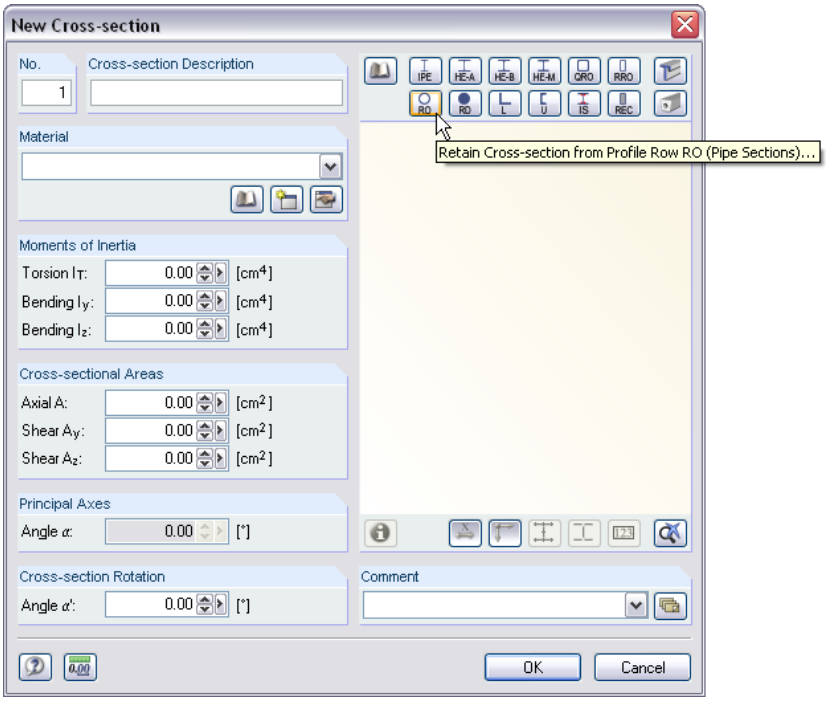


Figura 3.25: Cuadro de diálogo *Nueva sección*



Haga clic en el botón [RO] para abrir la fila de perfiles **Secciones de tubo** de la biblioteca de perfiles.

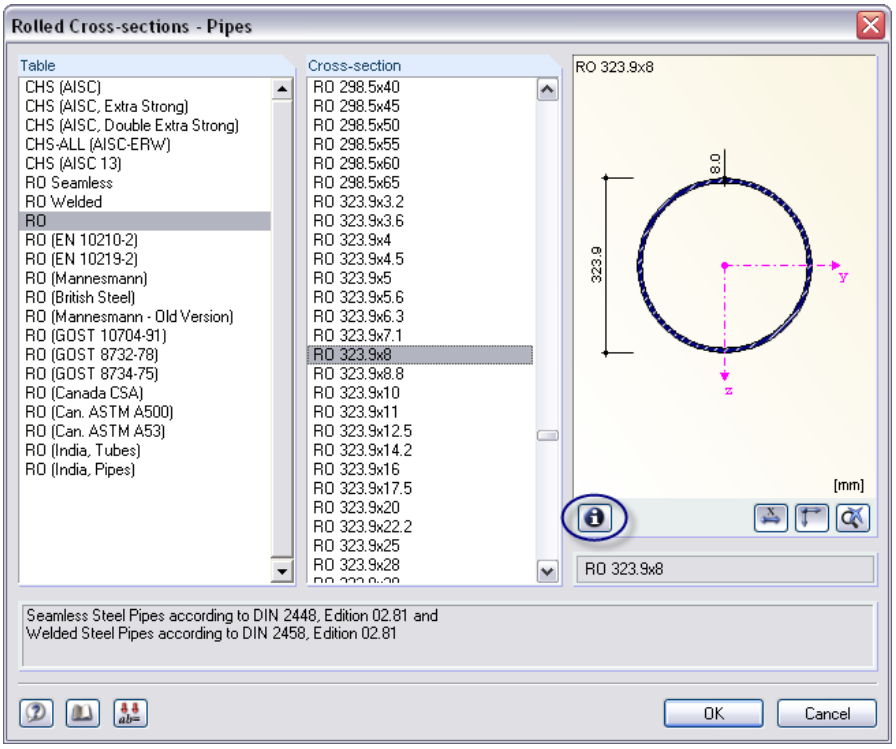


Figura 3.26: Perfiles laminados - Tubos



En la tabla de la sección izquierda del cuadro de diálogo, haga clic en la fila de perfiles **RO**. En la sección del cuadro de diálogo *Sección*, seleccione el perfil **RO 323.9 x 8**. Haga clic en el botón [Información sobre la sección] que se muestra a la izquierda para ver las propiedades de la sección.

Haga clic en [Aceptar] para importar los valores de la sección al cuadro de diálogo *Nueva sección*.

En el cuadro *Material*, se preselecciona automáticamente el número **2 - Acero S 235** para perfiles laminados.

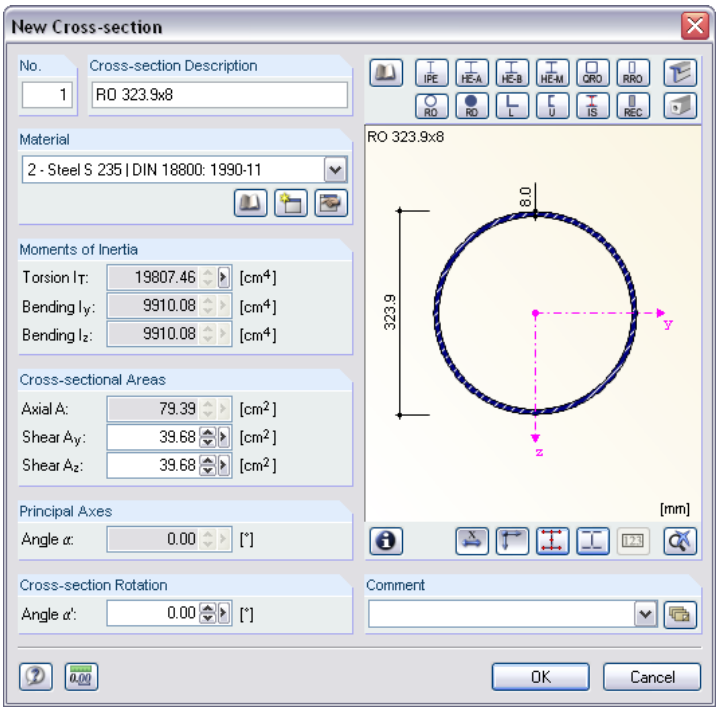


Figura 3.27: Cuadro de diálogo *Nueva sección*



Si desea cambiar el material use el botón [Biblioteca de materiales] debajo del cuadro *Material*. En el cuadro *Comentarios* puede introducir **Soporte**.

Cierre el cuadro de diálogo haciendo clic en [Aceptar] y vuelva al cuadro de diálogo anterior *Nueva barra* (ver figura 3.24, página 28).

El soporte debe usarse como un soporte articulado fijo. No se recomienda definir articulaciones en los apoyos, ya que los grados de libertad se controlan mediante las condiciones del apoyo en este lugar. Por lo tanto, sólo define una articulación en el extremo del soporte.



Defina una nueva articulación para el *Final de barra* usando el botón [Crear nueva articulación en final de barra].

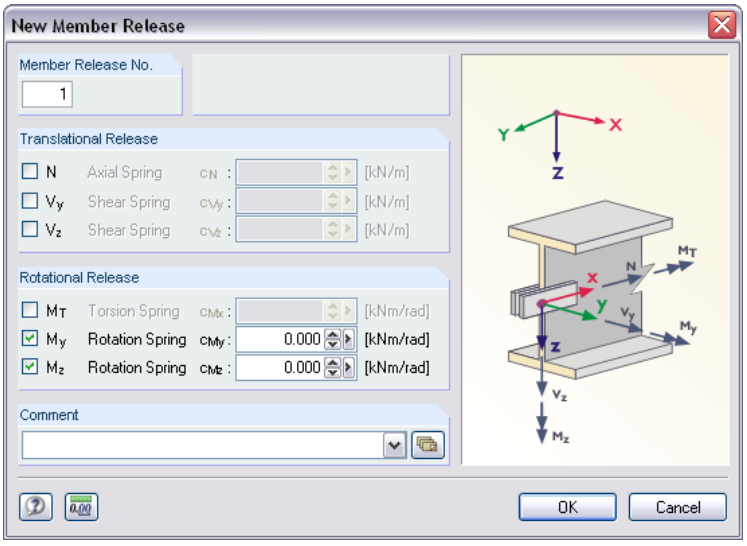


Figura 3.28: Cuadro de diálogo *Nueva articulación en barra*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

En el cuadro de diálogo *Nueva articulación en barra*, seleccione los esfuerzos internos que no se deben transferir por la articulación. En el ejemplo introductorio, éstos son los momentos para $\mathbf{M_y}$ y $\mathbf{M_z}$. Confirme el diálogo sin realizar ningún cambio haciendo clic en [Aceptar]. El cuadro de diálogo *Nueva barra* aparece nuevamente y debe parecerse a la figura siguiente.

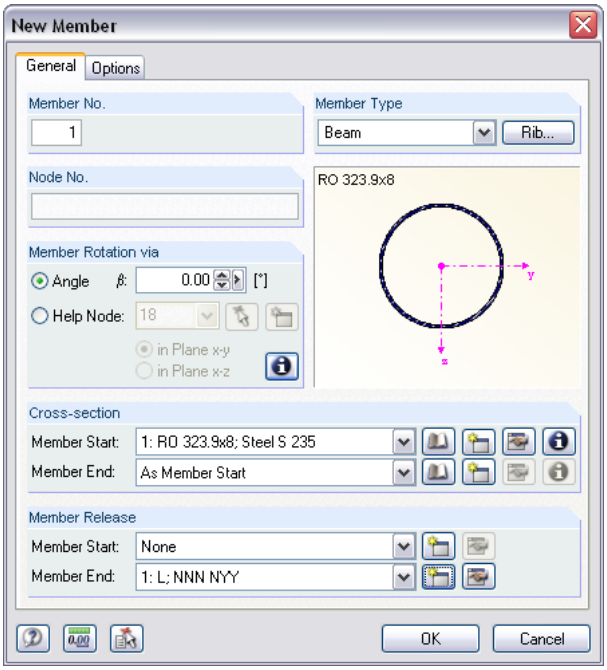


Figura 3.29: Cuadro de diálogo *Nueva barra*

Haga clic en [Aceptar] y entonces aparece el cuadro de diálogo *Nueva barra (Línea)*. Defina la base del apoyo haciendo clic en el punto de coordenadas **X'** = **6.000** m y **Z'** = **4.000** m..

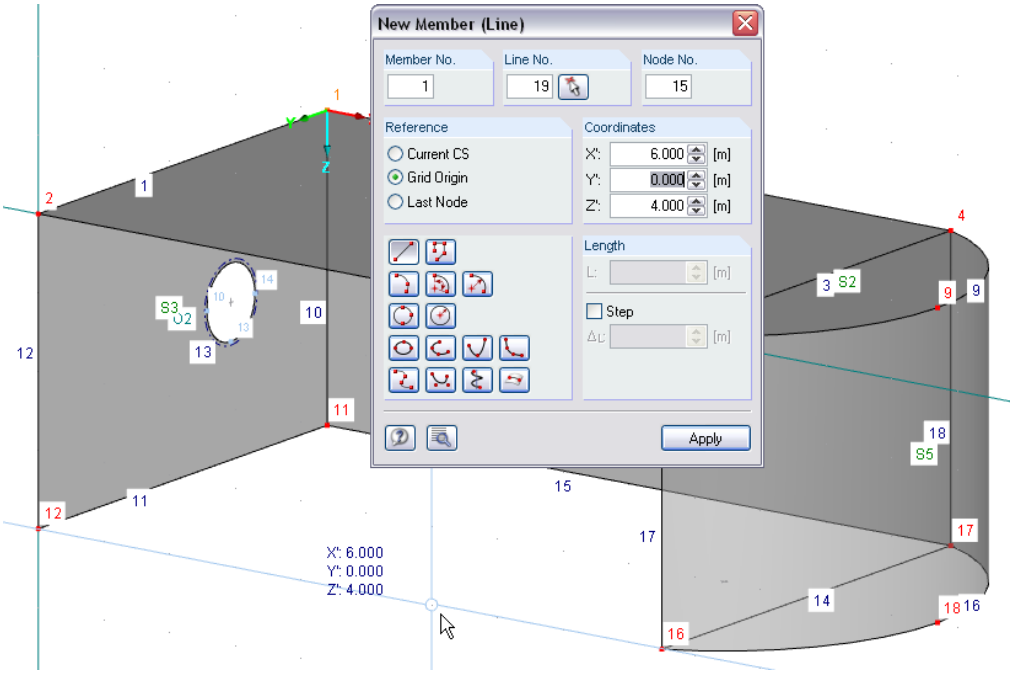


Figura 3.30: Definiendo la base del apoyo

Antes de definir la parte superior de la columna en el punto de la rejilla **X = 6.000** m, **Y = 6.000** y **Z = 0.000** m, comprobar si la opción **Conectar automáticamente** está activa para líneas y barras por medio del botón [Parámetros de detalle]. Aparece otro cuadro de diálogo.

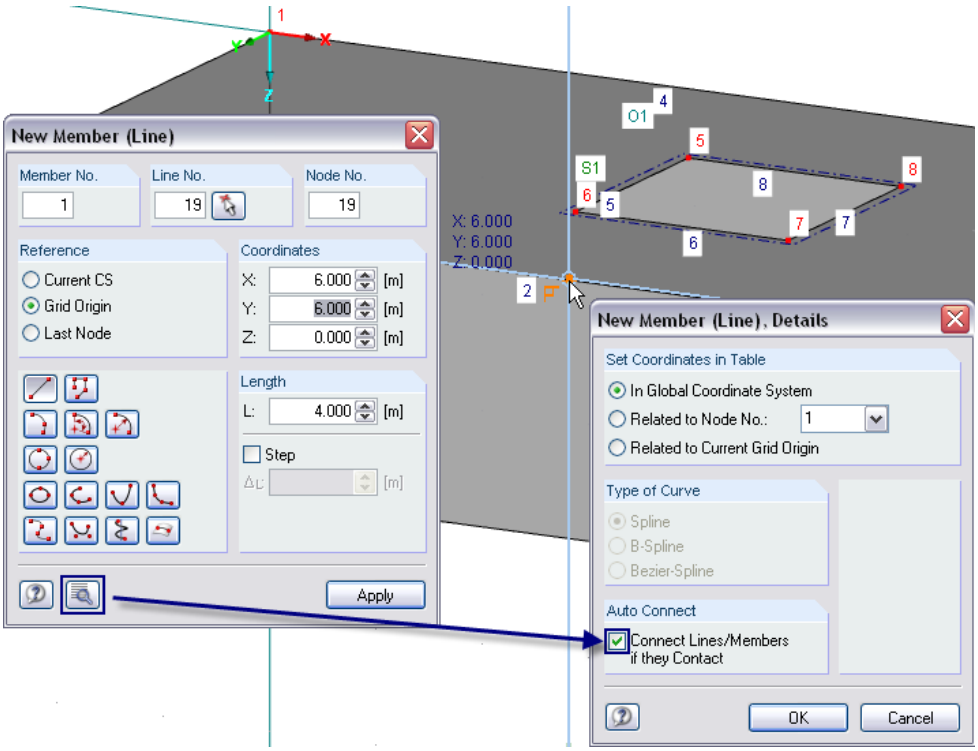


Figura 3.31: Definiendo de la parte superior del apoyo

Si la casilla de verificación no está marcada, actívela marcándola, y luego coloque el soporte en la solera haciendo clic en el punto de rejilla.

Observe la numeración de la línea: la nueva línea **20** se agregó a la derecha del nuevo nudo 19. Ahora la línea 2 comienza en el nudo 2 y termina en el 19. Las líneas de contorno de la superficie 1 también se ajustaron. Para comprobar los números de las líneas en el cuadro de diálogo *Editar superficie*, haga doble clic en la superficie 1.



En el modo render, es difícil ver si la articulación se asignó al extremo de barra apropiado. Adicionalmente al modo de imagen foto-realista, puede seleccionar el modelo de vista reducido a líneas sólidas. Puede elegir entre estos dos diferentes tipos de visualización utilizando el menú **Ver** y seleccionando **Mostrar modelo de sólido/línea**. También puede usar el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. En la vista del modelo de línea, la barra sólo se muestra como una línea delgada, de tal manera que la articulación se vuelve visible en el extremo superior del soporte.

3.3.3.2 Viga de acero



Ahora cree las dos vigas de acero en el canto del forjado sin arriostrar. Primero seleccione las líneas **2** y **20** manteniendo presionada la tecla [Ctrl]. Para abrir el cuadro de diálogo *Nueva barra*, use el botón de la barra de herramientas [Nueva barra] que se muestra a la izquierda.



Defina una nueva sección para el *Inicio de barra* de la misma forma que se describe en el capítulo anterior. Seleccione un perfil **IPE 400** como sección núm. **2** haciendo clic en el botón que se muestra a la izquierda.

Los momentos flectores no se deben transferir al muro de acero a excepción de la viga al soporte. Lleve a cabo la entrada de datos igual para ambas vigas y ajuste los parámetros más tarde. Por lo tanto, seleccione la articulación 1, ya definida, de la lista *Inicio de barra* [▼] en la sección del diálogo *Articulación en barra*. Acepte el parámetro predeterminado **Ninguno** para el *Final de barra*.

Ahora el cuadro de diálogo *Nueva barra* se debe parecer al de la figura siguiente.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

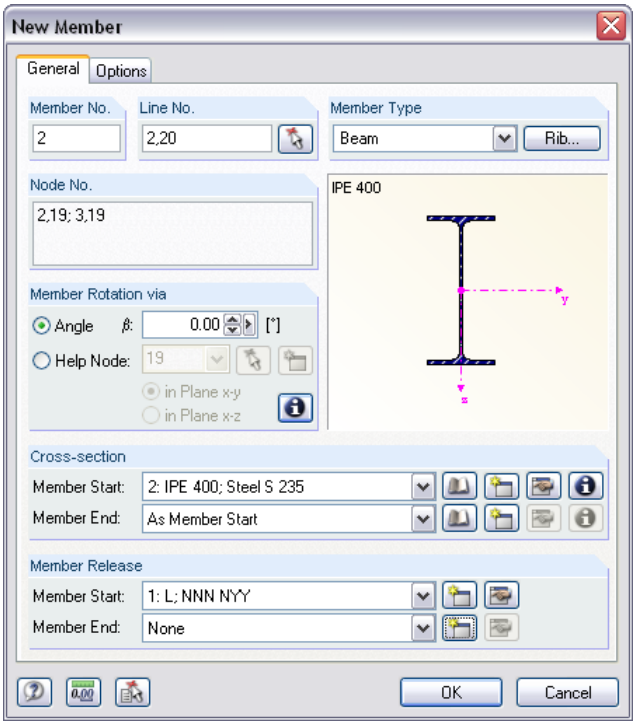


Figura 3.32: Cuadro de diálogo *Nueva barra*



Las vigas no están situadas en el plano del forjado pero sí debajo del mismo. En el segundo registro del diálogo Opciones, defina una excentricidad haciendo clic en el botón [Crear nueva excentricidad de barra] que se muestra a la izquierda.

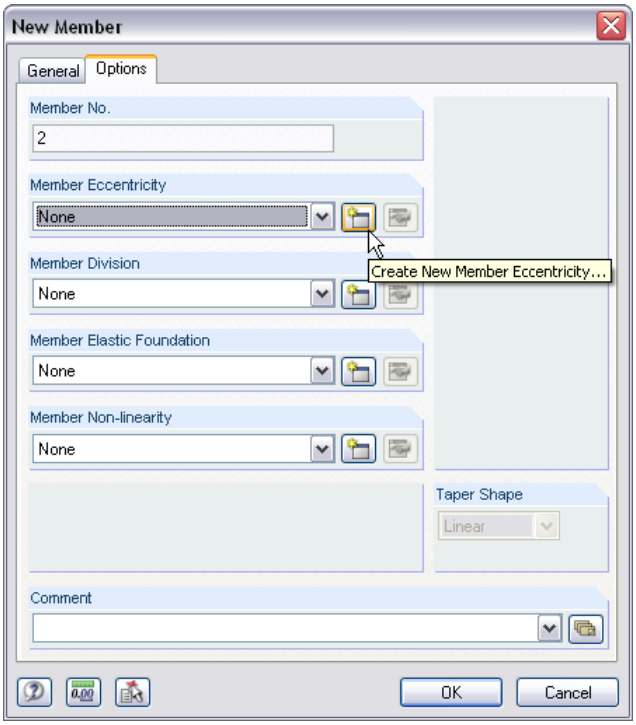


Figura 3.33: Cuadro de diálogo *Nueva barra*, registro *Opciones*

La conexión en cada final de barra se mueve hacia abajo junto a la suma de la mitad de la altura de la viga (200 mm) y la mitad del espesor del forjado (100 mm). Como resultado se obtiene una excen-

tricidad de **300.0** mm en e_Z en relación al sistema de referencia *Global X,Y,Z* para ambos *Inicio de barra* y *Final de barra*.

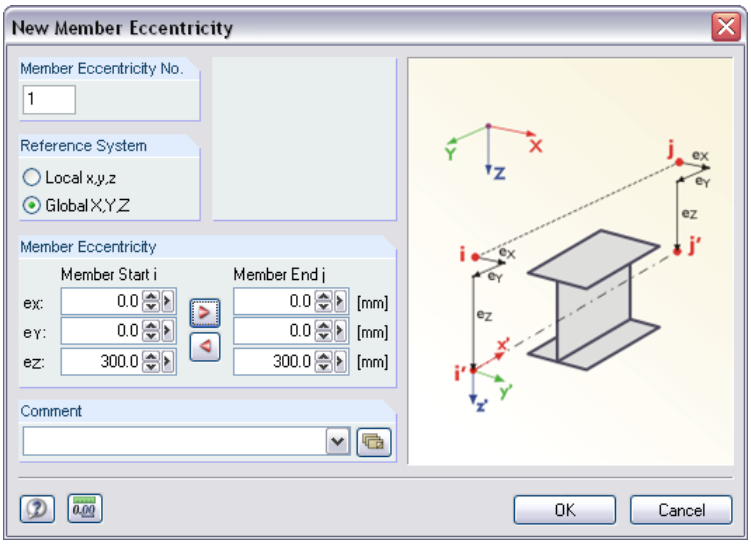


Figura 3.34: Cuadro de diálogo *Nueva excentricidad de barra*

Ahora sitúe ambas vigas en la estructura confirmando todos los cuadros de diálogo.

La articulación asignada a la viga derecha en la línea 20 se puede ajustar sin problemas. Haga clic con el botón secundario del ratón en la barra 3 y luego seleccione la función *Invertir orientación de barra*.

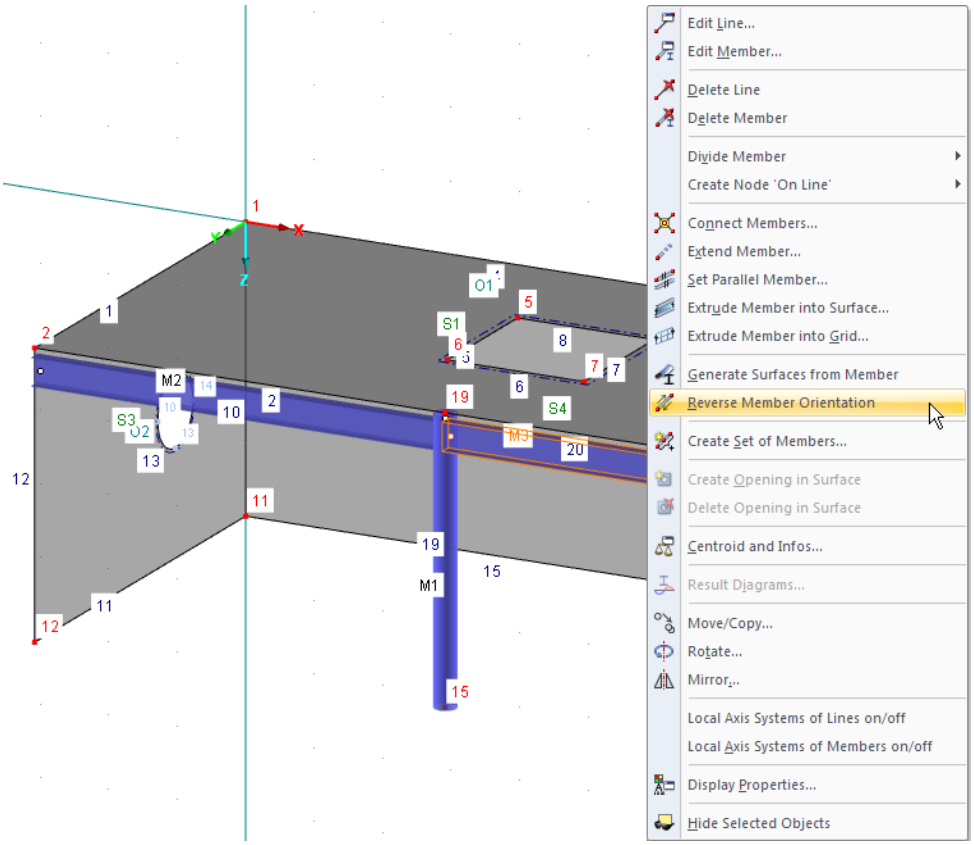


Figura 3.35: Menú contextual *Barra*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Puede comprobar la excentricidad por medio de la opción de mostrar *Relleno incluido espesor* que se puede establecer en el navegador *Mostrar*. Aún así, seleccione *Relleno transparente* para la siguiente entrada de datos.

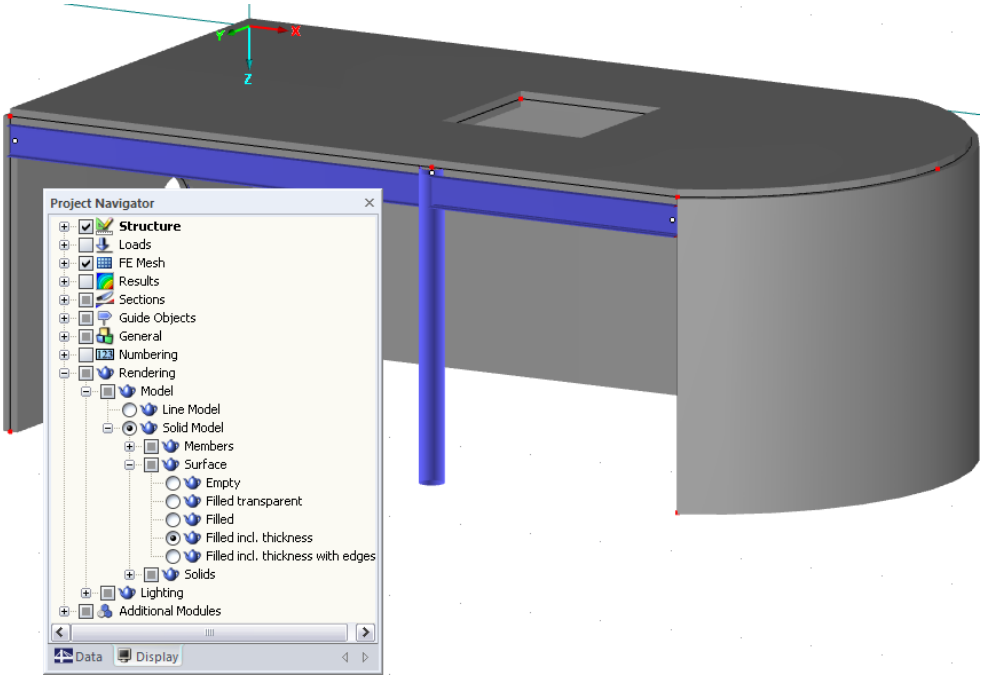


Figura 3.36: Navegador *Mostrar*: Rendering → Modelo → Modelo de sólido → Superficie

Del mismo modo, también puede definir una excentricidad para la parte superior del soporte, pero en este ejemplo introductorio queremos hacerlo sin la misma.

3.3.4 Definir apoyos

Casi terminó con la entrada de datos estructurales, ya sólo faltan los apoyos.

Apoyos lineales



Emplee apoyos lineales para los muros. Primero, seleccione las líneas **11**, **15** y **16** manteniendo presionada la tecla [Ctrl]. Para abrir el siguiente cuadro de diálogo haga clic en el botón de la barra de herramientas [Nuevo apoyo lineal] que se muestra a la izquierda.

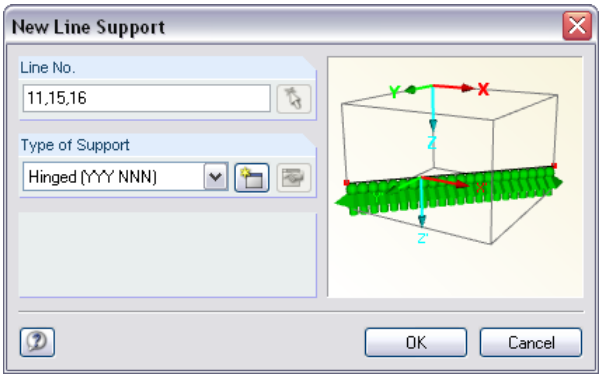


Figura 3.37: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo lineal*



En el cuadro combinado *Tipo de apoyo*, las opciones *Articulado fijo* y *Empotrado* ya están establecidas como predeterminadas. Las letras SSS NNN (Sí para el apoyo en la dirección X, Y y Z, No para las restricciones en los ejes X, Y y Z) permiten una vista rápida del criterio definido. Usando el botón

[Crear nuevo tipo de apoyo lineal] se puede definir cualquier tipo de apoyo, pero no es necesario para el ejemplo introductorio. Acepte el parámetro predeterminado **Articulado fijo** y confirme el cuadro de diálogo haciendo clic en [Aceptar]. Ahora se muestran los apoyos lineales en la ventana gráfica.

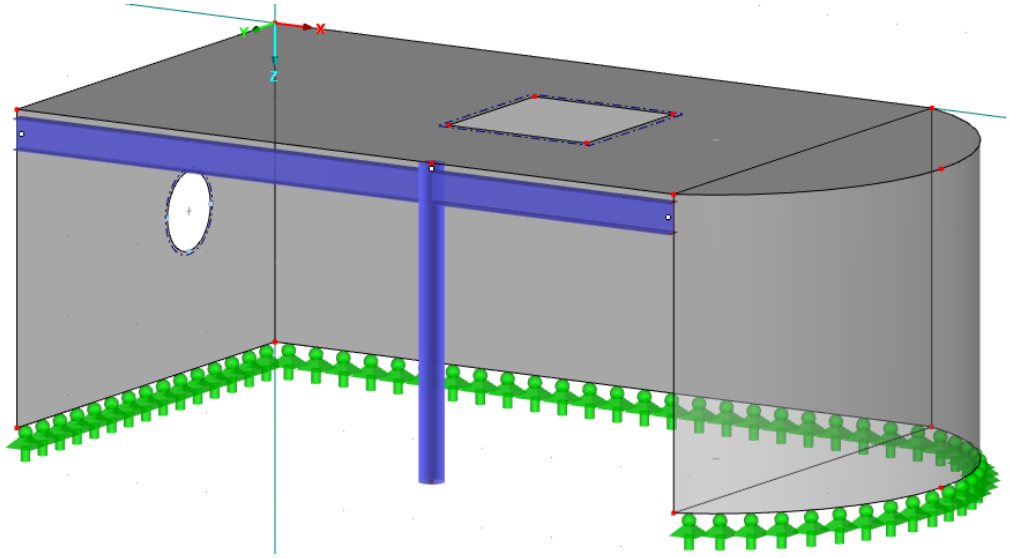


Figura 3.38: Apoyos lineales para muros

Apoyos en nudos

Finalmente se asigna un apoyo articulado fijo para el soporte de acero. Haga doble clic en el nudo 15 en la base de apoyo para abrir el cuadro de diálogo *Editar nudo*. Defina los parámetros haciendo clic en el registro *Apoyo*. En la sección del diálogo *Apoyo* marque la casilla *Disponible*.

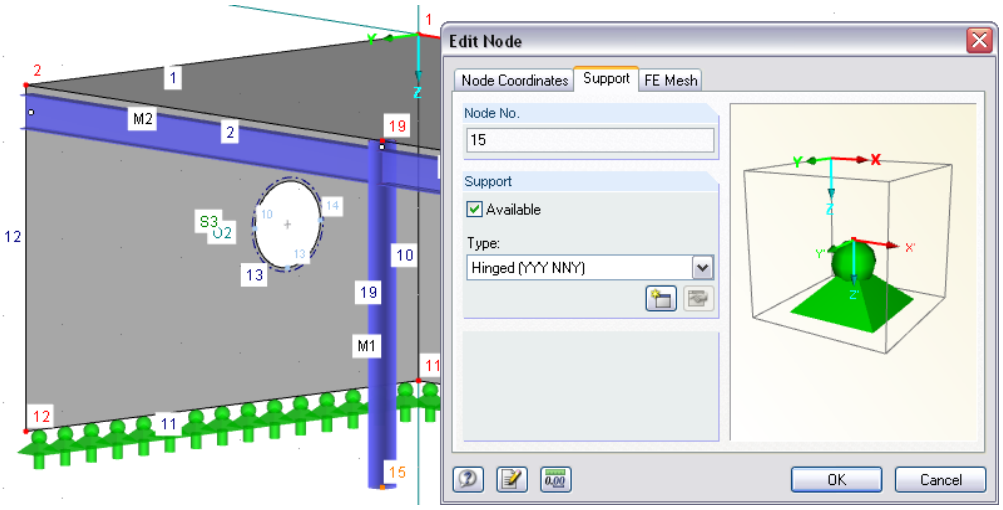


Figura 3.39: Cuadro de diálogo *Editar nudo* pestaña *Apoyo*

Una vez más, acepte el parámetro predeterminado **Articulado fijo** en el cuadro *Tipo*. Después de confirmar el cuadro de diálogo se muestra en la ventana gráfica el apoyo en el nudo.

3.3.5 Comprobar datos de entrada



Como ya se mencionó, RFEM 4 ofrece diversas opciones para la entrada de datos estructurales. La entrada de datos del ejemplo introductorio también se refleja en las tablas de entrada de datos, de forma que puede ver los datos tabulados. De forma predeterminada, las tablas se muestran debajo

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

de la ventana de trabajo. Puede abrir y cerrar las tablas haciendo clic en el menú **Tabla** y seleccionando **Mostrar**. También puede usar el correspondiente botón de la barra de herramientas.

Para diferentes objetos estructurales, dispone de tablas de entrada de datos separadas que se pueden seleccionar en las pestañas de registro. Por ejemplo, si está buscando una línea en particular en la tabla, seleccione la tabla *1.2 Líneas* y luego haga clic en la línea mostrada en la ventana gráfica. Entonces la fila de la línea correspondiente se resalta en la tabla.

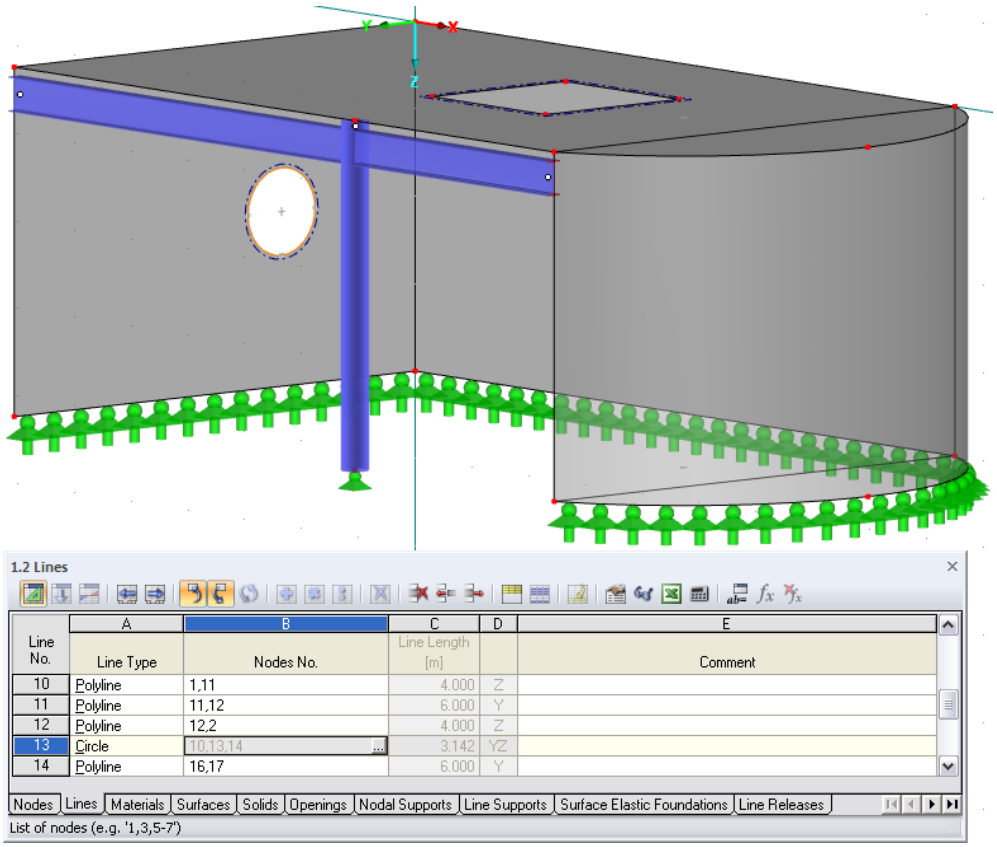
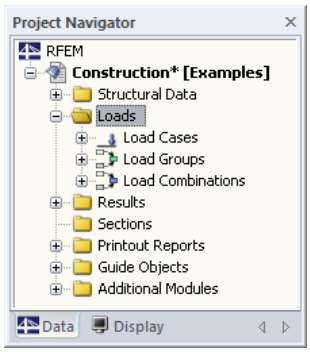


Figura 3.40: Tabla 1.2 *Líneas* con la línea 13 seleccionada de la abertura circular.



Ahora la entrada de datos estructurales está completa. Guarde los datos de entrada en el menú **Archivo** y seleccione **Guardar** o su correspondiente botón en la barra de herramientas.

3.4 Introducir datos de carga



En el navegador *Datos* se encuentran tres entradas de datos para **Cargas**: *Casos de carga, Grupos de carga* y *Combinaciones de carga*.

Defina las diferentes acciones (por ejemplo el peso propio, la carga de nieve y la carga de viento) en los casos de carga. Luego combine estos casos de carga juntos con sus coeficientes parciales de seguridad pertinentes en grupos de carga y combinaciones de carga.

3.4.1 Caso de carga 1: Peso propio

Como primera acción, introduzca el caso de carga para el peso propio. En el menú **Insertar**, sitúe el cursor en **Cargas**, luego en **Cargas superficiales**, y después haga clic en **Gráficamente.** El cuadro de diálogo aparece para crear un nuevo caso de carga.

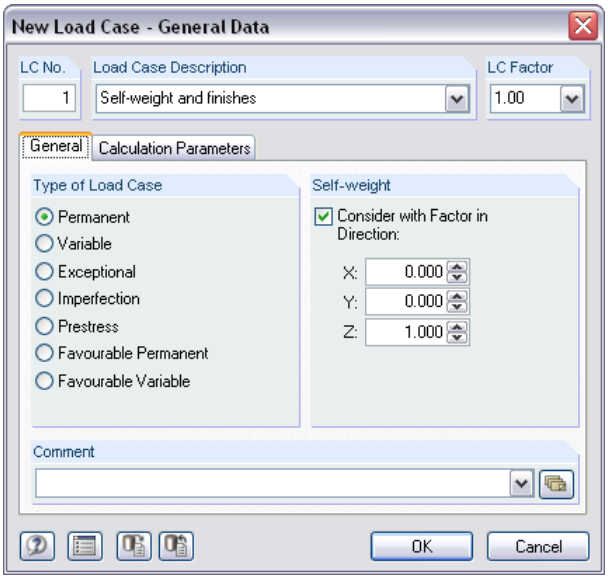


Figura 3.41: Cuadro de diálogo *Nuevo caso de carga – Datos generales*

En el cuadro de texto *Descripción del caso de carga*, seleccione **Peso propio** de la lista o escriba el nombre de esta carga manualmente. El caso de carga *CC núm. 1* y el *Tipo de caso de carga* **Permanente** se establecen como predeterminados. El *Peso propio* de superficies y barras en la dirección **Z** se tiene automáticamente en cuenta cuando el valor está preestablecido en **1.00.**

Cargas superficiales uniformes

Haga clic en [Aceptar] para aceptar las entradas de datos. Entonces aparece el cuadro de diálogo *Nueva carga superficial*.

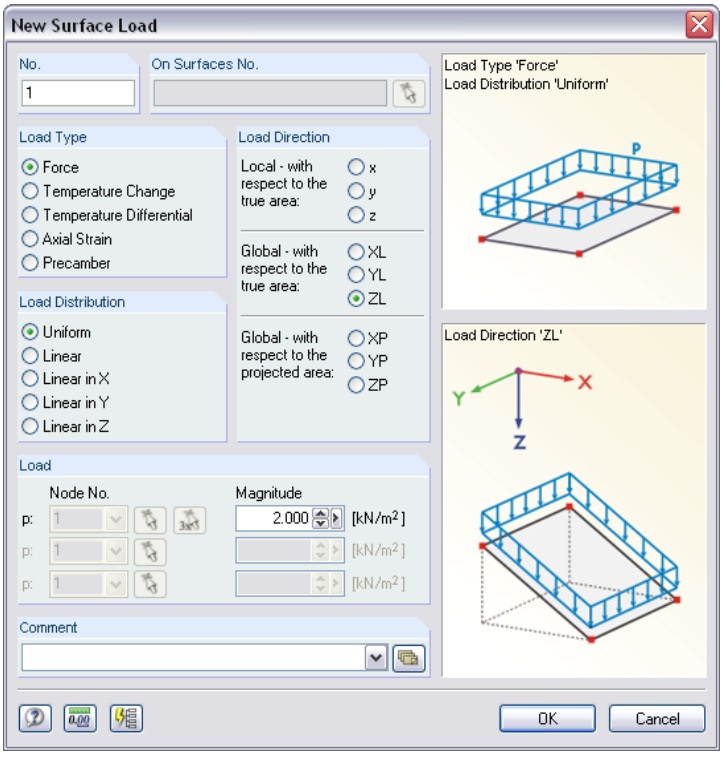


Figura 3.42: Cuadro de diálogo *Nueva carga superficial*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

El peso propio del forjado actúa como un *Tipo de carga* **Esfuerzo** y la *Distribución de carga* es **Uniforme**. Acepte estas configuraciones predeterminadas así como el parámetro **ZL** para *Global* en la sección del diálogo *Dirección de carga*.

En la sección del diálogo *Carga* introduzca **2.000** kN/m² en *Magnitud* (ver "Cargas", página 14) y cierre el cuadro de diálogo haciendo clic en [Aceptar].



Después de cerrar el cuadro de diálogo, asigne la carga a sus correspondientes superficies. Puede ver que un pequeño símbolo de carga aparece junto al puntero. Este símbolo desaparece en cuanto mueve el puntero a través de una superficie. Para aplicar la carga en ambas losas de forjado, haga clic en la superficie **1** y **2** una tras otra. Salga del modo de entrada de datos con un simple clic en el botón secundario del ratón sobre cualquier parte de la ventana. También puede utilizar la tecla [Esc].

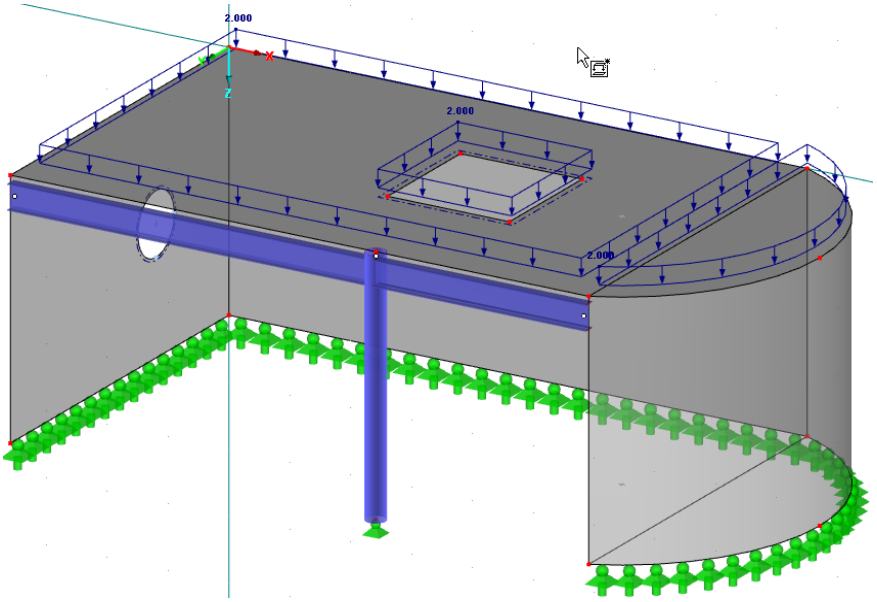


Figura 3.43: Configuración de las cargas en el forjado gráficamente

La carga superficial no se aplica a la abertura de la superficie 1.



Se puede elegir el que se muestren los valores de las cargas o no en la ventana gráfica por medio del botón de la barra de herramientas [Mostrar valores de cargas] que se muestra a la izquierda.

Cargas superficiales variables

El empuje del terreno a menudo actúa sobre los muros. Este tipo de carga varía linealmente y actúa perpendicular a la superficie. Ahora ponga dicha carga sobre la superficie semicircular.



Primero seleccione la superficie **5**. Para abrir el cuadro de diálogo para introducir las cargas, haga clic en el botón de la barra de herramientas [Nueva carga superficial] que se muestra a la izquierda.

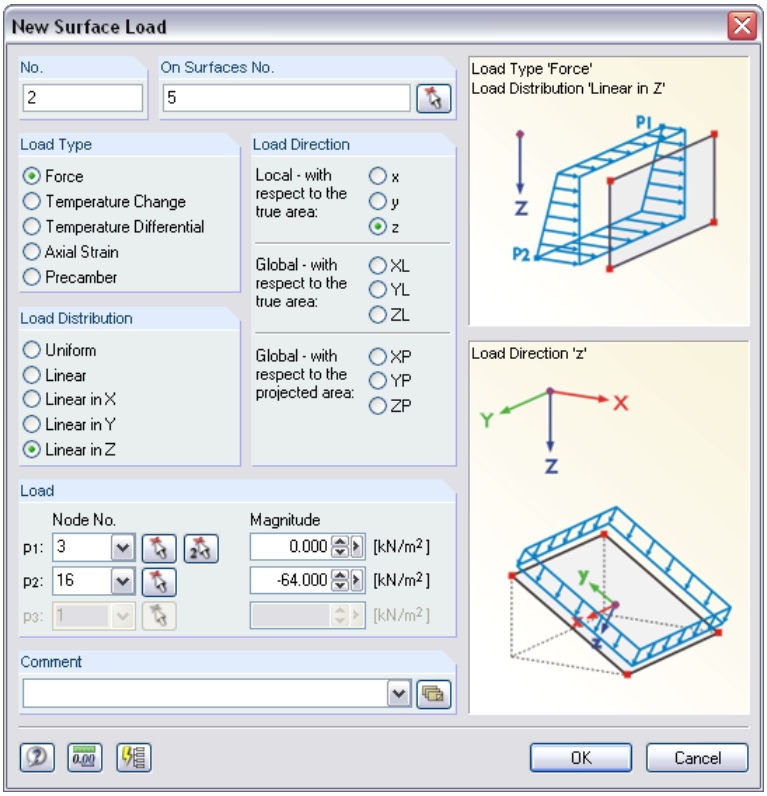


Figura 3.44: Cuadro de diálogo *Nueva carga superficial*

Acepte la configuración predeterminada **Esfuerzo** para la sección del diálogo *Tipo de carga*. En la sección del diálogo *Distribución de carga,* seleccione **Lineal en Z**. Finalmente marque la casilla de verificación para **Local z** en la sección del diálogo *Dirección de carga*.



En la sección del diálogo *Carga*, haga clic en el botón [Seleccionar] que se muestra a la izquierda para seleccionar puntos de nudo significativos, y luego introduzca las correspondientes ordenadas de la carga superficial. En este ejemplo introductorio, se asigna **0.000** kN/m² como *Magnitud* al *Nudo núm*. **3** y **-64.000** kN/m² al *Nudo núm*. **16** (ver "Cargas", página 14). Debe introducir las cargas como negativas, porque el eje local z de la superficie 5 está dirigido hacia el exterior. Después de confirmar los datos del diálogo haciendo clic en [Aceptar], la carga superficial lineal será mostrada en la ventana gráfica. Esta carga se incrementa hacia abajo y actúa perpendicularmente a la lámina.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

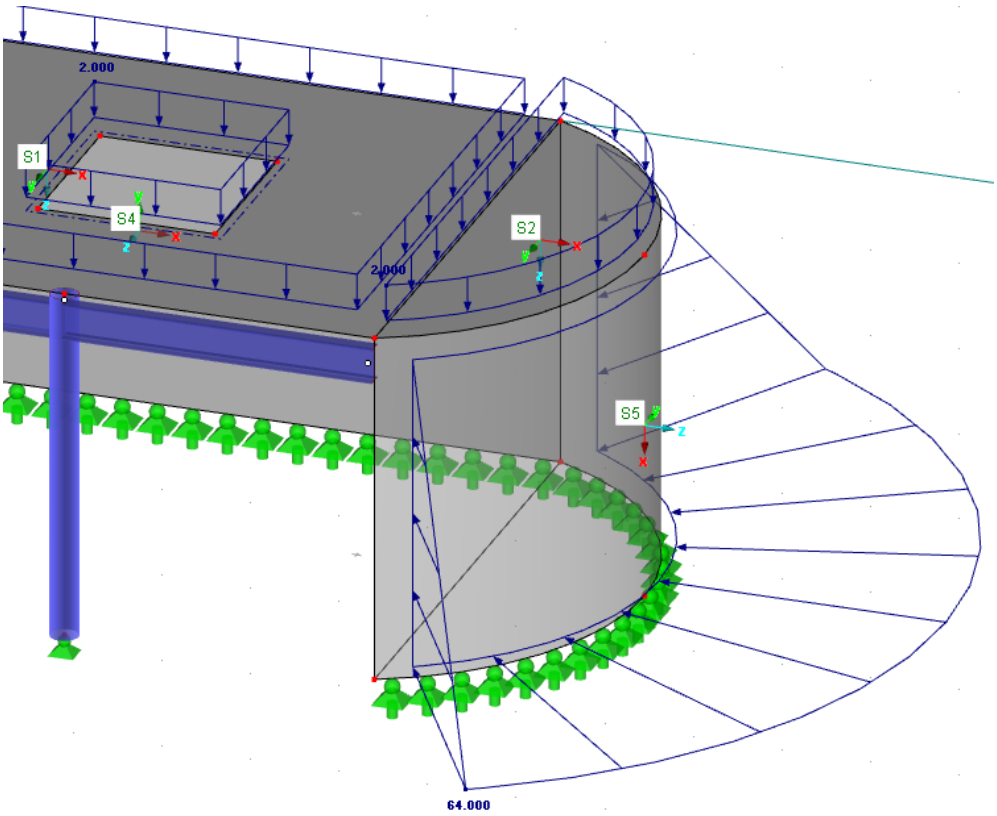


Figura 3.45: Carga superficial variable (empuje del terreno) con visualización de los ejes locales de superficie

Ahora la entrada de datos para el caso *Peso propio* está completa.

3.4.2 Caso de carga 2: Cargas variables



Antes de definir la siguiente acción, cree un nuevo caso de carga. En el menú **Insertar**, sitúe el puntero en **Cargas**, y luego haga clic en **Nuevo caso de carga**. También puede emplear el botón de la barra de herramientas [Nuevo caso de carga] que se muestra a la izquierda.

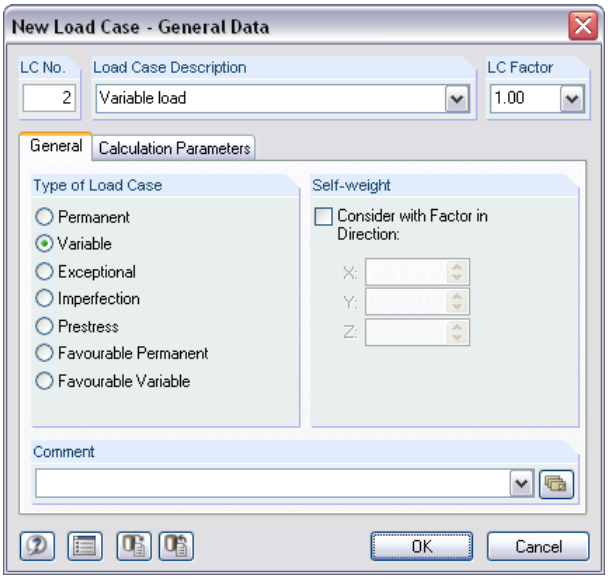


Figura 3.46: Cuadro de diálogo *Nuevo caso de carga – Datos generales*

En el cuadro de diálogo *Descripción del caso de carga*, introduzca **Carga variable**. El *Tipo de caso de carga* está establecido como predeterminado en **Variable**. Esta entrada de datos es importante pa-

ra crear grupos de carga y combinaciones de carga cuando se definen los coeficientes parciales de seguridad apropiados. Sin embargo, cuando defina casos de carga debe evitar especificar ningún coeficiente parcial de seguridad. Básicamente, se recomienda definir los casos de carga como cargas de servicio. Por lo tanto, acepte la configuración predeterminada para el *Coeficiente de CC*. Haga clic en [Aceptar] para confirmar los datos.

Cargas superficiales



En primer lugar, defina las cargas superficiales para las superficies 1 y 2. Seleccione las dos losas de forjado presionando la tecla [Ctrl] mientras hace clic en la segunda superficie. Para abrir el cuadro de diálogo *Nueva carga superficial*, haga clic en el botón de la barra de herramientas [Nueva carga superficial] que se muestra a la izquierda.

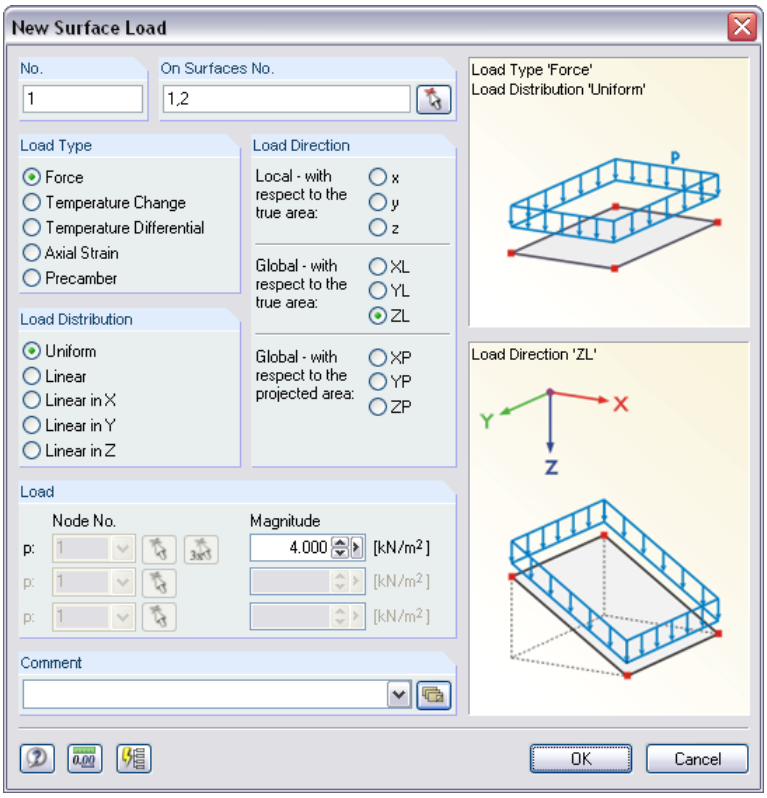


Figura 3.47: cuadro de diálogo *Nueva carga superficial*

En el cuadro de texto *En superficies núm.*, los números de superficie están ya establecidos como predeterminados. De nuevo, defina la carga variable como **Esfuerzo** en la sección del diálogo *Tipo de carga*. En las secciones del diálogo *Distribución de carga* y *Dirección de carga*, marque las casillas de verificación para **Uniforme** y **ZL**. En el cuadro *Magnitud* introduzca **4.000** kN/m² (ver "Cargas", página 14). Para cerrar el cuadro de diálogo haga clic en [Aceptar]

Cargas lineales



Ahora defina las cargas lineales en las aristas de la abertura. Primero, aumente la vista de la pantalla en este área de la estructura empleando el botón de la barra de herramientas [Zoom en ventana] que se muestra a la izquierda. También puede emplear la rueda del ratón



Haga clic en el botón [Nueva carga lineal] en la barra de herramientas (a la izquierda del botón de la barra de herramientas [Nueva carga superficial]) para abrir el cuadro de diálogo siguiente.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

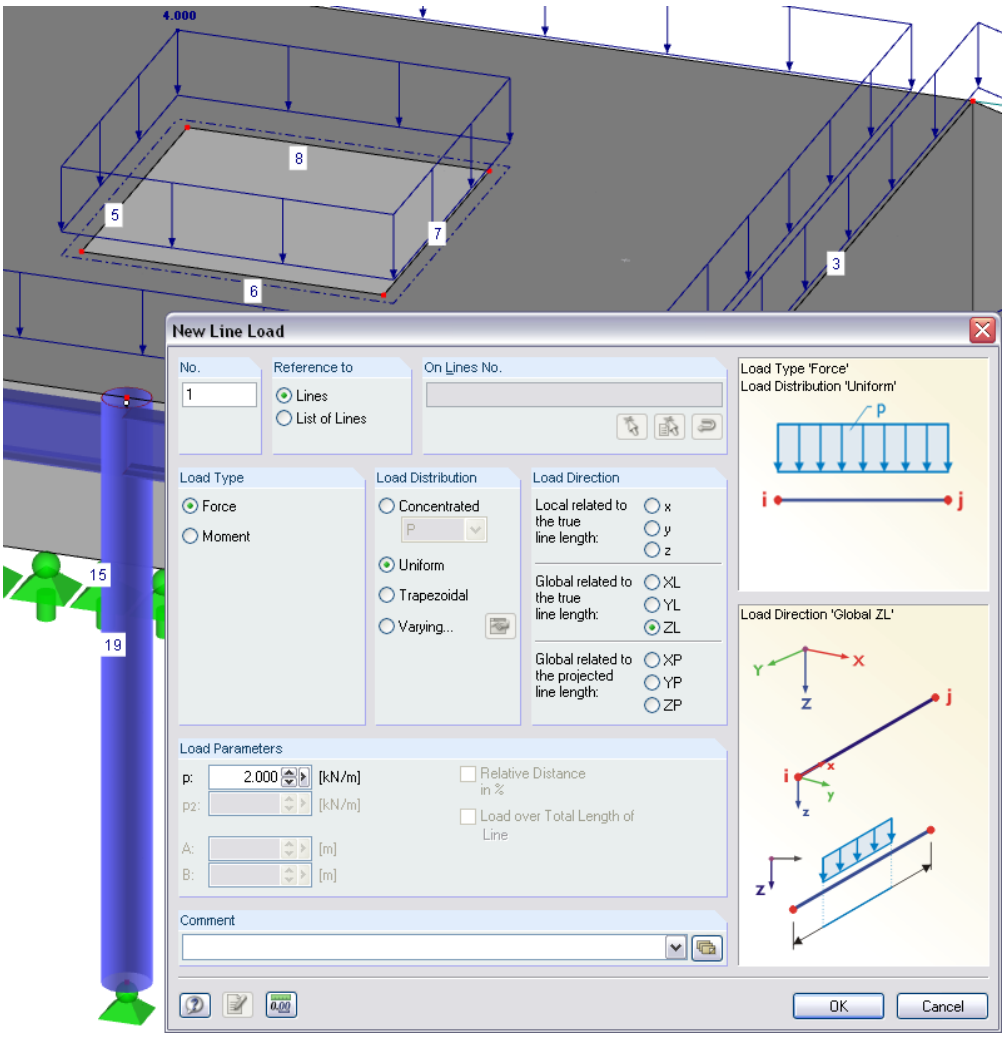


Figura 3.48: Cuadro de diálogo *Nueva carga lineal*

Establezca el *Tipo de carga* en **Esfuerzo**, *Distribución de carga* en **Uniforme** y *Dirección de carga* en **ZL**. En el cuadro de texto *Parámetros de carga*, introduzca **2.000** kN/m. En la sección del cuadro de diálogo *Referencia a*, marque la casilla de verificación **Líneas**, las cuales definiremos más adelante en la ventana gráfica después de confirmar los datos del diálogo. Ahora haga clic en las líneas de contorno **5**, **6**, **7** y **8** una tras de otra.

Para finalizar la entrada de datos, use la tecla [Esc] o hagla clic con el botón secundario del ratón en cualquier zona vacía del área de trabajo.

Cargas en nudos

Finalmente introduzca las dos cargas puntuales restantes que afectan a las esquinas de la abertura. Haga clic en el botón de la barra de herramientas [Nueva carga en nudo] que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo siguiente.

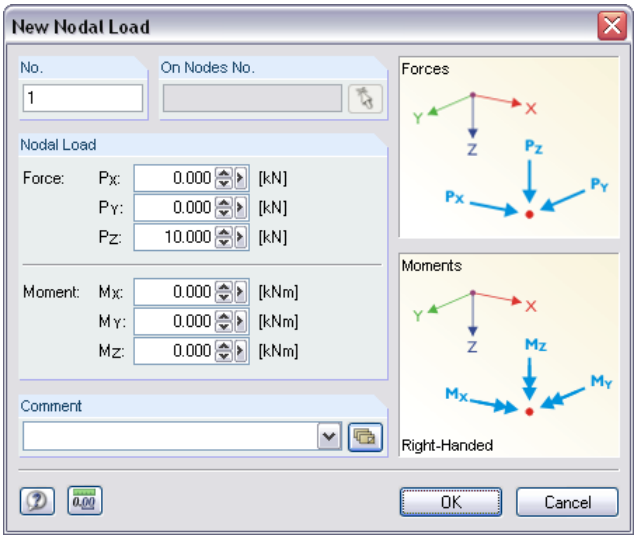


Figura 3.49: Cuadro de diálogo *Nueva carga en nudo*

En la sección del diálogo *Carga en nudo* introduzca **10.000** kN por el *Esfuerzo* $\mathbf{P_Z}$. Haga clic en [Aceptar] para confirmar la entrada del dato. Ahora asigne estas cargas gráficamente a los nudos **6** y **7** haciendo un simple clic con el botón primario del ratón.

Las cargas del caso de carga 2 deberán parecerse a las de la siguiente figura.

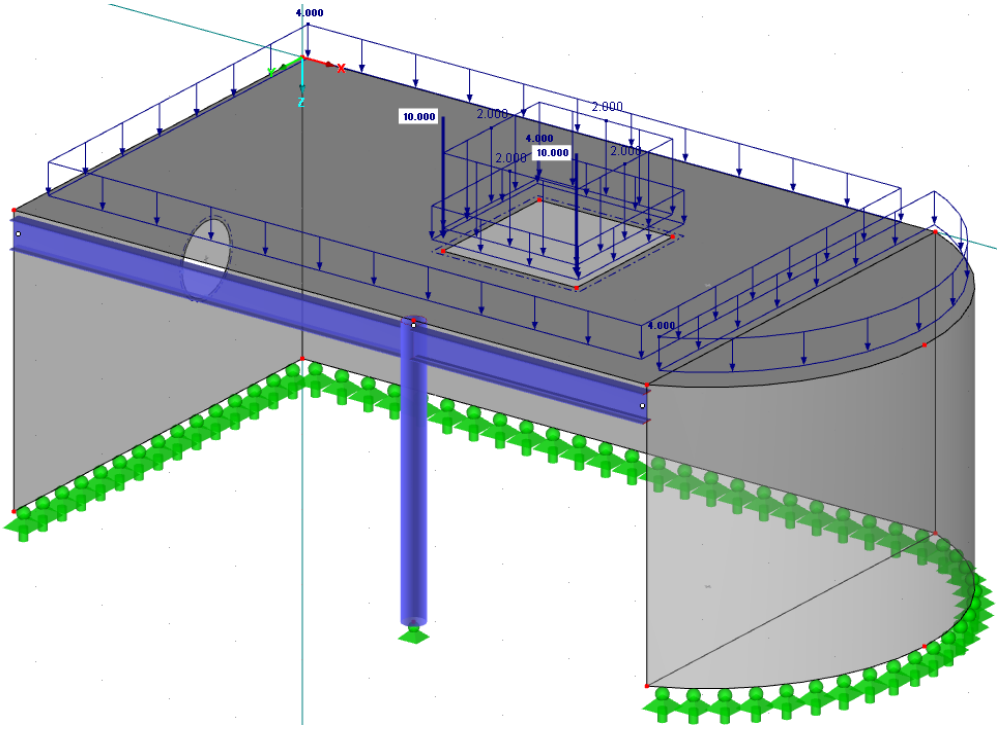


Figura 3.50: Resultado de la entrada de cargas para el caso de carga 2

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

3.4.3 Caso de carga 3: Imperfección



Como tercera acción para el soporte introduzca la imperfección. Esta vez, emplee el navegador *Datos* para crear un nuevo caso de carga: en el navegador *Datos*, haga clic con el botón secundario del ratón en *Casos de carga* y seleccione *Nuevo caso de carga*.

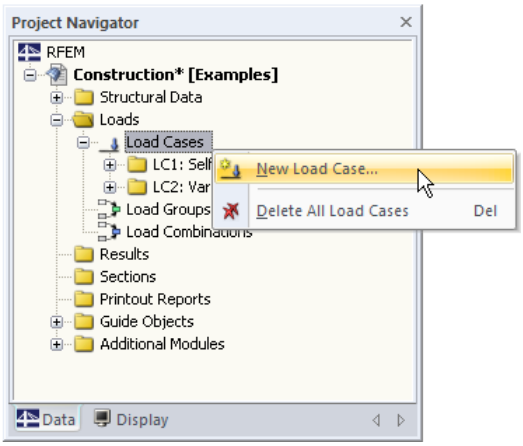


Figura 3.51: Menú contextual *Casos de carga*

En el cuadro de texto *Descripción del caso de carga* seleccione **Imperfección en dirección +Y** y cambie el *Tipo de caso de carga* de Variable a **Imperfección**. Así se asignará automáticamente el coeficiente parcial de seguridad apropiado cuando más tarde se definan los grupos de carga.



Haga clic en [Aceptar] para cerrar el cuadro de diálogo, y luego haga clic en la flecha del botón de la barra de herramientas [Nueva carga en sólido]. Seleccione la última entrada de datos [Nueva imperfección]. Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

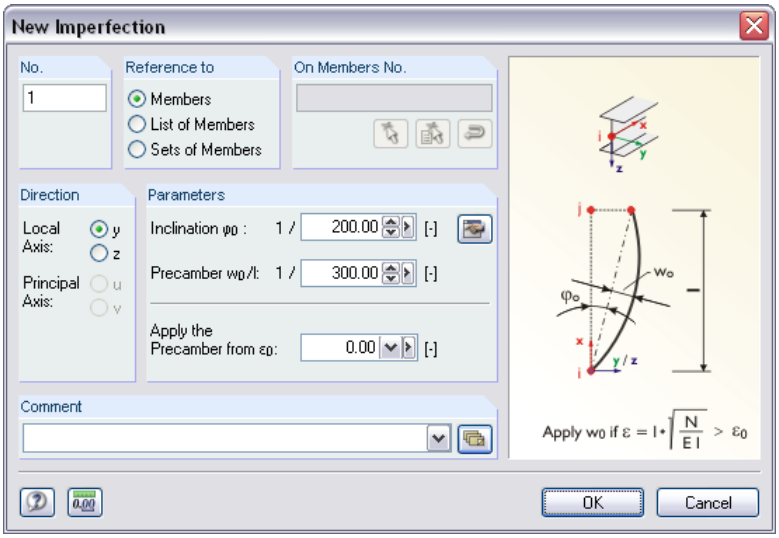


Figura 3.52: Cuadro de diálogo *Nueva imperfección*

Aplique la imperfección en la *Dirección* del *Eje local* **y**. Ésta se corresponde con la dirección del eje global Y.

Los valores aplicables para *Inclinación* y *Contraflecha* están ya establecidos de forma predeterminada de acuerdo con las necesidades (ver "Cargas", página 14). El valor para *Aplicar la contraflecha desde* ε_0 en la sección del cuadro de diálogo *Parámetros* se usa para limitar parámetros de acuerdo con DIN 18800.



Haga clic en [Aceptar] para cerrar el cuadro de diálogo, y luego haga clic en el soporte para asignar la imperfección.

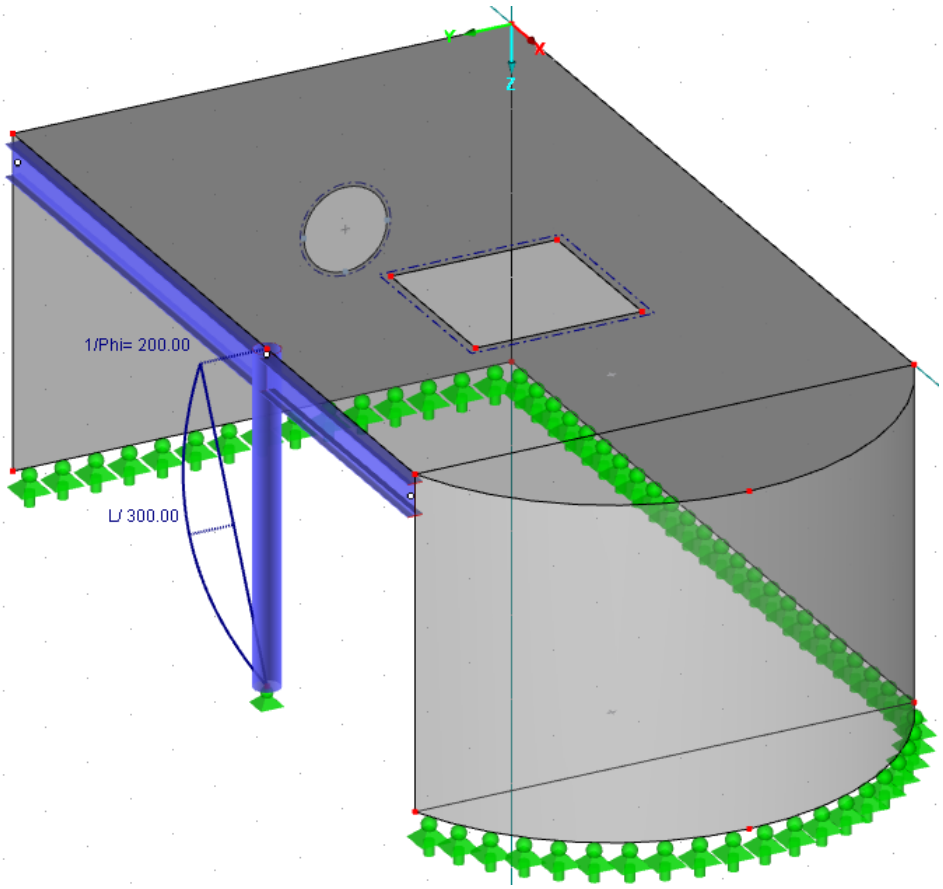


Figura 3.53: Imperfección del soporte en el caso de carga 3

Ahora la entrada de los tres casos de carga está completa.

Finalmente puede comprobar rápidamente los distintos casos de carga en la ventana gráfica mediante los botones de la barra de herramientas [τ] y [υ] para el caso de carga anterior y el caso de carga siguiente respectivamente.

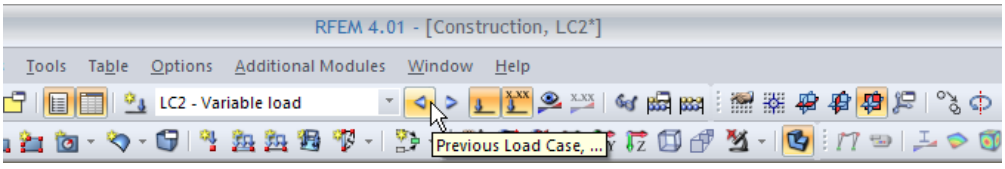


Figura 3.54: Exploración de los casos de carga

3.5 Combinación de acciones

Ahora combine los diferentes casos de carga en combinaciones de carga o en grupos de carga. La diferencia fundamental entre estos dos tipos de superposición es la siguiente: en los grupos de carga, las **cargas** de los casos de carga dados se combinan y luego se calculan en su conjunto. En las combinaciones de carga, los resultados de cada caso de carga calculado se superponen. Aquí, siempre se obtienen resultados máximos y mínimos, lo que implica dos valores en cada localización.

3.5.1 Definir combinaciones de carga

El cálculo de las losas de hormigón se lleva a cabo de acuerdo con el análisis estático lineal. Primero, cree una nueva combinación de carga.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

En el navegador *Datos*, haga clic con el botón secundario del ratón en *Combinaciones de carga*, y luego en *Nueva combinación de carga*. El cuadro de diálogo *Nueva combinación de carga* aparece.

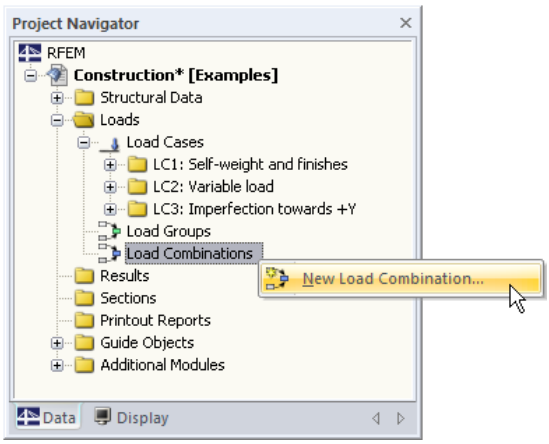


Figura 3.55: Creación de una combinación de carga por el menú contextual

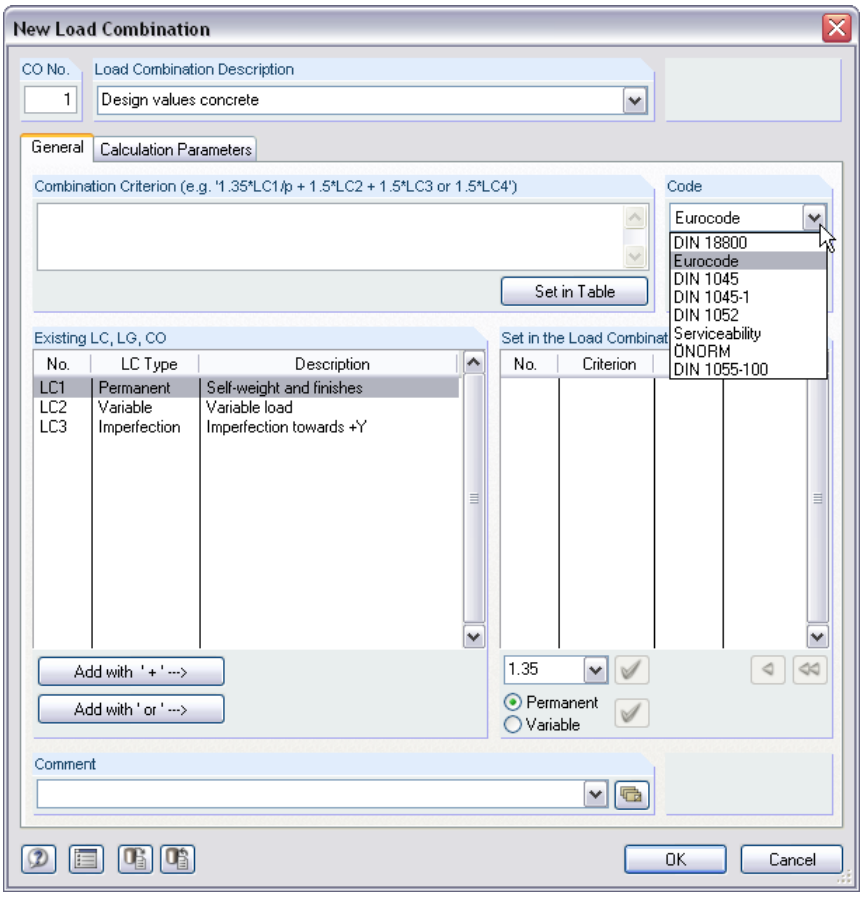


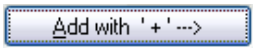
Figura 3.56: Cuadro de diálogo *Nueva combinación de carga*, selección de la norma

El cuadro *CO núm.* ya se encuentra establecido como predeterminado en **1**. En el cuadro de texto *Descripción de la combinación de carga*, escriba **Valores de cálculo del hormigón**.

Seleccione **Eurocódigo** de la lista *Normas* como esquema de combinación. Las cargas permanentes y variables se deberán superponer de acuerdo con la siguiente regla de combinación:

1.35 * CC1 + 1.50 * CC2

En la sección del diálogo *CC, GC, CO existentes*, seleccione el primer y el segundo caso de carga manteniendo pulsada la tecla [Ctrl].



Haga clic en el botón [Agregar con "+"] para definir la combinación de carga.

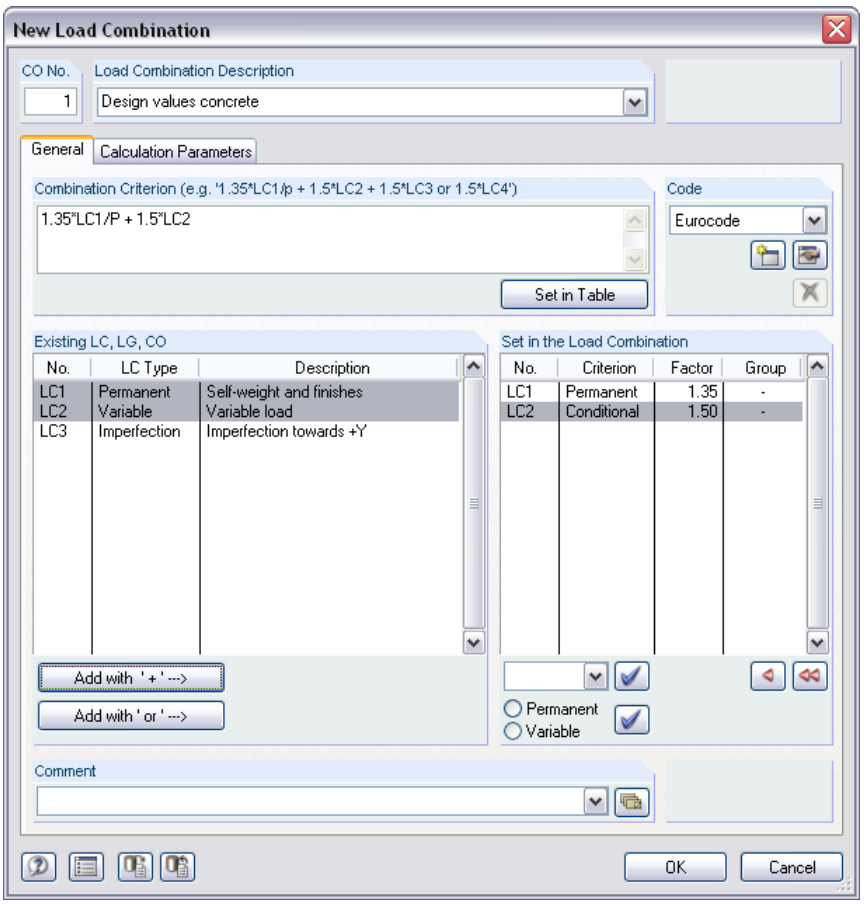


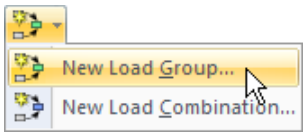
Figura 3.57: Cuadro de diálogo *Nueva combinación de carga*

De acuerdo con el estándar de Microsoft Windows, puede usar también la tecla [Mayús] para una selección múltiple cuando seleccione casos de carga. Use el botón [τ] para quitar de la selección los casos de carga simples que agregó accidentalmente de la sección del diálogo *Definir en la combinación de carga*.

Finalmente haga clic en [Aceptar] para confirmar la entrada de datos.

3.5.2 Definir grupos de carga

Ahora combine las acciones para calcular las partes de acero de acuerdo con el análisis de segundo orden. Cree un grupo de carga para los valores de cálculo de acuerdo con el Eurocódigo con coeficientes parciales de seguridad en el lado de las acciones.



Haga clic en el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda y seleccione **Nuevo grupo de carga**. Aparece el cuadro de diálogo siguiente.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

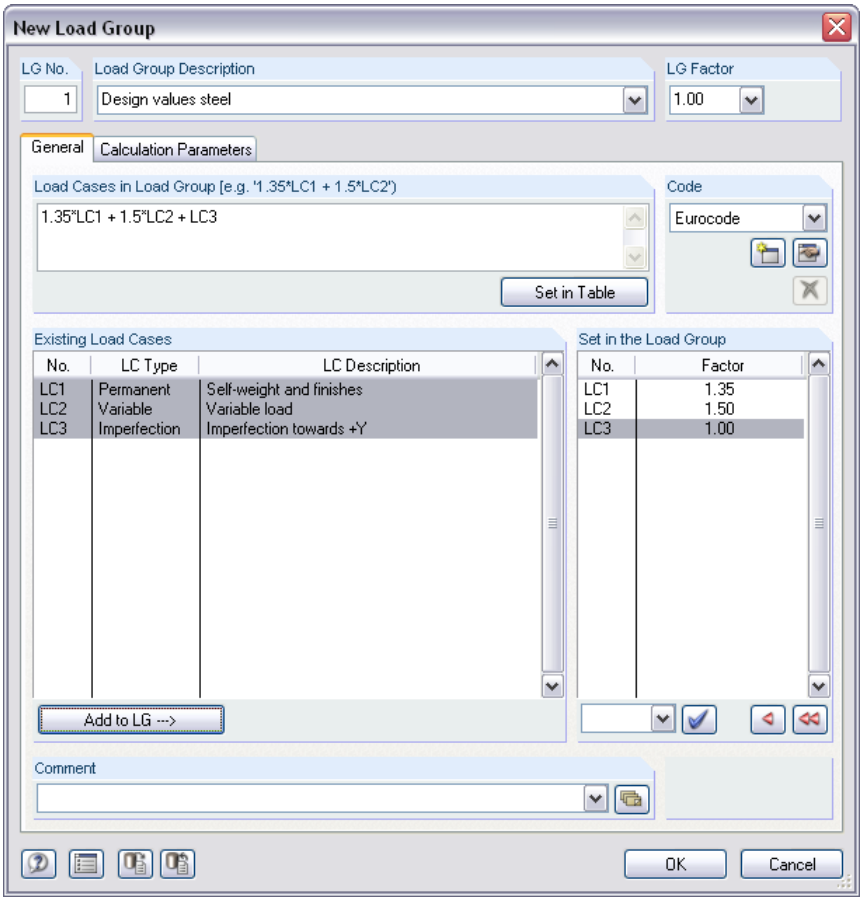


Figura 3.58: Cuadro de diálogo *Nuevo grupo de carga*

Este cuadro de diálogo se parece al cuadro de diálogo de las combinaciones de carga. Sin embargo, carece de la opción para crear grupos "O" para exámenes alternativos.

El *GC núm.* **1** y el *Coeficiente de GC* **1.00** se establecen de forma predeterminada. Escriba **Valores de cálculo del acero** en el cuadro de texto *Descripción del grupo de carga*.

Una vez más, seleccione **Eurocódigo** de la lista *Normas* como ya se realizó para las combinaciones de carga (ver página 47). El grupo de carga incluye las tres acciones y se define como sigue:

$$1.35 * CC1 + 1.50 * CC2 + 1.0 * CC3$$



Seleccione los tres casos de carga de la lista *Casos de carga existentes* manteniendo pulsada la tecla [Ctrl]. Después haga clic en el botón [Agregar a GC], se creará el grupo de carga. Los coeficientes parciales de seguridad se asignarán automáticamente. Si combina varias cargas variables, entonces los coeficientes parciales de seguridad se reducirán por $\psi = 0.9$.

En el registro *Parámetros de cálculo,* puede comprobar si se seleccionó la opción **Análisis estático de segundo orden** en la sección del diálogo *Método de análisis*.

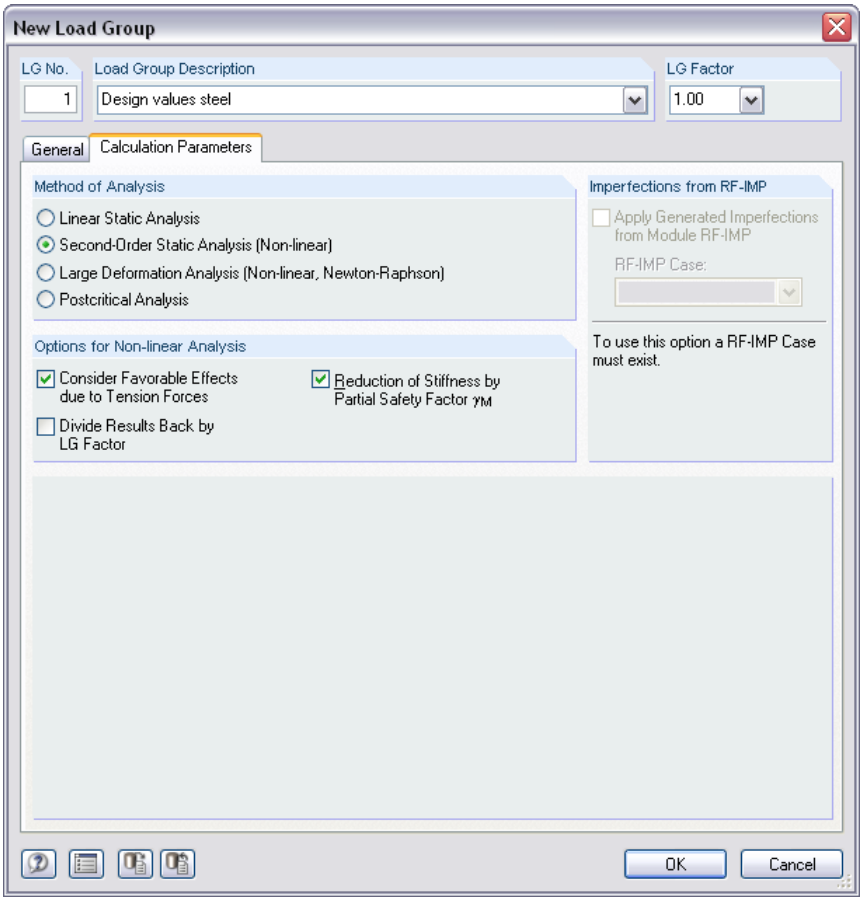


Figura 3.59: Cuadro de diálogo *Nuevo grupo de carga*, registro *Parámetros de cálculo*

Después de hacer clic en [Aceptar], todas las cargas contenidas en este grupo de carga se mostrarán gráficamente.



El navegador *Datos* en la parte izquierda de la pantalla ofrece una buena información general acerca de los datos estructurales y de carga introducidos. Haciendo doble clic en una entrada concreta en esta estructura del árbol, puede abrir rápidamente su correspondiente cuadro de diálogo. Si una entrada está precedida por [+], otros subelementos están disponibles como en el caso del Explorador de Microsoft Windows.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

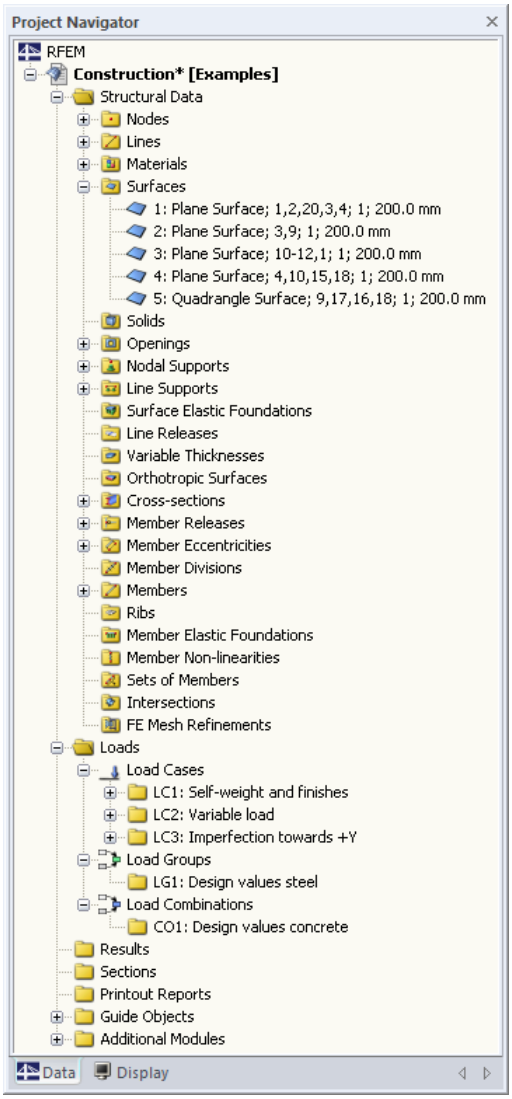


Figura 3.60: El navegador *Datos*

3.6 Cálculo

3.6.1 Comprobación plausible



Se recomienda comprobar todos los datos de entrada antes de iniciar el cálculo. En el menú *Herramientas* haga clic en *Comprobación plausible*, luego aparece el cuadro de diálogo *Comprobación plausible* donde se definen los siguientes parámetros.

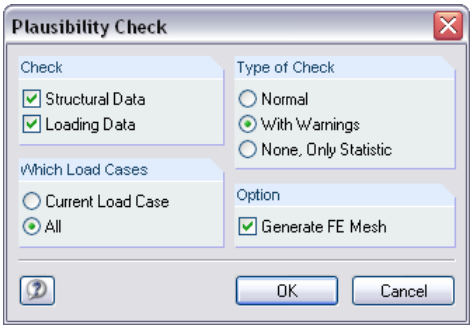


Figura 3.61: Cuadro de diálogo *Comprobación plausible*

Si no se detecta ningún error después de hacer clic en [Aceptar], aparece el siguiente mensaje seguido de un resumen.

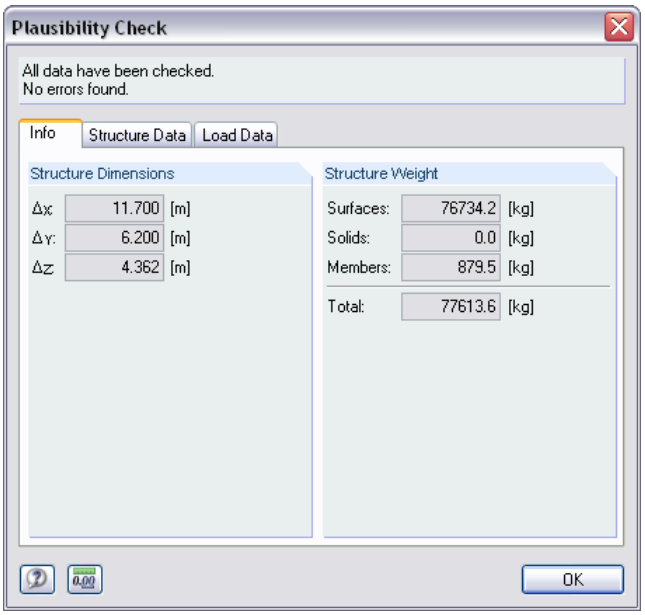


Figura 3.62: Resultados de la comprobación plausible

3.6.2 Generar malla de EF

Ya generó automáticamente una malla con la medida estándar de 50 cm, ya que anteriormente seleccionó *Generar malla de EF* en el cuadro de diálogo *Comprobación plausible* (figura 3.61). Esta malla de EF se muestra en la ventana gráfica.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

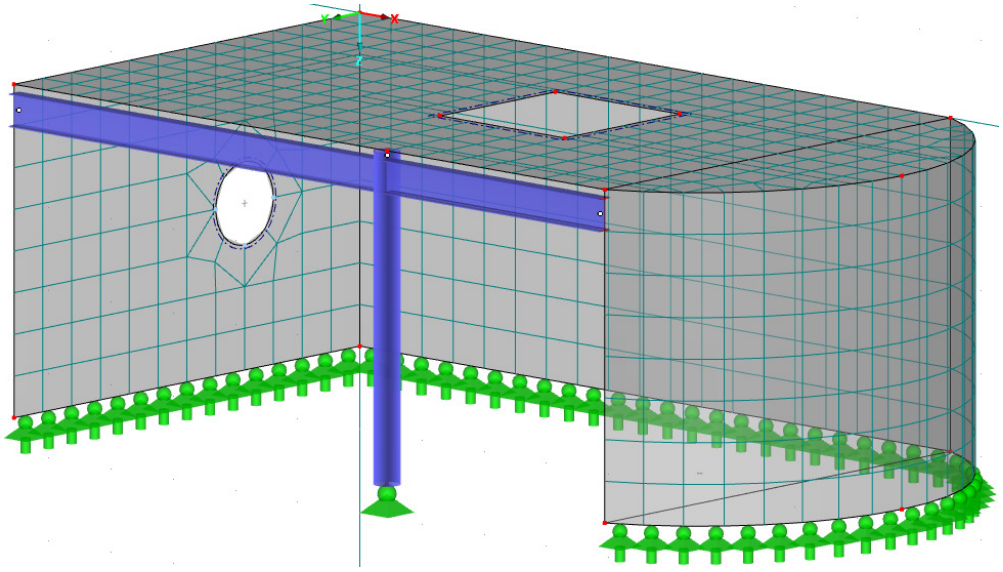


Figura 3.63: Modelo con malla de EF generada

En el ejemplo introductorio, habrá un impacto adicional en la generación de malla de EF en los puntos críticos. Las esquinas de las aberturas y las losas o los nudos donde se aplican las cargas puntuales normalmente no son adecuadas para los refinamientos de malla, porque esto amplifica los efectos de singularidad. Sin embargo, en el ejemplo introductorio, se aceptan intencionadamente estos efectos: en las esquinas de la abertura del forjado se deberán definir zonas de refinamiento.

Haga doble clic en uno de los cuatro nudos de esquina para abrir el cuadro de diálogo *Editar nudo*. Seleccione el registro *Malla de EF* y marque la casilla de verificación **Disponible**.

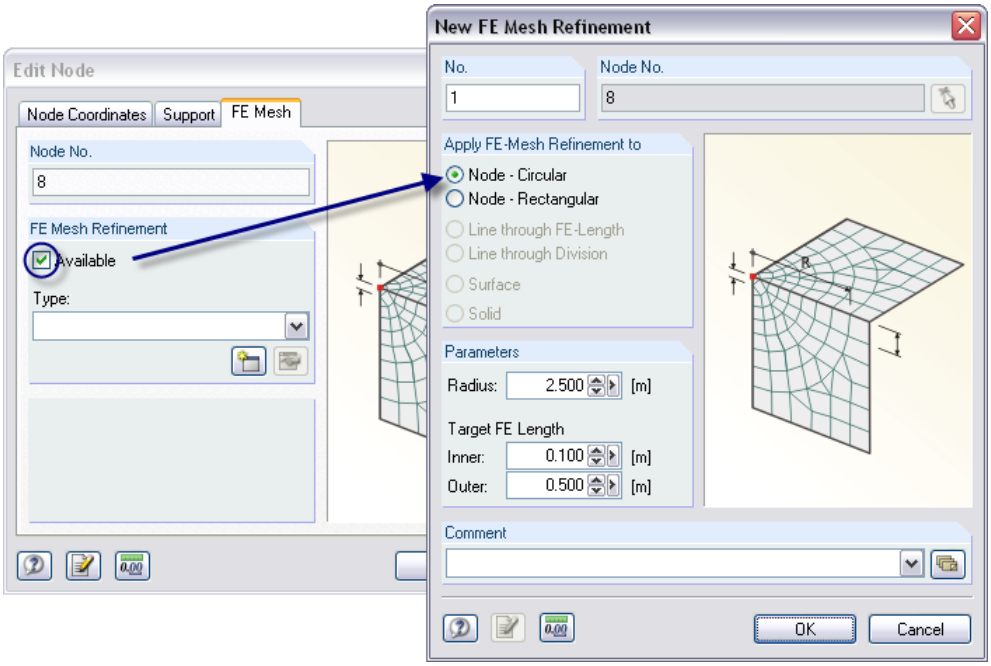


Figura 3.64: Cuadros de diálogo *Editar nudo* y *Nuevo refinamiento de malla de EF*

Si aún no ha definido ningún *Tipo* de refinamiento de malla, se abre automáticamente el cuadro de diálogo para introducir un nuevo refinamiento.

Seleccione el botón de opción para **Nudo – Circular**. Acepte los *Parámetros* establecidos como predeterminados sin realizar ningún cambio y cierre el cuadro de diálogo haciendo clic en [Aceptar]. La malla de EF desaparece y se muestra en la ventana gráfica la zona de refinamiento circular.

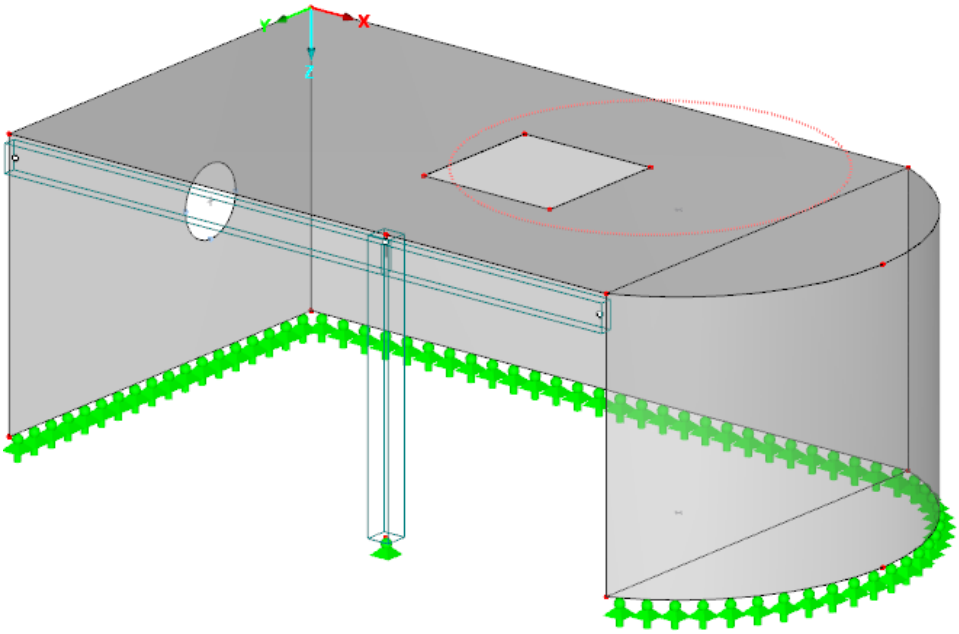


Figura 3.65: Visualización gráfica del refinamiento de malla de EF





Ahora ya puede copiar gráficamente la zona de refinamiento para los tres nudos restantes de la abertura del forjado (en caso necesario, puede agrandar la vista de la zona de la abertura mediante la función *Zoom en ventana*). Mueva la zona de refinamiento circular hasta el siguiente nudo de abertura manteniendo pulsada la tecla [Ctrl]. Al soltar el botón del ratón, la zona de refinamiento circular se copiará de un nudo a otro.

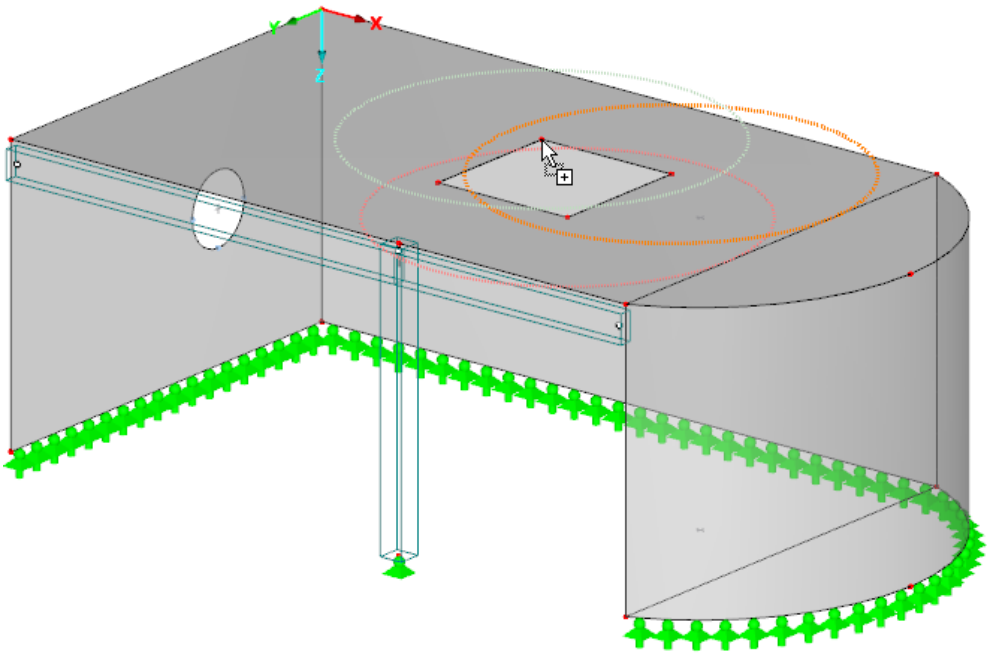


Figura 3.66: Copiando gráficamente el refinamiento de malla de EF de un nudo a otro



Tan pronto como se aplique el refinamiento a los cuatro nudos, genere de nuevo la malla de EF. En el menú **Calcular**, haga clic en **Generar malla de EF** y compruebe las zonas de refinamiento.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

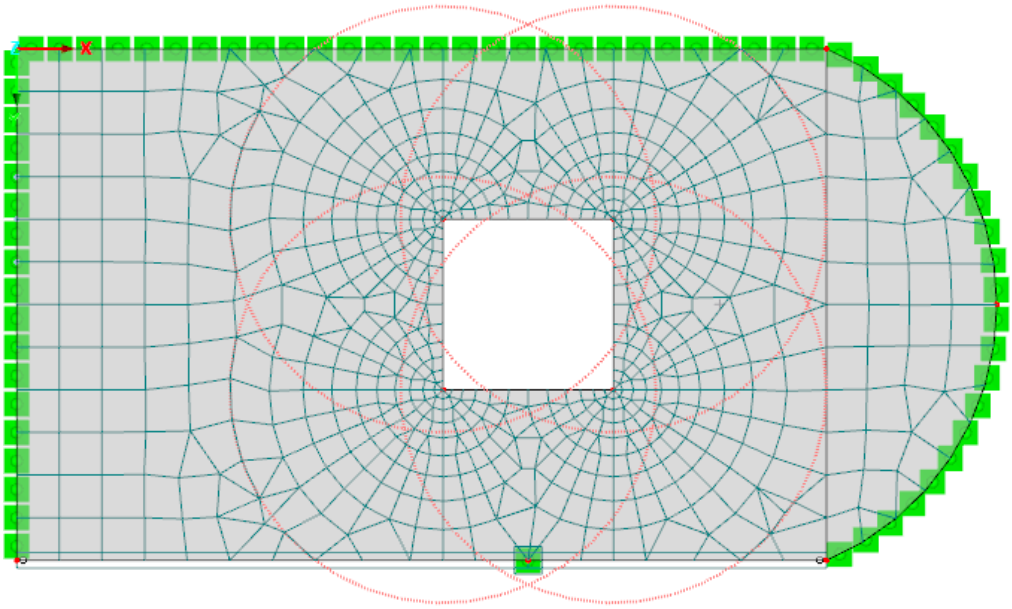


Figura 3.67: Losa de forjado con refinamientos de malla (vista en la dirección z)

3.6.3 Calcular estructura



En el menú **Cálculo**, haga clic en **Calcular todo** para iniciar el cálculo, o emplee el botón de la barra de herramientas correspondiente [Calcular todo] que se muestra a la izquierda.

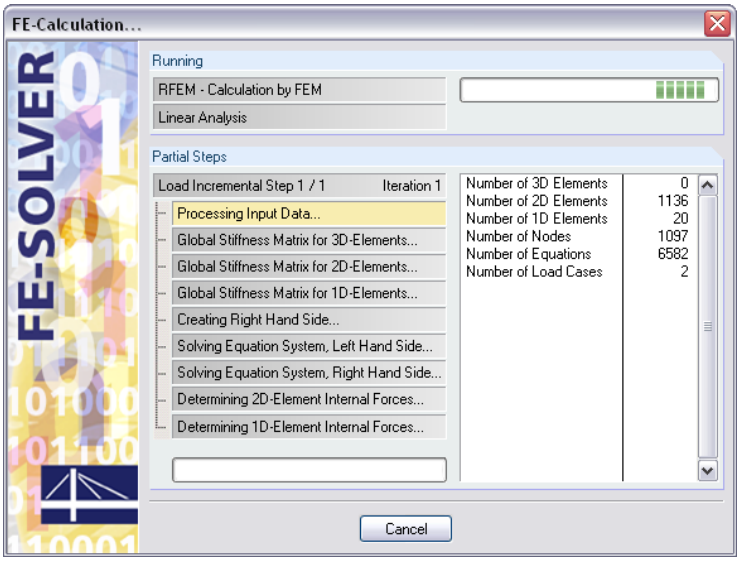


Figura 3.68: Ventana de *Cálculo de EF*

3.7 Resultados

3.7.1 Resultados gráficos

Tan pronto como se haya completado el cálculo, las deformaciones del caso de carga activo se muestran en la ventana gráfica.

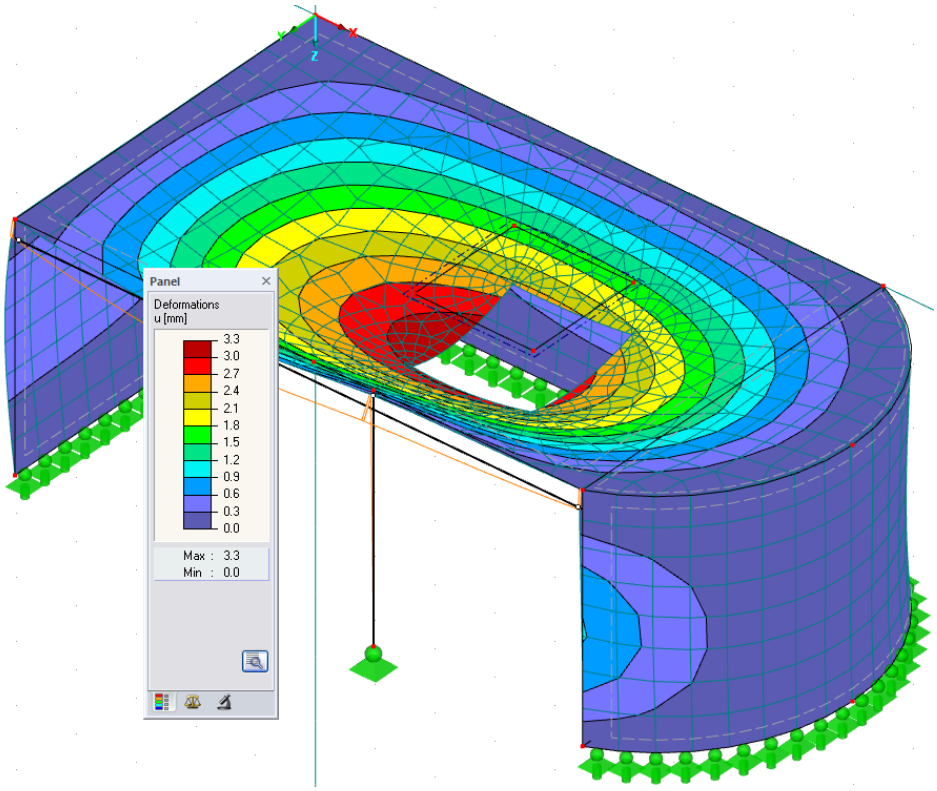


Figura 3.69: Vista de las deformaciones para el caso de carga 1

Empleando los botones de la barra de herramientas [τ] y [υ] (a la derecha de la lista de casos de carga) puede seleccionar entre los resultados de los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga. También es posible seleccionarlos desde la lista.

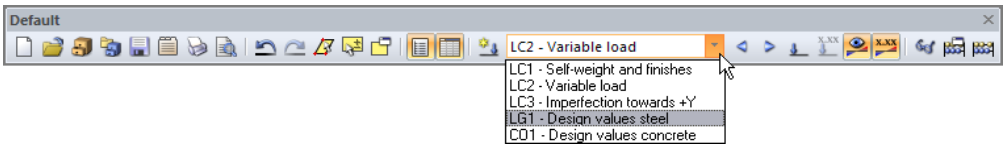


Figura 3.70: Cuadro de lista en la barra de herramientas *Predeterminada*

Cuando sitúe el puntero sobre un botón en particular de la barra de herramientas, aparece una breve descripción de sus funciones.

Para una salida de resultados bien ajustados, los diferentes tipos de resultados se muestran en un navegador a parte. Para acceder al navegador *Resultados*, la pantalla de resultados debe estar activada. Se puede elegir entre tenerla activada o no en el navegador *Mostrar* o empleando el botón de la barra de herramientas [Resultados activados/desactivados] que se muestra a la izquierda.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

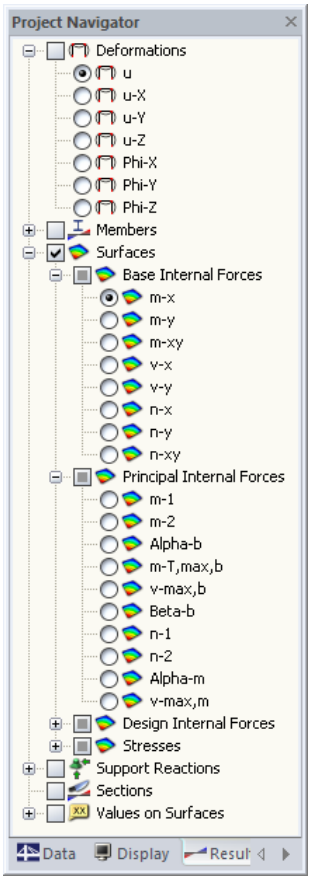


Figura 3.71: El navegador *Resultados*

Delante de las distintas categorías de resultados (*Deformaciones, Barras, Superficies, Reacciones en apoyos*) puede ver casillas de verificación. Cuando marca una casilla de verificación, se muestra el esfuerzo interno o la deformación correspondiente. Delante de las entradas contenidas en estas categorías puede ver incluso más casillas de verificación, lo que significa que se puede establecer el tipo de resultados para ser mostrados en la pantalla. Ahora trate de desplazarse por los diferentes casos de carga y compruebe las deformaciones, los esfuerzos internos o las reacciones en los apoyos.



Los rangos de colores se presentan en el *Panel*. Sin embargo, ciertas posiciones requieren con frecuencia valores numéricos exactos. Para mostrar estos valores para los nudos de malla de EF o en los puntos de rejilla de la superficie, active la categoría *Valores en superficies* en la parte inferior del navegador *Resultados*.

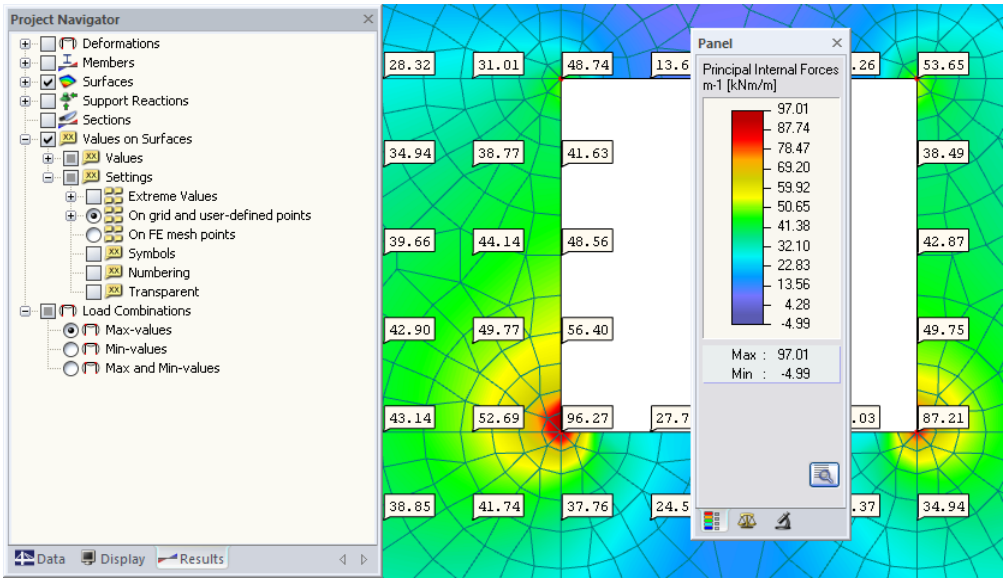
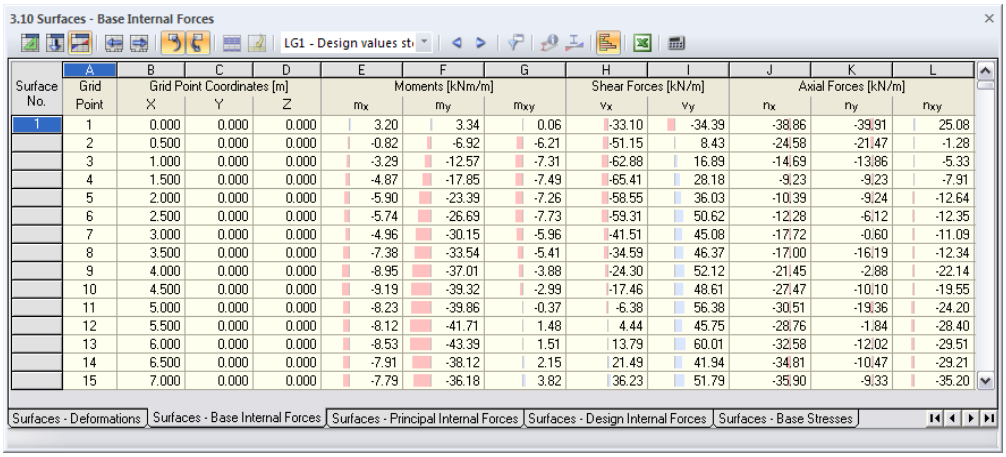


Figura 3.72: Visualización de resultados en los puntos de la rejilla

3.7.2 Tablas de resultados

Los resultados se enumeran numéricamente en tablas. Por lo que se le puede echar un vistazo rápido a los datos resultantes.

Al igual que para la entrada de datos numérica, dispone también de tablas separadas para los resultados a las cuales puede acceder por las pestañas del registro. Por ejemplo, si quiere comprobar los resultados de una superficie en particular, haga clic en la tabla 3.10 *Superficies – Esfuerzos internos básicos* y seleccione la superficie que se muestra en la ventana gráfica haciendo un simple clic con el ratón (seleccionar superficies es más sencillo cuando el modo render está activado). La tabla de resultados pasa a los esfuerzos internos básicos de la superficie seleccionada.



Surface No.	Grid Point	Grid Point Coordinates [m] X	Y	Z	Moments [kNm/m] mx	my	mxy	Shear Forces [kN/m] vx	vy	Axial Forces [kN/m] nx	ny	nxy
1	1	0.000	0.000	0.000	3.20	3.34	0.06	-33.10	-34.39	-38.86	-39.91	25.08
	2	0.500	0.000	0.000	-0.82	-6.92	-6.21	-51.15	8.43	-24.58	-21.47	-1.28
	3	1.000	0.000	0.000	-3.29	-12.57	-7.31	-62.88	16.89	-14.69	-13.86	-5.33
	4	1.500	0.000	0.000	-4.87	-17.85	-7.49	-65.41	28.18	-9.23	-9.23	-7.91
	5	2.000	0.000	0.000	-5.90	-23.39	-7.26	-58.55	36.03	-10.39	-9.24	-12.64
	6	2.500	0.000	0.000	-5.74	-26.69	-7.73	-59.31	50.62	-12.28	-6.12	-12.35
	7	3.000	0.000	0.000	-4.96	-30.15	-5.96	-41.51	45.08	-17.72	-0.60	-11.09
	8	3.500	0.000	0.000	-7.38	-33.54	-5.41	-34.59	46.37	-17.00	-16.19	-12.34
	9	4.000	0.000	0.000	-8.95	-37.01	-3.88	-24.30	52.12	-21.45	-2.88	-22.14
	10	4.500	0.000	0.000	-9.19	-39.32	-2.99	-17.46	48.61	-27.47	-10.10	-19.55
	11	5.000	0.000	0.000	-8.23	-39.86	-0.37	-6.38	56.38	-30.51	-19.36	-24.20
	12	5.500	0.000	0.000	-8.12	-41.71	1.48	4.44	45.75	-28.76	-1.84	-28.40
	13	6.000	0.000	0.000	-8.53	-43.39	1.51	13.79	60.01	-32.58	-12.02	-29.51
	14	6.500	0.000	0.000	-7.91	-38.12	2.15	21.49	41.94	-34.81	-10.47	-29.21
	15	7.000	0.000	0.000	-7.79	-36.18	3.82	36.23	51.79	-35.90	-9.33	-35.20

Figura 3.73: Resultados tabulados 3.10 *Superficies – Esfuerzos internos básicos*

Use los botones [τ] y [υ] para navegar a través de los distintos casos de carga, o ver los resultados de un caso específico de carga usando el cuadro de la lista.

Los esfuerzos internos de las superficies están listados en los puntos de rejilla definidos para la superficie seleccionada. La rejilla resultante, al igual que la malla de EF, tiene una anchura de malla predeterminada de 50 cm. En el cuadro de diálogo *Editar superficie* que abre haciendo doble clic en la superficie o en la entrada correspondiente en el navegador *Datos*, puede seleccionar el registro *Rejilla* para ajustar los *Parámetros de rejilla*.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

3.8 Documentación

3.8.1 Crear informe

Normalmente, los extensos resultados de los cálculos de EF no se envían directamente a la impresora. Primero, el así llamado informe se genera a partir de los datos de entrada y salida. Usted decide qué datos se imprimen finalmente. Además, puede insertar gráficos, comentarios y resultados de otros programas en el informe.



En el menú **Archivo**, haga clic en **Abrir informe** para iniciar el informe, o emplee el botón de la barra de herramientas [Informe actual] que se muestra a la izquierda. Aparece un cuadro de diálogo donde puede escribir un nombre para el nuevo informe.

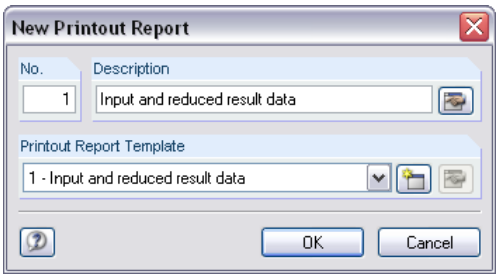


Figura 3.74: Cuadro de diálogo *Nuevo informe*

El Informe se puede crear usando como base los *Modelos de informe* ya definidos. Confirme el diálogo sin realizar ningún cambio y genere la vista previa de impresión.

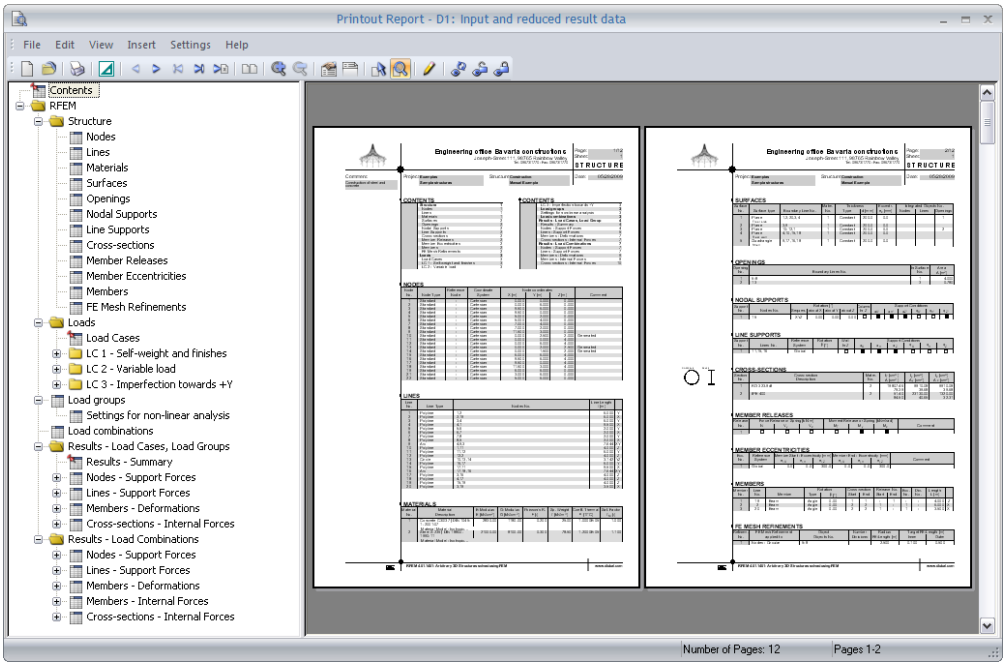


Figura 3.75: Vista previa del informe

3.8.2 Editar informe

En el lado izquierdo, se muestra un navegador con todos los capítulos del informe. Para abrir un capítulo en concreto haga clic en la correspondiente entrada del navegador. Cada capítulo tiene un menú contextual que se abre con un simple clic en el botón secundario del ratón. En este menú se puede eliminar un capítulo del informe, por ejemplo, o cambiar el capítulo en relación con su información detallada.

En el capítulo *Resultados – Combinaciones de carga*, haga clic con el botón secundario del ratón en *Barras – Esfuerzos internos*, y luego haga clic en *Selección*.

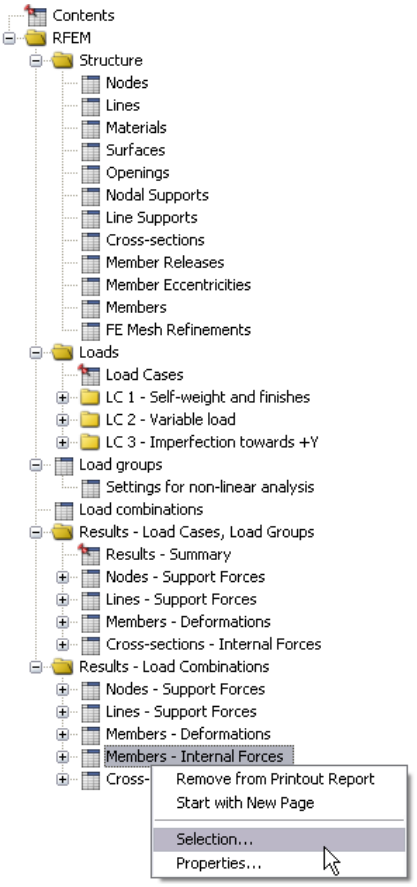


Figura 3.76: Menú contextual *Barras – Esfuerzos internos*

Aparece un cuadro de diálogo con opciones detalladas de selección para los resultados de combinaciones de carga.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

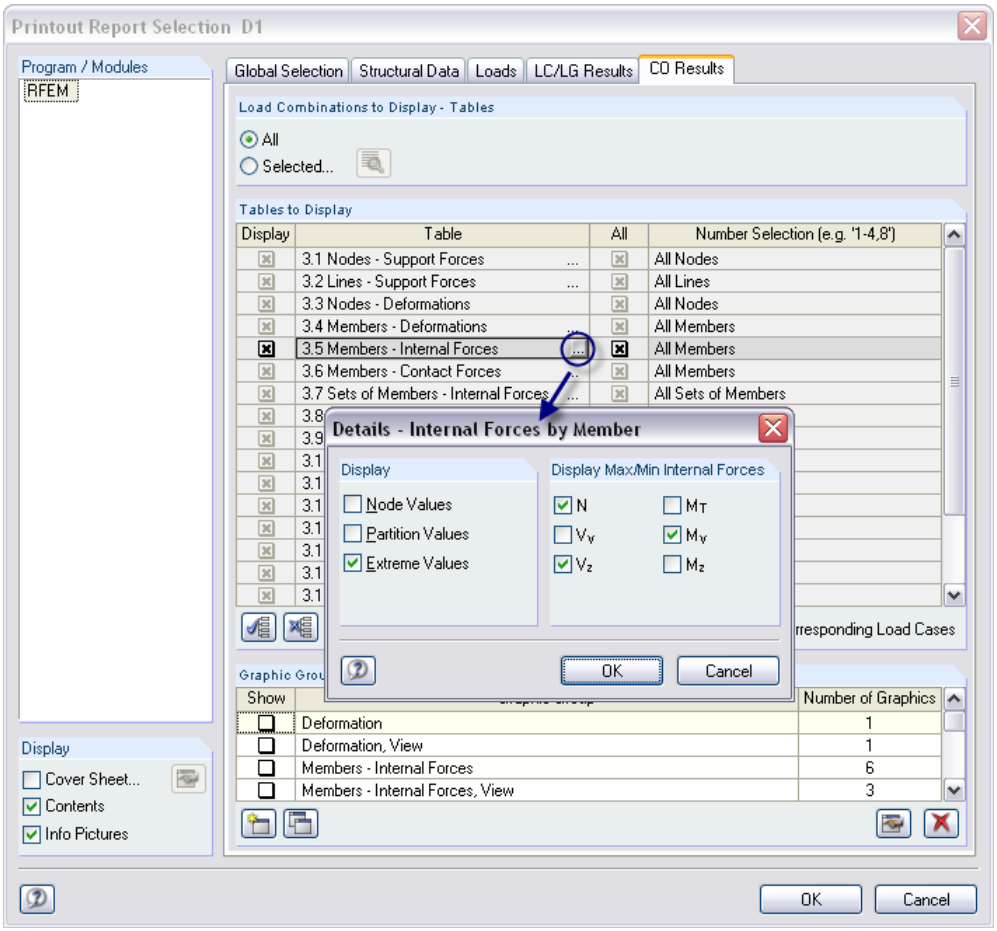


Figura 3.77: Cuadro de diálogo *Selección de informe* con parámetros detallados



En la columna *Tabla* sitúe el puntero en la fila de la casilla de verificación activa. El botón con los puntos suspensivos se activa como se muestra en la figura superior. Haga clic en el botón para abrir un cuadro de diálogo en el que se muestran incluso más detalles. Ahora reduzca el informe a **Valores extremos** de los esfuerzos internos de la barra **N**, $\mathbf{V_z}$ y $\mathbf{M_y}$.

Haga clic en [Aceptar] para confirmar los cuadros de diálogo. Puede ver que los esfuerzos internos de la combinación 1 se muestran en una extensión más pequeña.

De la misma forma, puede ajustar cualquier capítulo del informe de acuerdo con sus necesidades. Para cambiar la posición de un capítulo en el documento, mueva el capítulo a la nueva posición en el navegador usando la función arrastrar y soltar.

3.8.3 Incluir gráficos en el informe

Normalmente, la documentación es más clara cuando se agregan gráficos. Primero, haga clic en el botón Cerrar [x] para cerrar el informe. También puede seleccionar **Salir** en el menú **Archivo.** Confirme la consulta para aceptar los cambios.



En la pantalla, seleccione las deformaciones del **CC1 - Peso propio** del cuadro de lista y ajuste la posición del gráfico apropiadamente. Use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda para desactivar la vista Render.



En el menú *Archivo*, haga clic en *Imprimir*, o emplee el correspondiente botón de la barra de herramientas para transferir el gráfico al informe. Aparece el cuadro de diálogo *Informe*.

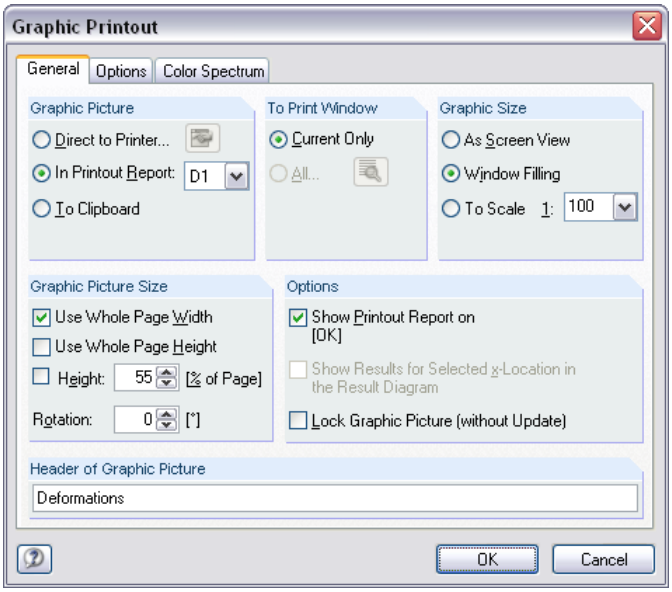


Figura 3.78: Cuadro de diálogo *Impresión del gráfico*

Establezca los parámetros como se muestra en la figura 3.78. En los registros *Opciones* y *Paleta de colores*, puede definir parámetros adicionales para la impresión del gráfico. Confirme los parámetros del cuadro de diálogo. Después de hacer clic en [Aceptar] el gráfico se transfiere al informe. La figura aparece al final del capítulo *Resultados – Casos de carga, grupos de carga*.

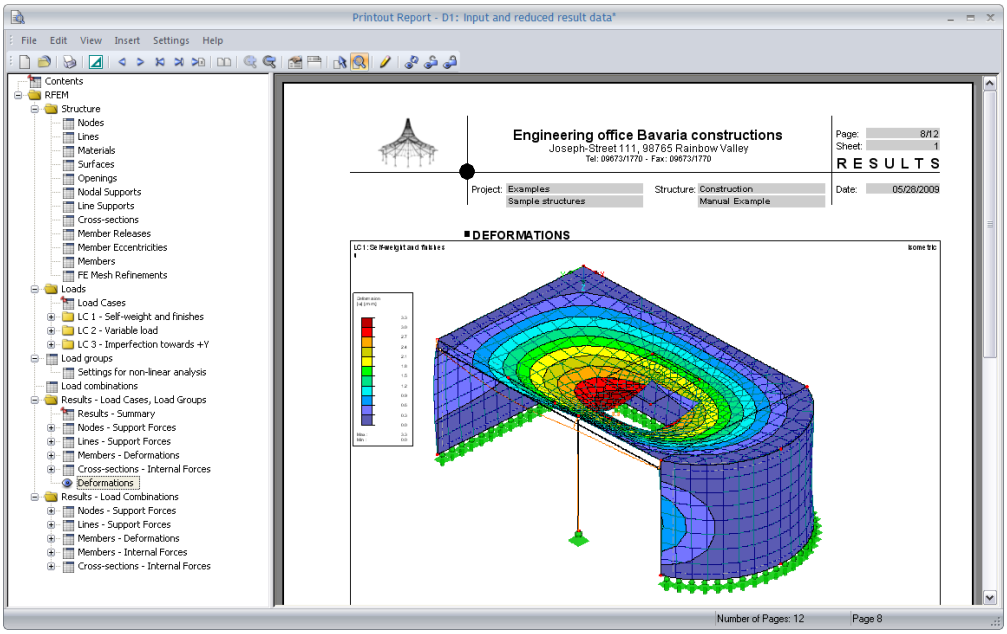


Figura 3.79: Informe con gráficos

Finalmente, imprima una vista detallada de los momentos flectores del grupo de carga 1 para la viga de acero. Cierre el informe, confirme la consulta y seleccione la barra 2 y la 3 de la manera siguiente:

Use el botón primario del ratón para dibujar una ventana que cubra por completo ambas barras. Asegúrese de abrirla de izquierda a derecha. No incluya la barra de la columna o el nudo inferior. Todos los objetos contenidos en la ventana serán seleccionados. Si dibuja la ventana de derecha a izquierda selecciona también los objetos que están parcialmente contenidos en la zona de selección, por ejemplo la columna que debe ser seleccionada.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



En el menú **Resultados** haga clic en **Diagramas de resultados en las barras seleccionadas** o use el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda para abrir la siguiente ventana.

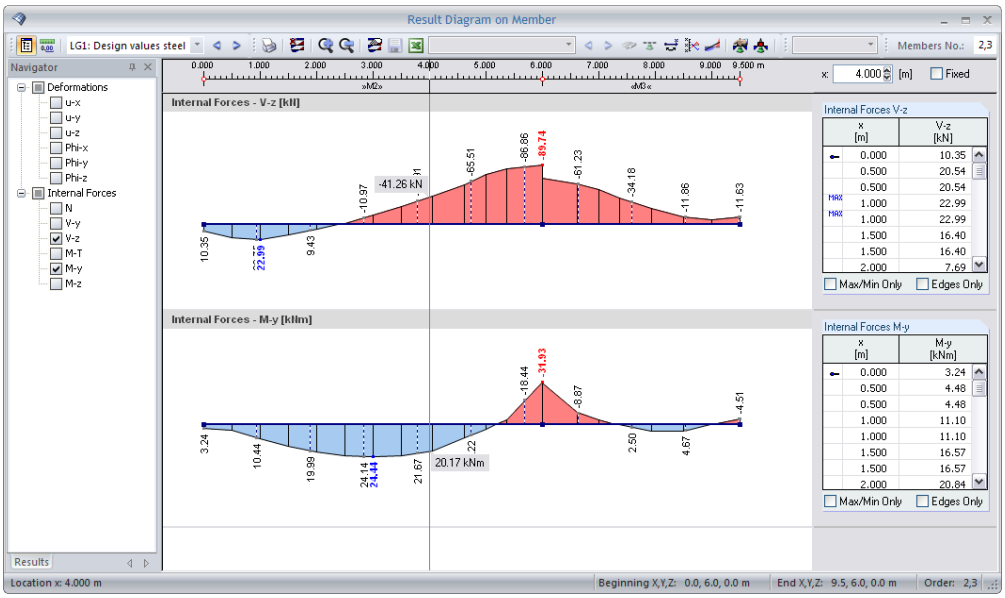


Figura 3.80: Diagramas de resultados para las barras 2 y 3

En la esquina superior izquierda, seleccione **GC 1** de la lista de casos de carga. Use el puntero para ver los diferentes valores resultantes en ambas barras. En el navegador de la izquierda, puede activar o desactivar los resultados para los esfuerzos internos y las deformaciones. Para el informe, active solamente los esfuerzos internos **V-z** y **M-y**.



Haga clic en el botón [Imprimir] en la barra de herramientas de esta ventana para abrir el cuadro de diálogo *Impresión gráfica*. En la sección del diálogo *Tamaño de imagen gráfica*, seleccione **Usar todo el ancho de página**. Establezca la *Altura* del cuadro en **40 % de la página**. Después de hacer clic en [Aceptar], se creará el informe.

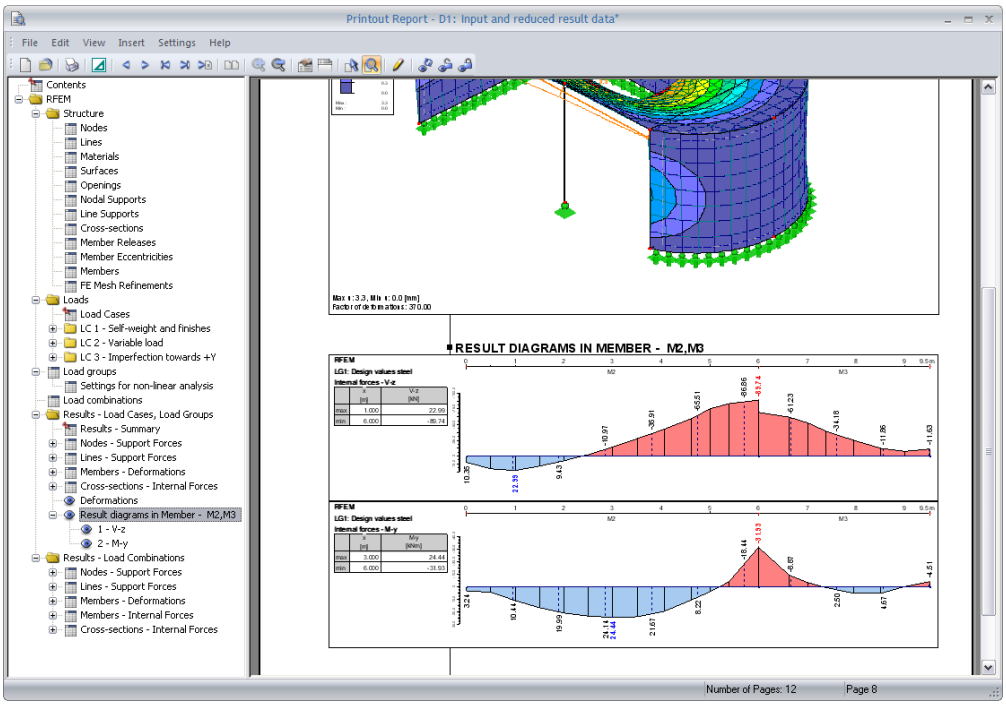


Figura 3.81: Informe con diagramas de resultados



Cuando el informe está preparado al completo lo puede enviar a la impresora.

3.9 Conclusiones

En este momento ha llegado al final del ejemplo introductorio. Esperamos que esta vista previa le haya ayudado a iniciarse en RFEM 4 y haya despertado su curiosidad para descubrir más funciones del programa. En los capítulos siguientes de este manual encontrará una descripción completa del programa.

Adicionalmente al manual, también puede buscar información en la ayuda online de RFEM 4 que puede acceder desde el menú **Ayuda** o presionando la tecla [F1]. La ayuda online se basa en el manual, pero muchas veces puede estar más actualizada que la versión impresa.

Finalmente, si tiene alguna duda o sugerencia, le invitamos a contactar con nuestro soporte técnico por medio del nuestro fax gratuito y correo electrónico.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

4. Interfaz de usuario

4.1 Vista previa

Cuando abre alguno de los ejemplos incluidos en RFEM 4, su pantalla deberá parecerse a la de la imagen siguiente (figura 4.1). La interfaz de usuario se corresponde con estándares conocidos de Windows.

La imagen siguiente muestra algunas de las zonas más importantes de la superficie del programa.

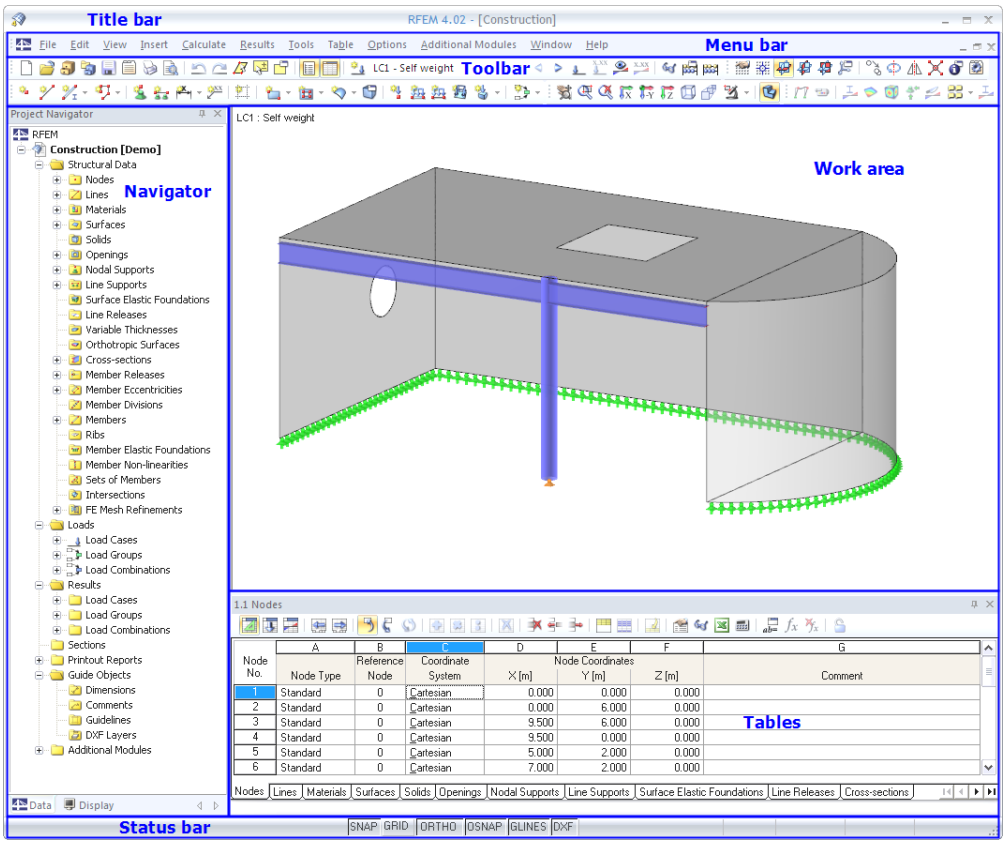
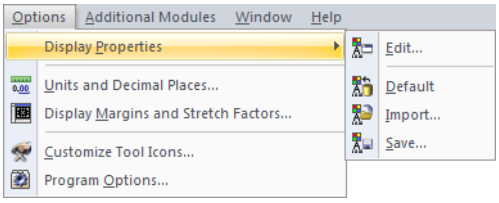
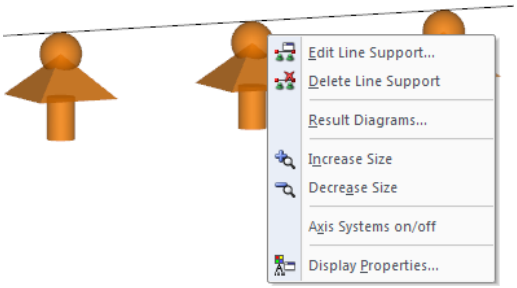
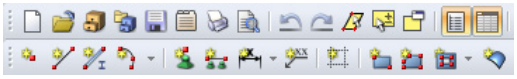
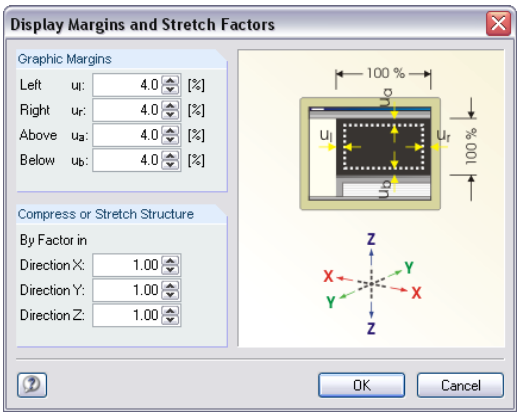


Figura 4.1: Interfaz de usuario de RFEM 4

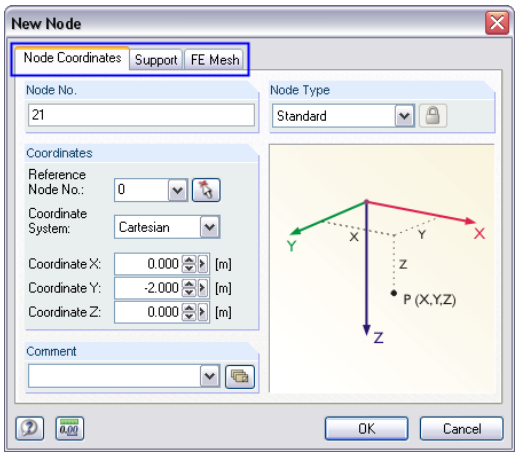
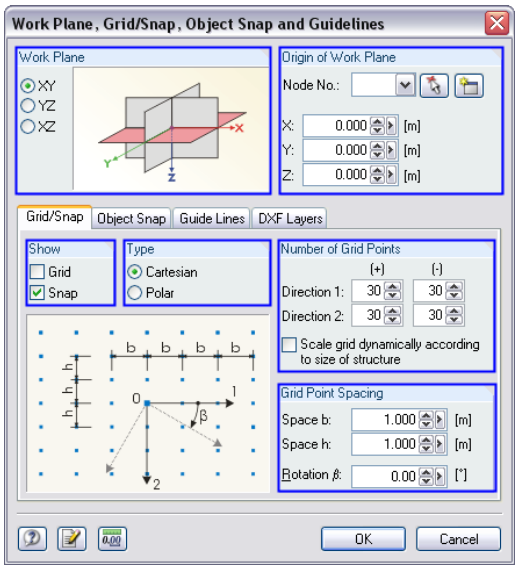
4.2 Terminología

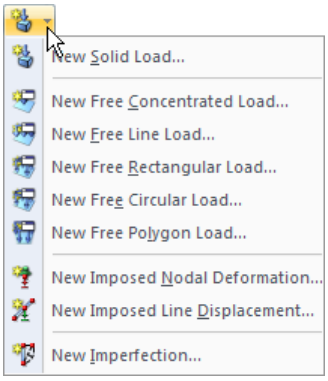
Este capítulo explica algunos términos importantes empleados en este manual relacionados con la interfaz de usuario provista por Windows.

En general, se usan distintos términos para describir varios elementos de la interfaz de usuario. Este manual usa expresiones a menudo contenidas en el manual Microsoft Manual of Style for Technical Publications [49]. Algunos términos se abrevian si su diferenciación no es esencial para trabajar con RFEM 4. Las expresiones más comunes se recogen en la siguiente tabla.

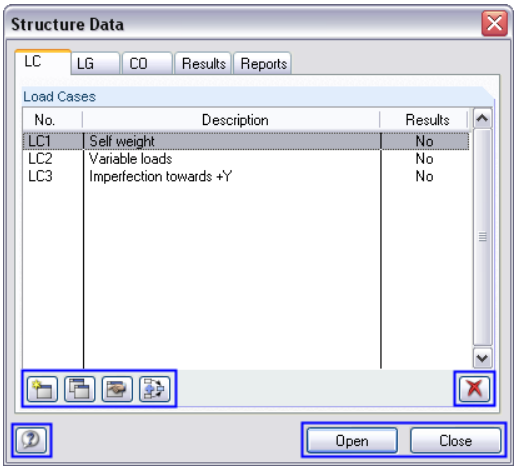
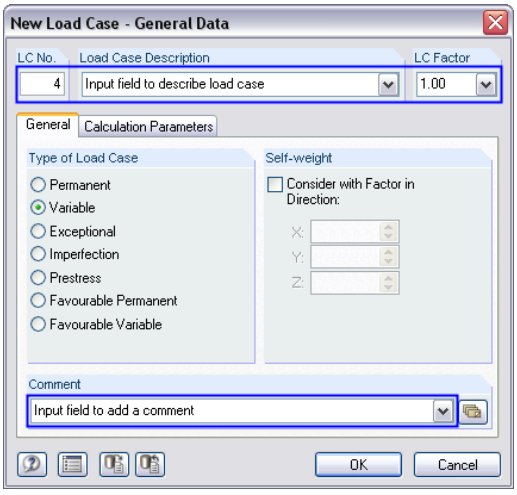
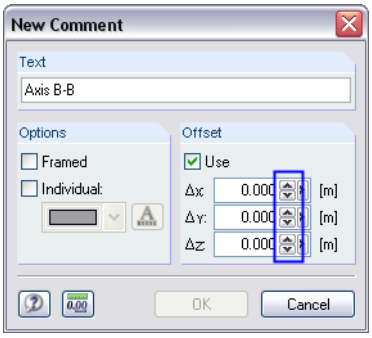
Término	Imagen	Sinónimo	Aclaración
Menú		Menú desplegable	Comandos y funciones debajo de la barra de título
Menú contextual		Menú emergente	Abrir el menú contextual haciendo clic con el botón secundario del ratón en cualquier elemento. Contiene elementos y funciones útiles sobre el elemento.
Barra de herramientas		Barra de botones	Colección de botones debajo de la barra de menú.
Cuadro de diálogo			Ventana empleada para la entrada de datos en la ventana principal

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

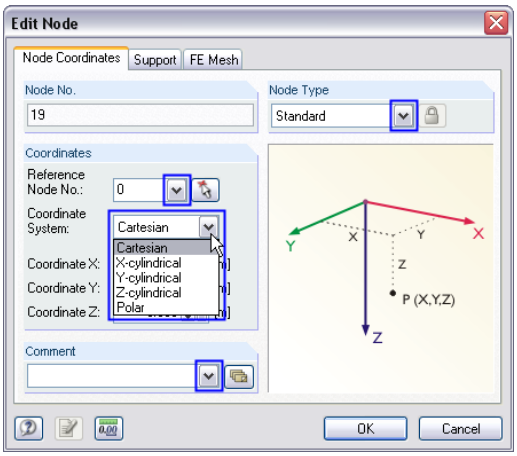
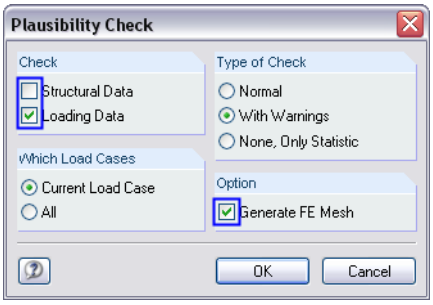
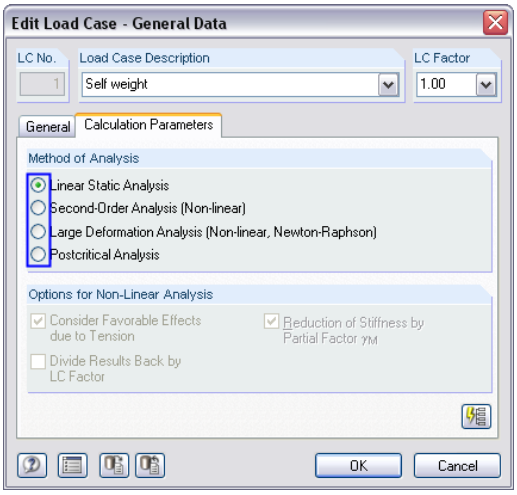
Registro		Pestaña	Los grandes cuadros de diálogo se componen de varios registros Haga clic en una pestaña para abrir la ficha correspondiente.
Sección		Grupo, marco	Varios elementos de un cuadro de diálogo que pertenecen a una misma lógica.



Botón Lista en la barra de herramientas

Botón		Icono	Haga clic en un botón para iniciar una acción, p.ej. abrir un cuadro de diálogo o llevar a cabo una modificación. La barra de herramientas incluye *listas de botones* como se muestra a la izquierda. Haga clic en [▼] para abrir una lista con funciones similares de un tópico común. El botón seleccionado por último se establece como predeterminado en la parte superior de la lista
Campo de entrada		Cuadro de texto, cuadro de entrada de datos	Campo para la entrada de texto o números
Botón Spin		Control numérico	Dos pequeños botones próximos al campo de entrada para cambiar valores numéricos gradualmente.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Lista		Cuadro de lista, Cuadro de Combinación	Opciones para campos de entrada A veces se pueden añadir entradas definidas por el usuario.
Casilla		Casilla de verificación	Sí/no, se marca o se anula la selección en la casilla de verificación.
Campo de selección		Botón de opción	Sólo una entre varias acciones puede ser seleccionada.

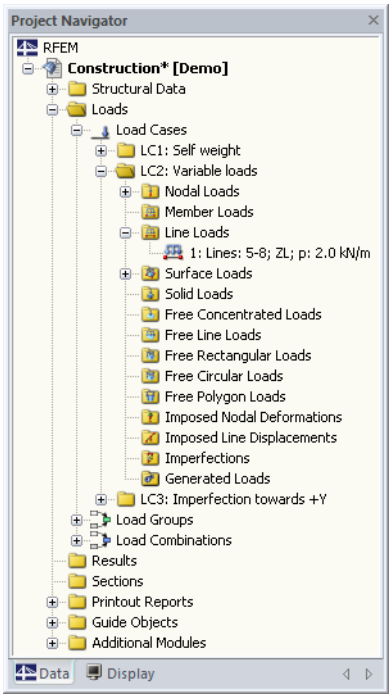
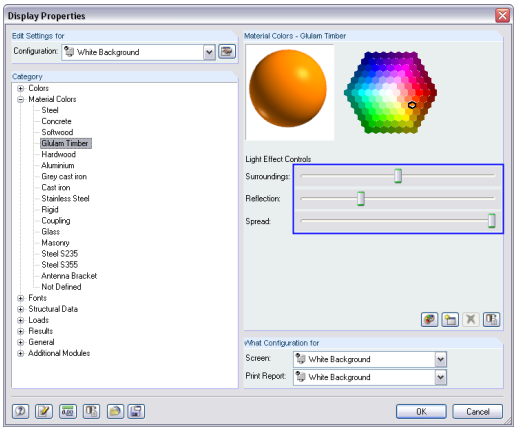
Estructura en árbol		Diagrama en árbol	Distribución de la información de forma similar al explorador de Windows.
Barra de desplaza-miento			Controlador continuo para características particulares

Table 4.1: Términos de la interface de usuario

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

4.3 Términos especiales en RFEM

Este capítulo explica varios términos importantes específicos de RFEM.

Término	Explicación
Nudos	En el modelo 3D, un nudo se define por sus coordenadas (X/Y/Z). Los nudos se utilizan para modelar la geometría de una estructura.
Línea	La líneas son rectas, curvadas o conexiones entre nudos definidas por el usuario. Pueden estar apoyadas y estar cargadas con cargas.
Barras	Una barra representa una característica específica de una línea cuya rigidez está definida por su material y por las propiedades de su sección. Las barras son elementos 1D.
Conjunto de barras	Las barras se pueden combinar en un conjunto de barras. Las **barras continuas** unen las barras con continuidad como en una viga continua. Un **grupo de barras**, formado por barras conectadas, pueden unir más de dos barras en un nudo individual.
Superficie	Una superficie está delimitada por líneas de contorno. Según su material y su espesor se define una rigidez específica. Las superficies son elementos 2D.
Sólido	Un sólido está rodeado por superficies de contorno (normalmente tipo *Nula*). La rigidez se define por su material. Los sólidos son elementos 3D.
Apoyo en nudo	Los grados de libertad son limitados para este nudo.
Apoyo lineal	Los grados de libertad son limitados por todos los nudos en esta línea.
Carga en nudo	Esfuerzo o momento aplicado a un nudo.
Carga lineal	Carga puntual, uniforme o trapezoidal aplicada a una línea. La carga actúa como un esfuerzo o momento.
Carga en barra	Una barra se carga con una carga puntual o lineal. La distribución de carga puede ser uniforme o trapezoidal. Además de esfuerzos y momentos, también son posibles efectos de la temperatura y pretensados.
Carga superficial	Carga lineal o uniforme aplicada a una superficie. Los tipos de carga son esfuerzos , temperatura y deformaciones impuestas.
Carga en sólido	Cargas debidas a la temperatura o deformaciones impuestas a un sólido.
Caso de carga *CC*	Todas las cargas que proceden de un acción se agrupan en un caso de carga, p.ej. el peso propio o las sobrecargas de uso. Las cargas deben ser definidas como cargas de servicio, es decir, **sin coeficientes**. Los coeficientes parciales de seguridad se pueden considerar en los grupos de carga y en las combinaciones de carga respectivamente. Normalmente, un caso de carga se calcula de acuerdo con el análisis estático lineal, pero también es posible un cálculo de acuerdo con el análisis de 2º orden no lineal o el análisis de grandes deformaciones.

Grupo de carga *GC*	Un grupo de carga se emplea para superponer casos de carga, es decir, se resumen todas las **cargas** del caso de carga en cuestión. Normalmente, los grupos de carga se calculan de acuerdo con el análisis de 2º orden o el análisis de grandes deformaciones. También se pueden calcular de acuerdo con el análisis estático lineal.
Combinación de carga *CO*	Una combinación de carga también se usa para superponer casos de carga. Se suman los **resultados** de los casos de carga en cuestión. También es posible determinar los esfuerzos internos y deformaciones extremos de los diferentes casos de carga, grupos de carga o combinaciones de carga mediante una combinación "O". Normalmente, el principio de combinación no se aplica a los resultados calculados de acuerdo con el análisis de segundo orden.

Tabla 4.2: Términos específicos de RFEM

4.4 La interfaz de usuario de RFEM 4

Este capítulo describe los elementos operativos individuales de RFEM 4 (ver figura 4.1, página 65). El programa sigue los estándares generales para aplicaciones de Windows.

4.4.1 Barra de menú

La barra de menú de RFEM 4 debajo de la barra de título contiene todas las funciones del programa. Las funciones están organizadas en bloques lógicos.

Abrir un menú con un simple clic en el botón primario del ratón. También puede emplear 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 las entradas del menú. Seleccione estas entradas haciendo clic o presionando la correspondiente letra subrayada. También puede seleccionar el elemento del menú utilizando las teclas [↑] y [↓] y finalmente presionando la tecla [↵].

Una vez abierto un menú, puede elegir ente los diferentes menús empleando las teclas [→] y [←].

A la derecha de algunas entradas del menú pueden aparecer combinaciones de teclas. Estas *Teclas de acceso directo* siguen los estándares de Windows. Use estos accesos directos para iniciar las funciones desde el teclado, por ejemplo [Ctrl] + [G] para guardar los datos.

4.4.2 Barra de herramientas

Debajo de la barra de menú se encuentran las barras de herramientas con varios botones. Use estos botones para acceder directamente a las funciones más importantes haciendo clic en el botón primario del ratón. Una breve información de la función del botón aparece cuando sitúa el puntero del ratón sobre un botón (*Información en pantalla*).

Cambie la posición de una barra de herramientas "haciendo clic" en la barra con el botón primario del ratón y después moviéndola hasta la posición deseada.



Figura 4.2: Posición de acoplamiento de la barra de herramientas *Ver*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Cuando mueve la barra de herramientas hacia el área de trabajo, se convierte en una barra de herramientas “flotante”.

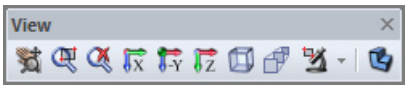


Figura 4.3: Posición flotante de la barra de herramientas *Ver*

Acople la barra de herramientas flotante al marco de la ventana moviéndola manteniendo presionado el botón primario del ratón. También puede hacer doble clic en su encabezado.

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

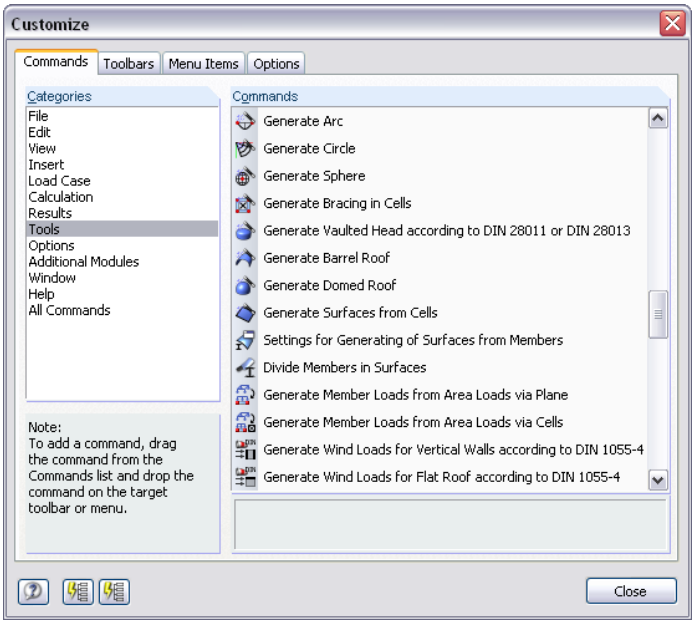


Figura 4.4: Cuadro de diálogo *Personalizar*, registro *Comandos*

Todos los comandos de RFEM 4 están organizados 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 ver la descripción de la función del botón que se muestra en la sección debajo. Todos los botones pueden ser movidos a cualquier lugar de la barra de herramientas usando la función arrastrar y soltar.

Para eliminar un botón de la barra de herramientas haga clic y mueva el botón al área de trabajo manteniendo pulsada la tecla [Alt].



En el segundo registro *Barras de herramientas* aparece una lista de todas las barras de herramientas disponibles. Aquí puede quitar las barras o crear otras nuevas haciendo clic en el botón [Nueva barra de herramientas definida por el usuario] que se muestra a la izquierda

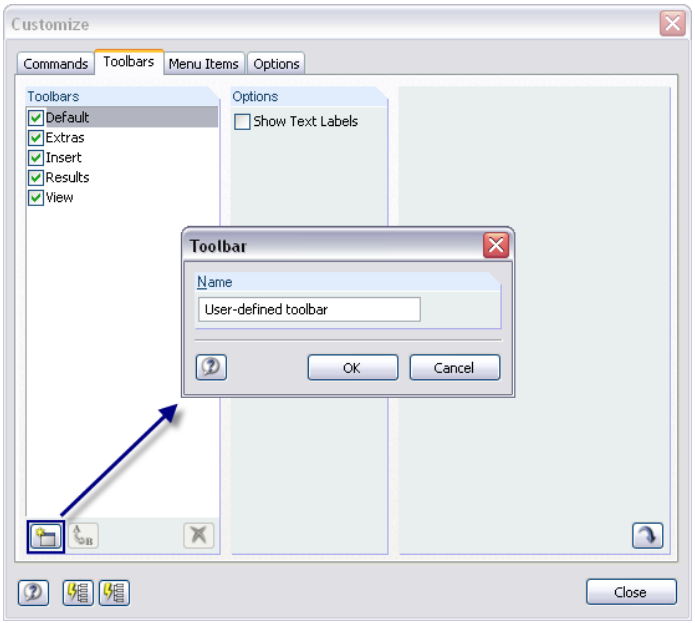


Figura 4.5: Crear una nueva barra de herramientas

Para crear una nueva barra de herramientas definida por el usuario introduzca el *Nombre* de la nueva barra en el cuadro de diálogo *Barra de herramientas* y haga clic en [Aceptar]. La nueva barra aparecerá en una posición flotante de la pantalla. Mueva la barra a la posición deseada y asígnele los botones por medio de la pestaña *Comandos*.



El botón [Restablecer todas las barras de herramientas definidas por el usuario] restaura el estado inicial de las barras de herramientas. Si tiene seleccionada una barra de herramientas definida por el usuario en la lista, esta barra se eliminará. Las barras de herramientas de RFEM 4 establecidas como predeterminadas no se pueden eliminar, sólo apagar.

Use el último registro *Opciones* para cambiar la apariencia del interfaz de usuario de RFEM 4. Se pueden seleccionar los siguientes *Diseños*:



Figura 4.6: Diseños disponibles para la interfaz de usuario de RFEM 4

Los parámetros cambiados se actualizan inmediatamente.

4.4.3 Navegador



El navegador se muestra en la parte izquierda de la ventana de trabajo. En el menú **Ver** seleccione **Navegador** para activar o desactivar el navegador o emplee el correspondiente botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

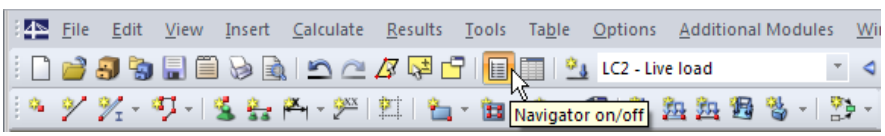
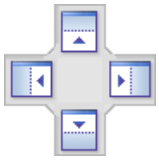
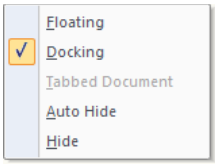


Figura 4.7: Botón *Navegador* en la barra de herramientas *Predeterminada*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software





El navegador se puede mover del mismo modo que las barras de herramientas. Use el botón primario del ratón para “seleccionar” el navegador en su borde superior y moverlo por el área de trabajo. Para volver a recolocarlo, haga doble clic en el encabezado del navegador o mueva la barra del navegador hacia el marco de la ventana. Cuando mueva el navegador, los botones direccionales que se muestran a la izquierda aparecerán además para situar el navegador en uno de los cuatro lados de la ventana de trabajo. Mueva el navegador hasta el botón de la flecha correspondiente y suelte el botón primario del ratón en cuanto el cursor esté sobre la flecha.

Si no quiere que el navegador quede fijado al marco de la ventana, quite la selección correspondiente en el menú contextual del navegador

Si la opción *Ocultar automáticamente* está seleccionada, el navegador se minimizará automáticamente en cuanto esté trabajando fuera de él. Si el navegador está fijado al marco de la ventana puede activar esta función haciendo clic en el alfiler en la esquina superior derecha del navegador (ver figura 4.9, página 76). Cuando sitúa el puntero en la barra de acoplamiento el navegador se despliega a tamaño completo.

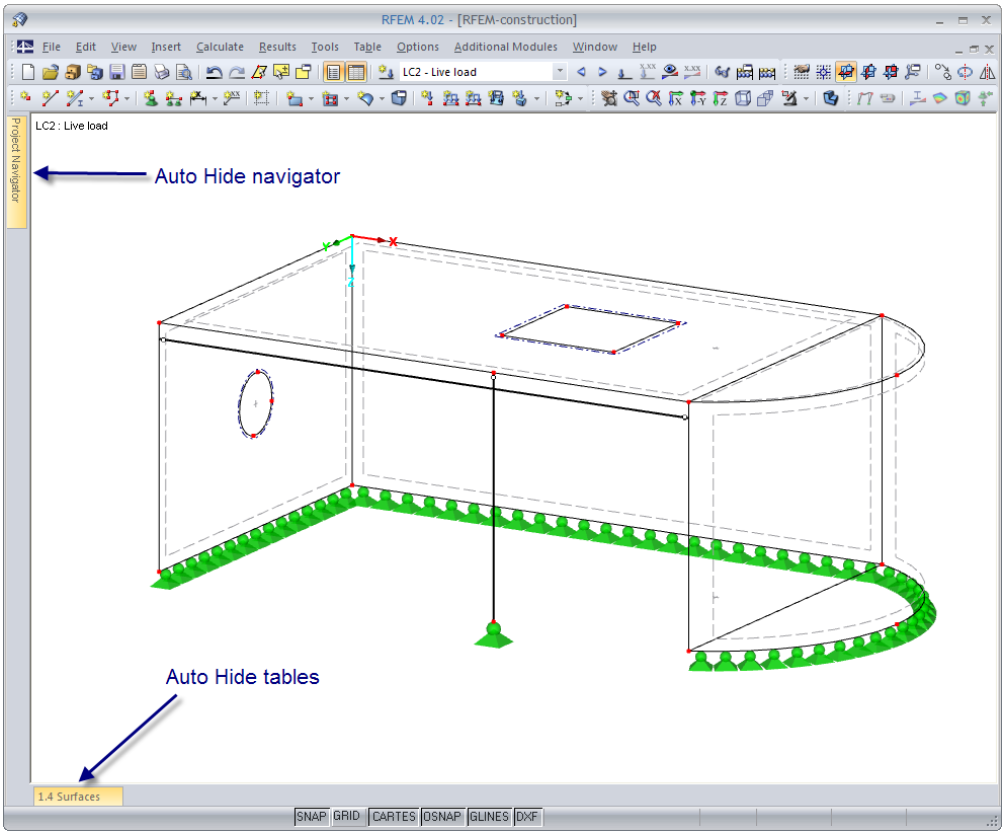


Figura 4.8: Navegador y tablas en ocultar automáticamente

En la estructura de árbol se muestran claramente dispuestos todos los datos de una posición. Haga clic en [+] para abrir una rama de la estructura de árbol, haga clic en [-] para cerrarla. También puede hacer doble clic en la entrada.

En el borde inferior del navegador puede ver tres pestañas. Use estos registros para elegir entre el navegador *Datos*, *Mostrar* y *Resultados* (ver figura 4.9).

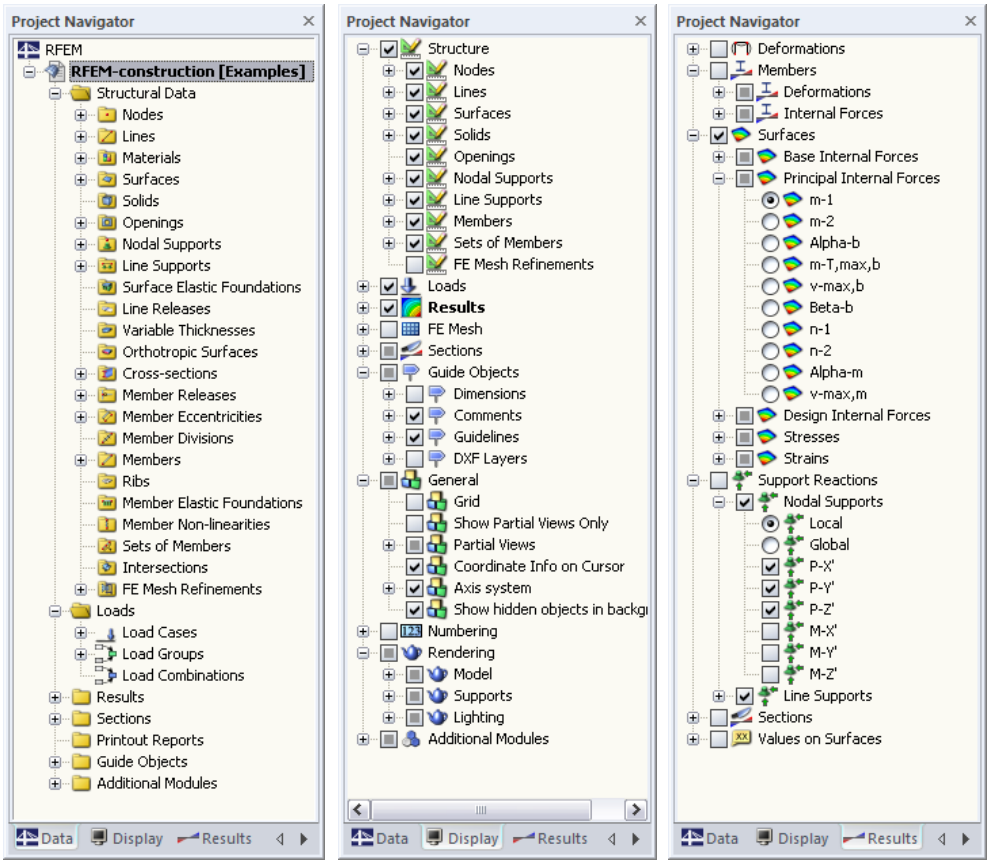


Figura 4.9: Los navegadores *Datos*, *Mostrar* y *Resultados*

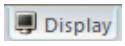
El navegador *Datos*



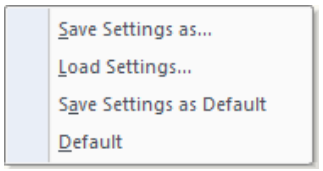
Todos los datos y resultados disponibles se muestran en el navegador *Datos*. Haga doble clic en una entrada (una "hoja" de la estructura de árbol) para abrir un cuadro de diálogo para cambiar la entrada. Haga clic en el botón secundario del ratón para abrir el menú contextual de esa entrada ofreciendo funciones muy útiles.

Los objetos que no se definieron correctamente se muestran en rojo, los objetos sin usar se muestran en azul.

El navegador *Mostrar*

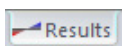


Use el navegador *Mostrar* para ajustar los parámetros para la visualización gráfica en la ventana de trabajo. Si desmarca la casilla de verificación de una entrada, el elemento correspondiente ya no se mostrará más en la ventana gráfica.



Use el menú contextual del navegador que se muestra a la izquierda para guardar o cargar parámetros definidos por el usuario. También puede aplicar los parámetros como predeterminados para estructuras de nueva creación.

El navegador *Resultados*



Use el navegador *Resultados* para controlar la salida gráfica de resultados. El contenido depende de si se muestran los resultados de RFEM 4 o de un módulo adicional.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

4.4.4 Tablas



En la sección inferior de la ventana de RFEM 4 puede ver tablas. En el menú **Tabla**, haga clic en **Mostrar** para activar o desactivar las tablas o emplee el correspondiente botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

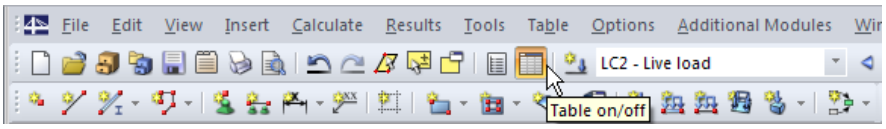
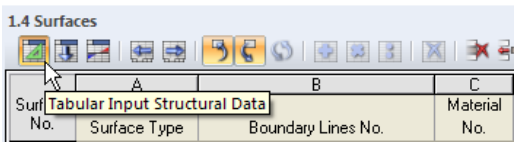


Figura 4.10: Botón *Tabla activada/desactivada* en la barra de herramientas *Predeterminada*

Existen tres grupos de tablas. Elija entre estos tres grupos empleando los tres primeros botones de la barra de herramientas de la tabla o haga clic en **Ir a** en el menú **Tabla.**

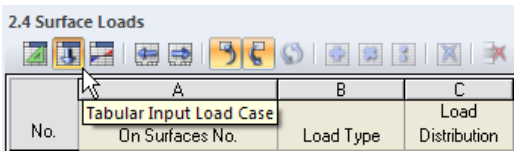




Menú **Tabla** → **Ir a** → **Datos estructurales**

Tablas para la entrada de datos de la estructura

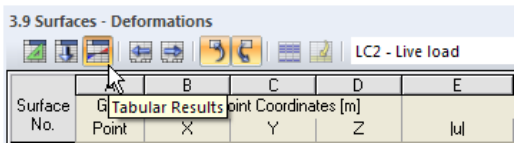




Menú **Tabla** → **Ir a** → **Cargas**

Tablas para la entrada de datos de cargas





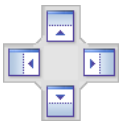
Menú **Tabla** → **Ir a**→ **Resultados**

Tablas de resultados

Tabla 4.3: Botones de tablas para datos estructurales, cargas y resultados.

En las tablas, todos los datos estructurales y de carga se pueden introducir numéricamente. Se describen además varias funciones importantes de entrada en el capítulo 12.3 en la página 420.

Trabajando por medio de tablas el programa se asegura con éxito de que todos los datos son capturados. Las tablas representan la organización interna de los datos de RFEM 4. Por esta razón, la estructura de los capítulos 0, 6 y 9 se corresponde con la secuencia de las tablas.



Las tablas se pueden mover de la misma manera que las barras de herramientas. Use el botón primario del ratón para “seleccionar” la tabla en su borde superior y moverla hacia el área de trabajo. Para devolverla a su lugar, haga doble clic en el encabezado de la tabla o mueva la barra de la tabla hacia el marco de la ventana o uno de los botones direccionales que se muestran a la izquierda.

Si la opción del menú *Ocultar automáticamente* del encabezado de la tabla está activo, se minimiza automáticamente en cuanto se trabaja fuera de ella (ver figura 4.8, página 75). Si la tabla está acoplada al marco de la ventana, puede activar esta función haciendo clic en el alfiler en la esquina superior derecha del encabezado de la tabla. Cuando mueva el puntero sobre la barra de acoplamiento, la tabla se despliega a tamaño completo.



Cuando selecciona una fila en la tabla, el objeto relacionado se resalta en la ventana gráfica. Cuando selecciona un objeto en la ventana gráfica, se muestra resaltada en la tabla la fila correspondiente.

En el menú **Tabla**, seleccione **Configuración** para controlar la sincronización de esta selección o emplee el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.

4.4.5 Barra de estado

En la parte inferior de la ventana de trabajo de RFEM 4 se encuentra la barra de estado. En el menú **Ver** haga clic en **Barra de estado** para activarla o desactivarla.

La barra de estado consta de tres zonas.

Zona izquierda



Figura 4.11: Zona izquierda de la barra de estado

El texto que se muestra varía según la función del programa que esté activada en ese momento. Cuando se sitúa el cursor en la ventana gráfica de trabajo, se muestra en la barra de estado información relacionada con el objeto.

Preste atención a esta sección de la barra de estado, especialmente cuando empiece a trabajar con RFEM 4. Aquí siempre puede encontrar información útil para los botones de la barra de herramientas o los cuadros de diálogo.

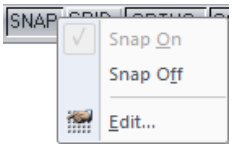
Zona central



Figura 4.12: Zona central de la barra de estado

Esta zona funciona de una forma similar a las barras de herramientas. Emplee la zona central para controlar la ventana gráfica de trabajo.

FORZC



Emplee este botón para activar o desactivar la función forzar cursor de la rejilla. Use el menú contextual de este botón que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo para definir parámetros detallados de la rejilla (ver descripción en el capítulo 12.2.2, página 387).

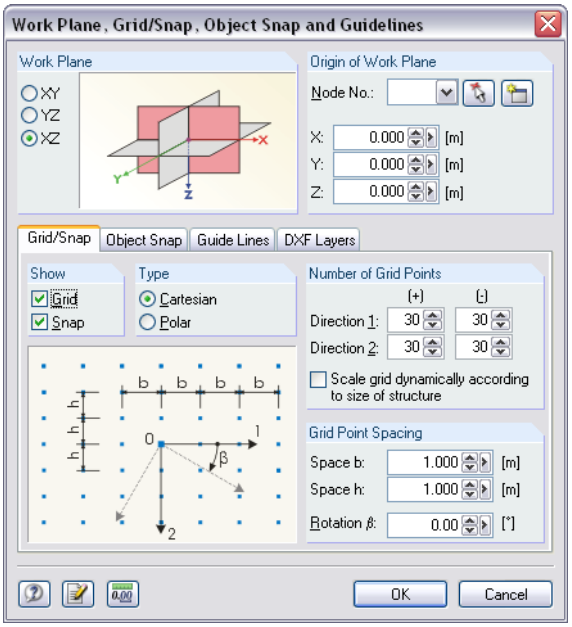
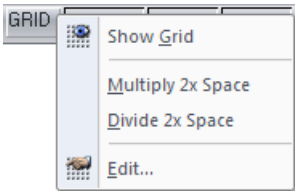
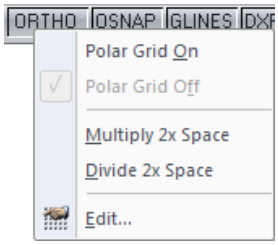


Figura 4.13: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo, Rejilla/Forzar cursor, Referencia a objetos y Líneas auxiliares*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software





REJILLA

Haga clic en este botón para activar o desactivar la rejilla. Haga clic en el botón secundario del ratón y seleccione *Editar* para abrir el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 4.13.

Además, es posible maximizar o minimizar el espaciado de la rejilla.

ORTO / CARTES / POLAR

Use este botón para activar o desactivar la rejilla ortogonal, cartesiana o polar. Mediante el menú contextual puede abrir el cuadro de diálogo que se muestra a la izquierda figura 4.13. Además, también es posible maximizar o minimizar el espaciado de la rejilla.

REFENT

Use este botón para activar o desactivar la función referencia a objetos. Para más información sobre la función referencia a objetos, ver el capítulo 0 en la página 389.

GLN

Haga clic en este botón para activar o desactivar las líneas auxiliares. Para más información sobre la función mostrar líneas auxiliares, ver el capítulo 12.2.13 en la página 405.

DXF

Use este botón para activar o desactivar las capas DXF (ver capítulo 12.2.14, página 409).

Zona derecha



Figura 4.14: Zona derecha de la barra de estado

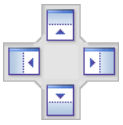
Cuando el puntero se encuentra dentro del área de trabajo, la zona derecha de la barra de estado muestra la siguiente información sobre la entrada gráfica:

- Sistema de coordenadas *SC*
- Plano de trabajo
- Coordenadas actuales del cursor

4.4.6 Panel de control



Cuando se muestran esfuerzos internos y deformaciones, puede acceder a varios parámetros de visualización y de control a través del **Panel.** En el menú **Ver**, haga clic en **Panel de control** para activar o desactivar el panel o emplee el correspondiente botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.



El panel también se puede acoplar al marco de la pantalla. Haga doble clic en el encabezado del panel o muévalo hacia alguno de los botones que se muestran a la izquierda. Seleccione la opción *Ocultar automáticamente* en el menú contextual para minimizar el panel en cuanto se mueva fuera de él (ver figura 4.8, página 75). Cuando el panel está acoplado, esta función también se puede activar haciendo clic en la aguja en la barra de título del panel. Cuando se mueve el cursor por encima de la barra de acoplamiento, el panel se despliega a tamaño completo.

El panel de control se divide en tres registros: *Paleta de colores*, *Coeficientes* y *Filtro*.

Paleta de colores

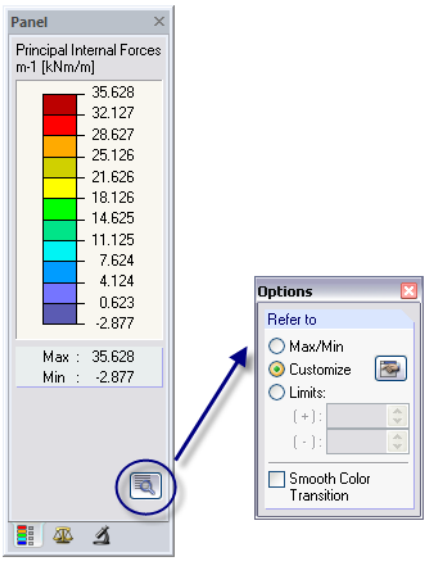


Figura 4.15: Panel de control, registro *Paleta de colores* con el cuadro de diálogo *Opciones* activo

Cuando se selecciona una vista multicolor, el registro muestra la paleta de colores con los valores asignados por zonas. Se establece como predeterminado una Paleta de colores de once zonas de colores, cubriendo el rango entre los valores extremos en intervalos equidistantes.



Para editar la paleta de colores, haga doble clic sobre un cuadro de color. También puede usar el botón [Opciones] para abrir el cuadro de diálogo *Opciones*. Seleccione *Personalizar* (ver figura 4.15) y haga clic en el botón [Editar valor de isobanda y paleta de colores] que se muestra a la izquierda. Aparece el siguiente diálogo.

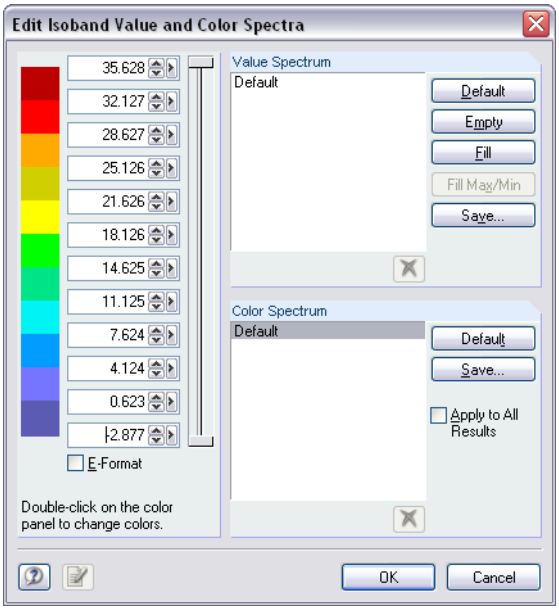


Figura 4.16: Cuadro de diálogo *Editar valor de isobanda y espectro de colores*

Use los botones verticales deslizantes de control (a la derecha de los valores) para reducir el número de colores mostrados.

Haga doble clic en un cuadro de color para modificar los parámetros.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Puede ajustar los valores de la paleta de colores manualmente, pero tiene que observar un orden consecuente 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 como predeterminadas.
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 Max/Min	Para una paleta de colores reducida, los valores interpolados se calculan en relación a los valores extremos absolutos o introducidos manualmente.
Guardar	El espectro de valores se guardará como una muestra global.

Tabla 4.4: Botones en la sección del diálogo *Espectro de valores*

Seleccione *Aplicar a todos los resultados* para aplicar la paleta de colores actual a la visualización de resultados de todos los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga. Esto no afecta al espectro de valores, porque una asignación global para deformaciones, esfuerzos, momentos y tensiones sería muy difícil. Haga clic en [Guardar] para guardar la paleta de color modificado como definido por el usuario.



Use el botón [Opciones] como se muestra en la figura 4.15 para seleccionar más opciones en el cuadro de diálogo *Opciones*.

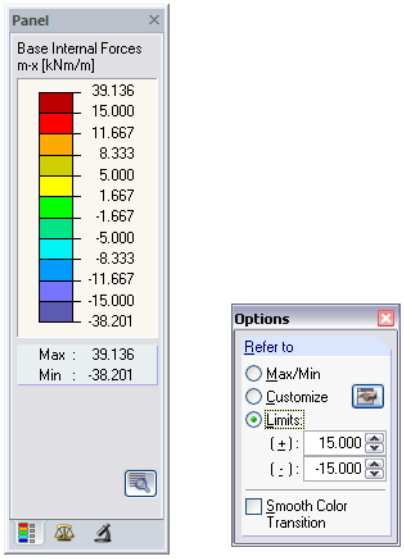


Figura 4.17: Cuadro de diálogo *Opciones*, Opción *Límites +/-*

Seleccione *Límites* para hacer una evaluación detallada en una zona concreta. Cada valor límite que se excede se cubre por un solo color. Con los valores establecidos en la figura 4.17, por ejemplo, los momentos principales m_x se muestran en detalle en un intervalo de ± 15.00 kNm/m.

Seleccione *Transición suave de color* en el cuadro de diálogo *Opciones* para quitar la gama de distintas fornteras. Esta opción para una paleta de colores continua no depende de las referencias seleccionadas de los valores resultantes.

Escala

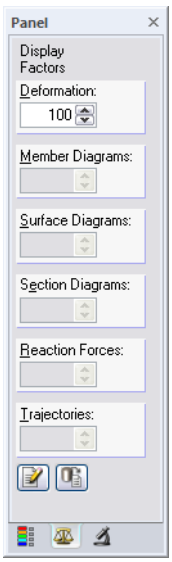


Figura 4.18: Panel de control, registro *Escalas*

Use este registro para definir los factores de escala de la visualización gráfica. Dependiendo del grafico activo, puede acceder a los campos de entrada para *Deformaciones, Diagramas de barra, Diagramas de superficie, Diagramas de sección, Esfuerzos de reacción* y *Trayectorias*.

Filtro

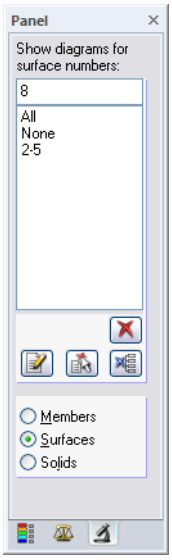


Figura 4.19: Panel de control, registro *Filtro*

En general, para filtrar los valores resultantes use el registro *Paleta de colores*. Sin embargo, para seleccionar diferentes visualizaciones de resultados para superficies particulares, barras o sólidos use el registro *Filtro*. Seleccione entre los tres campos de selección debajo de los botones para decidir qué objetos se deben filtrar.



En el campo de entrada *Mostrar diagramas para* puede introducir el número de las barras, superficies o sólidos correspondientes. Haga clic en el botón [Aplicar] para llevar a cabo la función de filtrado. También puede usar los números desde la ventana gráfica seleccionando los objetos relevantes en el gráfico (selección múltiple por la ventana o manteniendo pulsada la tecla [Ctrl]) y finalmente haciendo clic en el botón [Importar desde selección].



Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

4.4.7 Botones predeterminados

Algunos botones son usados en muchos cuadros de diálogo. Si sitúa el puntero encima de un cierto botón se muestra su correspondiente función con una pequeña descripción.

La siguiente tabla describe todos los botones predeterminados.

Botón	Descripción	Función
	Nuevo	Abre un cuadro de diálogo para definir un objeto
	Editar	Abre un cuadro de diálogo para modificar un objeto
	Seleccionar	Selección en la ventana gráfica
	Aplicar	Importa de la selección actual
	Biblioteca	Abre una colección de datos almacenados
	Ayuda	Abre la función de ayuda
	Aplicar	Aplica los cambios sin cerrar el cuadro de diálogo
	Configuración	Abre un cuadro de diálogo para parámetros detallados
	Comentarios	Accede a los módulo de texto establecidos como predeterminados → capítulo 12.6.3, página 468
	Unidades y decimales	Configuración para unidades y decimales → capítulo 12.6.2, página 466
	Estándar	Restaura los parámetros del diálogo establecidos como predeterminados
	Establecer como predeterminado	Guarda la configuración actual como predeterminada
	Fuentes	Opción para definir fuentes y tamaño de fuentes
	Información	Muestra información sobre un objeto
	Transferir selección	Transfiere los elementos seleccionados de una lista a otra
	Transferir todo	Transfiere todos los elementos de una lista a otra
	Guardar	Almacena las entradas de datos definidas por el usuario
	Importar	Importa entradas almacenadas
	Seleccionar	Selecciona algunos o todos los objetos
	Anular selección	Elimina o anula la selección de todas las entradas

Tabla 4.5: Botones predeterminados

4.4.8 Funciones del teclado

Algunas de las funciones más usadas de la interfaz gráfica y de las tablas pueden ser abiertas mediante teclas del teclado o atajos de 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]	Mostrar toda la estructura– *Mostrar todo*
[F9]	Calculadora
[F10]	Barra de menú
[F12]	Guarda la estructura con un nombre de archivo distinto
[Alt]	Barra de menú
[Ctrl+2]	Copia una fila de la tabla en la fila siguiente
[Ctrl+A]	Función *Restaurar*
[Ctrl+C]	Copia en el portapapeles
[Ctrl+F]	Buscar dentro de la tabla
[Ctrl+G]	Genera entradas en la tabla
[Ctrl+H]	Busca entradas en la tabla y las reemplaza
[Ctrl+I]	Inserta una fila en la tabla
[Ctrl+L]	Pasa a un número específico de la fila en la tabla
[Ctrl+N]	Crea una nueva estructura
[Ctrl+O]	Abre una estructura
[Ctrl+P]	Imprime la imagen en la impresora, informe o portapapeles
[Ctrl+R]	Elimina una fila en la tabla
[Ctrl+S]	Guarda la estructura
[Ctrl+U]	Anula 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 *Deshacer*
[+] [-] *NumPad*	Función *Zoom*

Tabla 4.6: Funciones de teclado

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

4.4.9 Funciones del ratón

Use las funciones del ratón de acuerdo con los estándares de Windows. Para editar un objeto, selecciónelo primero haciendo un simple clic con el botón primario del ratón. Haga doble clic sobre el objeto para abrir el cuadro de diálogo para editar. Estas funciones están disponibles para los objetos del gráfico, así como también para las entradas en el navegador *Datos*.

Para abrir el menú contextual de un objeto, haga clic una vez con el botón secundario del ratón. El menú contextual contiene varios comandos y funciones útiles para el objeto seleccionado.

Los menús contextuales están disponibles en la ventana gráfica, las tablas y el navegador.

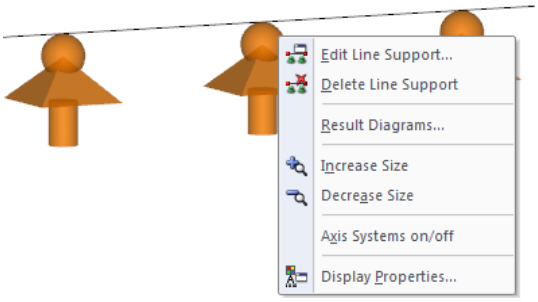


Figura 4.20: Menú contextual en la ventana gráfica *Apoyo lineal*

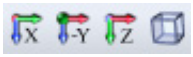


El **botón de rueda** es útil para trabajar en la pantalla gráfica. Desplace (gire el botón de rueda) para maximizar o minimizar la pantalla actual. La posición del puntero siempre se asume como el centro de la zona donde se aplica un zoom.



Presione el botón de rueda para mover la estructura (pero sin seleccionar previamente el botón de la barra de herramientas [Encuadre]). Además, mantenga pulsada la tecla [Ctrl] para girar la estructura. Los símbolos del puntero que se muestran a la izquierda indican la función seleccionada.

Para girar la pantalla alrededor de un nudo en particular, pirmero seleccione el nudo. Presione el botón de rueda y mantenga pulsada la tecla [Alt] para girar la estructura alrededor del nudo seleccionado.



Hay otra función útil para mostrar los objetos seleccionados en una vista maximizada. Seleccione un objeto en el gráfico y haga clic en uno de los botones de la barra de herramientas *Ver* que se muestra a la izquierda manteniendo pulsada la techa Mayús [⇧] simultáneamente. El gráfico muestra inmediatamente la vista maximizada del objeto seleccionado en la dirección de vista correspondiente.

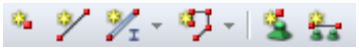


Las opciones ofrecidas por un ratón 3D también se pueden usar para trabajar en la interfaz gráfica.

5. Datos estructurales

Antes de empezar a introducir datos estructurales siempre se tiene que crear o abrir una posición. Para más información, ver capítulo 13.2, página 485.

RFEM 4 ofrece varias formas de introducir datos. Puede definir los objetos en un **cuadro de diálogo** o en una **tabla** y a menudo también **directamente en el gráfico**.



Abra los cuadros de diálogo y la entrada gráfica usando los

- subelementos en el menú **Insertar**, subentrada **Datos estructurales**
- botones de la barra de herramientas *Insertar*
- menús contextuales de los objetos de datos estructurales en el navegador *Datos*
- los menús contextuales de los números en filas de la tabla o haciendo doble clic sobre ellos.

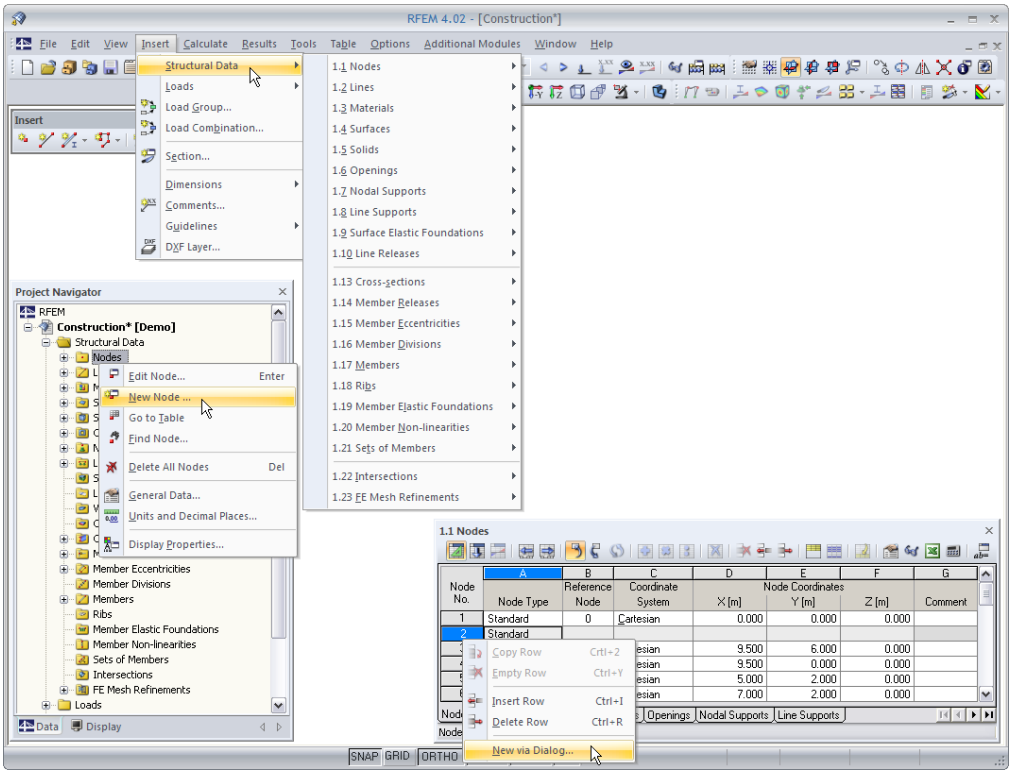


Figura 5.1: Opciones de entrada por **menú**, **barra de herramientas y menús contextuales** del **navegador** y de las **tablas**

Para cambiar un objeto ya definido, use los **cuadros de diálogo** o la **tabla**

Abra los cuadros de diálogo para editar mediante

- subelementos en el menú **Edición,** subentrada **Datos estructurales**
- menús contextuales de los objetos en el gráfico o haciendo doble clic sobre ellos,
- menús contextuales de los objetos en el navegador *Datos* o haciendo doble clic sobre ellos,
- menús contextuales de los números en filas de la tabla o haciendo doble clic sobre ellos.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

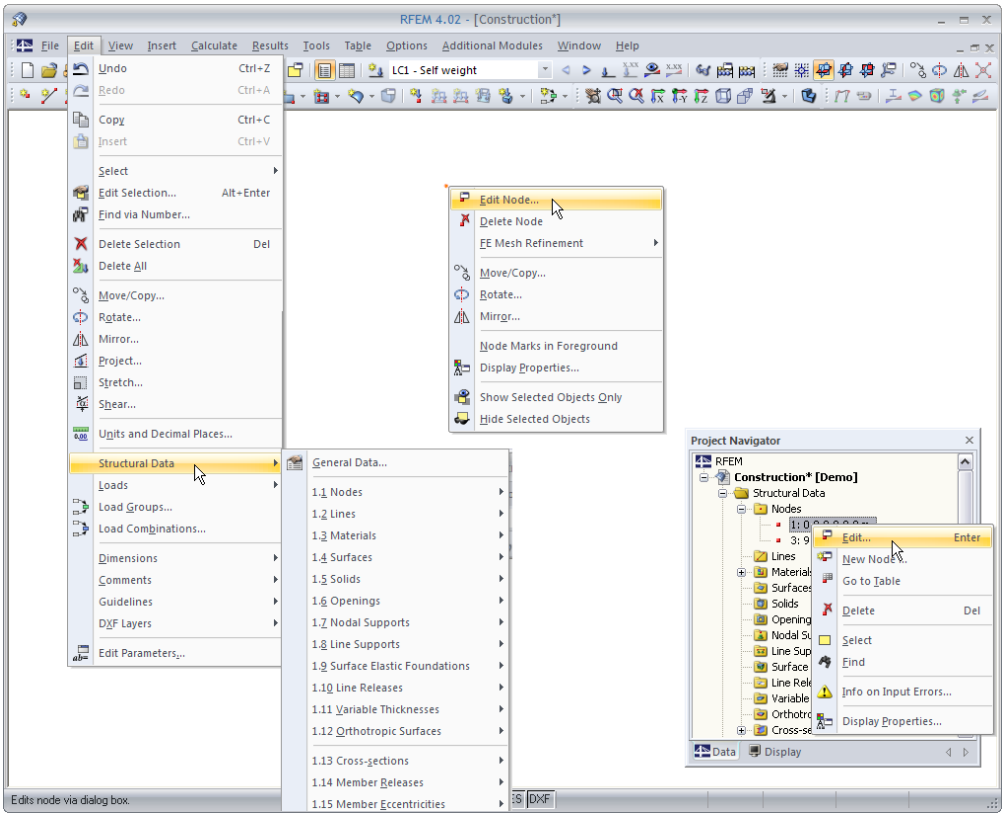


Figura 5.2: Abrir los cuadros de diálogo para editar por menús y menús contextuales

Las entradas y modificaciones llevadas a cabo en la interfaz gráfica de usuario se muestran inmediatamente en las tablas, y viceversa. Para abrir las tablas estructurales, emplee el botón que se encuentra más a la izquierda en la barra de herramientas de la tabla que se muestra a la izquierda..

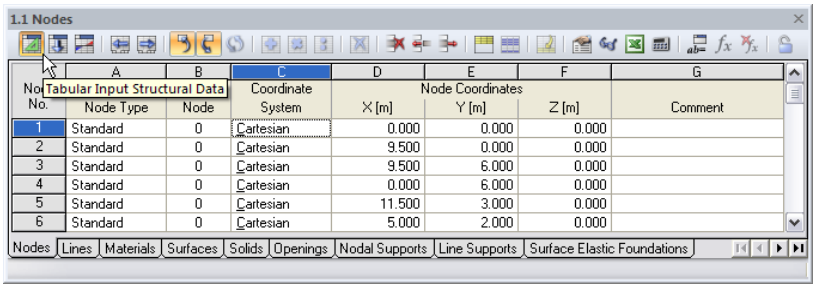


Figura 5.3: Botón [Entrada de datos estructurales en tablas]

La entrada en la tabla es útil para asegurar un trabajo de calidad constante través de los registros individuales así como un flujo de trabajo con entradas suaves y sin errores. Adicionalmente, las tablas ofrecen una buena visión del registro de datos. Y por último, pero no menos importante, los datos de las hojas de cálculo se pueden editar e importar rápidamente.

Los objetos no utilizados se resaltan en azul en las tablas y en el navegador *Datos* (ver figura 5.35, página 104).

En todos los cuadros de diálogo y tablas puede agregar un *Comentario* para explicar con precisión el objeto. También puede emplear comentarios establecidos como predeterminados (ver capítulo 12.6.3, página 468). Los comentarios son parte de las informaciones en pantalla para los objetos gráficos.

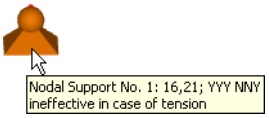


Figura 5.4: Información en pantalla para apoyos en nudos.

5.1 Nudos

Descripción general

Los nudos se emplean para describir la geometría del modelo. Son esenciales para crear líneas, barras, superficies y sólidos. Cada nudo está definido por sus coordenadas (X,Y,Z). Las coordenadas normalmente se refieren al origen del sistema de coordenadas global, pero también es posible definir las coordenadas referiéndolas a otro nudo.

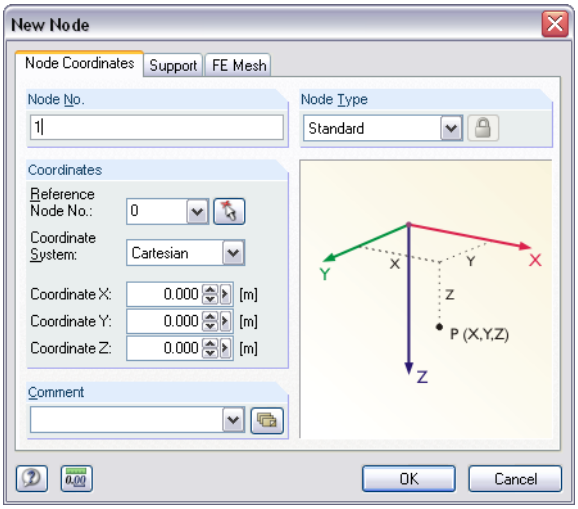


Figura 5.5: Cuadro de diálogo *Nuevo nudo*

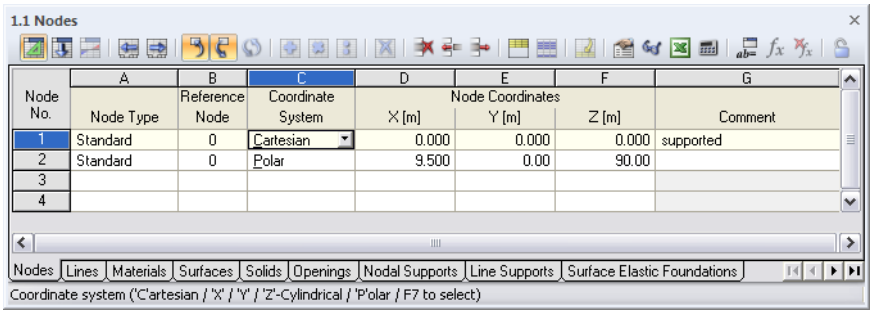
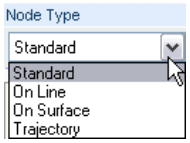


Figura 5.6: Tabla 1.1 *Nudos*

El número de nudo se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nuevo nudo*, pero se puede cambiar en cualquier momento. El orden de la numeración de los nudos no es importante y se permiten saltos.

En el menú **Herramientas**, seleccione **Cambiar la numeración** para después ajustar el orden de los números de nudos (ver capítulo 12.2.15, página 412).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



Tipos de nudos

Estándar

Este tipo de nudo es el que se emplea con más frecuencia. Los nudos estándar se pueden situar directamente en el área gráfica de trabajo o definir para cualquier posición en el área de trabajo por la entrada de coordenadas. Cuando introduce gráficamente líneas o superficies de revolución, los nudos estándar se crean también.

Los nudos estándar son resaltados en rojo en el gráfico.

En línea

Use este tipo de nudo para evitar que una línea se divida en dos. La línea completa se mantiene sin cambios. Usando este tipo de nudo puede asignar cargas en el nudo en cualquier parte de la línea. El parámetro del nudo δ describe la distancia relativa al nudo inicial de la línea.

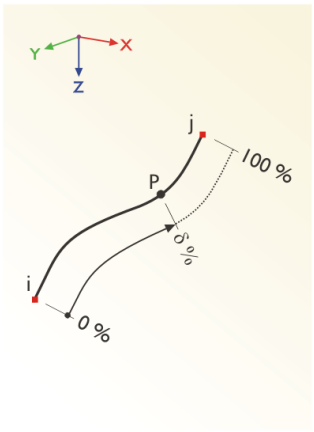


Figura 5.7: Nudo en línea

Los nudos en líneas se resaltan en azul claro en el gráfico.

En superficie

Para superficies cuadrangulares, es difícil determinar las coordenadas de un nudo situado en una superficie curva. Emplee este tipo de nudo para situar nudos directamente en una superficie cuadrangular en el gráfico. Los parámetros del nudo δ se refieren a los cuatro nudos de esquina de la superficie. Empleando este tipo de nudos puede asignar cargas en el nudo en cualquier lugar de la superficie curva.

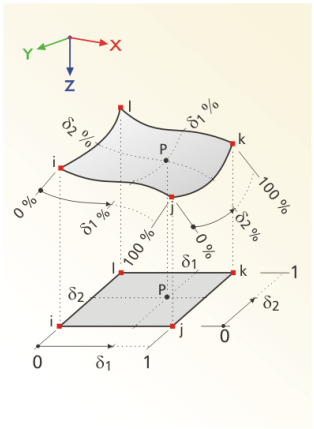


Figura 5.8: Nudos en superficie

Las coordenadas se almacenan en el sistema de coordenadas cartesiano de la tabla. Sin embargo, si trabaja con superficies planas emplee los nudos estándar.

Los nudos en superficies se resaltan en azul claro en el gráfico.

Trayectoria

Este tipo de nudo se crea cuando define una curva de trayectoria en espiral (capítulo 0, página 102). El parámetro de nudo δ describe la distancia relativa al nudo inicial de la línea.

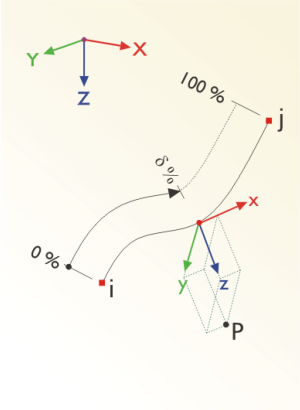


Figura 5.9: Trayectoria

Los nudos de trayectoria se resaltan en verde oscuro en el gráfico.

Nudo de referencia

En general las coordenadas de un nudo se refieren al origen del sistema de coordenadas global. No es necesario definir a parte el nudo (0/0/0) porque RFEM 4 reconoce el origen automáticamente.

Sin embargo, cualquier nudo se puede definir como nudo de referencia. Incluso un nudo con un número mayor se puede usar como nudo de referencia. Referido a otro nudo puede ser útil, por ejemplo, si quiere definir un nuevo nudo a cierta distancia de una posición ya conocida.



En el cuadro de diálogo *Nuevo nudo*, se puede introducir el nudo de referencia directamente, seleccionándolo de la lista o definiéndolo gráficamente con la función [Seleccionar].

Sistemas de coordenadas

Las coordenadas del nudo siempre se refieren a un sistema de coordenadas que describe la posición del nudo en el área de trabajo. Dependiendo de la geometría del modelo puede seleccionar entre diferentes sistemas de coordenadas.

Cartesiano

Los ejes globales X, Y y Z describen un desarrollo traslacional (lineal). Todas las direcciones de las coordenadas están en las mismas condiciones.

En general, los nudos se definen en el sistema de coordenados cartesiano.

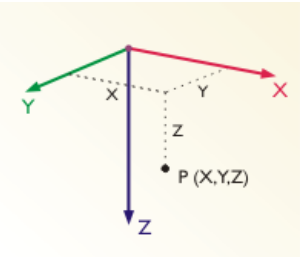


Figura 5.10: Sistema de coordenadas cartesiano

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Cilíndrico en X

El eje x describe un desarrollo traslacional. El radio R define la distancia del nudo al eje X. Basado en una posición cero, el ángulo θ describe el giro de las coordenadas del nudo alrededor del eje X.

El sistema de coordenadas cilíndrico X se aplica a estructuras tubulares cuyo eje central es el eje X

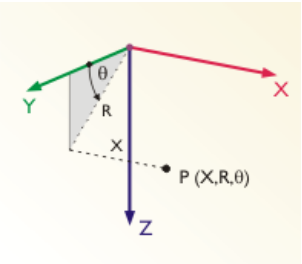


Figura 5.11: Sistema de coordenadas cilíndrico X

Cilíndrico en Y

Este sistema de coordenadas es similar al sistema de coordenadas cilíndrico en X, pero ahora el eje Y es el eje longitudinal.

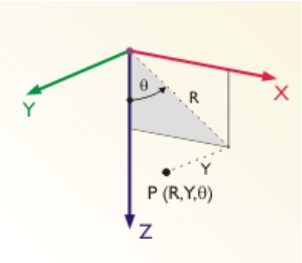


Figura 5.12: Sistema de coordenadas cilíndrico en Y

Cilíndrico en Z

Este sistema de coordenadas es similar al sistema de coordenadas cilíndrico en X pero ahora el eje Z es el eje longitudinal.

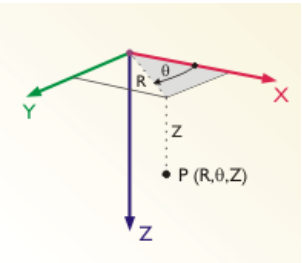


Figura 5.13: Sistema de coordenadas cilíndrico en Z

Polar

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

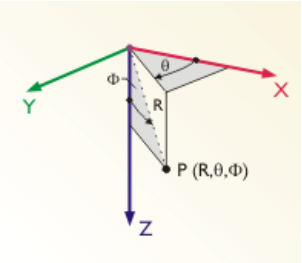


Figura 5.14: Sistema de coordenadas polar

Todos los sistemas de coordenadas están orientados en la dirección de las agujas del reloj.

Si es posible, organice la entrada estructural relacionada con el sistema global alineada con los ejes X, Y y Z del sistema de coordenadas correspondiente a las direcciones principales de la estructura. Esto permite una definición más sencilla de las coordenadas, condiciones y cargas.



Para definir nudos directamente en el área de trabajo, abra el cuadro de diálogo flotante *Nuevo nudo* para la entrada gráfica. Los nudos normalmente se adaptan a los puntos de la rejilla que están alineados con el sistema de coordenadas activo global o definido por el usuario (*SC*).

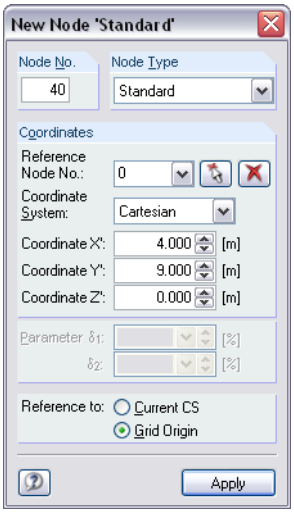
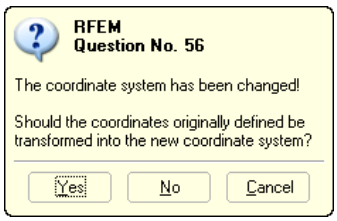


Figura 5.15: Cuadro de diálogo flotante *Nuevo nudo*

Para más información sobre el uso de los sistemas de coordenadas definidos por el usuario, ver capítulo 12.2.4, página 393.



Si más tarde cambia el sistema de coordenadas, las coordenadas se pueden convertir automáticamente al nuevo sistema de coordenadas.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Coordenadas del nudo

Las coordenadas del nudo se definen en el sistema de coordenadas determinado anteriormente. Para una estructura 3D el nudo se definide por las coordenadas X, Y y Z o el radio y el ángulo. Los parámetros de coordenadas y los títulos de las columnas de la tabla cambian dependiendo del sistema de coordenadas.

Cuando el tipo de estructura para losas o muros se seleccionó previamente en el cuadro de diálogo *Datos generales*, no es posible utilizar los tres campos de entrada o columnas de la tabla.



En el menú **Edición** seleccione **Unidades y decimales** o use el correspondiente botón en el cuadro de diálogo *Nuevo nudo* para ajustar las *Longitudes* y *Ángulos*.



Para reconocer desviaciones entre nudos o para asignar un plano común coordinado con todos los nudos, seleccione los nudos correspondientes y haga doble clic sobre uno de ellos para editar sus propiedades colectivas. El cuadro de diálogo *Eidtar nudo* aparece mostrando rellenos sólo los campos de entrada de coordenadas que coinciden en todos los nudos seleccionados.

Importe coordenadas de nudo desde Excel (ver capítulo 12.3.6, página 426) o emplee el editor de fórmulas para definir las coordenadas de nudo. A mayores existen varios generadores de estructuras disponibles para generar la entrada (ver capítulo12.5.1, página 436).

En el cuadro de diálogo *Nuevo nudo*, seleccione *Precisión total* para introducir las coordenadas exactas no redondeadas.

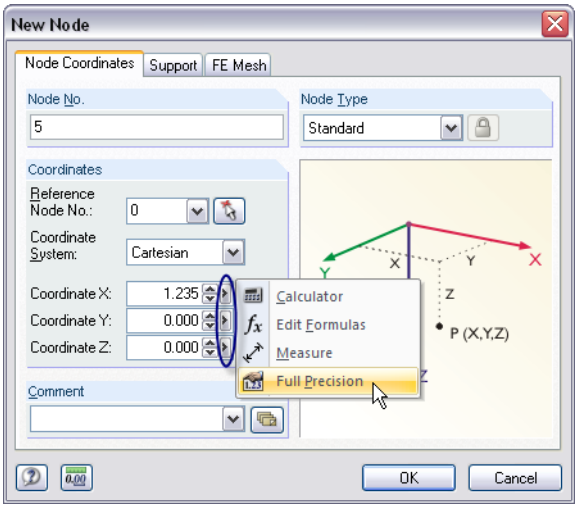


Figura 5.16: Menú contextual en el cuadro de diálogo *Nuevo nudo*

Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

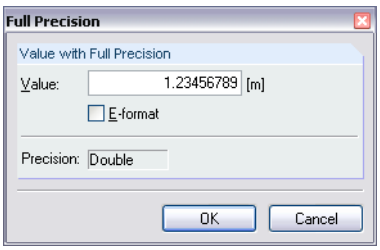


Figura 5.17: Cuadro de diálogo *Precisión total*

Comentario



Use este campo de entrada para comentarios definidos por el usuario. El comentario *Generado* se muestra para los nudos generados por el programa cuando crea una superficie de revolución. Haga

clic en el botón que se muestra a la izquierda, el cual está disponible en el cuadro de diálogo y en la tabla para “desbloquear” nudos generados, lo que significa hacerlos accesibles a modificaciones.

5.2 Líneas

Descripción general



Las líneas se emplean para describir la geometría del modelo. Son esenciales para crear superficies, barras y sólidos. Cada línea está definida por al menos un nudo inicial y un nudo final. Para definir ciertos tipos líneas complejas, además se requiere de nudos intermedios.

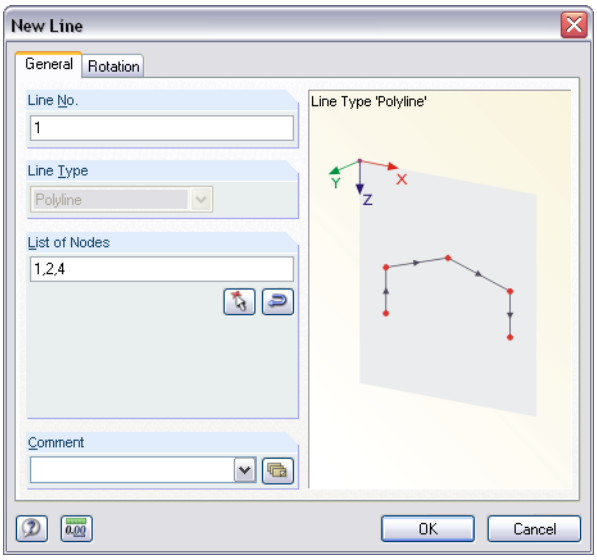


Figura 5.18: Cuadro de diálogo *Nueva línea*

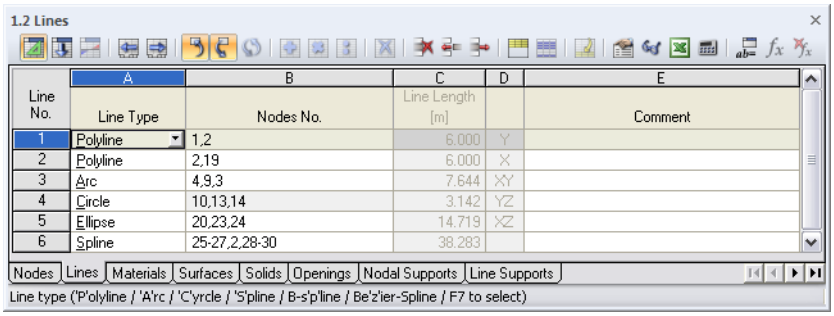


Figura 5.19: Tabla 1.2 *Líneas*

El número de línea se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva línea,* pero siempre se puede cambiar. El orden de la numeración no es importante. En el menú **Herramientas** seleccione **Cambiar la numeración** para ajustar más tarde el orden de los números de línea (ver capítulo 12.2.15, página 412).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Tipos de línea

Están disponibles los siguientes tipos de líneas:

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

Los diferentes tipos de líneas se describen en detalle en las siguientes páginas.

Número de nudos

Cada línea se describe geométricamente por al menos un nudo inicial y un nudo final. Estos nudos definen la orientación de la línea, lo que también afecta al sistema de coordenadas de la línea. Los nudos se pueden introducir manualmente, seleccionar gráficamente o redefinir. Si una línea necesita puntos de control o nudos intermedios, estos puntos y nudos también se incluyen en la lista de nudos.

Use el navegador *Mostrar* para ver todas las orientaciones de la línea en el modelo.

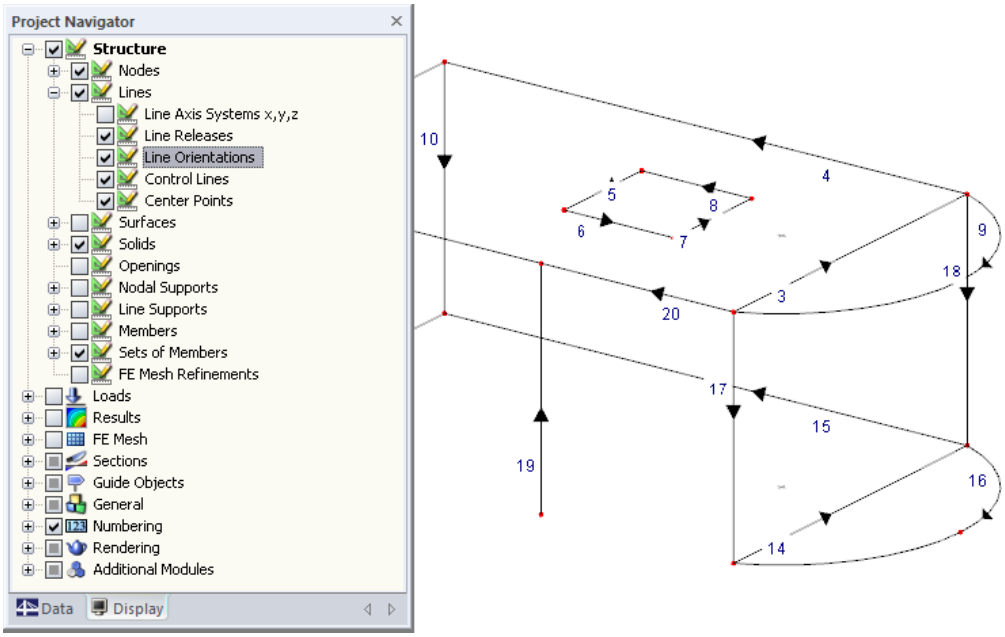


Figura 5.20: Orientaciones de la línea en el navegador *Mostrar*

La orientación de la línea se puede cambiar rápidamente en el gráfico. Haga clic con el botón secundario del ratón y seleccione *Orientación de línea inversa* en el menú contextual. Los números de los nudos inicial y final se cambian en la lista de nudos.

Para ver los sistemas de coordenadas individuales de las líneas emplee el navegador *Mostrar*, seleccione *Estructura* o *Numeración* y luego haga clic en *Sistemas de ejes de líneas x,y,z,* (ver figura 5.70, página 131).

Para más información sobre “nudos”, vea el capítulo anterior 5.1, página 88..

Longitud de línea

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

Posición

La línea es paralela al eje global que se muestra en la columna **D** de la tabla. Esta columna también muestra el plano en el que la línea está situada. Si no se realiza ninguna entrada de datos, la línea permanece en una posición espacial arbitraria.

Comentarios

Use este campo de entrada para indicaciones definidas por el usuario. El comentario *Generado* se muestra para las líneas generadas por el programa cunado por ejemplo se crean superficies tubulares.

Línea / Polilínea

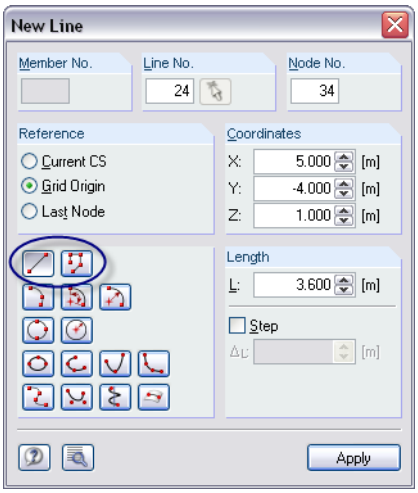


Figura 5.21: Cuadro de diálogo de entrada gráfica *Nueva línea*

Para abrir el cuadro de diálogo *Nueva línea* que se muestra en la figura 5.18 en la página 94, seleccione la correspondiente entrada de menú en la barra de menú. La figura superior muestra el cuadro de diálogo flotante general para introducir líneas gráficamente. Para abrir este cuadro de diálogo, use el botón correspondiente de la barra de herramientas.



Una **línea** "real" se define por un nudo inicial y un nudo final. Esta línea representa la conexión directa entre ambos nudos.



Una **polilínea** es un trazado de poligonal consistente en varias secciones de líneas rectas. Por lo tanto, los nudos intermedios se enumeran en el cuadro de diálogo (ver figura 5.18) junto con los números de los nudos inicial y final. Las líneas "reales" se tratan como polilíneas porque se simplifica la administración.

Cuando se introducen polilíneas gráficamente, los nudos existentes, puntos de rejilla o referencias a objetos se pueden seleccionar. También puede establecer los puntos intermedios y finales necesarios en el área de trabajo mientras introduce líneas. Entonces, estos nudos se generarán automáticamente.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

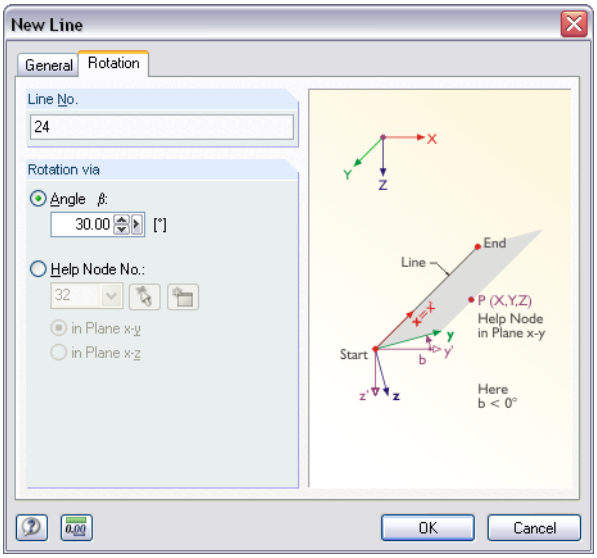


Figura 5.22: Cuadro de diálogo *Nueva línea*, registro *Giro*



En el segundo registro del cuadro de diálogo puede definir un giro de la línea. Introduzca el ángulo definido *Ángulo* β o alinee el eje local y o el eje z con un *Nudo auxiliar* particular. El nudo se puede seleccionar en la lista o definir gráficamente. También es posible crear un nudo nuevo.

El giro de líneas es útil cuando se introducen cargas lineales actuantes en direcciones locales. Los giros de líneas no afectan a superficies o barras porque éstas tienen sus propios sistemas de coordenadas.

La visualización de los sistemas de ejes de la línea se muestran en la figura 5.70 en la página 131.



Para ajustar rápidamente el giro de una línea ya definida, haga doble clic en la línea en el gráfico y cambie la configuración en el registro *Giro*.

Arco





Se puede definir un arco:

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

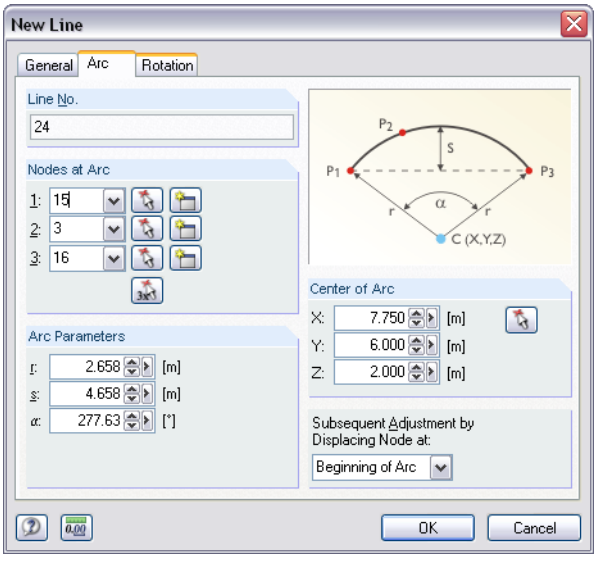
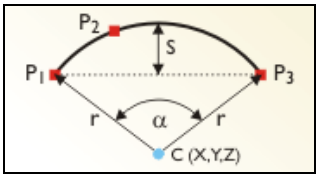


Figura 5.23: Cuadro de diálogo *Nueva Línea*, registro *Arco*



En la sección del diálogo *Nudos en arco*, se pueden definir directamente los nudos iniciales, intermedios y finales o seleccionarlos gráficamente. También se pueden crear nuevos nudos. El orden de los nudos se visualiza en el pequeño diálogo gráfico.

Basándose en estos tres nudos, se definen los *Parámetros de arco* mostrado en la sección inferior del diálogo. Se pueden cambiar los parámetros para el radio *r*, la altura *s* y el ángulo de abertura α. Las coordenadas de los nudos se ajustarán como corresponde.

Las coordenadas del centro del arco que se elevan desde el nudo del arco o los parámetros del arco se muestran en la sección del diálogo *Centro del arco*. Si se cambian estas coordenadas, las coordenadas del nudo se ajustarán como corresponde.

En la lista *Ajuste posterior por desplazamiento del nudo a* se puede definir el nudo para el cual se van a cambiar las coordenadas.



Cuando se define el arco gráficamente usando el botón de opción de la barra de herramientas *Arco por tres nudos*, se pueden seleccionar o crear estos tres nudos directamente en el gráfico. Si se selecciona una de las otras dos opciones de entrada como se muestra a la izquierda en la figura 5.24 y figura 5.25, se deben seleccionar dos nudos primero. Después de definir el segundo nudo, aparece otro cuadro de diálogo (a la derecha) para definir los parámetros del arco.

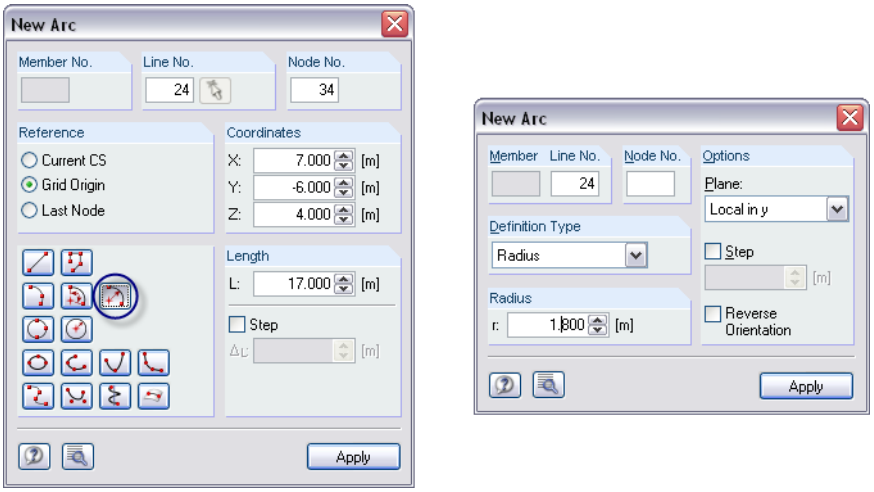


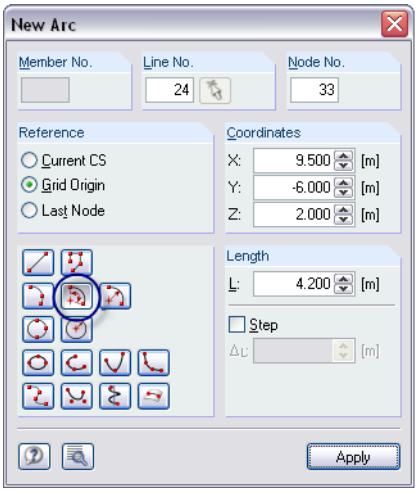
Figura 5.24: Cuadro de diálogo *Nuevo arco* – tipo de línea *Arco por inicio, fin y radio, ángulo o altura*

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

En el campo de entrada *Intervalo,* se puede introducir la distancia por la cual se fuerza el cursor cuando se establece el radio del arco, ángulo o altura.

La orientación del arco se puede ajustar haciendo clic en la casilla de verificación *Orientación inversa*. Use esta opción del diálogo para decidir cuando el arco se sitúa a la "derecha" o a la "izquierda" de ambos nudos.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



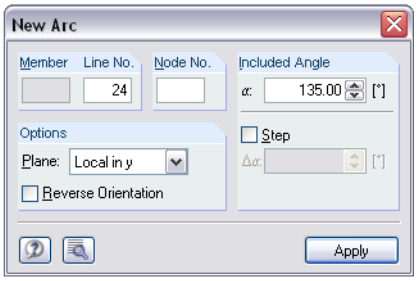
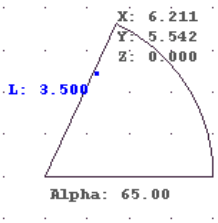


Figura 5.25: Cuadro de diálogo *Nuevo arco* – tipo de arco *Arco por centro, fin y ángulo.*



En la sección del diálogo *Opciones* (a la derecha), se 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 el arco, y después cambie la configuración en el registro *Arco* en el cuadro de diálogo *Editar línea* (ver figura 5.23, página 97).

Círculo

Un círculo se puede definir:

- por tres nudos
- por centro y radio.

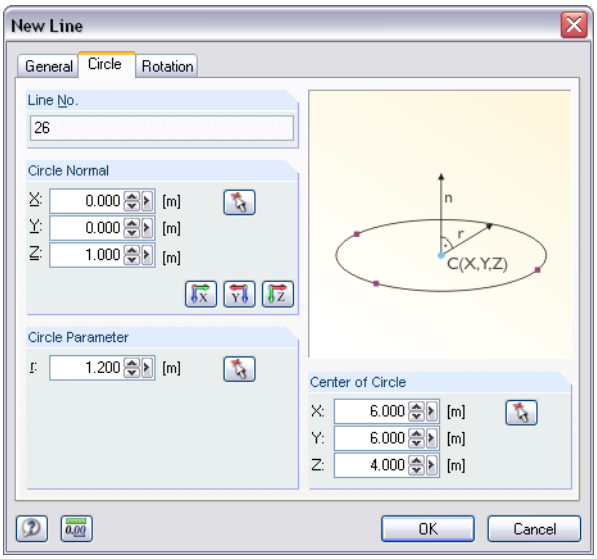
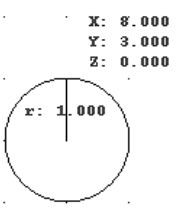


Figura 5.26: Cuadro de diálogo *Nueva línea,* registro *Círculo*



Introduzca el radio en la sección del diálogo *Parámetros del círculo* y las coordenadas para el *Centro del círculo* manualmente o defínalas directamente en el gráfico. Las coordenadas en la sección del diálogo *Normal al círculo* definen el plano de trabajo global en el que se genera el círculo.

Cuando se define el círculo gráficamente empleando uno de los botontes de opciones de la barra de herramientas, se pueden seleccionar o crear los tres nudos o el nudo central y radio directamente en el gráfico.

Elipse



Se necesitan tres nudos para definir una elipse.

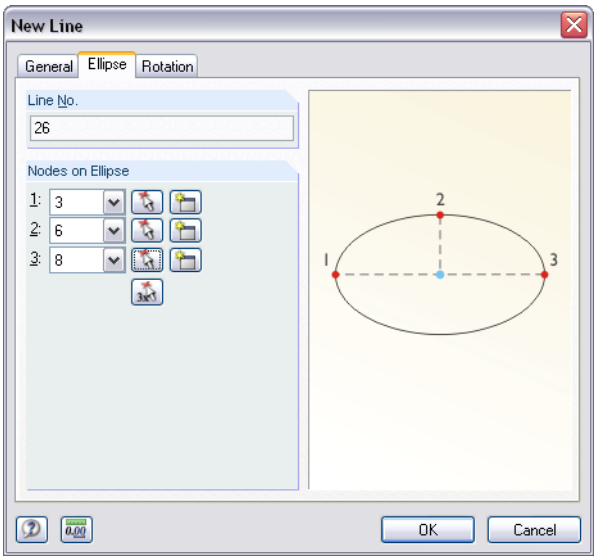


Figura 5.27: Cuadro de diálogo *Nueva línea*, registro *Elipse*



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

Para definir gráficamente la elipse, seleccione directamente los tres nudos en el plano de trabajo.

Arco elíptico / parábola / hipérbola





Las siguientes curvas de sección cónica se pueden definir como:

- Arco elíptico
- Parábola
- Hipérbola

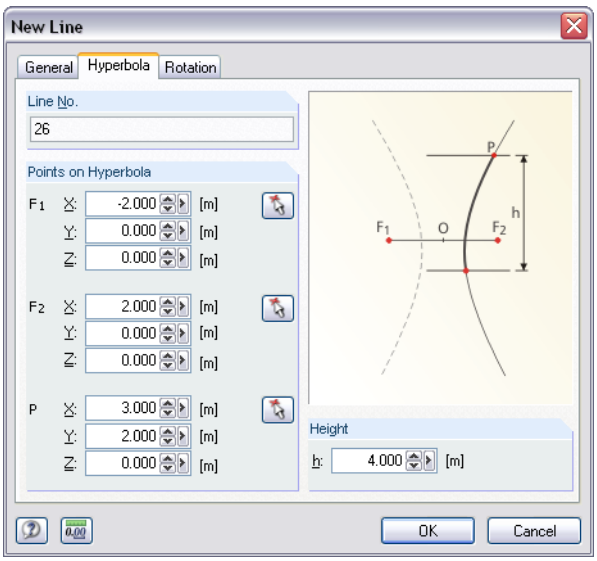
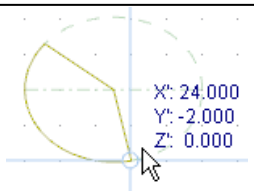


Figura 5.28: Cuadro de diálogo *Nueva línea*, registro *Hipérbola*

En el correspondiente registro del cuadro de diálogo *Nueva línea,* defina los parámetros de la curva (puntos focales, ángulos de arco, giro de ejes, etc.). También de pueden definir en el gráfico.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



Si emplea la entrada gráfica para las líneas, puede también definir directamente los parámetros de curva en el gráfico.

Spline



Las splines son útiles para modelar líneas curvas. Para definir gráficamente una spline, seleccione los nudos de la línea curva uno tras otro o genere los nudos haciend clic con el ratón.

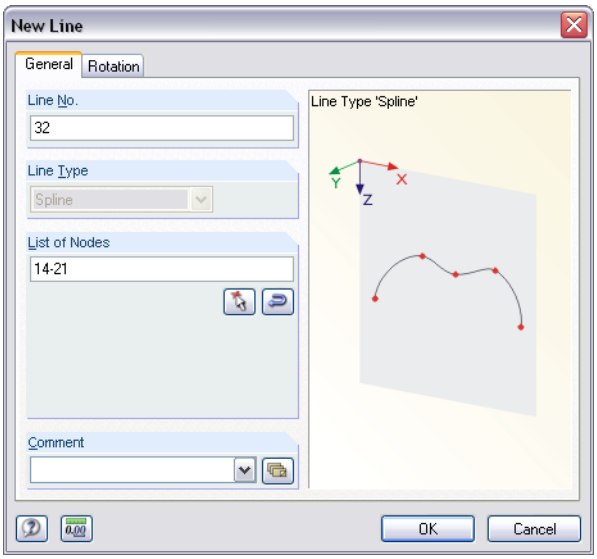


Figura 5.29: Cuadro de diálogo *Nueva línea* – tipo de línea *Spline*

NURBS



Las NURBS (*N*on-*U*niform *R*ational *B*-*S*plines) son necesarias para modelar superficies de forma libre. Las NURBS son splines cuyos puntos de control no están situados en la propia curva. Normalmente, estas líneas también se introducen gráficamente seleccionando los puntos de control uno tras otro o generándolos con un simple clic de ratón.

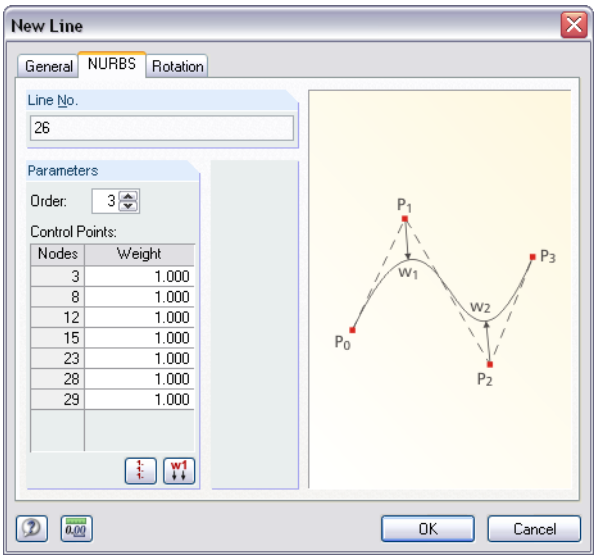


Figura 5.30: Cuadro de diálogo *Nueva línea* – tipo de línea *NURBS*

Curvas de trayectoria



Emplee curvas de trayectoria para crear curvas helicoidales. Normalmente, estas líneas se introducen gráficamente seleccionando el botón que se muestra a la izquierda. Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

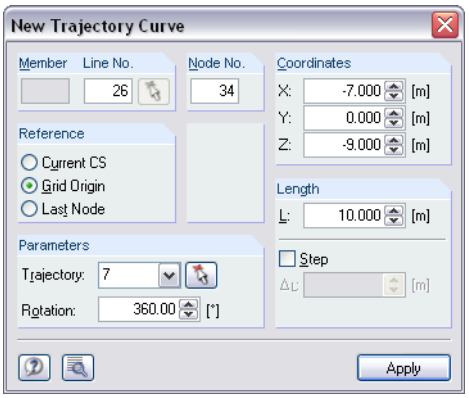
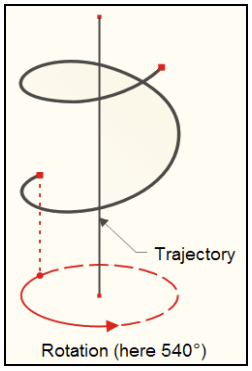


Figura 5.31: Cuadro de diálogo *Nueva curva de trayectoria*



Primero se definen las *Coordenadas* del inicio de línea. A continuación se activa la sección del diálogo *Parámetros* en donde se introduce el valor para el *Giro* total de la hélice.

Defina las *Coordenadas* del final de línea directamente en el gráfico o introdúzcalas manualmente y haga clic en el botón [Aplicar]. También puede utilizar el campo de entrada *Longitud.* A continuación las coordenadas del final de línea se definirán en el plano de trabajo considerando el giro especificado.

Para ajustar una curva de trayectoria ya definida, haga doble clic en la curva en el gráfico y cambie la configuración en el registro *Trayectoria* del cuadro de diálogo *Editar línea*.

Líneas en superficie



Las líneas sobre superficies planas se reconocen automáticamente como objetos integrados por lo que el tipo de línea *Polilínea* es normalente suficiente. Sin embargo, para definir una línea sobre una superficie curva, use la opción de entrada *Línea en superficie*. También puede utilizar este tipo de línea para insertar líneas en superficies planas que no sean paralelas a los ejes globales. Así no tiene que definir un nuevo sistema de coordenadas definido por el usuario.

Inicie la entrada gráfica haciendo clic en el botón mostrado a la izquierda. El cuadro de diálogo de entrada es similar al cuadro de diálogo de la polilínea.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

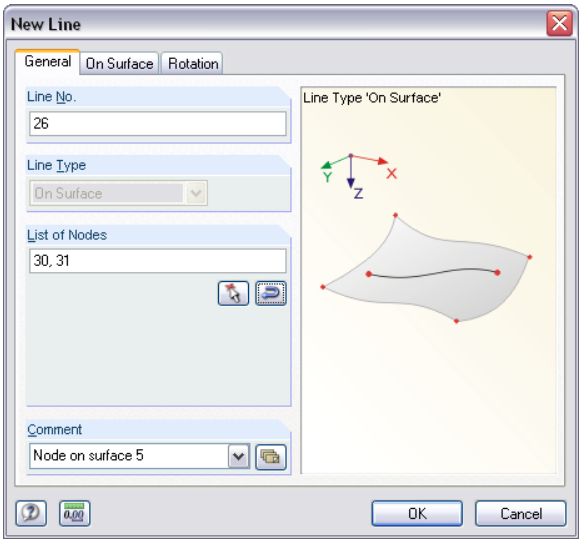


Figura 5.32: Cuadro de diálogo *Nueva línea*, registro *General*



Introduzca los nudos inicial y final de la línea en el cuadro de diálogo o use el botón que se muestra a la izquierda para seleccionarlos gráficamente. Para definir una línea directamente sobre una superficie curva, introduzca la línea gráficamente usando el cuadro de diálogo flotante *Nueva línea del tipo "en superficie"*. Los nudos generados de esta forma son nudos del tipo *En superficie*.



En el segundo registro *En superficie*, se define la superficie donde la línea es integrada. Puede comprobar también los parámetros δ_1 y δ_2 para en nudo inicial y final (ver figura 5.8, página 89). Sin embargo, estos parámetros no se pueden modificar.

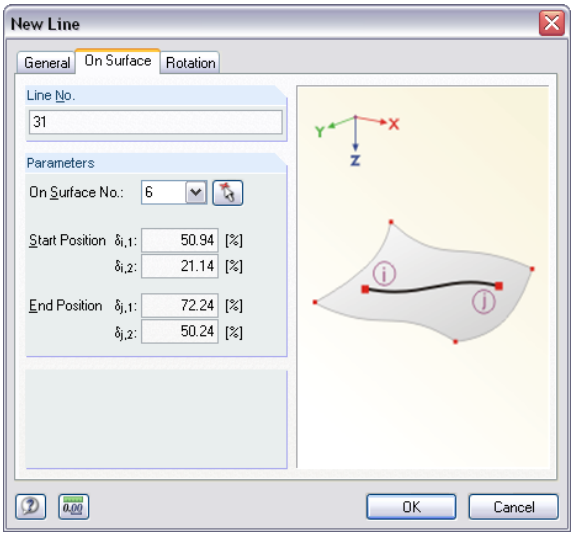


Figura 5.33: Cuadro de diálogo *Nueva línea*, registro *En superficie*

5.3 Materiales

Descripción general

Los materiales se necesitan para definir superficies, secciones y sólidos. Las propiedades del material determinan la rigidez de estos objetos.

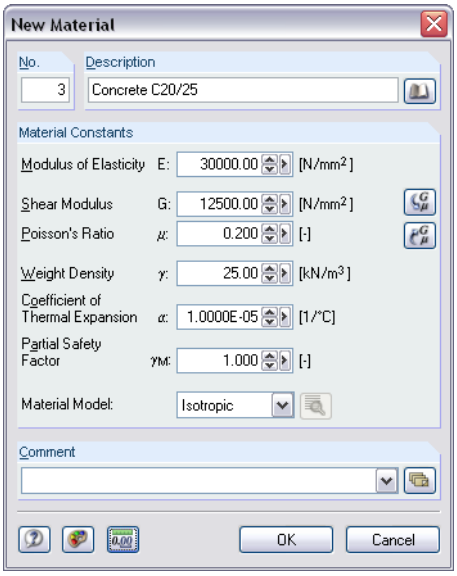


Figura 5.34: Cuadro de diálogo *Nuevo material*

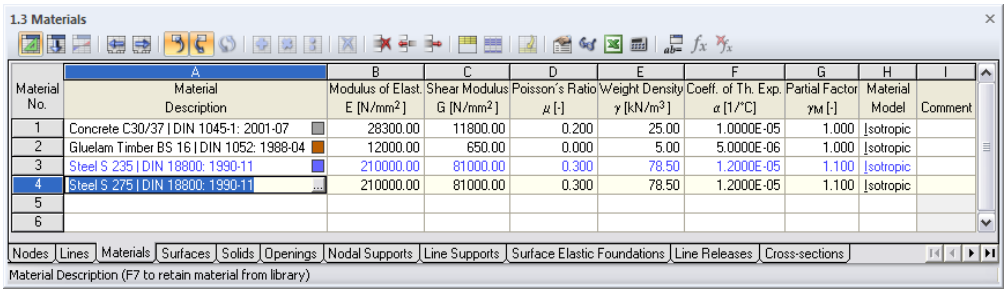


Figura 5.35: Tabla 1.2 *Materiales*

Descripción del material

El nombre para la *Descripción* del material se puede elegir arbitrariamente. Cuando el nombre se corresponde con una entrada de la biblioteca de materiales, RFEM 4 importará todas las propiedades necesarias del material.

La importación de materiales desde la biblioteca se describe más adelante.

Módulo de elasticidad E

El modulo de elasticidad describe la relación entre la tensión normal y la deformación para una flexión simple.



Para ajustar la configuración de los *Materiales* haga clic en **Unidades y decimales** en el menú **Edición** o emplee el botón correspondiente que se muestra a la izquierda.

Módulo de elasticidad transversal G

El modulo de elasticidad transversal, también conocido como módulo de cortante, G es el segundo parámetro que describe el comportamiento de los materiales lineales, isótropos y homogéneos.

Coeficiente de Poisson μ

Los módulos E y G así como el coeficiente de Poisson ☐ tienen en común lo sigu

$$E = 2 \cdot G \cdot (1 + \mu)$$

Equación 5.1

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

$$G = \frac{E}{2 \cdot (\mu + 1)}$$

Equación 5.2

$$\mu = \frac{E}{2 \cdot G} - 1$$

Equación 5.3



Para aplicar estas fórmulas, use el botón del cuadro de diálogo *Nuevo material* que se muestra a la izquierda. Cuando introduzca manualmente G o μ, el valor correspondiente se introducirá en su respectivo campo de entrada.

Peso específico γ

El peso específico γ describe el peso del material por unidad de volumen.

Es especialmente importante para el tipo de carga "Peso propio". El peso propio de la estructura se determina automáticamente a partir del peso específico y las superficies de las secciones de las barras empleadas.

Coeficiente de dilatación térmica lineal α

El coeficiente de dilatación térmica lineal describe la correlación lineal entre los cambios de temperatura y las deformaciones axiales (alargamiento por calentamiento, reducción por enfriamiento).

El coeficiente de dilatación térmica lineal es importante para los tipos de carga "Variación de temperatura" y "Diferencial de temperatura".

Coeficiente parcial de seguridad γ_M

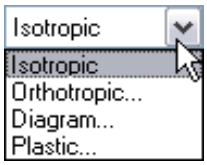
Este coeficiente describe el coeficiente de seguridad para la resistencia del material. Es por lo que se emplea el subíndice M. El coeficiente γ_M se emplea para reducir la rigidez en el cálculo de acuerdo con el análisis de segundo orden y el análisis de grandes deformaciones.

No confundamos el coeficiente de seguridad γ_M con los coeficientes de seguridad para la determinación de los esfuerzos internos de cálculo. Los coeficientes parciales de seguridad γ al lado de la acción se integran cuando se combinan los casos de carga en los grupos de carga y combinaciones de carga.

Modelo de material



Puede seleccionar entre cuatro modelos distintos de material. Si desea especificar los parámetros, use los correspondientes botones en el cuadro de diálogo o tabla.



Isótropo

Las propiedades de rigidez del material no dependen de las direcciones.

Ortótropo

Puede introducir propiedades de rigidez que se muestren diferentes en ambas direcciones de la superficie x e y. Los ejes de la superficie x e y son perpendiculares entre sí en el plano de la superficie (ver figura 5.55, página 120). Así puede asignar una propiedad ortótropa a cualquier superficie de este material. No es necesario asignarlas a cada superficie por separado (ver capítulo 5.12 *Superficies ortótropas*, página 141).

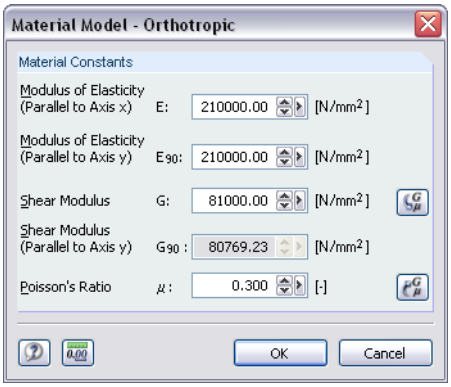


Figura 5.36: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Ortótropo*

Diagrama

Es posible definir un diagrama detallado tensión-deformación. También se pueden importar diagramas desde Excel. Estas propiedades del material se tienen en cuenta cuando se definen las superficies.

La función de diagrama está disponible desde que se aprueba la licencia del módulo adicional **RF-MAT NL**.

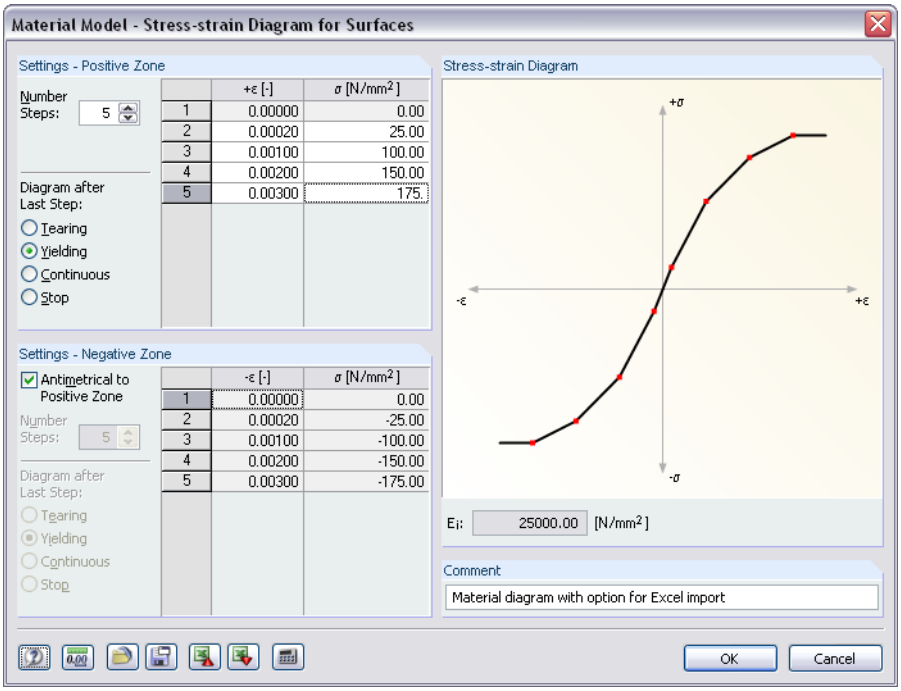


Figura 5.37: Cuadro de diálogo *Modelo de material – Diagrama tensión-deformación para superficies*

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

Hay diferentes posibilidades de entrada para el *Diagrama después de la última etapa*: *Desgarro* para el fallo del material cuando excede cierta tensión, *Fluencia* para restringir la transferencia a una tensión máxima, *Continuo* como en la última etapa o *Interrumpido* para restringir la deformación máxima admisible.

Use el gráfico dinámico en la sección del diálogo *Diagrama tensión-deformación* para comprobar las propiedades del material. El módulo de elasticidad para el punto de definición actual se muestra en el campo del diálogo E_i.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



Use el botón que se muestra a la izquierda para importar diagramas tensión-deformación bilineales establecidos como predeterminados para los grados normalizados del acero (S 235, S 275, S 355 etc.).

Plástico

En el cuadro de diálogo *Modelo de material - Plástico* puede limitar la tensión equivalente de las superficies a un valor particular de *Límite elástico*.



La función diagrama está sólo disponible cuando se tiene la licencia del módulo adicional **RF-MAT NL**.

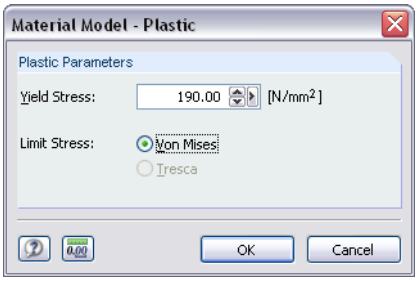


Figura 5.38: Cuadro de diálogo *Modelo de material - Plástico*

Además, puede seleccionar entre lo dos siguientes criterios de *Tensión límite* para modelos de superficies:

- VON MISES

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

Ecuación 5.4

- TRESCA

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}$$

Ecuación 5.5

La ecuación de acuerdo con el criterio de TRESCA se usa frecuentemente debido a que esta hipótesis de fluencia es particularmente adecuada para materiales frágiles.



Si utiliza propiedades de materiales plásticos, entonces el cálculo se llevará a cabo iterativamente y con incrementos de carga (ver capítulo 8.3, página 262). En caso de que la tensión exceda en cierto elemento finito, el módulo de elasticidad se reducirá para este elemento y entonces se iniciará un nuevo cálculo hasta que se alcance la convergencia.

Cuando se evalúan los resultados, se recomienda seleccionar la opción de suavizado *Constante en elementos* (ver figura 10.25, página 327). Este parámetro asegura que el límite elástico definido aparezca como máximo en el panel de resultados. Los efectos plásticos sólo se pueden considerar para cada elemento finito en el cálculo. Sin embargo, las tres opciones de suavizado restantes, interpolan o extrapolan los resultados. Esto puede conllevar a deformaciones más o menos definitivas dependiendo de la malla.

Biblioteca de materiales

Numerosos materiales se encuentran disponibles en la base de datos.

Acceso a la biblioteca



Para acceder a la biblioteca de materiales, haga clic en el botón [Biblioteca de materiales] en el cuadro de diálogo *Nuevo material*. También puede hacer clic en una entrada de la columna A en la tabla 1.3 Materiales y usar el botón [...] o la tecla de función [F7].

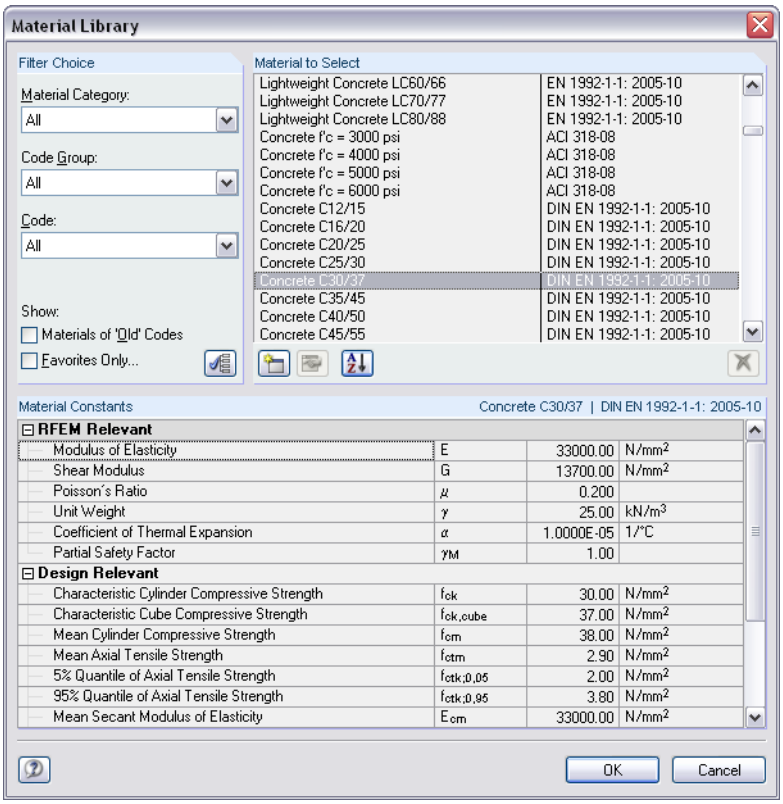
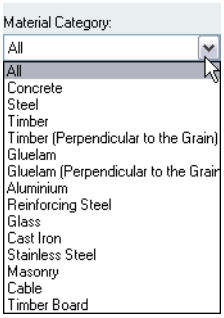


Figura 5.39: Cuadro de diálogo *Biblioteca de materiales*



Seleccione un material de la lista *Material para seleccionar*. Revise los parámetros correspondientes en la parte inferior del cuadro de diálogo. Haga clic en [Aceptar] o [↵] para aceptar el cuadro de diálogo o la tabla anterior.

Filtro de la biblioteca

Al ser la biblioteca de materiales muy grande, aparecen varias opciones de selección disponibles en la sección del diálogo *Elegir filtro*. Puede filtrar la lista de materiales de acuerdo con la *Categoría del material*, el *Grupo de normas* y la *Norma* para reducir la selección.

Crear favoritos



Con frecuencia sólo se emplean unos pocos materiales. Estos materiales se pueden almacenar como favoritos. Para crear favoritos, haga clic en el botón [Editar favoritos y su secuencia].

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

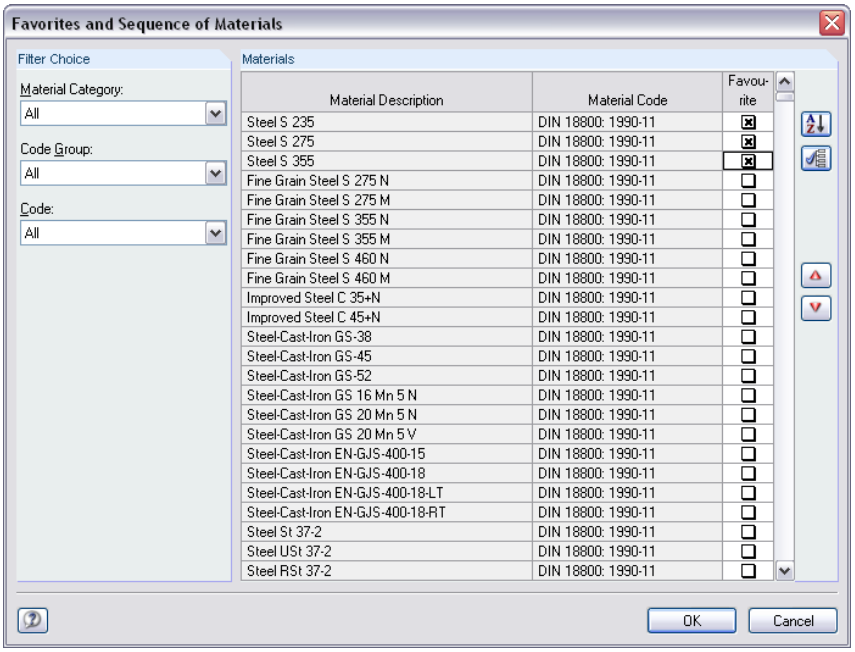


Figura 5.40: Cuadro de diálogo *Favoritos y secuencia de materiales*



En este cuadro de diálogo puede utilizar las opciones de filtrado descritas anteriormente en este capítulo. Para convertir los materiales usados con frecuencia en favoritos, marque la casilla de verificación en la última columna de la lista *Materiales*. Para cambiar la secuencia de materiales, use los botones [π] y [θ].



Marque la casilla de verificación *Sólo favoritos* para mostrar sólo los materiales seleccionados. Entonces la biblioteca de materiales aparece organizada con más claridad.

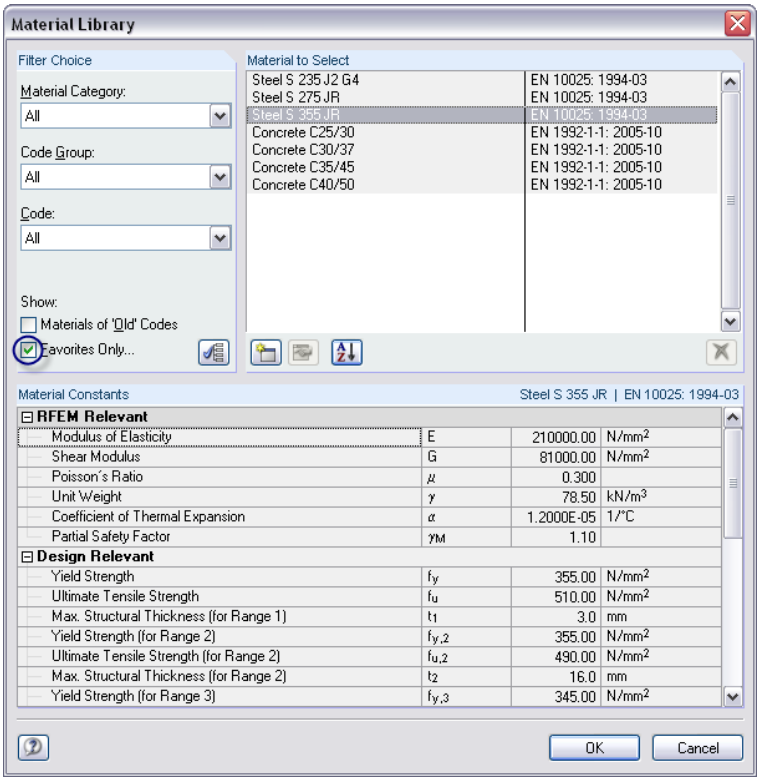


Figura 5.41: Librería de materiales: *Sólo favoritos*

La configuración de favoritos afecta también a ambos materiales establecidos automáticamente de forma predeterminada al crear una nueva estructura en RFEM 4. Los materiales establecidos como predeterminados son el *Acero S 235* y el *Hormigón C30/37*. Sin embargo, cuando define favoritos aparecen los dos materiales más usados de su lista de favoritos como materiales establecidos de forma predeterminada.

Si se necesitan *Materiales de normas "antiguas"*, marque la correspondiente casilla de verificación en la sección del diálogo *Elegir filtro* para mostrarlos exclusivamente en el cuadro de diálogo.

Completar biblioteca

La biblioteca de materiales se puede ampliar. En cuanto se agrega un material nuevo, está disponible para todas las estructuras de RFEM 4.



Se puede encontrar el botón [Crear nuevo material] en la sección del diálogo *Material para seleccionar* debajo de la lista de materiales. Haga clic en el botón para abrir el cuadro de diálogo *Nuevo material,* donde están establecidos como predeterminados los parámetros de entrada de la lista previamente seleccionada. De este modo, es sencillo crear un nuevo material si se selecciona primero un material con propiedades similares, antes de abrir el cuadro de diálogo.

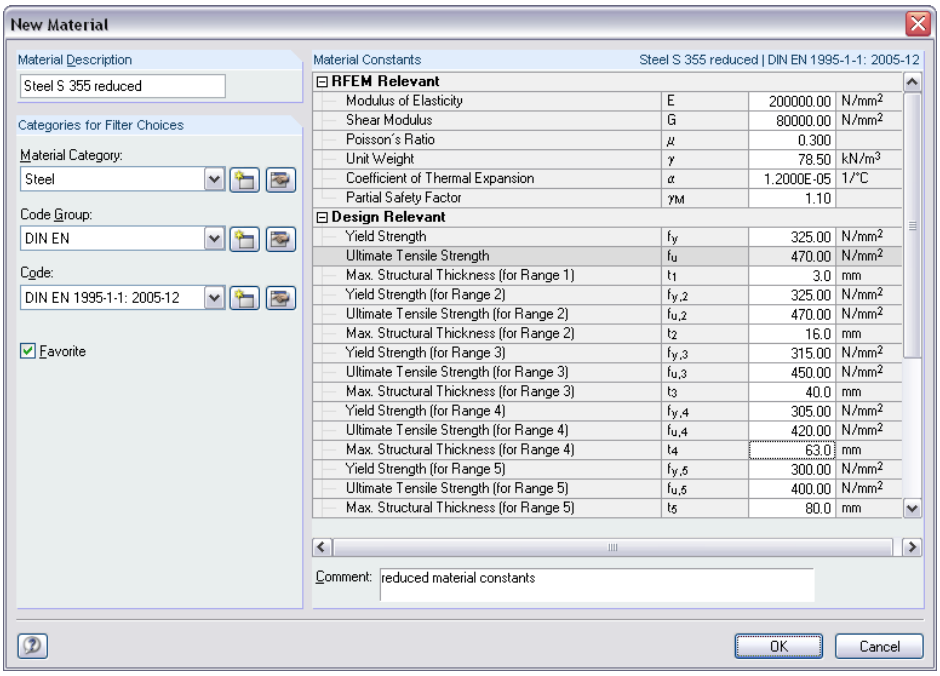


Figura 5.42: Cuadro de diálogo *Nuevo material*

Introduzca la *Descripción del material*, defina las *Constantes del material* y asigne el material a las *Categorías para elección de filtro* adecuadas.



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

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

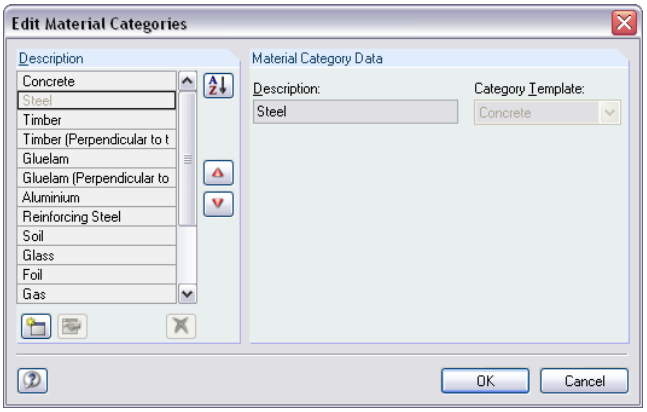


Figura 5.43: Cuadro de diálogo *Editar categorías de material*



Para ajustar el orden de las entradas use los botones [y [

5.4 Superficies

Descripción general

Las superficies se utilizan en RFEM 4 para describir la geometría, por un lado, y por otro para asignar una cierta rigidez al sistema estructural mediante las propiedades del material y espesor. Cuando se genera una malla de EF, se crean elementos 2D para superficies. Para información detallada sobre los elementos, ver capítulo 8.2.1 en la página 249.

El espesor tipo *Nulo* se usa exclusivamente para la descripción de sólidos..

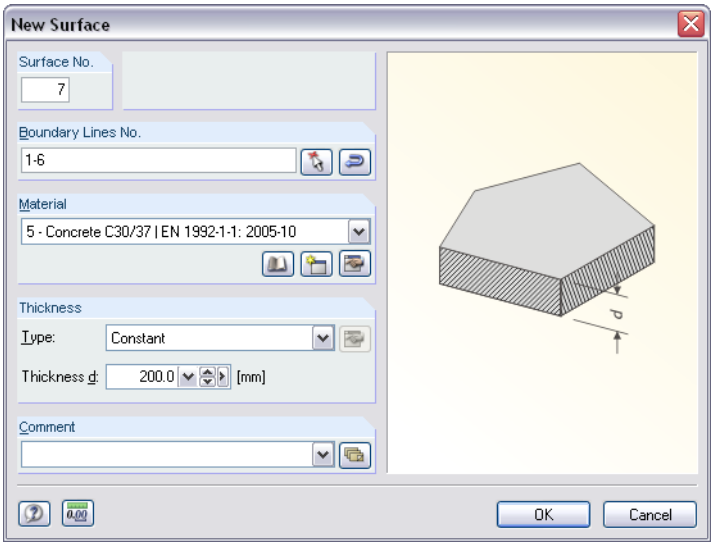


Figura 5.44: Cuadro de diálogo *Nueva superficie*

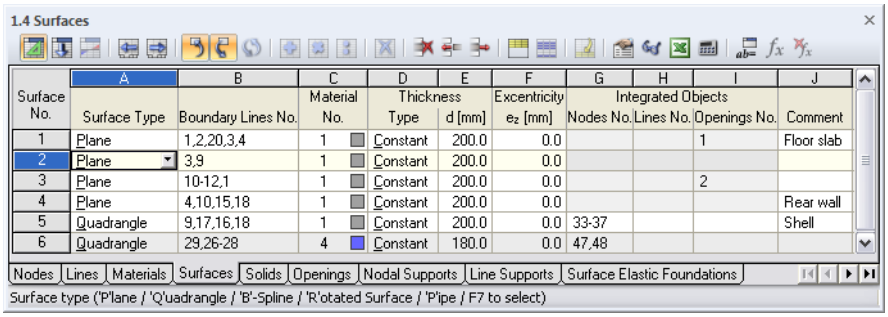


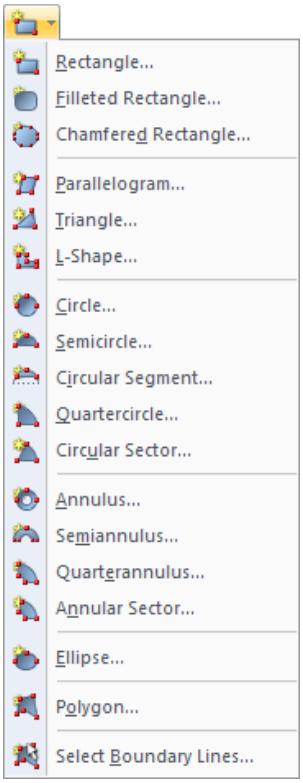
Figura 5.45: Tabla 1.4 *Superficies*

Tipos de superficies

Se pueden usar varios tipos de superficies para modelar la estructura.

Plana

Las superficies planas se pueden definir gráficamente dibujando un rectángulo, paralelogramo, círculo, anillo, polígono, etc. Use el menú de la barra de herramientas o el botón de la lista que se muestra a la izquierda para acceder a multitud de superficies planas distintas. El siguiente cuadro de diálogo aparece para la entrada gráfica.



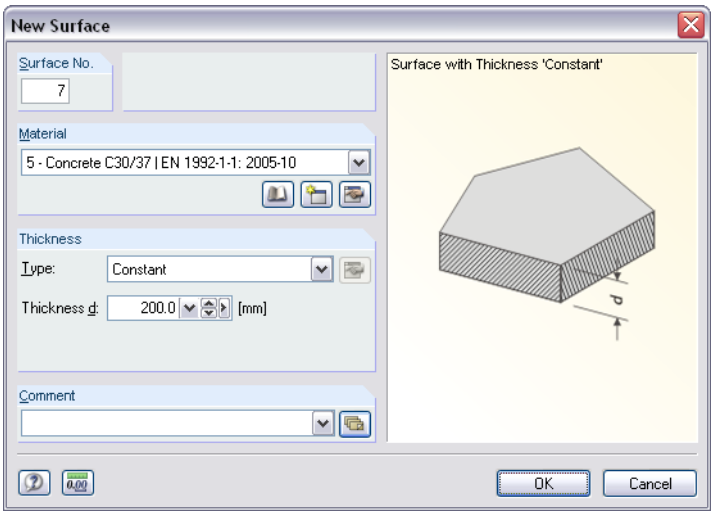


Figura 5.46: Cuadro de diálogo *Nueva superficie*

Defina primero los parámetros para *Material* y *Espesor*. Haga clic en [Aceptar] y seleccione las líneas de contorno de la superficie en la ventana de trabajo. La definición gráfica de los diferentes tipos de líneas se corresponde con el procedimiento descrito en el capítulo 0, página 97.

También es posible seleccionar líneas de contorno existentes mediante la opción *Seleccionar líneas de contorno*. Las líneas deben representar una línea continua cerrada situada sobre un solo plano. RFEM 4 reconoce las superficies automáticamente tan pronto como se define un número suficiente de líneas de contorno.

Cuadrangular



Este tipo de superficie representa una superficie general con cuatro nudos de esquina. Además de líneas rectas se pueden usar arcos, polilíneas, y splines como líneas de contorno. Usando un cuadrángulo se pueden crear láminas, ya que sus líneas de contorno no tienen que estar situadas sobre un solo plano.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

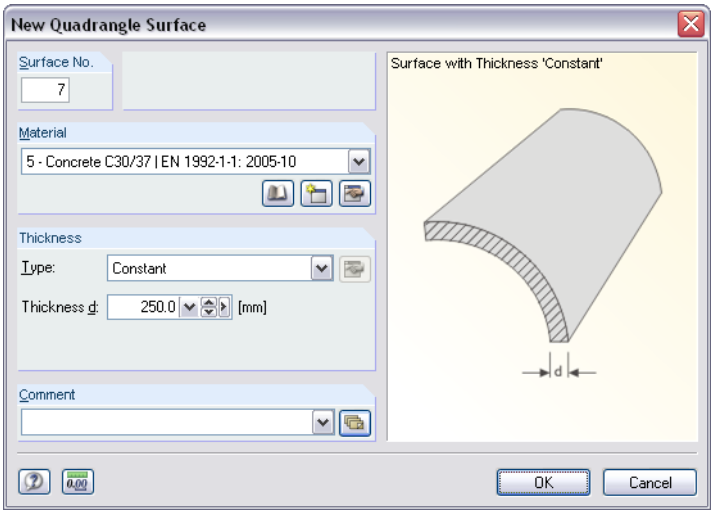


Figura 5.47: Cuadro de diálogo *Nueva superficie cuadrangular*

Al igual que la entrada para superficies planas, se pueden definir las líneas de contorno gráficamente después de hacer clic en [Aceptar].

De revolución



Para definir una superficie de revolución, se puede girar una línea alrededor de un eje específico. La superficie se determina por la posición inicial y final de la línea así como los radios y puntos de la línea.

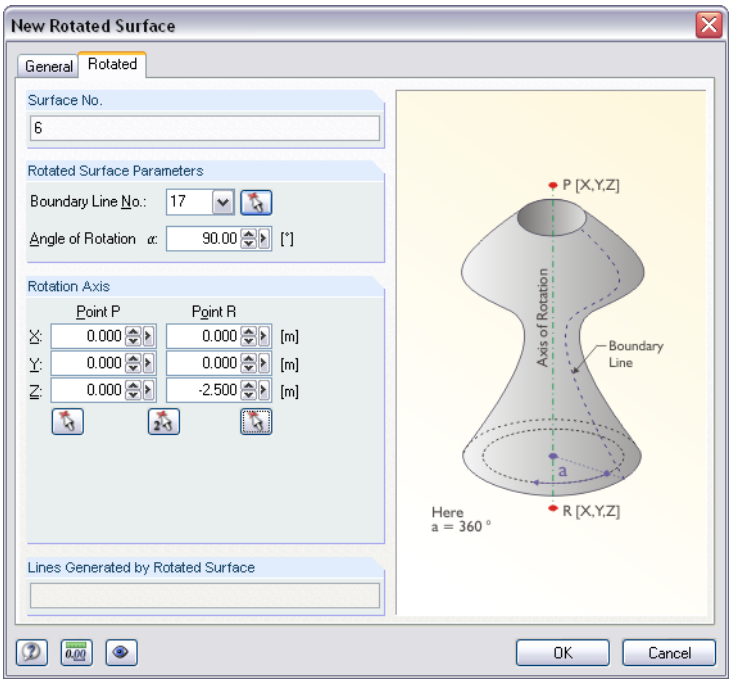


Figura 5.48: Cuadro de diálogo *Nueva superficie de revolución*, registro *Revolución*

El cuadro de diálogo *Nueva superficie de revolución* tiene dos registros. En el registro *Genera,* se define el *Material* y el *Espesor* de la superficie. No se permiten superficies de espesor variable.



En el registro *Revolución,* se define el *Ángulo de giro* α. Ambos puntos del eje de giro se definen gráficamente por sus coordenadas o mediante la función [Seleccionar]. Haga clic en [Aceptar] y luego seleccione la línea de contorno de revolución en el gráfico. Las líneas generadas también se pueden usar para superficies de revolución.

Tubo



Una superficie tubular se crea girando la línea central del tubo alrededor de sí misma siguiendo un radio específico.



En el cuadro de diálogo *Nuevo tubo* hay dos registros. En el registro *General,* se definen los parámetros de *Material* y *Espesor* de la superficie, en el registro *Tubo* se especifica la *Línea central* y el *Radio r*. También se puede definir la línea central gráficamente.

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

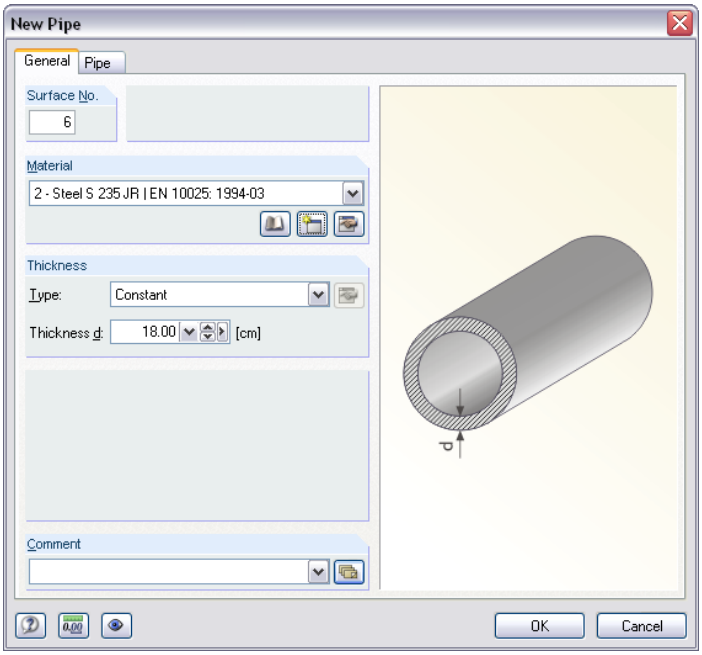


Figura 5.49: Cuadro de diálogo *Nuevo tubo*

B-Spline



Una superficie B-Spline es similar a la superficie cuadrangular descrita anteriormente en este capítulo. Sin embargo, para este tipo de superficie se crean nudos auxiliares adicionales en la superficie. Para modelar la forma de la superficie, se pueden editar las coordenadas de estos nudos.

El cuadro de diálogo *Nueva superficie del tipo "B-Spline"* tiene dos registros. En el registro *General*, se definen los parámetros de *Material* y *Espesor* de la superficie. No se permiten superficies de espesor variable.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

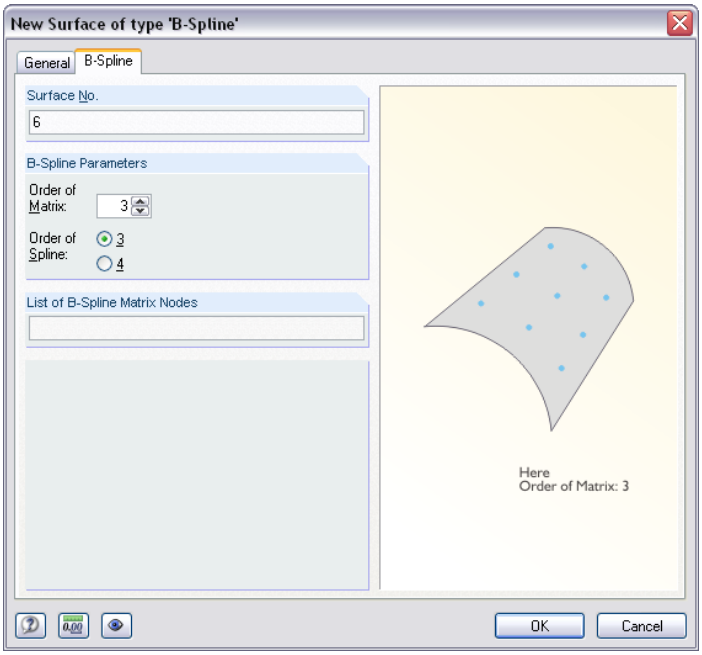


Figura 5.50: Cuadro de diálogo *Nueva superficie del tipo "B-Spline"*, registro *B-Spline*

En el registro *B-Spline*, se introduce el número de nudos auxiliares en el campo de entrada *Orden de matriz*: por ejemplo, si se introduce orden "3" se crea una rejilla de 3x 3 nudos auxiliares a través de la superficie. El campo de selección *Orden de Spline* especifica si se utiliza un polinomio de tercer o cuarto grado para calcular la superficie.

NURBS



Las superficies NURBS se definen por cuatro líneas NURBS conectadas (ver capítulo 0, página 101). Mediante el uso de superficies NURBS se pueden modelar la mayoría de las superficies con formas libres.

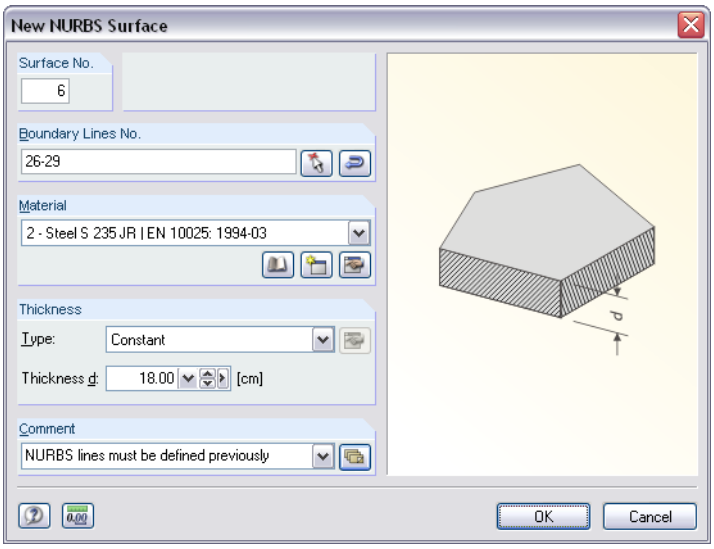


Figura 5.51: Cuadro de diálogo *Nueva superficie NURBS*

Cuando se introducen las líneas de contorno de una superficie NURBS, hay que asegurarse de que cada par opuesto de líneas NURBS sea "compatible" con el otro. Las superficies NURBS sólo se pueden crear si estas líneas tienen el mismo número de puntos de control.

Trayectoria



Este tipo de superficie se emplea para crear una superficie curva tridimensional desde un cierto perfil de inicio referido a una trayectoria seleccionada arbitrariamente.

El cuadro de diálogo *Nueva superficie de trayectoria* tiene dos registros. En el registro *General*, se definen los parámetros de *Material* y *Espesor* de la superficie. No se permiten superficies de espesor variable.

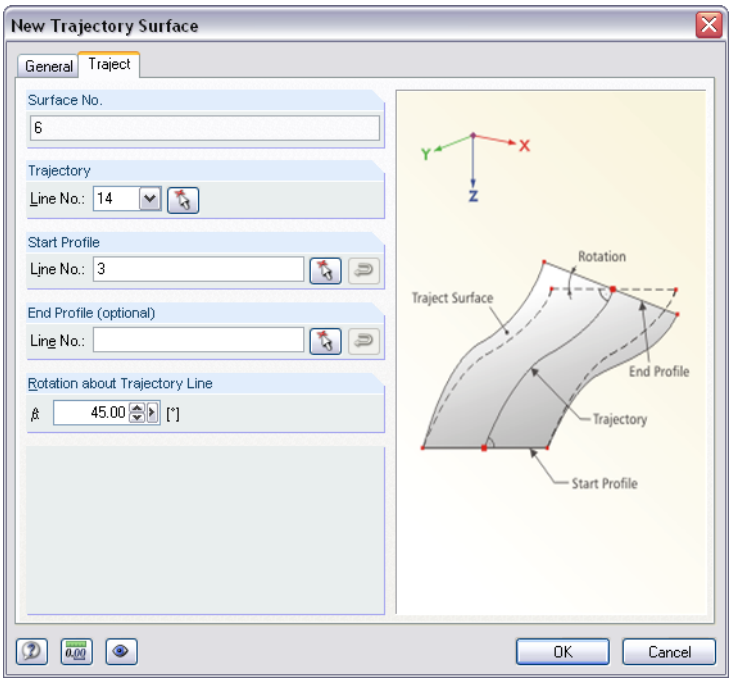


Figura 5.52: Cuadro de diálogo *Nueva superficie de trayectoria*, registro *Trayectoria*



En el registro *Trayectoria,* en la sección del diálogo *Trayectoria,* se introduce el número de la línea que representa la línea de contorno de la superficie. También se puede seleccionar la línea gráficamente. El *Perfil inicial* también se puede definir en el gráfico haciendo clic con el ratón. También se puede definir una segunda línea como *Perfil final*. El *Giro alrededor de la línea de trayectoria* β describe el giro de la línea de contorno paralela generada en relación a la trayectoria.

Líneas de contorno núm.

En esta columna de la tabla o campo de entrada, se introducen las líneas de contorno de la superficie. Las líneas se deben introducir como líneas continuas.

Para las superficies de revolución, los parámetros de generación se muestran en esta columna de la tabla.

Material núm.

Se puede seleccionar una entrada particular de la lista de materiales ya definidos. En la tabla se indica el material asignado mediante el color del material empleado en la superficie que se muestra en el modo render.

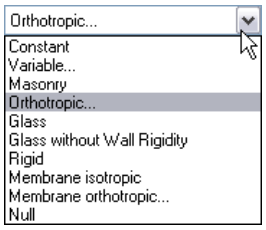


En el cuadro de diálogo *Nueva superficie*, se pueden utilizar los tres botones que se encuentran debajo de la lista de *Material* para acceder a la biblioteca de materiales, redefinir o editar materiales.

Para más información detallada sobre materiales ver capítulo 5.3, página 103.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Espesor



Tipo

Se pueden usar distintos tipos de espesor para modelar la estructura

Constante

Este tipo de espesor se usa para crear superficies con el mismo espesor constante. Se transfieren los momentos y esfuerzos de membrana.

Variable

El espesor de la superficie es linealmente variable (ver capítulo 0, página 139). Use el botón [Editar parámetros de espesor] para definir los parámetros.

Mampostería

Se transfieren los momentos y esfuerzos de membrana. Sin embargo, para los esfuerzos de membrana que causan tracción se produce un fallo de los correspondientes elementos de superficie.

Ortótropo

Este tipo de espesor se usa para superficies con diferentes grados de rigidez en ambas direcciones de superficie (ver capítulo 5.12, página 141). Use el botón [Editar parámetros de espesor] para definir los parámetros.

Vidrio

Este tipo de espesor es necesario para el módulo adicional RF-GLASS. Se transfieren los momentos y esfuerzos de membrana, pero las tensiones no se determinan en RFEM 4. El análisis de tensiones se lleva a cabo posteriormente en el módulo RF-GLASS.

Vidrio sin rigidez de pared

Este tipo de espesor se usa sólo para superficies con rigidez a flexión. Así se pueden evitar efectos de arriostramiento de superficies.

Rígido

Este tipo de espesor se usa para generar superficies muy rígidas que crean conexiones resistentes entre los objetos adyacentes.

Membrana isótropa

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 la superficie (capítulo 5.12, página 141). Use el botón [Editar parámetros de espesor] para definir los parámetros.

Nula

Las superficies nulas se requieren para la definición de sólidos.

Espesor d

En este campo de entrada se puede definir el espesor de superficie *d*, a no ser que se defina un espesor variable o una superficie nula. Este espesor se utiliza para determinar el peso propio y la rigidez para las superficies del tipo *Constante*, *Mampostería*, *Vidrio* y *Membrana isótropa.* Para los tipos de superficies *Ortótropas* este valor se utiliza únicamente para calcular el peso propio, ya que la rigidez se define por separado.

Los espesores de superficie para la estructura se pueden mostrar en el gráfico con diferentes colores.

Para activar la visualización de colores, haga clic en *Estructura* en el navegador *Mostrar,* seleccione *Superfices* y marque la casilla de verificación *Escala de colores de espesores en Panel*.

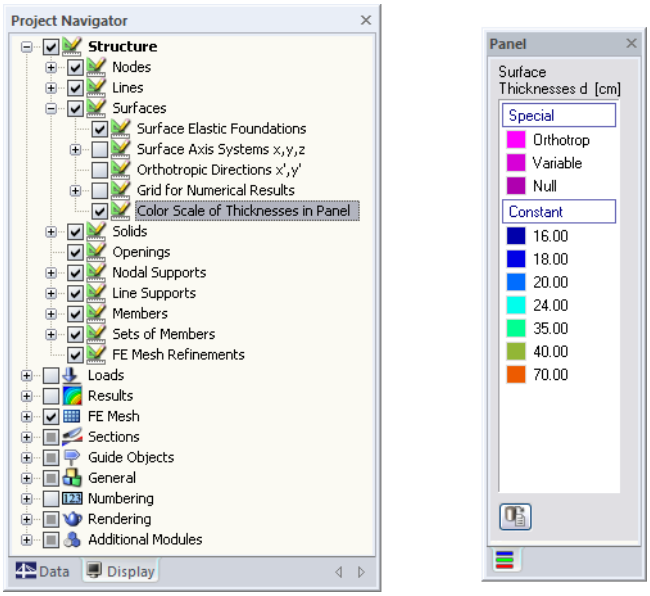


Figura 5.53: Navegador *Mostrar*: Superficies → Escala de colores de espesores en Panel

Excentricidad

La línea central de la superficie representa la superficie de referencia para el espesor que se supone igual en ambos lados del "eje central". Para comprobar la excentricidad, seleccione *Renderizado* en el navegador *Mostrar*, haga clic en *Modelo, Modelo de sólido, Superficie* y seleccione *Relleno incluido espesor*.

Introduciendo una *excentricidad* e_z se puede definir una desviación de altura para la superficie. Este parámetro se utiliza para crear bordes superiores o inferiores uniformes para superficies paralelas de distintos espesores.

Debido a los momentos adicionales, las excentricidades tienen una cierta influencia en los esfuerzos internos de la superficie.

Objetos integrados

En general, RFEM 4 reconoce automáticamente todos los objetos situados en el plano de la superficie o en la superficie misma, pero que no se usen como líneas de contorno para la definición de la superficie. En las columnas de la tabla o en los campos de entrada, se muestran todos los números de nudos, líneas y aberturas.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

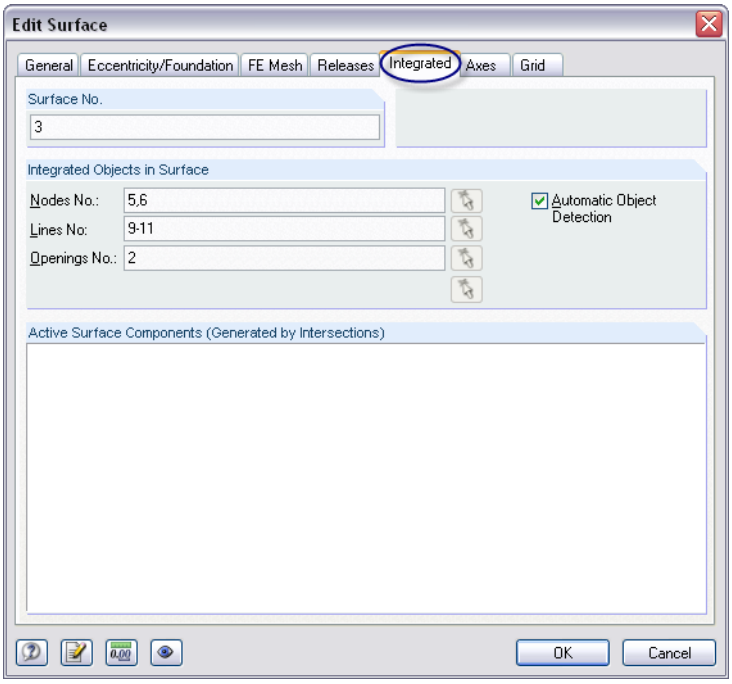


Figura 5.54: Cuadro de diálogo *Editar superficie*, registro *Integrado*

Es posible integrar objetos manualmente. Desmarque la casilla de verificación *Detección automática de objeto* en el cuadro de diálogo *Editar superficie* para acceder a los campos de entrada en la sección del diálogo *Objetos integrados en la superficie*.

Comentarios

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

Ejes de superficie

Cada superficie tiene un sistema de coordenadas locales, esto es importante para varios parámetros de entrada como las propiedades ortótropas y de cimentación o direcciones de carga superficial. Los esfuerzos internos fundamentales también están relacionados con su correspondiente sistema de ejes locales de la superficie.

Para activar o desactivar los sistemas de ejes de la superficie, utilice el menú contextual de la superficie.

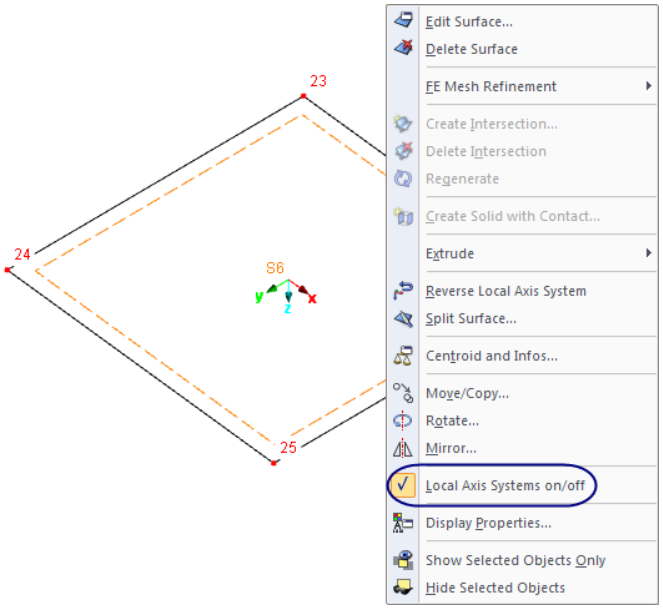


Figura 5.55: Menú contextual *Superficie*

En caso necesario, se pueden ajustar los ejes locales de superficie:

- Opción de menú contextual *Sistema de ejes locales activado/desactivado*

  La orientación del eje local z se invierte, los otros ejes se ajustan de acuerdo con la regla de la mano derecha. Entonces los cimientos se ponen al otro lado de la superficie o la armadura "superior" e "inferior" para el cálculo del hormigón armado cambia 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 el registro *Ejes* se pueden ajustar los *Ejes para entrada de datos* de superficie así como los *Ejes para resultados*.

.

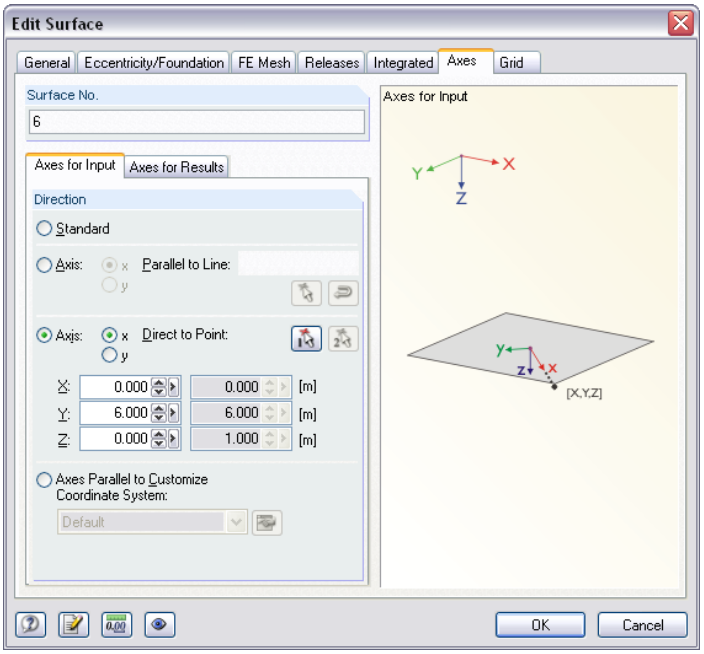


Figura 5.56: Cuadro de diálogo *Editar superficie*, registro *Ejes*

En ambos subregistros se puede dirigir el eje local de superficie *x* e *y* hacia una *Línea*, un *Punto* o hacia un *Sistema de coordenadas personalizado* (ver capítulo 12.2.4, página 394).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

5.5 Sólidos

Descripción general

Los sólidos se emplean para definir cuerpos, para los cuales se crean elementos 3D al generar la malla de EF. También se emplean para mostrar propiedades de contacto entre dos superficies.

En general, las superficies de contorno de los sólidos se basan en superficies con espesor del tipo *Nulo*. La única excepción aparece al modelar un contacto entre dos superficies. En este caso, una cierta rigidez se debe aplicar a ambas superficies de contacto.

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

Tenga en cuenta que los cálculos de hormigón armado para sólidos no están actualmente implementados en RFEM 4.

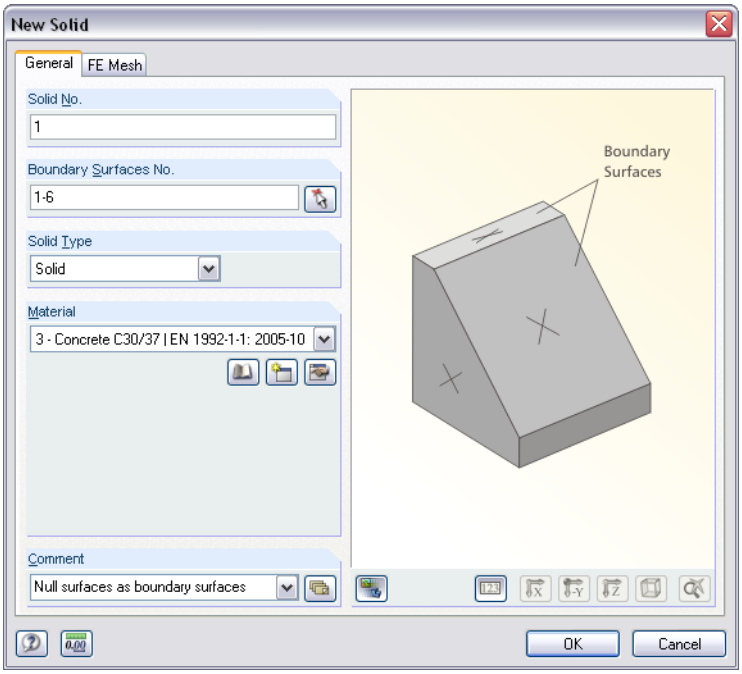


Figura 5.57: Cuadro de diálogo *Nuevo sólido*

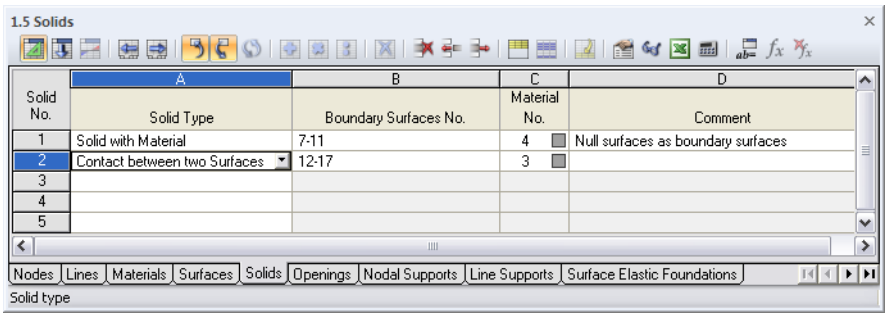


Figura 5.58: Tabla 1.5 *Sólidos*

Tipos de sólidos

Un *Sólido con material* actúa como un objeto 3D con propiedades de material específicas de sólido. Por lo tanto, las superficies de contorno se deben definir como superficies con espesor del tipo *Nulo*.

El tipo de sólido *Contacto* se emplea para manejar problemas de contacto entre dos superficies. Las propiedades de contacto se pueden definir en un registro a parte en el cuadro de diálogo *Nuevo sólido* (ver abajo).

Superficies de contorno núm.



Las superficies deben encerrar un espacio cerrado. Se pueden introducir los números de las superficies en el campo de entrada o seleccionarlos en el gráfico usando la función [Seleccionar].



Cuando se definen completamente las superficies de contorno en el cuadro de diálogo *Nuevo sólido*, se puede hacer clic en el botón [Esquema o renderizado] debajo del gráfico que muestra una vista previa del sólido.

Las dos superficies de contacto de un sólido de contacto se deben organizar paralelas entre sí.

Material

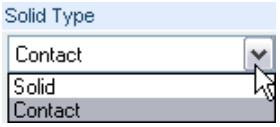
Se puede seleccionar una entrada particular de la lista de materiales definidos.



En el cuadro de diálogo *Nuevo sólido,* se pueden utilizar los tres botones debajo de la lista de materiales para acceder a la biblioteca de materiales o para redefinir o editar los materiales.

Para más información detallada sobre materiales ver capítulo 5.3, página 103.

Contacto entre dos superficies



Este registro del diálogo sólo está disponible si el tipo de sólido *Contacto* se seleccionó previamente en el registro del diálogo *General*.

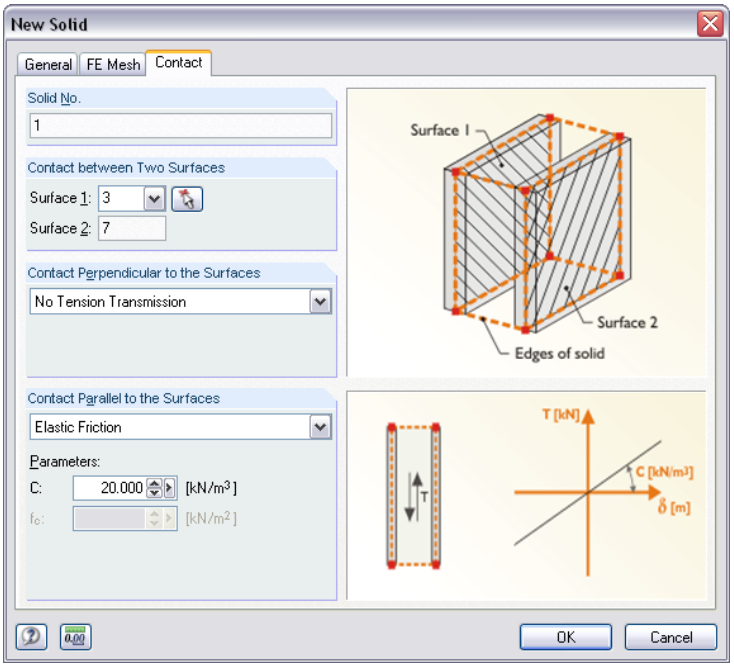


Figura 5.59: Cuadro de diálogo *Nuevo sólido*, registro *Contacto*

Hay que asegurarse de que las superficies de conexión que se crearon entre las dos superficies de contacto son superficies completas y continuas. De este modo, la división de una superficie de conexión a la mitad de la altura entre las dos superficies de contacto no está permitida.



RFEM trata de encontrar las superficies de contacto automáticamente. Sin embargo, en la sección del diálogo *Contacto entre dos superficies* se puede seleccionar la *Superficie 1* de la lista o usar la función [Seleccionar] para seleccionarla en el gráfico. La *Superficie 2* se define automáticamente por la superficie paralela a la primera y representa una superficie de contorno del sólido.

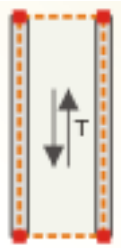
En la sección *Contacto perpendicular a la superficie* del diálogo, se puede seleccionar entre tres opciones:

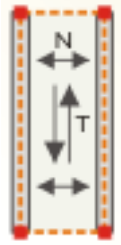
- Transmisión completa de esfuerzos
- No se transmiten esfuerzos de compresión
- No se transmiten esfuerzos de tracción

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Los parámetros *Compresión* y *Tracción* se consideran durante el cálculo debido a las deformaciones de los nudos de EF del sólido.

El *Contacto paralelo a las superficies* se puede definir sin considerar las propiedades de contacto que actúan perpendicularmente a las dos superficies de contacto.





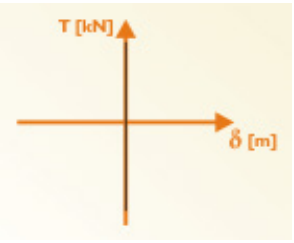
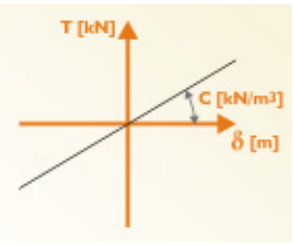
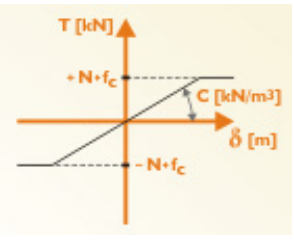
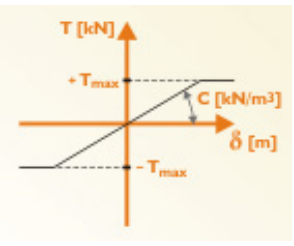
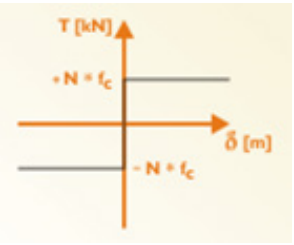
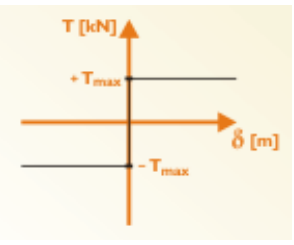
Contacto	Diagrama	Descripción
Transmisión completa de esfuerzos		Se transmiten todos los esfuerzos.
Fricción elástica		Estrictamente hablando, ésto es más un comportamiento elástico que una "fricción". El esfuerzo cortante aumenta proporcionalmente a la deformación. No hay límite en la deformación La rigidez elástica **C** se necesita como parámetro (lo que significa, el esfuerzo que se necesita para mover una superficie de 1 m^2 un 1 m).
Fricción elástica de Coulomb		Este tipo de contacto es similar a una fricción elástica pero de impacto no lineal. Cuando se alcanza el esfuerzo cortante N*f_c , continúa constante incluso cuando aumenta la deformación. Permanece constante. *N* representa el esfuerzo normal de un elemento finito. Son necesarias la constante elástica **C** y el coeficiente de fricción de Coulomb **f_c**.
Fricción elástica de Coulomb con límite		A diferencia de la fricción elástica de Coulomb, el esfuerzo cortante límite no depende del esfuerzo normal. Sólo se puede abosrber un esfuerzo cortante definido. Son necesarios la constante elástica **C** y el esfuerzo cortante **T**.
Fricción rígida		Este tipo de no linealidad es muy similar a una fricción elástica de Coulomb. Aunque aquí no se dispone de intervalo elástico, la fricción de Coulomb es completamente eficaz. Es necesario el coeficiente de fricción de Coulomb **f_c**.
Fricción rígida con límite		Este tipo de no linealidad es muy similar a una fricción elástica de Coulomb con límite. Aunque aquí no se dispone del intervalo elástico, el esfuerzo cortante límite es completamente eficaz. Es necesario el esfuerzo cortante **T** .

Tabla 5.1: Propiedades de contacto paralelo a las superficies

5.6 Aberturas

Descripción general



Las aberturas se utilizan para crear recortes en las superficies. RFEM 4 no genera ningún elemento finito en las aberturas. Cuando se aplican cargas superficiales en las superficies, la zona de abertura se omite.

Para crear una abertura, se necesita una línea continua integrada en la superficie.

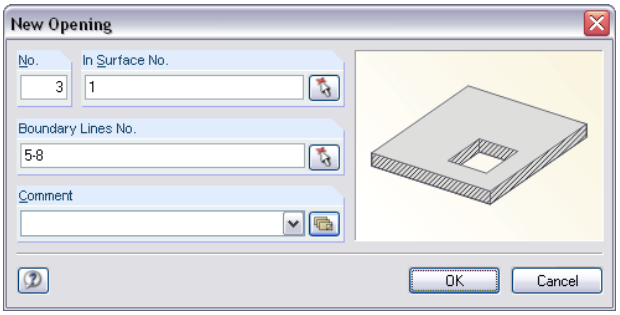


Figura 5.60: Cuadro de diálogo *Nueva abertura*

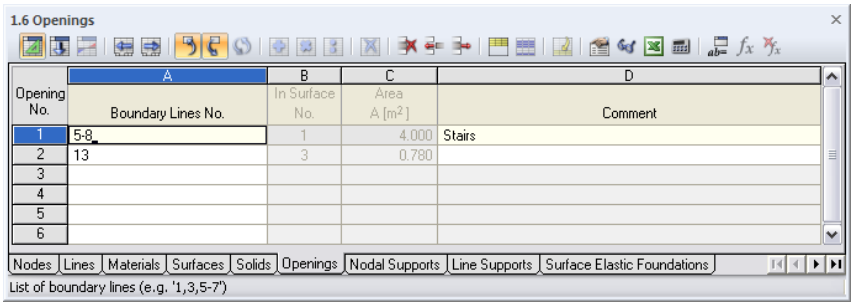
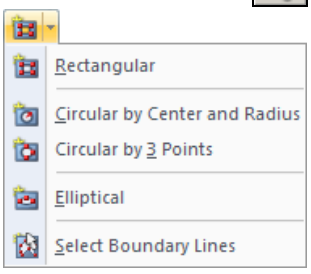


Figura 5.61: Tabla 1.6 *Aberturas*

Líneas de contorno núm.

En este campo de entrada, se introducen las líneas que limitan la abertura. Estas líneas se deben introducir como una línea continua. También son admisibles las aberturas en el borde de una superficie.





Para introducir una abertura gráficamente, haga clic en las líneas de contorno de la abertura una tras otra. RFEM 4 reconoce automáticamente la abertura tan pronto como se defina un número suficiente de líneas de contorno.

Para generar directamente una abertura en una superficie situada en el plano de trabajo, use uno de los botones que se muestran a la izquierda. Los tipos de definición para aberturas se basan principalmente en los distintos tipos de líneas descritos en el capítulo 0, página 94. Las aberturas se crean inmediatamente tan pronto como se definen las líneas de contorno. No es necesario definir previamente las líneas para la abertura.

En superficie núm.

Para superficies planas la integración automática está activa de forma predeterminada. Para superficies curvas se debe integrar la abertura manualmente. En el cuadro de diálogo *Editar superficie* seleccione el registro *Integrado* e introduzca el número de la abertura en el campo de entrada correspondiente (ver figura 5.54, página 119).

Área

En esta columna de la tabla, se muestra un valor aproximado para el área de la abertura.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

5.7 Apoyos en nudos

Descripción general

Los apoyos se utilizan para transmitir las cargas de una estructura a los cimientos. Si los apoyos no estuvieran definidos, todos los nudos serían libres y se podrían desplazar o girar. Para asignar un nudo a un apoyo, por lo menos uno de los grados de libertad debe estar bloqueado, restringido por un resorte o cargado con una deformación impuesta. Además, se debe conectar al menos una barra al nudo. Las condiciones de contorno de las barras también son importantes, y se deben considerar con el fin de evitar dobles articulaciones en los nudos de los apoyos.

Se pueden asignar ineficacias para los esfuerzos de tracción y compresión a los apoyos en nudos como propiedades no lineales.

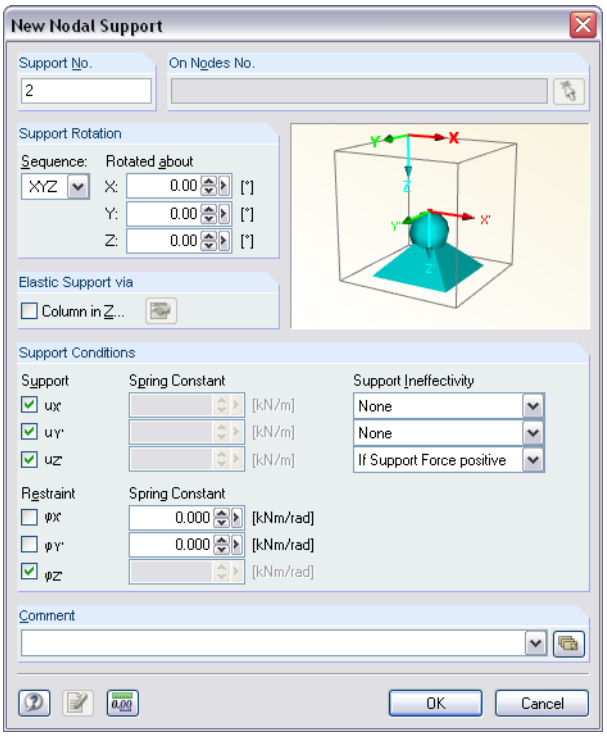


Figura 5.62: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en nudo*

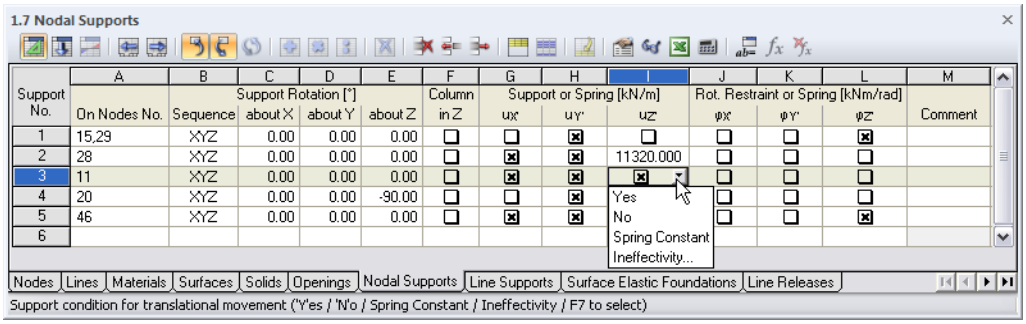


Figura 5.63: Tabla 1.7 *Apoyos en nudos*



Para abrir el siguiente cuadro de diálogo, seleccione el menú **Insertar,** sitúe el cursor sobre **Datos estructurales**, **Apoyos en nudos**, y luego seleccione **Gráficamente** o utilice el botón que se muestra a la izquierda:

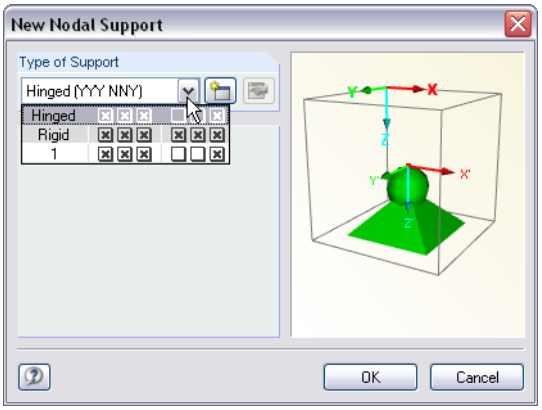


Figura 5.64: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en el nudo*

Los tipos de apoyos *Articulado fijo* (SSS NNS) y *Empotrado* (SSS SSS) ya están predefinidos y se pueden seleccionar de la lista. Para asignar el tipo de apoyo seleccionado, haga clic en [Aceptar].



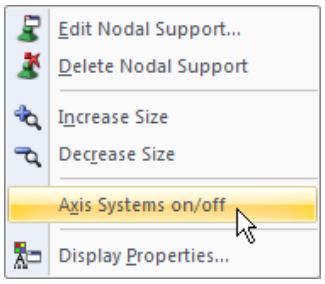
Use el botón [Nuevo] que se muestra a la izquierda para crear un nuevo tipo de apoyo. Aparece el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 5.62.

En nudos núm.



Los apoyos individuales sólo se pueden definir en nudos. Introduzca el número del nudo en esta columna de la tabla o en el campo de entrada. También puede seleccionarla gráficamente.

Giro del apoyo



Cada apoyo en nudo tiene un sitema local de coordenadas orientado paralelamente a los ejes globales X, Y y Z como predeterminado. Use el menú contextual del apoyo en el nudo para activar la visualización del sistema de coordenadas del nudo.

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

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

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

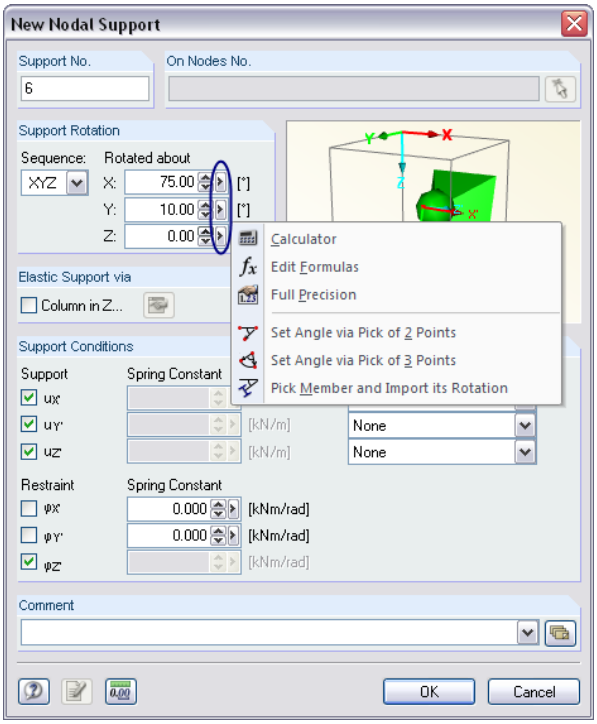


Figura 5.65: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en el nudo* con opciones para giro del apoyo

Una vez completado el cálculo, se pueden evaluar las reacciones del apoyo girado en el nudo en relación con el sistema de ejes globales así como con el sistema de ejes locales.

Soporte en Z

A menudo los apoyos en nudos no representan suficientemente las condiciones reales de la estructura, especialmente cuando el apoyo tiene dimensiones geométricas importantes que no se pueden incumplir. Macro elementos de soportes especiales se utilizan para definir las condiciones del apoyo por el material y la geometría del apoyo. RFEM 4 calcula la rigidez elástica y ajusta las condiciones del apoyo. Gracias a este modelado realista, se pueden evitar las singularidades que podrían resultar de apoyos empotrados.

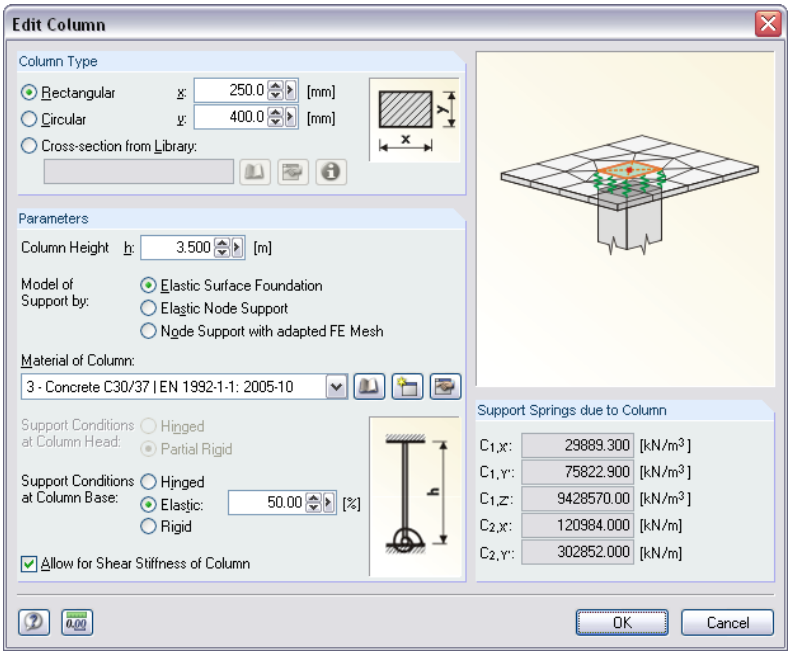


Figura 5.66: Cuadro de diálogo *Editar soporte*

En la sección del diálogo *Tipo de soporte*, se define el perfil del soporte. Los campos de entrada cambian dependiendo de si el soporte seleccionado es de tipo *Rectangular*, *Circular* o *Sección desde biblioteca*. Por lo tanto, además de pilares de hormigón armado, también se pueden utilizar perfiles de acero, como secciones de soporte.

Además de la sección del soporte, la *Altura del soporte h* tiene un efecto adicional sobre las constantes de los apoyos elásticos. En la sección del diálogo *Parámetros*, se puede definir la forma en la que se modelan los soportes en la estructura. Están disponibles las tres opciones siguientes:

- El *Apoyo elástico en superficie* representa una subsuperficie interna de la zona del soporte que está apoyada elásticamente. Los coeficientes del apoyo se calculan a partir de la geometría del soporte y su material.
- El *Apoyo elástico en nudo* también representa una subsuperficie elástica. Está apoyado en un solo nudo. Este apoyo en el nudo está modelado por medio de muelles a traslación y a torsión calculados a partir de la geometría del soporte y su material. Internamente, el espesor de la superficie se duplica para tener en cuenta una mayor rigidez a flexión en el área del soporte.
- El *Apoyo en nudo con malla adaptada de EF* es similar al *Apoyo elástico en nudo*. Sin embargo, en estos apoyos puntuales no se emplean resortes.



En el módulo adicional RF-CONCRETE Surfaces, las superficies que se han cortado no se pueden calcular para las tres opciones de modelo. En su lugar, se emplean los esfuerzos internos en las líneas de contorno del soporte.

Cuando se selecciona *Apoyo elástico en superficie* o *Apoyo elástico en nudo,* se introducen datos adicionales para el soporte. Seleccione el *Material del soporte* de la lista de materiales ya definidos o cree un nuevo material de soporte (ver capítulo 5.3, página 103).

Para determinar las rigideces elásticas, se necesitan especificaciones de *Condiciones de apoyo* en la *Cabeza del soporte* y en la *Base del soporte*. Si marca la casilla de verificación para *Permitir rigidez a cortante del soporte*, la rigidez a cortante también afectará a las constantes de los *Apoyos elásticos debidos al soporte*. La información sobre determinados resortes en nudos se muestra a la derecha del cuadro de diálogo.

Apoyo o resorte

Para definir un apoyo, seleccione la opción correspondiente en el cuadro de diálogo o tabla. Si marcó la casilla de verificación, el correspondiente grado de libertad se bloquea y el desplazamiento del nudo en la dirección correspondiente no es posible.

Si no desea definir cierto apoyo, vacíe la correspondiente casilla de verificación. En el cuadro de diálogo *Nuevo apoyo en nudo,* aparece indicado el valor cero para la *Constante elástica* del muelle a traslación. Siempre es posible modificar la constante elástica con el fin de visualizar un apoyo elástico del nudo. En la tabla, se puede introducir la constante directamente en la columna de la tabla. Las rigideces elásticas se consideran valores de cálculo.

Las opciones concernientes a no linealidades se describen más tarde.

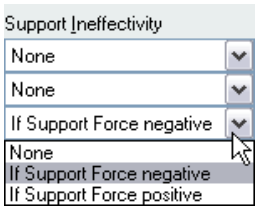
Coacción al giro o resorte

Las coacciones se definen de una forma similar a los apoyos. Si se ha marcado la casilla de verificación, el correspondiente grado de libertad se bloquea y el giro del nudo respecto al correspondiente eje no es posible. Las constantes para los muelles a torsión se pueden definir en cuanto se marcan las casillas de verificación. En la tabla, se puede introducir directamente la constante elástica en la columna de la tabla correspondiente.

Ineficacia del apoyo

Se pueden definir las siguientes ineficacias para los apoyos en nudos:

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



- Ineficacia si el esfuerzo en el apoyo es positivo
- Ineficacia si el esfuerzo en el apoyo es negativo

Las propiedades no lineales están disponibles en el cuadro de diálogo y en la tabla usando la lista (ver Figura 5.62 y Figura 5.63). Estas configuraciones se usan para definir para cada elemento individual del apoyo si sólo se transfieren los esfuerzos positivos o negativos en el nudo del apoyo.

Positivo y *negativo* se refiere a los esfuerzos que se transmiten al apoyo en el nudo según los ejes correspondientes (es decir, aquellos que no son esfuerzos de reacción del apoyo). Así los signos son el resultado de la dirección de los ejes globales. Si el eje global Z tiene sentido descendente, el caso de carga "Peso propio" resulta un esfuerzo de apoyo positivo P_Z.

Los apoyos en nudos con características no lineales se visualizan en un color diferente en el gráfico. En la tabla, los elementos del apoyo con propiedades no lineales aparecen resaltados con una cruz azul.

5.8 Apoyos lineales

Descripción general

Los apoyos lineales se utilizan para definir las condiciones de contorno para todos los nudos EF de una línea. Los desplazamientos y giros se pueden eliminar o limitar mediante muelles a traslación y a torsión

Se pueden asignar propiedades no lineales a desplazamientos de apoyos lineales de manera que el apoyo lineal sea ineficaz en caso de tracción o compresión.

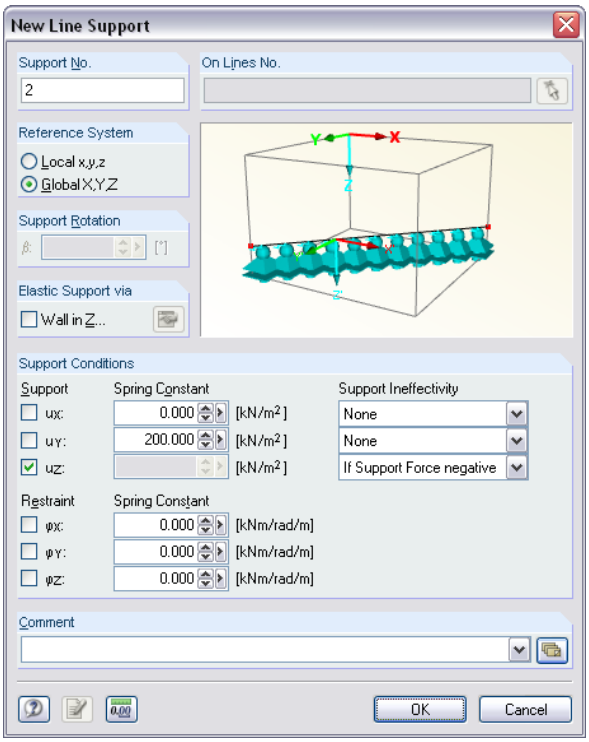


Figura 5.67: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo lineal*

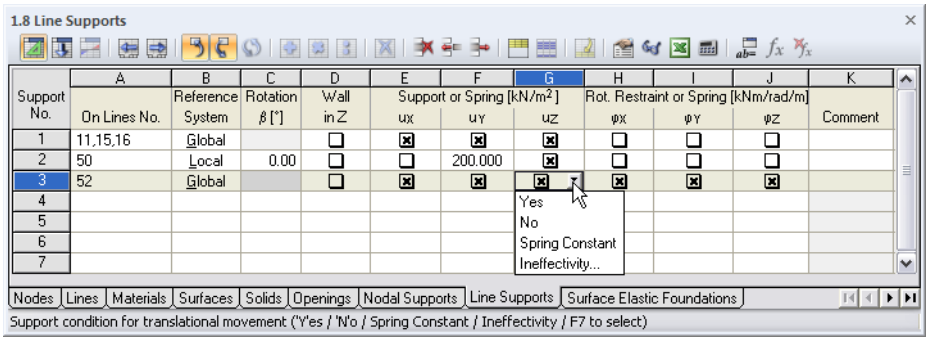


Figura 5.68: Tabla 1.8 *Apoyos lineales*



Para abrir el siguiente cuadro de diálogo seleccione el menú **Insertar**, sitúe el cursor en **Datos estructurales** y **Apoyos lineales**, y luego haga clic en **Gráficamente** o utilice el botón que se muestra a la izquierda:

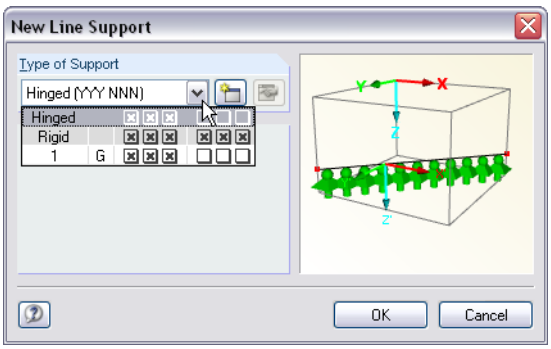


Figura 5.69: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo lineal*

Los tipos de apoyo *Articulado fijo (SSS NNN)* y *Empotrado (SSS SSS)* ya están predefinidos y se pueden seleccionar desde la lista. Para asignar el tipo de apoyo seleccionado, haga clic en [Aceptar].



Use el botón [Nuevo] que se muestra a la izquierda para crear un nuevo tipo de apoyo.

En líneas núm.



Los apoyos lineales sólo se pueden definir en líneas que pertenecen a superficies o sólidos. Introduzca el número de la línea en la tabla o campo de entrada. También se pueden seleccionar gráficamente.

Sistema de referencia

Los parámetros del apoyo se pueden referir al sistema de ejes *locales x, y, z* o al sistema de ejes *globales X, Y, Z*. Los campos de entrada en la sección del diálogo *Condiciones del apoyo* y los encabezados de las columnas de la tabla de la E a la J cambian dependiendo del parámetro seleccionado.

Puede activar el sistema de ejes locales de la línea en el navegador *Mostrar*.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

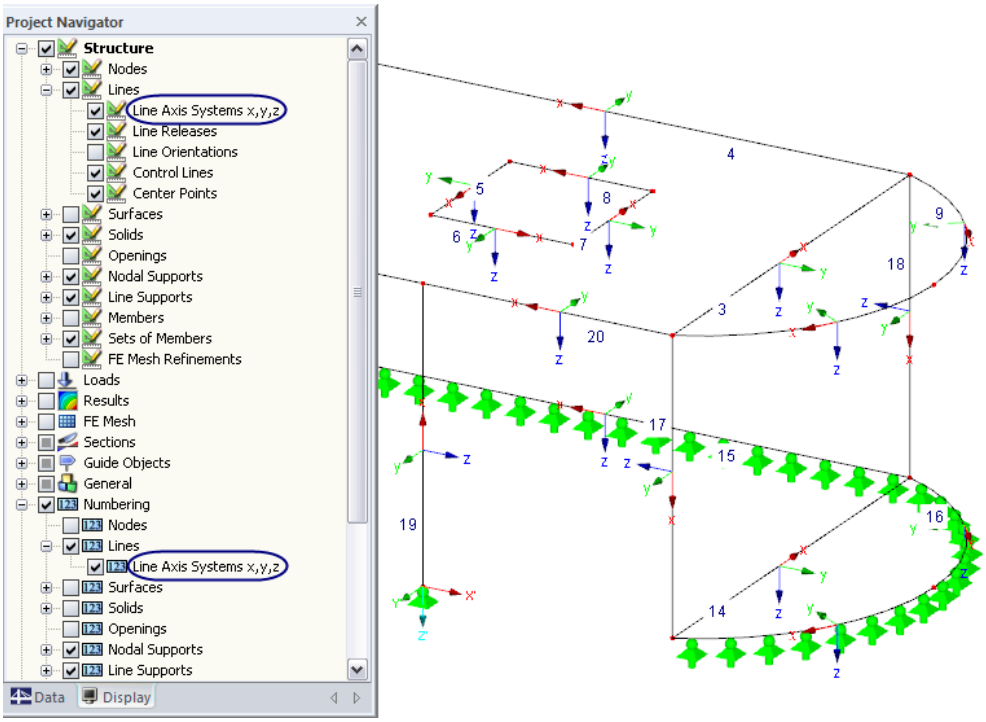


Figura 5.70: Sistemas de ejes locales de líneas x, y, z

Giro

Es posible girar el sistema de coordenadas locales del apoyo lineal. El *Giro* sobre un ángulo positivo β gira el apoyo en el sentido de las agujas del rejoj alrededor del eje positivo x de la línea. El giro actualmente introducido del apoyo se puede visualizar en el gráfico del diálogo.

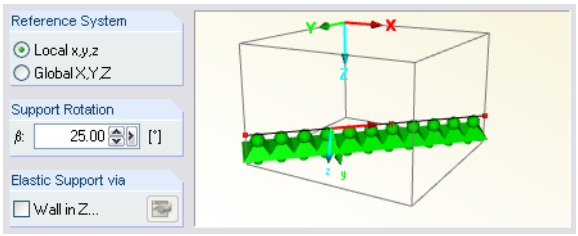
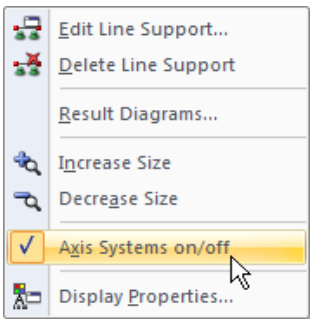


Figura 5.71: Giro del apoyo

Cuando se completa el cálculo, se pueden evaluar las reacciones en el apoyo de un apoyo lineal girado en relación al sistema de ejes globales así como al sistema de ejes locales.

Para mostrar los ejes del apoyo locales, utilice el menú contextual del apoyo lineal correspondiente.



Muro en Z

A menudo, los apoyos lineales no representan suficientemente las condiciones estructurales reales si una superficie está apoyada en un muro. RFEM 4 calcula las constantes de los muelles a traslación y a torsión mediante el material y la geometría del muro. Gracias a este modelado realista se pueden evitar singularidades resultantes del uso de apoyos empotrados.

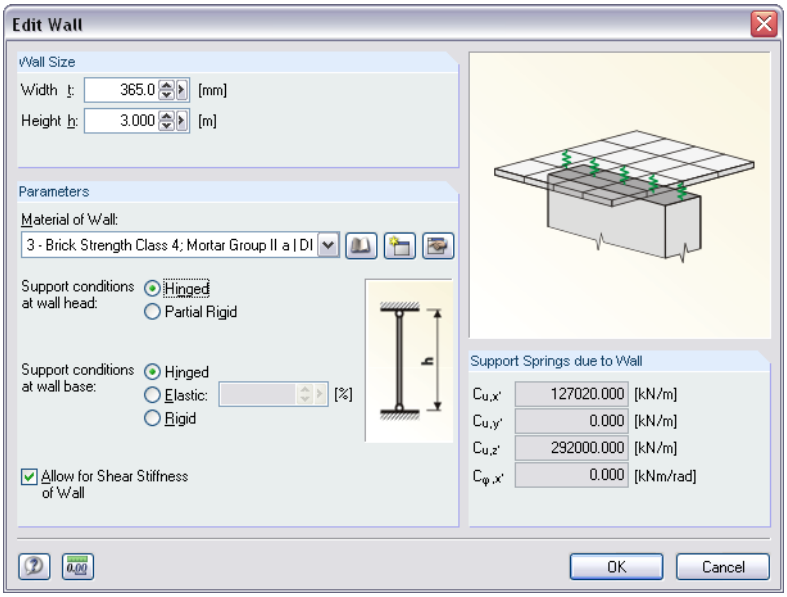


Figura 5.72: Cuadro de diálogo *Editar muro*

En la sección del diálogo *Tamaño del muro,* se define la geometría. Además de la *Anchura t*, la *Altura h* afectan a las constantes de los muelles a traslación y a torsión.

En la sección del diálogo *Parámetros,* se puede seleccionar el *Material del muro* de una lista de materiales ya definidos o crear un nuevo material de muro (ver capítulo 5.3, página 103).

Para determinar las rigideces elásticas, se necesitan especificaciones de las *Condiciones del apoyo en la cabeza del muro* y en la *base del muro*. Si marca la casilla de verificación *Permitir rigidez a cortante del muro*, la rigidez a cortante también afectará a las constantes de los *Apoyos elásticos debidos al muro*. La información sobre determinadas constantes elásticas se muestra a la derecha del cuadro de diálogo.

Las anchuras del muro se muestran en la línea apoyada en el gráfico.

Apoyo o resorte

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

Si no quiere definir un cierto apoyo, vacíe la correspondiente casilla de verificación. En el cuadro de diálogo *Nuevo apoyo lineal,* aparece indicado el valor cero para la *Constante elástica*. Siempre es posible modificar la constante elástica con el fin de visualizar un apoyo elástico de la línea. En la tabla, se puede introducir la constante directamente en la columna de la tabla. Las rigideces elásticas se consideran valores de cálculo.

Las opciones concernientes a ineficacias se describen más tarde.

Coacción al giro o resortes

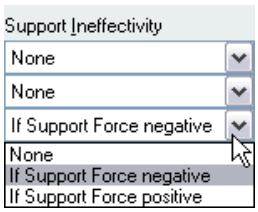
Las coacciones se definen de una forma similar a los apoyos. Si se marca la casilla de verificación, el grado de libertad correspondiente se bloquea y el giro de la línea sobre el eje correspondietne no es posible. Las constantes para los muelles a torsión se pueden definir en cuanto se marcan las casillas de verificación. En la tabla, se puede introducir la constante elástica directamente en la columna de la tabla correspondiente.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Ineficacia del apoyo

Se pueden asignar las siguientes características no lineales a los apoyos o muelles a traslación del apoyo lineal:

- Ineficacia si el esfuerzo en el apoyo es positivo
- Ineficacia si el esfuerzo en el apoyo es negativo



Las propiedades no lineales están disponibles en el cuadro de diálogo y en la tabla usando la lista (ver figura 5.67 y figura 5.68). Use esta configuración para definir si sólo se transmiten esfuerzos positivos o negativos en el apoyo lineal para cada elemento individual del apoyo

Positivo y *negativo* se refiere a las tensiones que se transmiten al apoyo en el nudo según los correspondientes ejes (es decir, aquellos que no son esfuerzos de reacción del apoyo). Así los signos son el resultado de la dirección de los ejes locales o globales. Si el eje local z de la línea tiene sentido descendente, el caso de carga "Peso propio" resulta un esfuerzo de apoyo positivo P_Z.

Los apoyos lineales con características no lineales se visualizan en un color diferente en el gráfico. En la tabla, los elementos del apoyo con propiedades no lineales se resaltan con una cruz azul.

5.9 Apoyos elásticos en superficie

Modelo de cimentación

El apoyo elástico de una superficie representa un apoyo elástico para todos los elementos 2D de una superficie.

En el modelo de cimentación WINKLER, el suelo se supone como un líquido ideal sobre el que flota la losa. Este modelo está basado en las diferencias significativas entre el módulo de elasticidad para el hormigón y el suelo (linealizado). La suposición matemática de WINKLER es:

$$p_z = C_z \cdot w_z$$

Ecuación 5.6

Expresa una correlación muy simple entre la presión de contacto p_z y el desplazamiento w_z por medio del coeficiente de cimentación C_z, también conocido como módulo de balasto. El comportamiento de la separación de contacto no se considera en esta ecuación, debido a que el desplazamiento de cada nudo es independiente de todos los demás nudos de la losa. Con respecto a la deformación de toda la losa, esto quiere decir que el suelo que la rodea se omite completamente (ver figura 5.73a).

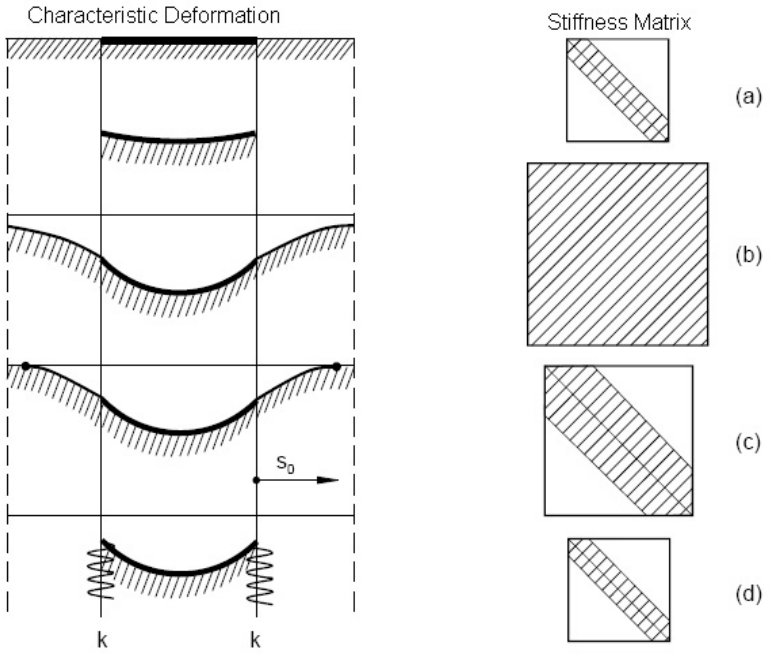


Figura 5.73: Correlación entre la figura de la deformación y la anchura de banda de la matriz de rigidez

Este modelo rudimentario de cimentación a menudo no ofrece respuesta a requisitos actuales.

Un tipo de modelo mejorado de apoyos elásticos está basado en el llamado aproximación del módulo de rigidez . En este modelo, el suelo se asume como un espacio medio elástico con todos sus nudos en correlación matemática y mecánica. Esto da lugar a una cuenca de subsidencia "infinita" con efectos de amortiguación. La desventaja de este modelo de cimentación del terreno es un enorme sistema de matrices (figura 5.73b).

El algoritmo de RFEM 4 hace uso del Modelo de suelo eficaz de acuerdo con KOLAR / NEMEC, el cual se basa en la teoría de PASTERNAK [8] y se ha ampliado al análisis de elementos finitos:

- Para la losa que está en contacto con el suelo, sólo son importantes las propiedades mecánicas del espacio medio plástico o elástico no lineal en la separación de contacto. Por lo tanto, los efectos de cimentación tridimensionales se condensan en la separación de contacto, lo que significa transferirlos a un problema 2D.
- El modelo WINKLER lleva a cabo la condensación 2D (ver ecuación 5.4), aunque es defectuoso en términos de energía. Incluyendo un segundo coeficiente C_2 para la capacidad a cortante del suelo, se establece la cohesión del suelo al otro lado del borde de la losa. Se forma una cuenca de subsidencia natural con dimensiones limitadas, de forma que se se pueda verificar en la realidad.
- De este modo, se crea un sistema de dos parámetros (C_1, C_2). $C_{1,z}$ se corresponde aproximadamente con el módulo de balasto de WINKLER y se puede aplicar de esta forma en cálculos prácticos. En detalle, todo el sistema consta de cinco parámetros: $C_{1,x}$, $C_{1,y}$, $C_{1,z}$, $C_{2,x}$, $C_{2,y}$.

La figura 5.73c muestra este modelo de suelo en comparación con los otros. El modelo de EF es numéricamente tan estable como el modelo de WINKLER. Sin embargo, incorporando los elementos del suelo en la cuenca de subsidencia resulta un sistema matricial mayor.

El modelo KOLAR / NEMEC también se ha mejorado. El Modelo de suelo eficaz se muestra simbólicamente en la figura 5.73d tal cual se usa actualmente en RFEM 4. Elimina la desventaja de un sistema de matricial mayor. El manejo de un modelo eficaz se describe en KOLAR/NEMEC [4]. Cada suelo de cimentación real tiene en mayor o menor medida características elásticas o plásticas no lineales.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

En el modelo eficaz, también se elimina geométricamente el suelo circundante (“cuña de suelo”) del modelo de losa. Esto se realiza convirtiendo la rigidez de la cuña en apoyos elásticos lineales equivalentes y apoyos en nudos en las esquinas.

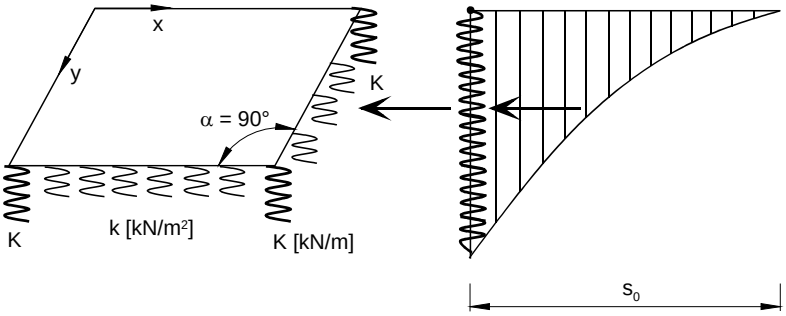


Figura 5.74: Convertir el suelo circundante en apoyos lineales y en apoyos en nudos de esquina.

Como primera aproximación, las constantes elásticas *c* y *C* del apoyo lineal y del apoyo en nudo se calculan según estas ecuaciones:

$$k = \sqrt{C_{1,z} \cdot C_{2,\text{perpendicular}}}$$

Ecuación 5.7: Constante elástica del apoyo lineal

$$K = \frac{C_{2,x} + C_{2,y}}{4}$$

Ecuación 5.8: Constante elástica del apoyo en nudo de esquina

En la ecuación 5.7, se inserta el parámetro C_2 que actúa pendicularmente a la línea de contorno.

La ecuación 5.8 se aplica para determinar *K* a las esquinas con ángulos $\alpha = 90°$ (para distintos tamaños de ángulo, ver [18]). Ángulos mayores de 90° dan resultado a valores más pequeños de K. Sin embargo, si $\alpha = 0$, $K = 0$ también.

Los resortes que se determinan de esta forma se deben disponer en el modelo como apoyos lineales y apoyos en nudo, además del apoyo elástico de la superficie.

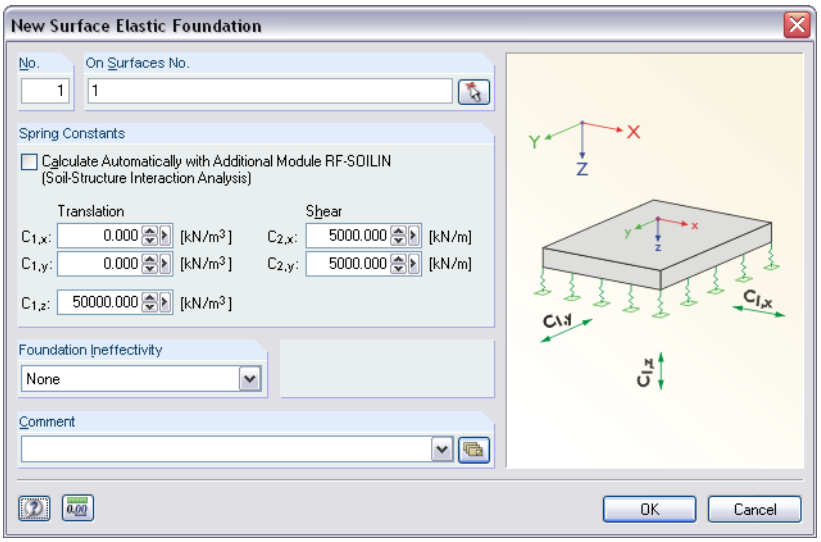


Figura 5.75: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo elástico en superficie*

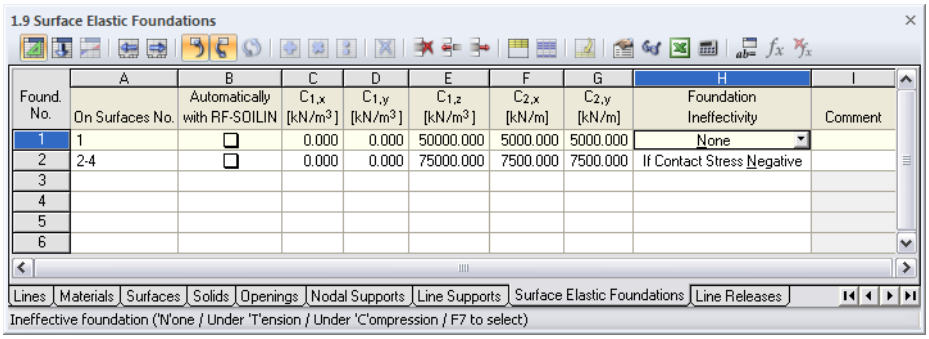


Figura 5.76: Tabla 1.9 *Apoyos elásticos en superficie*

En superficies núm.



En este campo de entrada, se introducen los números de aquellas superficies que están apoyadas elásticamente. También se pueden seleccionar las superficies gráficamente.

Automáticamente con RF-SOILIN

Cada suelo tiene más o menos características plásticas o elásticas no lineales. Con el fin de determinar los coeficientes de cimentación adecuados, se puede utilizar el módulo adicional RF-SOILIN. Este programa lleva a cabo el cálculo de los asientos que están basados en los resultados de los ensayos de perforación y entonces determina los coeficientes elásticos apropiados para cada elemento finito. En este módulo, se pueden considerar diferentes capas de suelo en varios puntos de comprobación.

Si se selecciona esta opción y no se dispone de ningún resultado de RF-SOILIN, el programa determina los coeficientes de cimentación antes de que se lleve a cabo el cálculo actual de RFEM 4.

Traslación $C_{1,x}$ / $C_{1,y}$ / $C_{1,z}$

Las direcciones de los muelles a traslación se refieren a los ejes locales *x*, *y*, z de las superficies. Use el navegador *Mostrar* o el menú contextual de la superficie para visualizarlos gráficamente (ver figura 5.55, página 120). Las rigideces elásticas se consideran como valores de cálculo.

Si la cimentación debe actuar perpendicular a la superficie, entonces el coeficiente de cimentación se debe introducir en el campo de entrada **$C_{1,z}$**. Este parámetro es prácticamente igual al coeficiente de cimentación de WINKLER C_z.

Los parámetros **$C_{1,x}$** y **$C_{1,y}$** son coeficientes de fricción que representan la resistencia de la cimentación en contra del desplazamiento de la superficie en las direcciones x o y. Para las losas inferiores, describen las resistencias de fricción horizontales.



En el gráfico, los resortes siempre están situados en la dirección del eje positivo de la superficie z. Si los símbolos de resorte están en el lado "incorrecto" de la superficie, se puede cambiar la orientación del eje local z con facilidad: haga clic con el botón auxiliar del ratón en la superficie para abrir el menú contextual, y seleccione *Invertir sistema de ejes locales*. Sin embargo, esta opción sólo está disponible para estructuras 3D. Tenga en cuenta que una ineficacia definida también cambia luego la dirección de la acción.

Cortante $C_{2,x}$ / $C_{2,y}$

Estos campos de entrada se emplean para considerar la capacidad de cortante del suelo en la dirección de los ejes de la superficie x o y. En la mayor parte de los casos, la constante de PASTERNAK C_2 se encuentra entre 0.1 C_z (pequeña) y 0.5 C_z (media). La suposición general es $C_{2,x} = C_{2,y}$.

La idea principal del Modelo eficaz es relacionar los parámetros $C_{1,z}$ y C_2 por medio del coeficiente *s* de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

$$C_{2,x} = C_{1,z} \cdot s_x^2$$

Ecuación 5.9: Constante de elasticidad tangecial $C_{2,x}$

$$C_{2,y} = C_{1,z} \cdot s_y^2$$

Ecuación 5.10: Constante de elasticidad tangencial $C_{2,y}$

El valor *s* es una analogía de la longitud elástica para vigas con apoyo elástico. Esta ecuación empírica proviene de mediciones de asientos (ver figura 5.73c, página134):

$s_0 = 4.0$ s a 5.0 s Promedio: $s_0 = 4.5$ s

Ecuación 5.11: Cuenca de subsidencia s_0

Esto introduce el término esencial Alcance de la cuenca de subsidencia s_0. El alcance es la distancia desde el canto de la losa donde el asiento cae por debajo del 1% de los valores límite. Si se conoce un valor de referencia para s_0, se puede determinar *s* desde la ecuación 5.11. C_2 se puede entonces calcular según la ecuación 5.9 y la ecuación 5.10. Si no hay registros que se puedan utilizar para s_0, la magnitud de C_2 se puede estimar en base a la calidad del suelo. El valor de *s* se puede entonces determinar según las siguientes ecuaciones.

$$s_x = \sqrt{\frac{C_{2,x}}{C_{1,z}}} \quad \text{o} \quad s_y = \sqrt{\frac{C_{2,y}}{C_{1,z}}}$$

Ecuación 5.12

La determinación de C_2 es el principal problema cuando se aplica el modelo de cimentación de acuerdo con PASTERNAK. Si C_2 se aproxima a cero, este modelo se corresponde numéricamente con el modelo defectuoso de WINKLER. Sin embargo, si C_2 se aproxima a infinito el alcance de la cuenca de subsidencia s_0 también tiende a infinito y los asientos se aproximan a cero. Por lo tanto, los valores poco realistas de C_2 conducen a problemas numéricos en el algoritmo de EF.

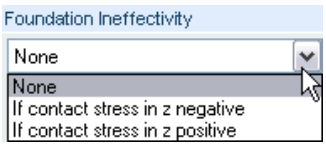
Para arena suelta, por ejemplo, C_2 se aproxima a cero. Sin embargo, para tipos compactos de roca se puede suponer C_2 cercano a 1.0 $C_{1,z}$.

KOLAR [18] proporciona una clasificación con los siguientes valores de referencia:

Consistencia del suelo	**$C_{1,z}$**	**Capacidad a cortante C_2**		
		Ninguna	**Media**	**Alta**
	[kN/m³]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
Muy blando	1,000	0	500	1,000
Medio-denso	10,000	0	5,000	10,000
Compacto	100,000	0	50,000	100,000

Tabla 5.2: Valores guía para $C_{1,z}$ y C_2

Tenga en cuenta que esta tabla no puede sustituir los valores detallados de un reconocimiento del subsuelo.



Ineficacia del apoyo

Utilice la lista para eliminar el apoyo con fuerzas de contacto positivas o negativas (ver figura 5.76, página 136). Por ejemplo, una fuerza de contacto es el resultado del peso propio de una losa de forjado si el eje global Z y el eje local z están orientados hacia abajo. Si el eje z de la superficie estuviera orientado hacia arriba, la fuerza de contacto sería negativa.

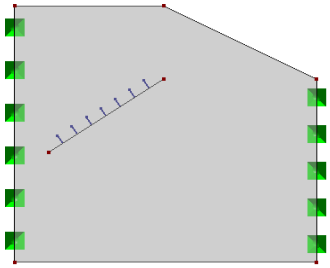
La opción de visualización de los ejes locales de superficie se muestra en la figura 5.55, página 120.

Si se definió una ineficacia, RFEM 4 determina las deformaciones y los esfuerzos internos dentro de varias iteraciones de acuerdo con el requerimiento de que el apoyo no absorberá ningún esfuerzo donde tenga lugar una ineficacia. Tenga en cuenta que las combinaciones de carga bajo ciertas circunstancias podrían ser poco precisas con respecto a las ineficacias, debido a que los resultados de los casos individuales de carga se superponen con distintas ineficacias locales del apoyo. En estos casos, sería correcto utilizar grupos de carga (ver el ejemplo en la figura 6.13, página 192).

5.10 Articulaciones lineales

Descripción general

Si dos superficies tienen una línea en común, se encuentran rígidamente conectadas entre sí. A menos que todos los grados de libertad deban estar acoplados, hay que utilizar una articulación lineal.



Las articulaciones lineales no se tienen por qué definir en las líneas de contorno de las superficies. También se las puede asignar a líneas integradas en una superficie como se muestra en la figura de la izquierda.

Una articulación lineal es un atributo de una superficie, no de una línea. De este modo, debe estar asignada a una superficie específica. Para asignar la articulación lineal gráficamente, haga clic en el menú **Insertar**, sitúe el cursor del ratón en **Datos estructurales**, **Articulaciones de línea** y luego seleccione **Asignar a líneas gráficamente.**

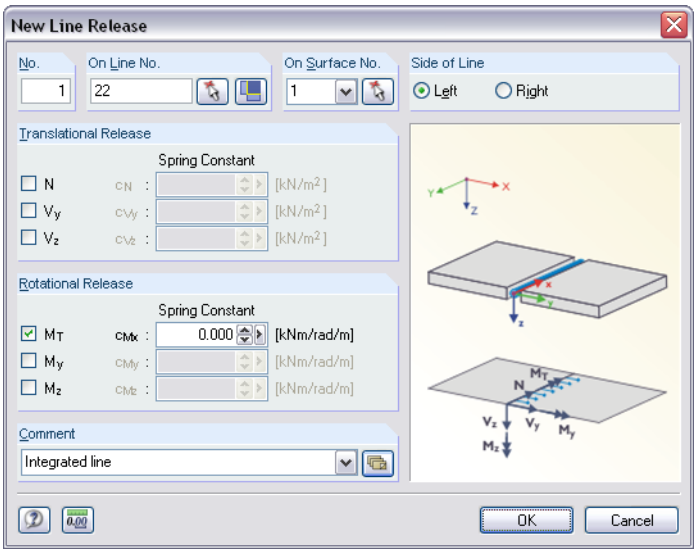


Figura 5.77: Cuadro de diálogo *Nueva articulación lineal*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

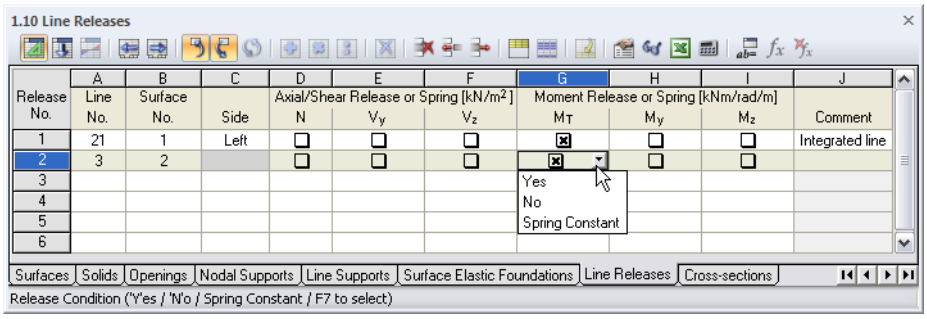


Figura 5.78: Tabla 1.10 *Articulaciones lineales*

En la línea núm.



Introduzca el número de la línea para la cual se debe definir la articulación. También se puede usar la lista o seleccionar el número de la línea gráficamente. Si primero selecciona la superficie, puede transferir todas las líneas de contorno al campo de entrada haciendo clic en [Todas las líneas de contorno].

En la superficie núm.



En este campo de entrada, se asigna la articulación lineal a una superficie. Como esta articulación es una propiedad de la superficie, tal como corresponde se puede modificar en el cuadro de diálogo *Editar superficie*.

Lado de la línea

Los botones de opción en el cuadro de diálogo o en la columna en la tabla sólo están accesibles si la línea es un objeto integrado de la superficie. Seleccione el lado de la línea donde se va a aplicar la articulación. Entonces los elementos finitos de este lado serán por consiguiente considerados para la rigidez. La disposición se refiere al sistema de ejes de la superficie (ver figura 5.55, página 120).

Esta opción del lado no está disponible para líneas de contorno de superficies, porque el lado de la línea en el que actúa la articulación está claramente definido por la asignación a la superficie.

Articulación o muelle axial/a cortante

En estos campos de entrada o columnas de la tabla, se pueden definir los grados de libertad para los esfuerzos axiles y cortantes. Si una casilla de verificación está marcada, el correspondiente tipo del esfuerzo interno no será transferido. Alternativamente, se puede introducir la constante del correspondiente muelle axial.

Los grados de libertad están referidos al sistema de ejes locales *x, y, z*. Estos ejes se pueden visualizar por medio del navegador *Mostrar* (ver figura 5.55, página 120).

Articulación o muelle a torsión

Los grados de libertad para los momentos en la línea se refieren también a los sistemas de ejes locales *x, y, z* de la superficie. Si una casilla de verificación está marcada, el correspondiente momento no será transferido. Alternativamente, se puede introducir la constante del correspondiente muelle a torsión.



El pequeño gráfico en el cuadro de diálogo *Nueva articulación lineal* muestra la dirección de los momentos. Normalmente, la articulación lineal se emplea como una "articulación con bisagra" entre dos superficies. En este caso, se aplica la articulación tipo $\mathbf{M_T}$, lo que significa una articulación sobre el eje longitudinal *x*.

5.11 Espesores variables

Descripción general

Un espesor variable se emplea para describir un cambio lineal en el espesor de la superficie. El espesor se define en tres puntos con el fin de interpolar linealmente entre ellos. Use espesores variables para modelar superficies de sección variable.



Los espesores variables no se pueden introducir directamente, sólo como parámetros al definir una superficie. Primero, seleccione **Variable** como *Tipo* de *espesor* (ver capítulo 5.4, página 111). Entonces los botones [Editar parámetros de espesor] que se muestran a la izquierda, se activan en el cuadro de diálogo y en la tabla respectivamente.

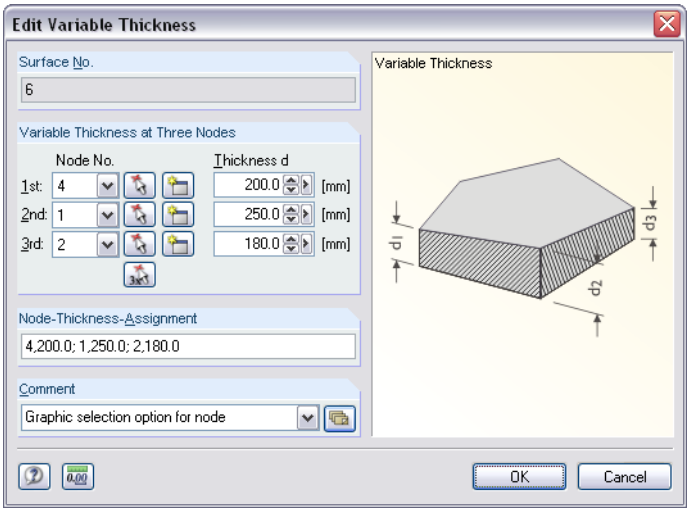


Figura 5.79: Cuadro e diálogo *Editar espesores variables*

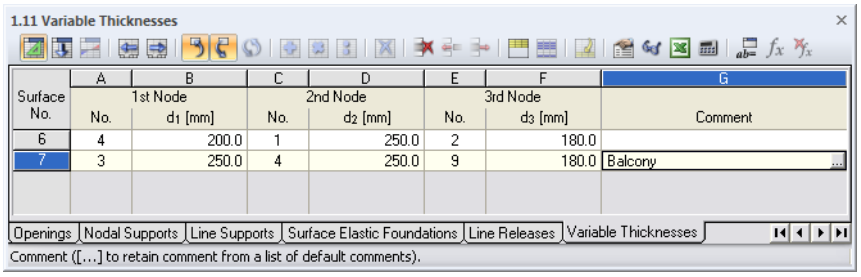


Figura 5.80: Tabla 1.11 *Espesores variables*

Superficie núm.

Sólo se puede utilizar el espesor variable en superficies planas. Los espesores variables no pueden ser aplicados, por ejemplo, a superficies curvas.

Espesores variables en tres nudos

El espesor se define por medio de tres nudos. Estos nudos son necesarios para llevar a cabo una interpolación lineal. Cualquier nudo se puede utilizar para definir los espesores siempre que todos los nudos se encuentren en el mismo plano de la superficie. No es necesario que estos nudos pertenezcan a la superficie, pero debe ser posible generar nudos de EF sobre ellos.



Seleccione estos tres nudos de la lista o emplee la función [Seleccionar] para definirlos en el gráfico. También se pueden crear nuevos nudos. Luego asigne el *Espesor d* adecuadamente.



El campo de entrada en la sección del diálogo *Nudo-Espesor-Asignación* representa una pequeña información de la entrada. Los números de los nudos y los espesores están separados por una coma, los diferentes pares nudo-espesor están separados por punto y coma.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Para comprobar la distribución de los espesores de la superficie, use la vista de renderizado. Seleccione *Relleno incluido espesor* en el navegador *Mostrar*.

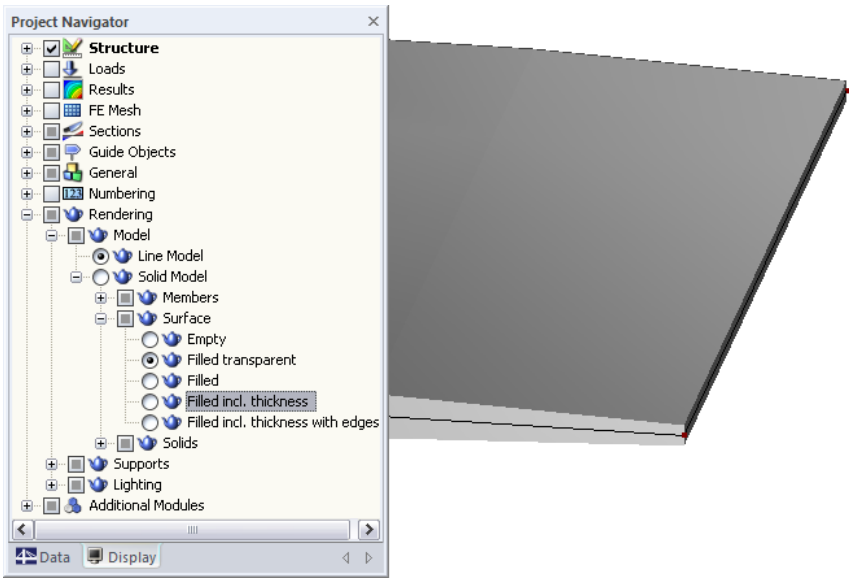


Figura 5.81: Navegador de *Visualización*: Renderizado → Modelo → Modelo de sólido → Superficie → Relleno incluido espesor

5.12 Superficies ortótropas

Descripción general

Las superficies ortótropas tienen distintas rigideces en la dirección de los ejes locales x e y de la superficie. Use las superficies ortótropas para modelar, por ejemplo, vigas de madera laminada encolada. Las propiedades ortótropas sólo pueden ser asignadas a superficies planas.



Las ortotropías no se pueden introducir directamente, sólo como parámetros cuando se define una superficie. Primero, seleccione **Ortótropo** o **Membrana ortótropa** como *Tipo de espesor* (ver capítulo 5.4, página 111). Entonces los botones [Editar parámetros de espesor] que se muestran a la izquierda, se activan en el cuadro de diálogo y en la tabla respectivamente. Use estos botones para abrir el siguiente cuadro de diálogo.

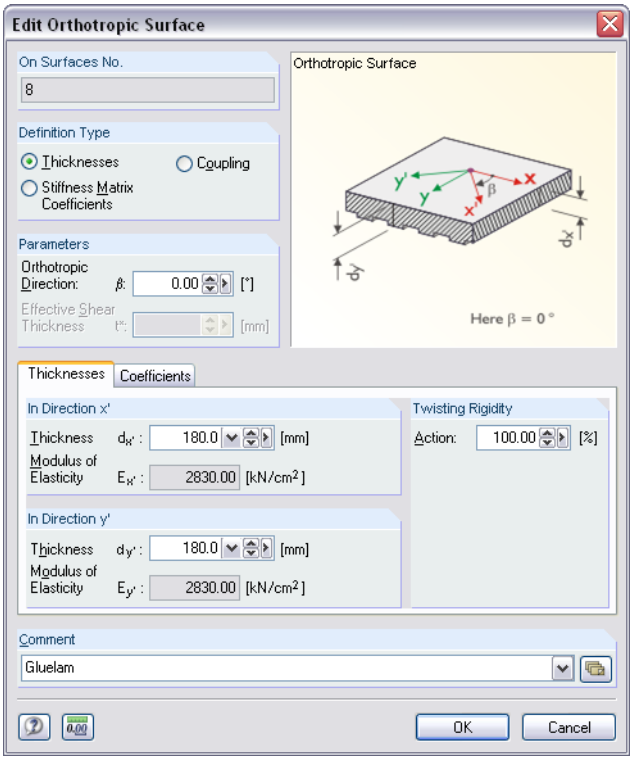


Figura 5.82: Cuadro de diálogo *Editar superficie orótropa*, registro *Espesores*

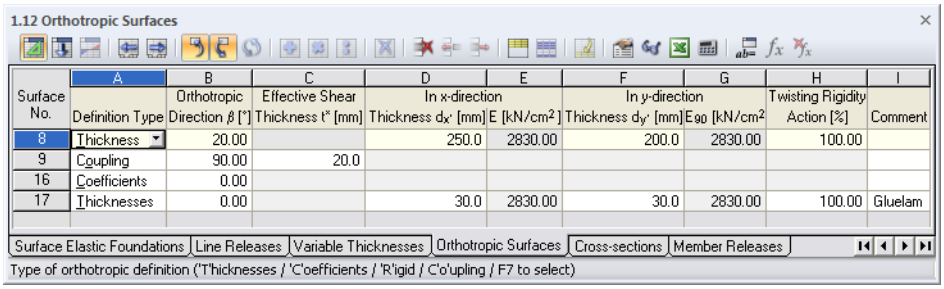


Figura 5.83: Tabla 1.12 *Superficies ortótropas*

Tipo de definición

Se pueden definir superficies ortótropas mediante distintos espesores en las direcciones x' e y' o mediante los coeficientes de la matriz de rigidez local. Dependiendo de la configuración, ciertas partes del cuadro de diálogo estarán disponibles o no.

Definición por espesores

Se pueden definir distintos materiales y espesores en las direcciones x' e y'. De esta forma, se pueden visualizar diferentes rigideces.

Definición por matriz de rigidez

Este modo de entrada se emplea para definir directamente los coeficientes de la matriz de rigidez local (ver figura 5.85).

Acoplamiento

La superficie ortótropa sólo transfiere esfuerzos cortantes de membrana.

Dirección ortótropa

La dirección ortótropa está referida a los ejes locales *x* e *y* de cada superficie. El ángulo β describe la el giro del eje x' respecto al eje local x de la superficie.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

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

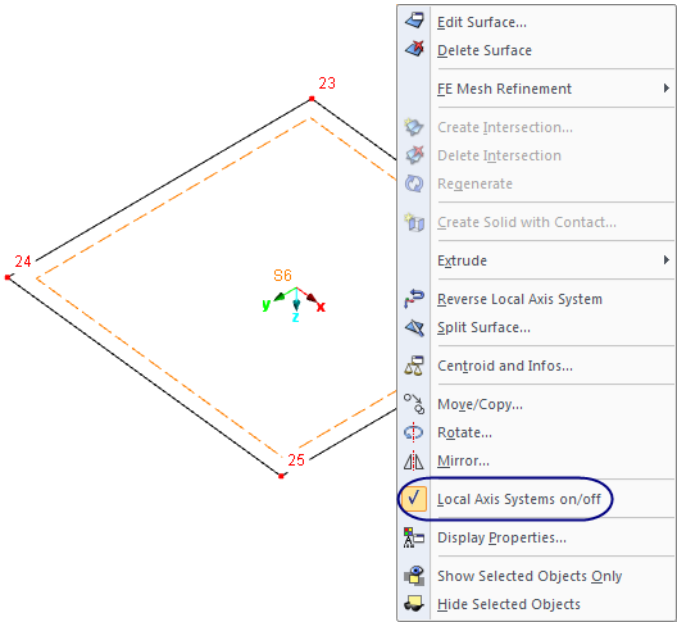


Figura 5.84: Sistema de ejes locales x, y, z

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

Espesor eficaz a cortante

Si el tipo de definición *Acoplamiento* está seleccionando, la superficie transfiere sólo los esfuerzos cortantes de la membrana ortótropa. Además, se tiene que especificar el *Espesor eficaz a cortante t** para la transferencia de cortante.

Espesores en las direcciones x' e y'

En estos campos de entrada, se pueden definir diferentes espesores en las direcciones *x'* e *y'*. Para determinar el peso propio, no emplee los espesores definidos en este cuadro de diálogo. En su lugar, utilice los espesores de superficie introducidos en el cuadro de diálogo *Editar superficie* o la tabla 1.4 *Superficies*. Este espesor se utilizará también para el cálculo de tensiones.

Con el propósito de ser comprobados, se muestran los módulos de elasticidad *E* y E_{90} del material empleado. Los parámetros para estos módulos se deben definir en las propiedades del material (ver capítulo 5.3, página 106). De esta forma, es posible controlar las propiedades ortótropas por medio de la configuración del material y definir el mismo espesor para ambas direcciones en este cuadro de diálogo.

En el registro *Coeficientes* de este cuadro de diálogo, se muestran directamente los coeficientes de la matriz de rigidez local. Estos coeficientes no se pueden modificar.

Rigidez a torsión

El campo de entrada *Acción* se emplea para definir la rigidez a torsión de la superficie ortótropa en los ejes x' e y'. Los intervalos de entrada van desde el 0 % (sin rigidez a torsión) hasta el 100 % (rigidez a torsión total). Se utiliza un valor pequeño, por ejemplo, para construcciones de materiales compuestos con conexiones semirígidas.

Coeficientes

Esta opción de entrada se utiliza para introducir los coeficientes directamente en la matriz de rigidez. Para abrir el cuadro de diálogo, haga clic en el botón [...] en la tabla en la columna D que se muestra a la izquierda.

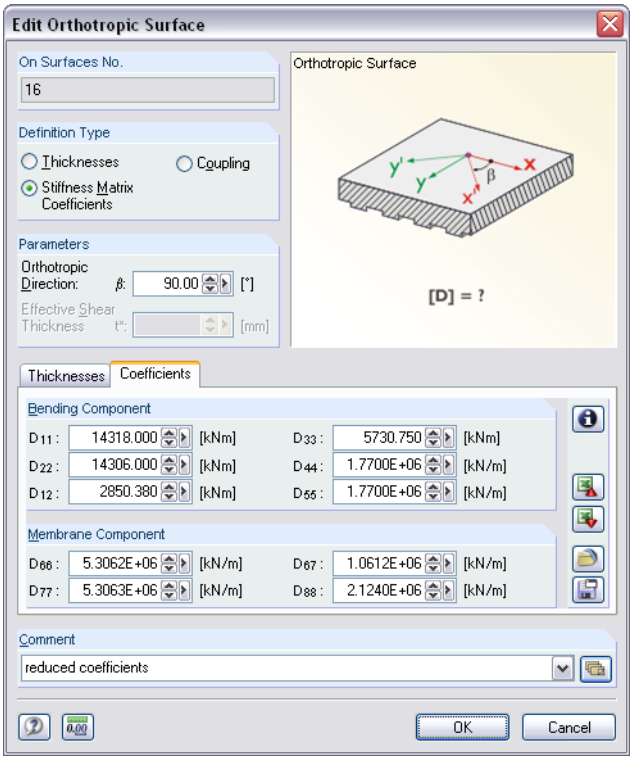


Figura 5.85: Cuadro de diálogo *Editar superficie ortótropa*, registro *Coeficientes*

La determinación de los esfuerzos internos para un elemento se lleva a cabo de acuerdo con el siguiente sistema de ecuaciones:

Flexión

$$\begin{Bmatrix} m_x \\ m_y \\ m_{xy} \\ v_x \\ v_y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & 0 & 0 & 0 \\ D_{21} & D_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & D_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & D_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & D_{55} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \partial\varphi_y / \partial x \\ -\partial\varphi_x / \partial y \\ \partial\varphi_y / \partial y - \partial\varphi_x / \partial x \\ \partial w / \partial x + \varphi_y \\ \partial w / \partial y - \varphi_x \end{Bmatrix}$$

Ecuación 5.13

Esfuerzos de membrana

$$\begin{Bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{66} & D_{67} & 0 \\ D_{76} & D_{77} & 0 \\ 0 & 0 & D_{88} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \partial u / \partial x \\ \partial v / \partial y \\ \partial u / \partial y - \partial v / \partial x \end{Bmatrix}$$

Ecuación 5.14

$$D_{11} = \frac{E_x \cdot h_x^3}{12 \cdot (1 - \mu_x \cdot \mu_y)}$$

Ecuación 5.15

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

$$D_{22} = \frac{E_y \cdot h_y^3}{12 \cdot (1 - \mu_x \cdot \mu_y)}$$

Ecuación 5.16

$$D_{12} = \sqrt{\mu_x \cdot \mu_y \cdot D_{11} \cdot D_{22}}$$

Ecuación 5.17

$$D_{33} = \frac{\Phi}{100} \cdot \frac{1 - \sqrt{\mu_x \cdot \mu_y}}{2} \cdot \sqrt{D_{11} \cdot D_{22}}$$

Ecuación 5.18

$$D_{44} = G_x \cdot h_x \cdot \frac{5}{6}$$

Ecuación 5.19

$$D_{55} = G_y \cdot h_y \cdot \frac{5}{6}$$

Ecuación 5.20

$$D_{66} = \frac{E_x \cdot h_x}{1 - \mu_x \cdot \mu_y}$$

Ecuación 5.21

$$D_{77} = \frac{E_y \cdot h_y}{1 - \mu_x \cdot \mu_y}$$

Ecuación 5.22

$$D_{67} = \sqrt{\mu_x \cdot \mu_y \cdot D_{11} \cdot D_{77}}$$

Ecuación 5.23

$$D_{88} = \sqrt{G_x \cdot G_y \cdot h_x \cdot h_y}$$

Ecuación 5.24

donde

h_a	Espesor en la dirección local x
h_y	Espesor en la dirección local y
Φ	Coeficiente de reducción para la rigidez a torsión
E_x	Módulo de elasticidad del material en la dirección x
E_y	Módulo de elasticidad del material en la dirección y
G_x	Módulo de cortante del material en la dirección x
G_y	Módulo de cortante del material en la dirección y
μ_x	Coeficiente de Poisson del material en la dirección x
μ_y	Coeficiente de Poisson del material en la dirección y

Estas ecuaciones se aplican en el caso de que los ejes ortótropos sean idénticos a los ejes del sistema de coordenadas del elemento. Si este no es el caso, entonces las matrices tienen que transformarse (ver [17], páginas 305-313).

Los valores numéricos de los coeficientes no deben ser negativos. D_{12}, D_{33} y D_{67} no deben valer 0.

Los valores para E, G y μ están basados en la definición del material. Estos valores pueden aparecer de forma independiente unos de los otros.

Para el cálculo de tensiones, use el espesor especificado en el cuadro de diálogo *Editar superficie*.

5.13 Secciones

Descripción general

En primer lugar, se definen diferentes tipos de secciones que pueden ser asignadas a las barras posteriormente.

No se tiene por qué usar cada una de las secciones definidas. No obstante, no es posible cambiar la numeración de las secciones.

Una viga con sección variable se modela definiendo diferentes secciones para el inicio y el final de la barra. RFEM 4 determina automáticamente la rigidez variable a lo largo de la barra.

Adicionalmente a la opción de entrada manual para introducir valores de secciones, también se puede utilizar la biblioteca de perfiles, así como las opciones de importación.

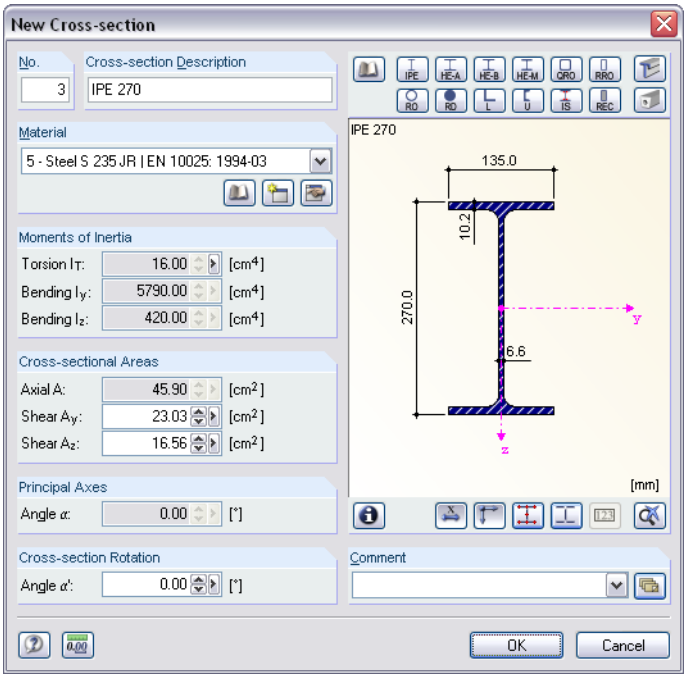


Figura 5.86: Cuadro de diálogo *Nueva sección*

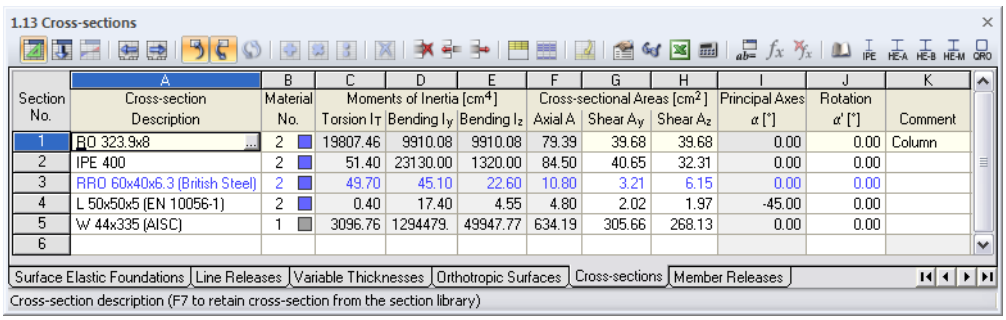


Figura 5.87: Tabla 1.13 *Secciones*

Descripción de la sección

La *Descripción de la sección* se puede seleccionar según las preferencias del usuario. Cuando la descripción introducida corresponde con una entrada de la biblioteca de perfiles, RFEM importa todas las propiedades de la sección necesarias. En este caso, los parámetros de la sección *Momentos de inercia* y *Axil A* en la sección del diálogo *Áreas de las secciones* no se pueden modificar. La única excepción es el módulo de torsión I_T que puede ser reducido en un cuadro de diálogo a parte usando

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



el botón del diálogo o el botón de la tabla que se muestra a la izquierda. Sin embargo, para descripciones de secciones no conocidas, se pueden introducir todos las propiedades de la sección manualmente.

RFEM 4 también puede leer valores de secciones parametrizadas. Cuando se introduce, por ejemplo, “Rectángulo 80/140”, los valores de la sección son calculados e introducidos como corresponde.

La selección de secciones de la biblioteca se describe más adelante.

Características especiales



Giro de la sección en un sistema 2D

En estructuras 2D, sólo están permitidos los ángulos de 0° y 180° como ángulo de giro para barras o secciones. Sin embargo, también las secciones giradas 90º se pueden usar en sistemas planos. Sólo es necesario agregar "y" a la descripción de la sección (por ejemplo **HE-A 240y** o **Rectángulo 40/160y**) para que los momentos de inercia de los ejes Y y Z se intercambien. El giro se lleva a cabo en el sentido contrario de las agujas del reloj. Esta opción está disponible para todas las secciones registradas en la biblioteca aparte de las secciones de SHAPE.



Simetría de L-angular

Puede darse el caso tanto para estructuras planas como para estructuras espaciales que sea necesario un perfil en L en una posición de simetría o girada (por ejemplo para refuerzos de tuberías). Los ajustes de las secciones se llevan a cabo añadiendo lo siguiente a la descripción de la sección.

- 180 refleja el perfil en L sobre el eje z, por ejemplo **L180 100x50x6**
- #180 gira el perfil en L 180°, por ejemplo **L 100x50x6#180**
- 180 #180 combina ambas opciones, por ejemplo **L180 100x50x6#180**



Rígido ficticio

A pesar de que el tipo de acoplamiento de barras (ver página 161) utilizado pueda causar problemas numéricos debido a grandes diferencias en rigidez, se puede aplicar una sección rígida ficticia. Para una sección así, las rigideces se calculan de la misma forma que para una barra empotrada. Introduzca el nombre **Rígido ficticio** como descripción para la sección sin definir en detalle los valores de la sección. Esto permite el uso de barras con un alto grado de rigidez tomando en consideración incluso articulaciones y otras propiedades de la barra. Además, las barras *rígidas ficticias* tienen la ventaja de que los esfuerzos internos sobre estas barras se muestran en la salida de datos. Aunque es posible realizar el cálculo sin módulos adicionales, apenas ocurrirá ningún problema numérico , ya que el sistema se encarga de ajustar la rigidez de las barras *rígidas ficiticias*.

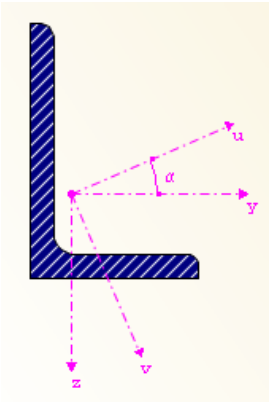
Material núm.

Se puede seleccionar una entrada particular de la lista de materiales ya definidos. En la tabla, el material asignado se indica por el color del material utilizado para la sección que se muestra en el modo render.



En el cuadro de diálogo *Nueva sección*, se pueden utilizar los tres botones debajo de la lista *Material* para acceder a la biblioteca de materiales o para redefinir o editar materiales.

Para información más detallada sobre materiales, ver capítulo 5.3, página 103.



Momentos de inercia

La rigidez de la sección se define mediante los momentos de inercia. El módulo de torsión I_T (constante torsional J) describe la rigidez al giro respecto al eje longitudinal. Los momentos de superficie de 2º orden I_y e I_z describen la rigidez a flexión respecto al eje local y y al eje local z. El eje y representa el eje "fuerte". En el gráfico del diálogo del cuadro de diálogo *Nueva sección,* se muestran los ejes locales de la sección.

Para secciones asimétricas, se muestran los momentos de inercia respecto a los ejes principales *u* y *v* de la sección.

Áreas de las secciones

Los datos de entrada para estos valores de sección están divididos en el área total de la sección *Axil A* y las áreas de cortante *Cortante* A_y y *Cortante* A_z.

El área de cortante A_y está relacionada con el momento de inercia I_z, y el área de cortante A_z con I_y. Las áreas de cortante A_y y A_z y el área total A se encuentran relacionadas mediante el coeficiente de corrección κ:

$$A_y = \frac{A}{\kappa_y}$$

Ecuación 5.25

$$A_z = \frac{A}{\kappa_z}$$

Ecuación 5.26

$$\kappa_{y/z} = \frac{A}{I_{z/y}^2} \cdot \iint_A \frac{S_{z/y(x)}^2}{t_{(x)}^2} dA$$

Ecuación 5.27

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 x
$t_{(x)}$		Anchura de la sección en x

Las áreas de cortante A_y y A_z actúan en la deformación a cortante que se debe considerar especialmente para barras macizas y cortas. Si las áreas de cortante se establecen como cero, no se considerará la acción de cortante. Si se utilizan valores muy pequeños para las áreas de cortante, pueden aparecer problemas numéricos, porque las áreas de cortante están contenidas en el denominador de las ecuaciones correspondientes.

Los valores de las áreas de las secciones deben ser realistas. Diferencias extremas en las áreas de las secciones causan diferencias significativas en la rigidez que pueden llevar a problemas numéricos en el sistema de ecuaciones.

Ejes principales α

Los ejes principales se describen con *y* y con *z* para secciones simétricas, y con *u* y *v* para secciones asimétricas (ver arriba). El ángulo de giro α describe la posición de los ejes principales en relación con el sistema de coordenadas estándar para secciones simétricas. Para secciones asimétricas, es el ángulo entre el eje **y** y el eje **u**. Este ángulo se define en la dirección de las agujas del reloj como ángulo positivo. Para secciones simétricas, el ángulo $\alpha = 0$. El giro de los ejes principales no se puede editar para las secciones de la biblioteca.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

El ángulo de giro para los ejes principales se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\tan 2\alpha = \frac{2 \cdot I_{yz}}{I_z - I_y}$$

Ecuación 5.28

Giro de la sección α'

El ángulo de giro α' describe el ángulo sobre el cual están giradas las secciones de todas las barras que están empleando la sección. Este ángulo representa un ángulo global de giro de la sección. Además, se puede girar cada barra individualmente sobre el eje de giro β de la barra.

Si se importa una sección de la biblioteca de perfiles o del módulo SHAPE, no es necesario preocuparse del ángulo α'. RFEM 4 importa este ángulo de la misma forma que otros valores de la sección. Para secciones definidas por el usuario, sin embargo, usted tiene que determinar el ángulo de los ejes principales por sí mismo y definirlo manualmente por medio del giro de la sección.

Biblioteca de perfiles

Hay numerosas secciones disponibles en la base de datos.

Abrir la biblioteca

Para abrir filas de secciones usadas con frecuencia, emplee los botones en la esquina superior derecha en el cuadro de diálogo *Nueva sección* y en la tabla 1.13 *Secciones*.

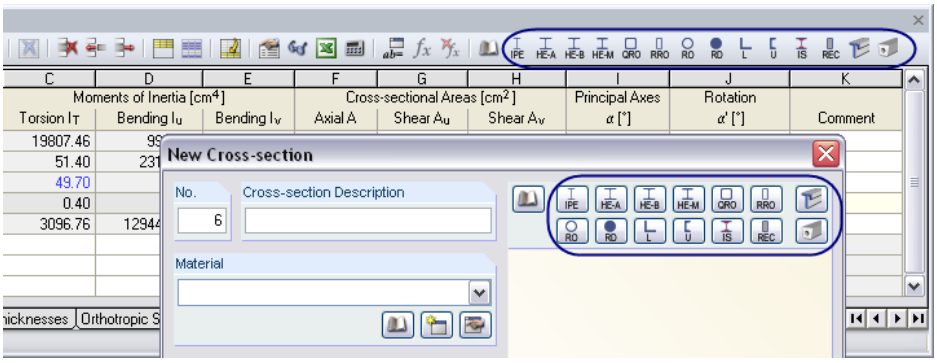


Figura 5.88: Botones de las secciones usadas con frecuencia en la tabla (arriba) y en el cuadro de diálogo (debajo)



Para abrir la toda la biblioteca de perfiles, use el botón [Importar sección de la biblioteca] que se muestra a la izquierda en el cuadro de diálogo *Nueva sección*. También se puede hacer clic en una entrada en la columna B en la tabla 1.13 *Secciones* y usar el botón [...] o la tecla de función [F7].

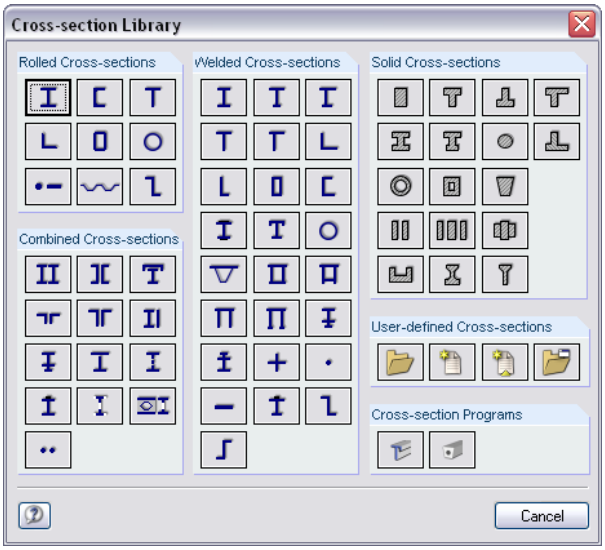
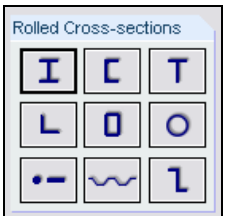


Figura 5.89: Biblioteca de perfiles

La biblioteca de perfiles se divide en varias secciones.



Perfiles laminados

Los valores de estos perfiles laminados se encuentran almacenados en la base de datos de RFEM.

Para determinar el tipo de sección, haga clic en uno de los nueve botones. Se abre una ventana donde primero se selecciona la entrada de la *Tabla* a la izquierda. Luego se define la sección apropiada a la derecha.

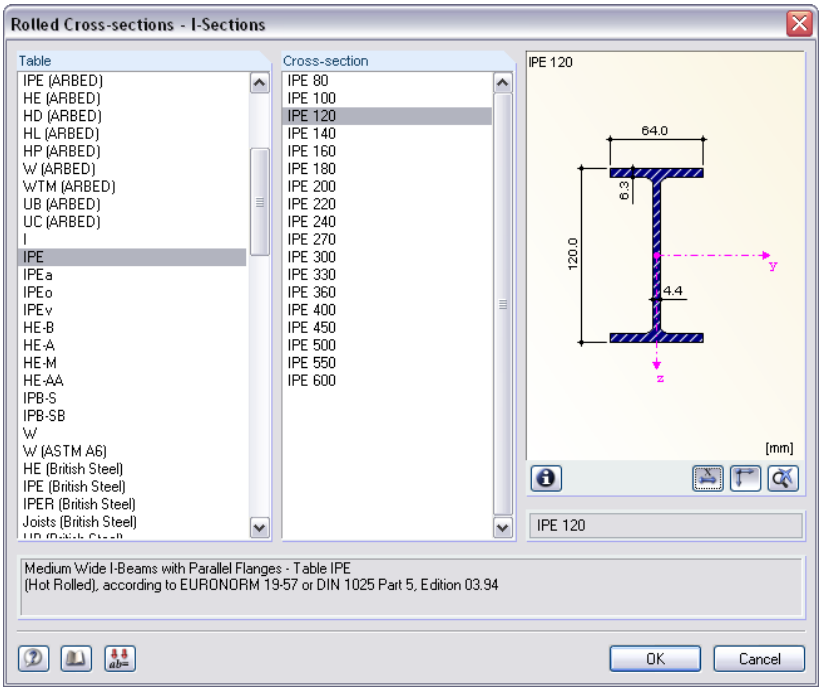
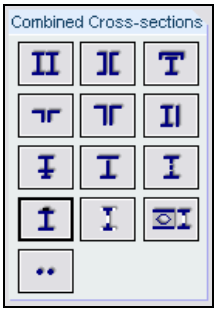


Figura 5.90 Selección de un perfil laminado

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



Perfiles combinados

Se pueden combinar varios perfiles laminados introduciendo parámetros.

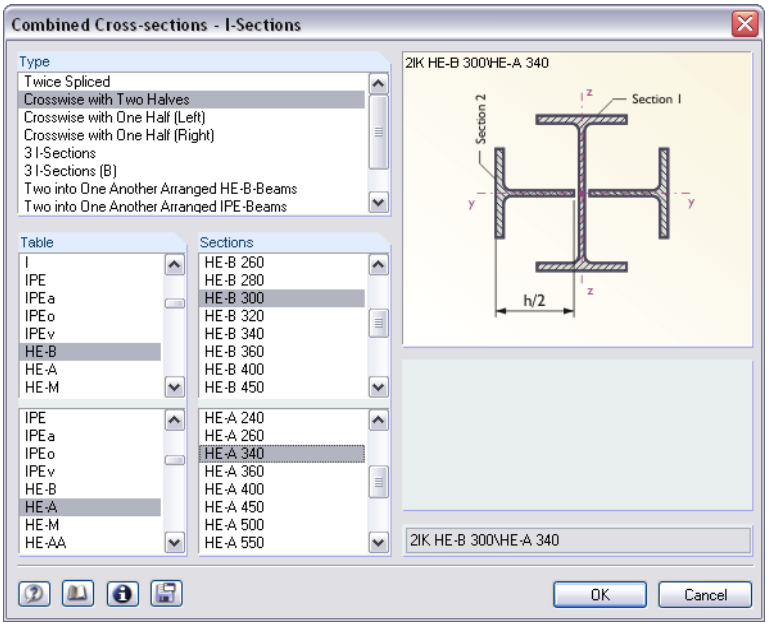
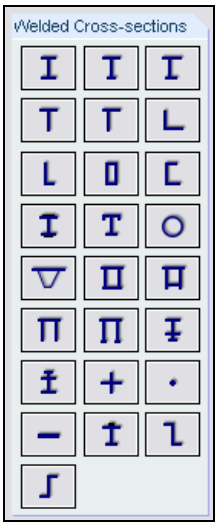


Figura 5.91: Cuadro de diálogo para la entrada de perfiles combinados



Use el botón [Guardar] que se muestra a la izquierda para guardar el perfil reforzado con un nombre determinado (en la figura superior como "2IK HE-B 300\HE-A 340"). Queda almacenado en la base de datos y puede ser importado en la sección del diálogo *Secciones definidas por el usuario* de la *Biblioteca de perfiles*.



Perfiles soldados

En estos campos de entrada, se pueden definir los parámetros de una sección consistentes en láminas combinadas. Los valores de las secciones se calcularán de acuerdo con la teoría para secciones de paredes delgadas. Esta teoría sólo se aplica a secciones cuyo espesor de elementos sea significativamente menor que su longitud. Si éste no es el caso la sección, se deberá definir la sección como *Sección maciza* (ver debajo).

El parámetro *a* representa el cordón de soldadura, no el radio de empalme.

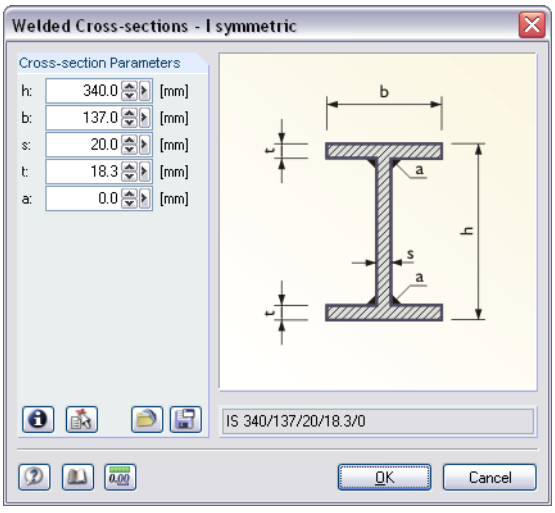


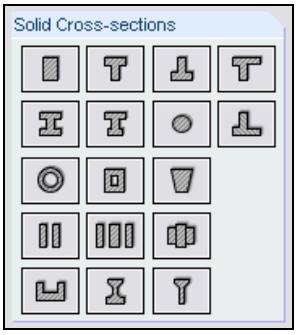
Figura 5.92: Cuadro de diálogo de entrada de un perfil soldado.





Use el botón que se muestra a la izquierda para importar los parámetros de un perfil laminado laminado determinado. Entonces sólo serán necesarios unos pocos parámetros adicionales.

Utilice el botón [Guardar] que se muestra a la izquierda para el perfil soldado bajo un nombre específico (en la figura superior "IS 340/137/20/18.3/0"). Emplee el botón [Cargar] que se muestra a la izquierda para importarlo.



Perfiles macizos

En estos campos de entrada, se pueden definir parámetros de perfiles macizos. Los valores de las secciones para estas secciones de hormigón o madera se calcularán de acuerdo con la teoría para perfiles macizos.

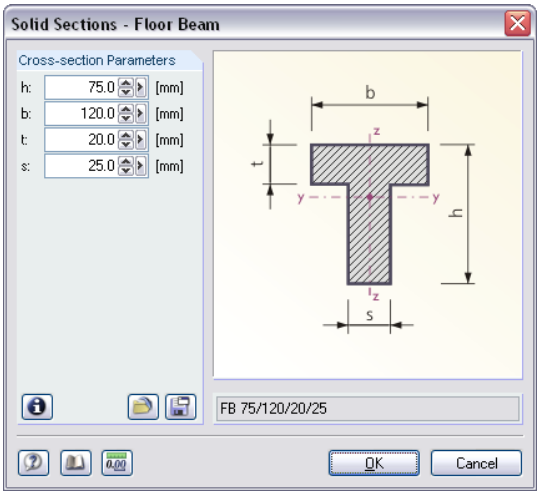
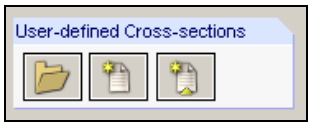


Figura 5.93: Cuadro de diálogo de entrada de un perfil macizo.



Secciones definidas por el ususario

Cargar secciones guardadas

Haga clic en el botón [Abrir] que se muestra a la izquierda para abrir un cuadro de diálogo donde se muestran todas las secciones que se han creado usando la función **Guardar.**

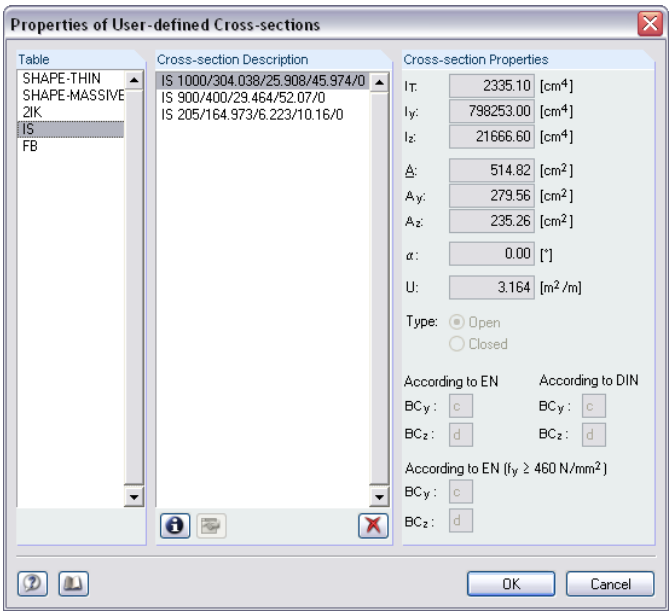


Figura 5.94: Cuadro de diálogo *Propiedades de secciones definidas por el usuario.*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Crear sección definida por el ususario

Haga clic en el botón [Crear] que se muestra a la izquierda para crear secciones definidas por el usuario.

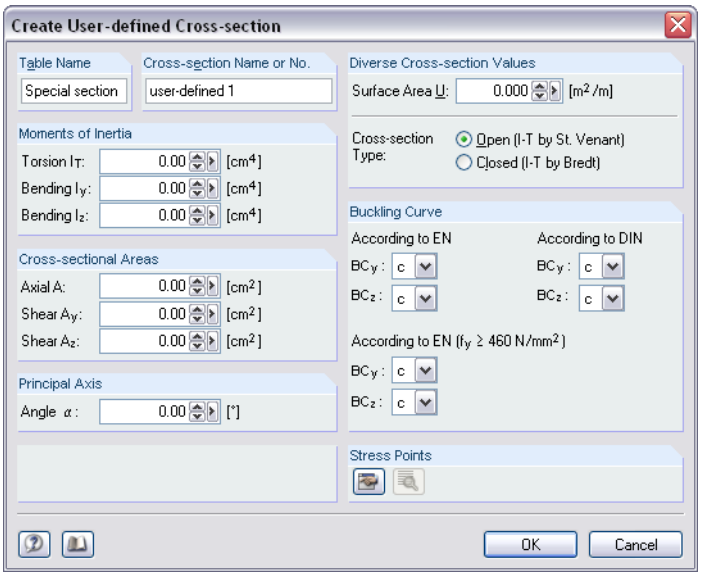


Figura 5.95: Cuadro de diálogo *Crear secciones definidas por el usuario*

Primero, defina el nombre de la *Tabla* bajo la cual se almacena la sección. Introduzca la descripción de la sección en el campo de entrada *Nombre* de la sección. Finalmente, introduzca los parámetros de la sección en los correspondientes campos de entrada.

Importar filas de secciones del archivo

Se pueden importar las tablas de una sección completa desde un archivo. Este archivo debe ser un archivo de valores separados por comas (CSV). Todos los archivos de Excel se pueden guardar en este formato. Sin embargo, asegúrese de que la sintaxis de la tabla ASCII se corresponde con la tabla apropiada de la sección.

Ejemplo: Importar perfiles en I simétricos

Estas secciones se gestionan con la tabla **IS** (ver figura 5.92). Para secciones IS, se necesitan los siguientes parámetros: h, b, s, t, a. La tabla en Excel está estructurada como se muestra a continuación:

	A	B	C	D	E	F
1	Description	h	b	s	t	a
2						
3						
4						

Figura 5.96: Hoja de cálculo con parámetros de sección.

Primero, seleccione el directorio del archivo CSV en el cuadro de diálogo de importación. Luego, emplee la lista para definir el tipo de tabla de secciones a la cual desea agregar las secciones importadas.

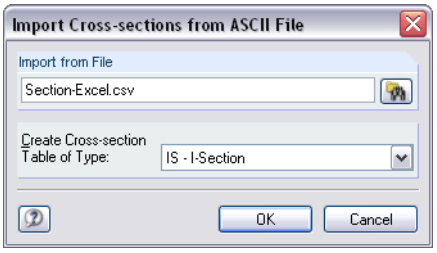
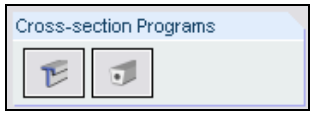


Figura 5.97: Cuadro de diálogo *Importar secciones desde un archivo ASCII*

Finalmente, se calculan los valores para las secciones importadas y se determinan los puntos de tensiones de modo que se pueda llevar a cabo los cálculos de tensiones.



Varias secciones



Utilice el botón [Varias secciones] para abrir un cuadro de diálogo en el cual son administradas las propiedades de varias secciones (actualmente disponibles: secciones LIGNOTREND).

Programas de secciones

También se pueden importar secciones desde los programas externos SHAPE.

Tenga en cuenta que estas secciones se deben calcular y guardar en SHAPE antes de que sus valores de sección puedan ser importados.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

5.14 Articulaciones en barras

Descripción general

Las articulaciones en barras limitan los esfuerzos que se transmiten de una barra a otra. Sólo se pueden asignar articulaciones en barras en los extremos de las barras (nudos). Nunca pueden ser asignadas en otros lugares, como por ejemplo en medio de la barra.

Algunos tipos de barras ya tienen articulaciones internas. Una cercha, por ejemplo, no transmite momentos. Una barra tipo cable tampoco transmite momentos ni esfuerzos cortantes. Por consiguiente, no puede ser asignada ninguna articulación a estos tipos de barras.

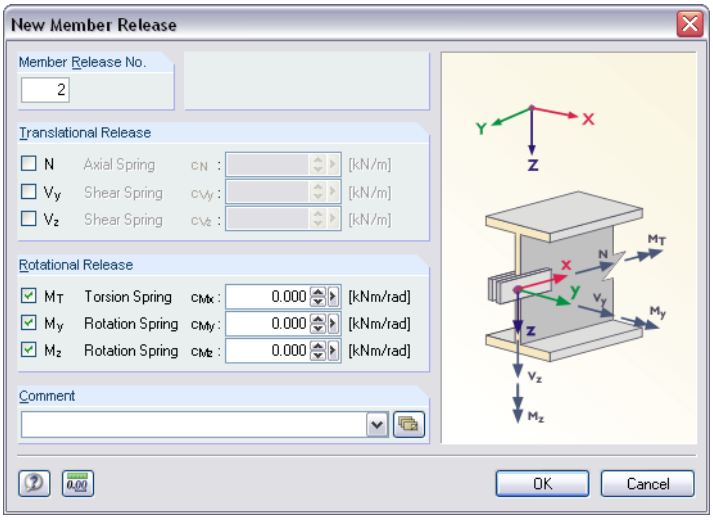


Figura 5.98: Cuadro de diálogo *Nueva articulación en barra.*

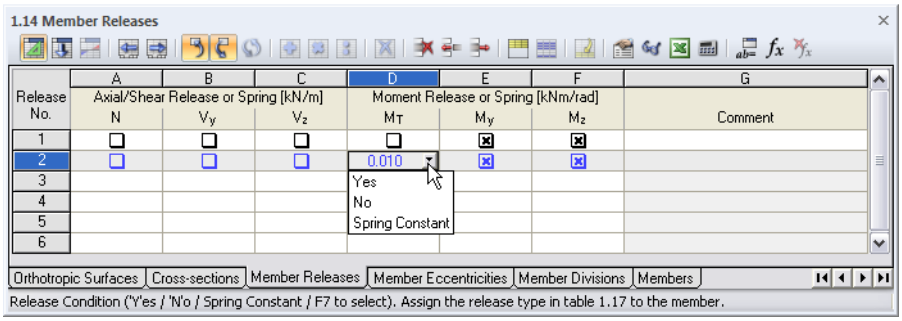
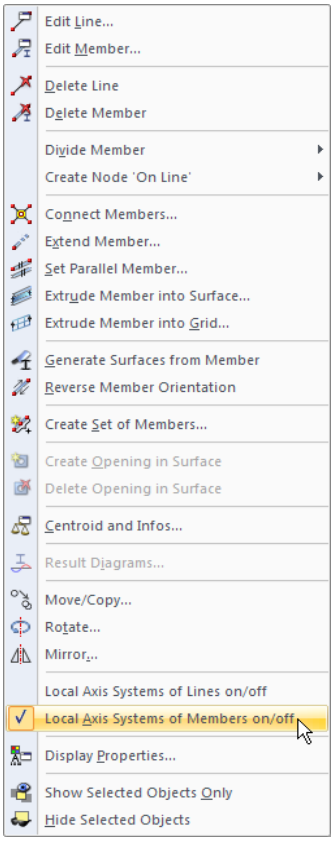


Figura 5.99: Tabla 1.14 *Articulaciones en barras*

Las articulaciones en barras están referidas a los sistemas de ejes locales *x,y,z* de la barra. Utilice el navegador *Mostrar* (ver figura 5.109, página 164) o el menú contextual de la barra para mostrar los ejes locales de la barra.

Para información detallada de la orientación de los ejes locales x,y,z de la barra en el sistema de coordenadas globales X,Y,Z, ver capítulo 5.17, en la página 164.



Menú contextual de la barra

Articulación o muelle axial/a cortante

Para definir una articulación de esfuerzo axil o cortante, seleccione la opción correspondiente en el cuadro de diálogo o tabla. Si se marcó la casilla de verificación, se bloquea el correspondiente esfuerzo interno en el extremo de la barra porque se ha introducido una articulación. En el cuadro de diálogo *Nueva articulación en barra,* aparece el valor cero para la constante elástica del muelle a traslación.

Siempre es posible modificar la constante elástica con el fin de modelar una conexión semirígida. En la tabla, se puede introducir la constante directamente en la columna de la tabla. Las rigideces elásticas se consideran valores de cálculo.

Articulación o muelle a torsión

Las articulaciones para los momentos flectores o torsores se definen del mismo modo que las articulaciones de esfuerzos axiles y cortantes. Si se marcó la casilla de verificación, el correspondiente esfuerzo interno en el extremo de la barra no se podrá transferir.

Se pueden definir constantes elásticas para modelar conexiones elásticas. En la tabla, se puede introducir la constante directamente en la columna. Sin embargo, no utilice valores extremos de rigidez, porque estos valores podrían producir problemas numéricos más adelante en el cálculo. En vez de valores muy altos o bajos de las constantes elásticas es preferible poner conexiones rígidas (casilla de verificación no marcada) o articulaciones (casilla de verificación marcada).

Asignar articulaciones gráficamente

Es posible asignar articulaciones directamente en el gráfico.

En el menú **Insertar,** sitúe el cursor en **Datos estructurales**, haga clic en **Articulaciones de barra** y seleccione **Asignar a barras gráficamente** o

Seleccione el menú **Edición**, sitúe el cursor en **Datos estructurales** y **Articulaciones en barras**, y luego seleccione **Asignar gráficamente a barras**.

Primero, seleccione una articulación de la lista o defina un nuevo tipo de articulación.

Después de confirmar el cuadro de diálogo, las barras se dividen en el gráfico. Ahora se puede hacer clic en los lados de aquellas barras a las que se le deberían aplicar la articulación en barra. Si hace clic en la zona central de la barra, entonces la articulación se asignará a ambos extremos.

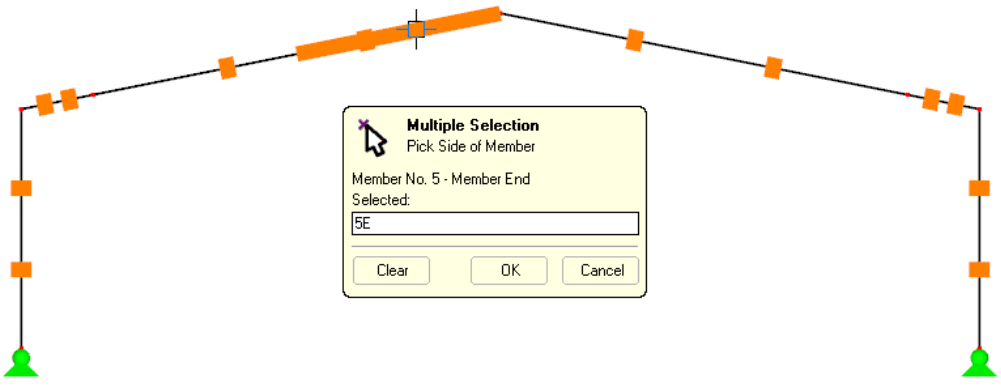


Figura 5.100: Asignar articulaciones en barras gráficamente

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

5.15 Excentricidades de barras

Descripción general

La longitud de la barra en RFEM 4 se corresponde con la distancia entre los nudos definidos por la línea de la barra. Para algunas conexiones, por ejemplo para uniones de entramados o vigas en T, este modelo sólo representa la realidad hasta cierto punto. RFEM 4 ofrece la opción de definir secciones con extremo de barra rígido que reducen las longitudes de la barra elástica.

Para comprobar las excentricidades introducidas, use el modo foto-realista del renderizado 3D.

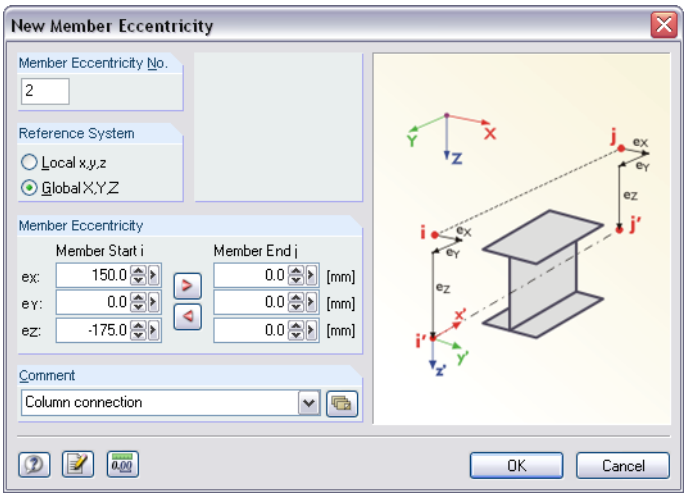


Figura 5.101: Cuadro de diálogo *Nueva excentricidad de barra*

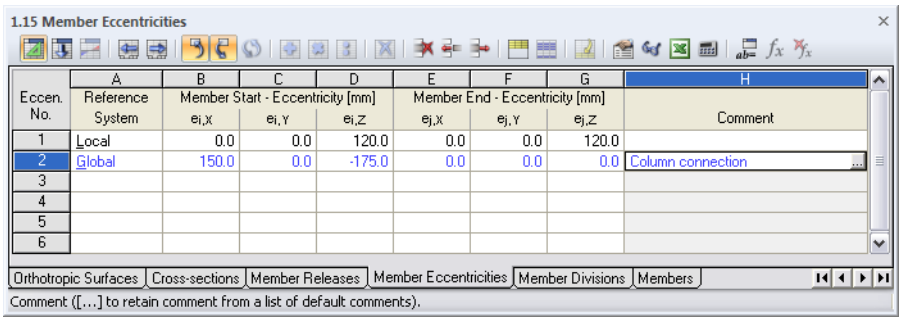


Figura 5.102: Tabla 1.15 *Excentricidades de barra*

Sistema de referencia

Una excentricidad de barra puede estar referida a los siguientes sistemas de ejes:

- Sistema de ejes locales x,y,z de la barra
- Sistema de coordenadas globales X,Y,Z

Utilice el navegador *Mostrar* o el menú contextual de la barra para mostrar los ejes x,y,z (ver figura 5.109, página 164).

Excentricidad de inicio de barra/fin de barra

En la sección del cuadro de diálogo *Excentricidad de barra* o en la tabla, se definen las excentricidades para el inicio de barra y el fin de barra.



En el cuadro de diálogo utilice los botones [▶] y [◀] para transferir los valores de un lado a otro.

Asignar excentricidades gráficamente

También es posible asignar excentricidades de barras directamente en el gráfico.

En el menú **Insertar**, sitúe el cursor en **Datos estructurales, Excentricidades de barra** y seleccione **Asignar a barras gráficamente** o

seleccione el menú **Edición**, sitúe el cursor en **Datos estructurales** y **Excentricidades de barra**, y luego seleccione **Asignar gráficamente a barras**.

Primero, defina el sistema de referencia y la excentricidad en el cuadro de diálogo. En la sección del diálogo *Estado*, seleccione *Definir* y haga clic en [Aceptar].

Después de confirmar el cuadro de diálogo, las barras se dividen en el gráfico. Ahora se puede hacer clic en los lados de las barras en los cuales se debe aplicar la excentricidad. Si hace clic en la zona central de la barra, entonces la conexión excéntrica será asignada a ambos extremos de barra (ver figura 5.100, página 156).

5.16 Divisiones de barras

Descripción general

Las divisiones de barrass se utilizan para crear puntos particulares en las barras para los cuales se muestran las tensiones internas y deformaciones más adelante en tablas y en el informe numérico. Una división de barras no tiene ninguna influencia en la determinación de los valores ni en el diagrama de resultados (para ambos RFEM 4 utiliza una partición más refinada). Sin embargo, en la mayor parte de los casos no es necesario definir una división de barras.



No confundir divisiones de barras con divisiones de EF para barras. Los nudos de EF en líneas "libres" (líneas que no pertenecen a una superficie), que tienen propiedades de barras, serán sólo generados si estas líneas tienen un refinamiento de malla de EF (ver capítulo 5.23, página 182).

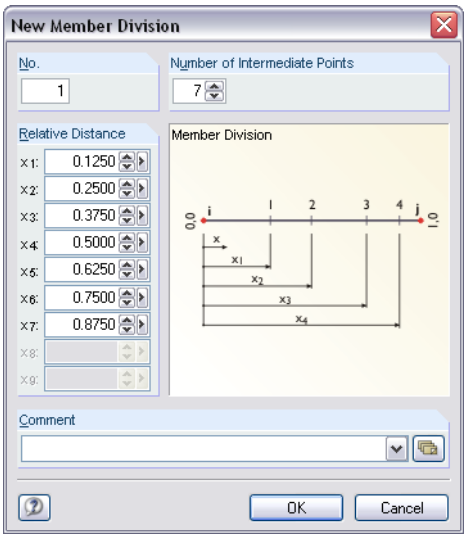


Figura 5.103: Cuadro de diálogo *Nueva división de barras*

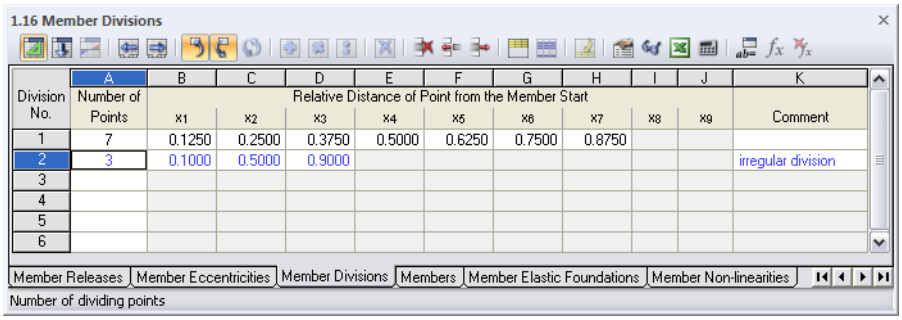


Figura 5.104: Tabla 1.16 *Divisiones de barras*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Número de puntos intermedios

Pueden ser preseleccionados un máximo de 99 puntos intermedios. Una entrada divide la barra con el número deseado de puntos equidistantes.

Distancia relativa de un punto al inicio de barra

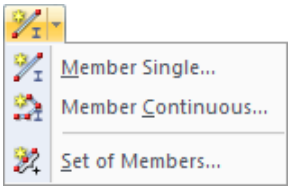
Las coordenadas de los tres primeros puntos son preseleccionadas en el cuadro de diálogo. Estos puntos representan las coordenadas relativas en el intervalo 0.0 (Inicio de barra) a 1.0 (final de barra).

Para definir también divisiones irregulares dentro del intervalo de estos tres puntos cambie las distancias relativas de acuerdo con sus necesidades. Asegúrese de todos modos de que sigue el orden correcto de los intervalos: $x_1 < x_2 < x_3$ ...

La definición de las distancias relativas no será necesaria en la mayoría de los casos, porque cualquier localización de la barra puede ser evaluada gráficamente.

5.17 Barras

Descripción general



Las barras son atributos de las líneas. La barra obtiene una rigidez específica al asignar una sección y su material a una línea. Cuando se genera la malla de EF se crean elementos 1D para las barras.

Si una barra se cruza con otra sin existir un nudo común RFEM 4 no puede reconocer una conexión entre ellas. Ningún esfuerzo interno será transmitido en un cruce como ese.

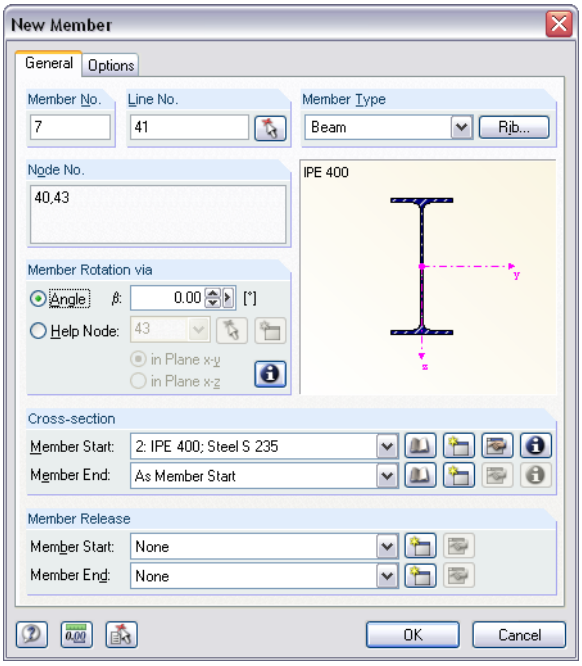


Figura 5.105: Cuadro de diálogo *Nueva barra*, registro *General*

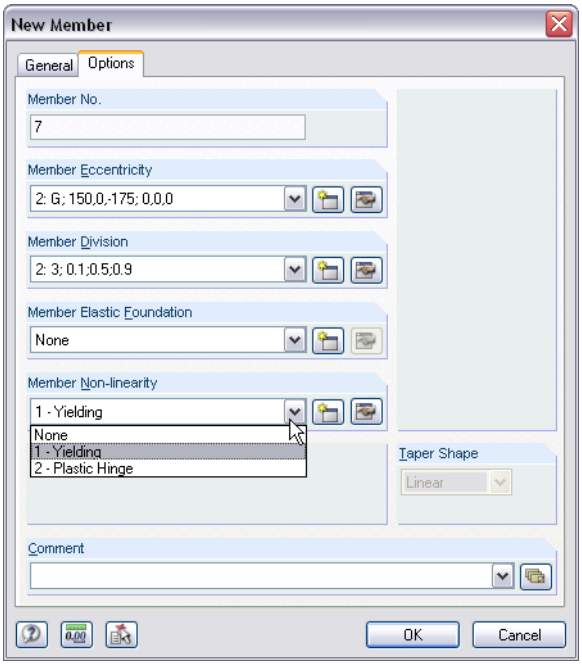
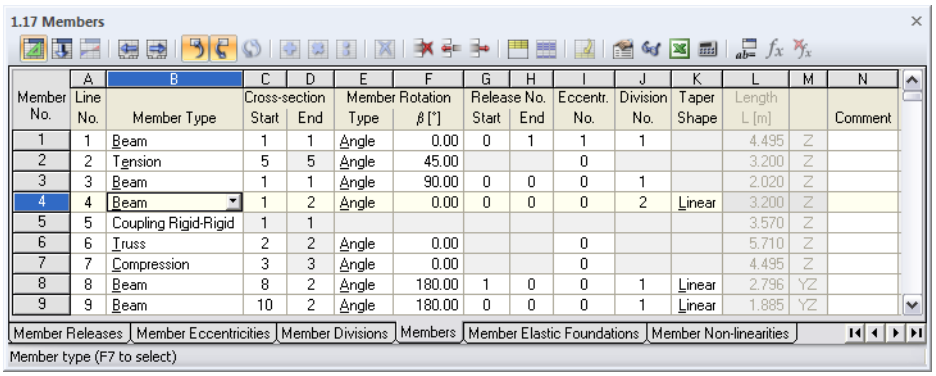


Figura 5.106: Cuadro de diálogo *Nueva barra*, registro *Opciones*



Member No.	Line No.	Member Type	Cross-section Start	Cross-section End	Member Rotation Type	Member Rotation β [°]	Release No. Start	Release No. End	Eccentr. No.	Division No.	Taper Shape	Length L [m]		Comment
1	1	Beam	1	1	Angle	0.00	0	1	1	1		4.495	Z	
2	2	Tension	5	5	Angle	45.00			0			3.200	Z	
3	3	Beam	1	1	Angle	90.00	0	0	0	1		2.020	Z	
4	4	Beam	1	2	Angle	0.00	0	0	0	2	Linear	3.200	Z	
5	5	Coupling Rigid-Rigid	1	1								3.570	Z	
6	6	Truss	2	2	Angle	0.00			0			5.710	Z	
7	7	Compression	3	3	Angle	0.00			0			4.495	Z	
8	8	Beam	8	2	Angle	180.00	1	0	0	1	Linear	2.796	YZ	
9	9	Beam	10	2	Angle	180.00	0	0	0	1	Linear	1.885	YZ	

Figura 5.107: Tabla 1.17 *Barras*

Línea núm.



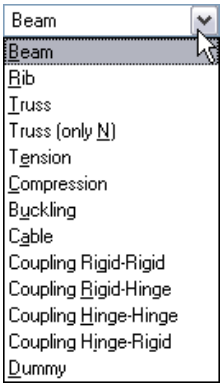
En este campo de entrada del cuadro de diálogo o en la columna de la tabla se asigna un número de línea a la barra. En el cuadro de diálogo *Nueva barra*, se puede seleccionar la línea también gráficamente usando el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda.

Los nudos inicial y final de la línea definen la orientación de la barra, lo que también afecta a la posición del sistema de coordenadas locales de la barra (ver *Giro de barra* en este capítulo). La orientación de la barra puede ser fácilmente cambiada en el gráfico. Haga clic derecho en la barra y seleccione *Invertir orientación de barra* en el menú contextual.

Tipos de barras

El tipo de barra se utiliza para definir cómo son soportadas las tensiones internas y qué propiedades se suponen en la barra.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



Use la lista *Tipo de barra* para seleccionar uno de los siguientes tipos de barras.

Tipo de barra	Descripción
Viga	Barra rígida a flexión que puede transmitir toods los esfuerzos internos.
Nervio	Viga de encuadre considerando la anchura eficaz de la losa.
Celosía	Barra con articulaciones de momento internas en ambos extremos.
Celosía (sólo N)	Barra sólo con rigidez E*A
Tracción	Celosía (sólo N) con fallo en caso de esfuerzo de compresión
Compresión	Celosía (sólo N) con fallo en caso de esfuerzo de tracción
Pandeo	Celosía (sólo N) con fallo en caso de esfuerzo de compresión > N_{cr}
Cable	Barra que sólo puede transmitir esfuerzo de tracción. Un análisis de grandes deformaciones es llevado a cabo de acuerdo con Newton-Raphson.
Acoplamiento empotrado - empotrado	Acoplamiento empotrado con conexiones resistentes al pandeo en ambos extremos.
Acoplamiento empotrado-articulado fijo	Acoplamiento empotrado con conexiones resistentes al pandeo en el inicio de barra y articulado fijo en el final
Acoplamiento articulado fijo- articulado fijo	Acoplamiento empotrado con conexiones resistentes al pandeo en ambos extremos (sólo se trasmiten esfuerzos axiles y cortantes, pero no momentos)
Acoplamiento articulado fjo fijo - empotrado	Acoplamiento empotrado con conexiones resistentes al pandeo en el final de barra y articulado fijo en el inicio
Ficticia	Barra ignorada en los cálculos.

Tabla 5.3: Tipos de barra

Viga

Una viga no tiene ninguna articulación en sus extremos. Cuando dos vigas están conectadas entre si y no se define una articulación explícitamente su nudo de conexión, esta conexión de viga representa una conexión resistente a la flexión. Las vigas pueden soportar todo tipo de cargas.

Nervio

Se pueden encontrar detalles sobre los nervios en el capítulo 5.18, página 168.

Celosía (sólo N)

Este tipo de celosía soporta esfuerzos axiles de tracción y compresión. Las celosias tienen articulaciones de momentos internos en ambos nudos finales. Sin embargo una definición de articulación adicional no está permitida. Sólo los esfuerzos internos en el nudo aparecen en la salida, éstos son transferidos a la estructura conectada. A lo largo de la celosía los esfuerzos internos son lineales (a excepción de: la carga puntual en barras). Así ninguna distribución de momentos debida al peso propio o cargas lineales será visible. Los momentos de contorno son cero gracias a la articulación dada. A lo largo de la barra se supone una distribución lineal. Los esfuerzos de nudos sin embargo son calculados desde las cargas en barras, lo que garantiza una transmisión correcta.

La razón para el tratamiento especial de este tipo de barra es que una celosía, en la comprensión estructural general, sólo puede transmitir esfuerzos axiles. Los momentos no tienen importancia. Por lo que ni son mostrados en la salida ni calculados como parte del diseño. Si los momentos debidos a las cargas en barras han de ser incluidos en cerchas, use el tipo de barra *Cercha*.

Tracción / Compresión

Una barra de tracción soporta solo esfuerzos a tracción y la barra de compresión sólo esfuerzos a compresión. El cálculo de una estructura con este tipo de barras se lleva a cabo mediante iteraciones. En la primera iteración se determinan los esfuerzos internos de todas las barras. Si las barras de tracción tienen esfuerzos axiles negativos (compresión), o si las barras de compresión tienen esfuerzos axiles positivos (tracción) se inicia una iteración adicional en la que no se considerará la rigidez de estas barras nunca más, han fallado. Este proceso de iteración continua mientras las barras de tracción y compresión siguen fallando. Dependiendo del modelo y de las cargas empleadas, el sistema se puede volver inestable debido al fallo de las barras de tracción y compresión.



Una barra de tracción o compresión puede ser considerada de nuevo en la matriz de rigidez si esta barra, en un paso iterativo posterior, es reactivada debido a las redistribuciones del sistema. En el menú **Cálculo**, haga clic en los **Parámetros de cálculo**, y seleccione el registro **Opciones** en el cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* para establecer el *Manejo excepcional* de las barras defectuosas. Se pueden encontrar más detalles en el capítulo 8.3, página 260.

Pandeo

Una barra de pandeo acepta esfuerzos a tracción sin limitacioes. Sin embargo, los esfuerzos a compresión sólo hasta alcanzar la carga crítica N_{cr}.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_E^2} \qquad \text{donde la longitud eficaz } l_E = l$$

Ecuación 5.29

Use este tipo de barra para evitar inestabilidades en el cálculo de acuerdo con el análisis de segundo orden y de grandes deformaciones debido al pandeo de barras de cercha. SI estas barras de cercha son reemplazadas por barras de pandeo, la carga crítica puede ser incrementada en muchos casos.

Cable

Las barras tipo cable sólo absorben esfuerzos a tracción. Se utilizan para analizar las cadenas de cable con esfuerzos longitudinales y transversales mediante cálculos iterativos y la consideración de la teoría de cables (Análisis de grandes deformaciones, capítulo 8.3, página 258). El cable ha de ser definido como una cadena de cable que consiste en varias barras tipo cable. Para crear una catenaria haga clic en **Generar estructura – Barras** en el menú **Herramientas** y seleccione **Arco** (capítulo 12.5.1, página 446). Cuanto más precisa sea la forma inicial de la curva de la catenaria con respecto a la cadena de cable real , más estable y más rápido se puede llevar a cabo el cálculo.

Se recomienda pretensar las barras tipo cable para evitar el fallo por compresión. Los cables sólo se han de utilizar cuando las deformaciones tienen una culpa considerable de los cambios en los esfuerzos internos, lo que implica grandes deformaciones. Para simples mecanismos de maniobra rectos como arriostramientos transversales , es suficiente con barras de tracción.



Para la evaluación gráfica de las deformaciones en barras tipo cable, el factor de escala ha de ser establecido en"1" para que los efectos de apriete sean representados de forma realista.

Acoplamiento

Una barra de acoplamiento es una barra virtual con propiedades de rigidez o articulación definibles. Hay cuatro opciones de como acoplar los grados de libertad de los nudos iniciales y finales entre sí. Los esfuerzos axiles y cortantes y los momentos de torsión y flexión son transmitidos de un nudo a otro. Los acoplamientos se utilizan para modelar paredes rígidas o articulaciones especiales.

Ficticia

Ni una barra ficticia ni sus cargas son tomadas en consideración para el cálculo. Las barras ficticias se usan, por ejemplo, para analizar cambios en el comportamiento estructural si ciertas barras se definen como ineficazs. Las barras no necesitan ser borradas y las cargas se mantienen también.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Sección al inicio y final de barra

Estos dos campos de entrada o columnas de la tabla se utilizan para definir las secciones para el inicio y final de barra. Los números de las secciones se refieren a las entradas en 1.13 Secciones (capítulo 5.13, página 145).

Barra de sección variable

Cuando se introducen diferentes números como secciones de inicio y final, se crea una cartela. RFEM 4 interpola las rigideces variables a lo largo de la barra de acuerdo con los polinomios de alto grado. Si se usan secciones incompatibles, por ejemplo una cartela de un perfil IPE y un acero redondeado, la entrada es aceptada. Sin embargo, RFEM 4 informará de este error al realizar la comprobación plausible antes de llevar a cabo el cálculo.

El diseño interno de las secciones acarteladas se establece por medio del campo de selección *Conicidad* en el registro **Opciones** del cuadro de diálogo *Nueva barra* o la correspondiente columna de la tabla (ver debajo).

Giro de la barra

El sistema de coordenadas relativo a la barra *x,y,z* se define en la dirección de las agujas del reloj y con la regla de la mano derecha. El eje local x siempre coincide con el eje del centro de gravedad de la barra. Conecta el nudo inicial con el nudo final (sentido positivo). Los ejes *y* y *z* representan los ejes principales de la barra.

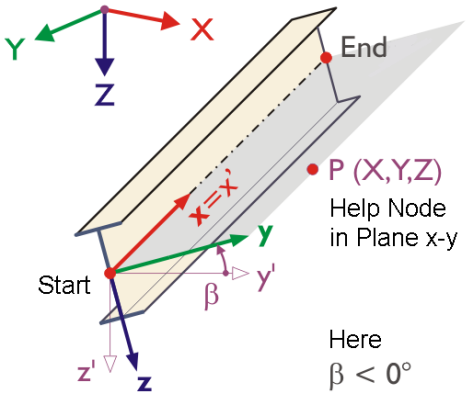
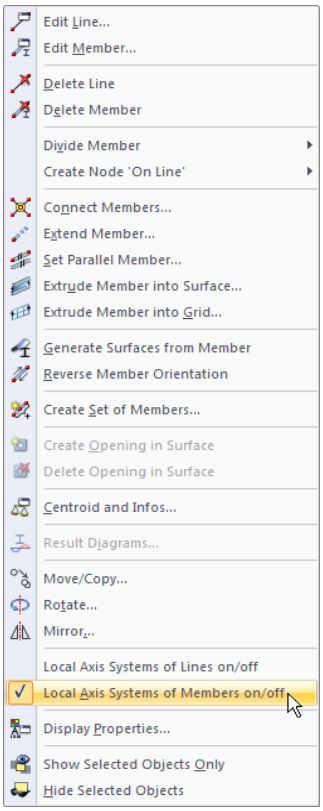


Figura 5.108: Giro de la barra y ejes locales de barra x,y,z (posición general 3D)

Posición de la barra

La posición de los ejes locales *y* y *z* es establecida automáticamente por RFEM 4. El eje **z** se define de manera que la componente z' siempre apunta en el sentido del eje global Z. La posición del eje **y** también es determinada por la regla de la mano derecha..

Para revisar la posición de la barra, use el renderizado 3D. También se puede usar el navegador *Mostrar* o el menú contextual de la barra para mostrar los *Sistemas de ejes de la barra x,y,z*.



Menú contextual de la barra

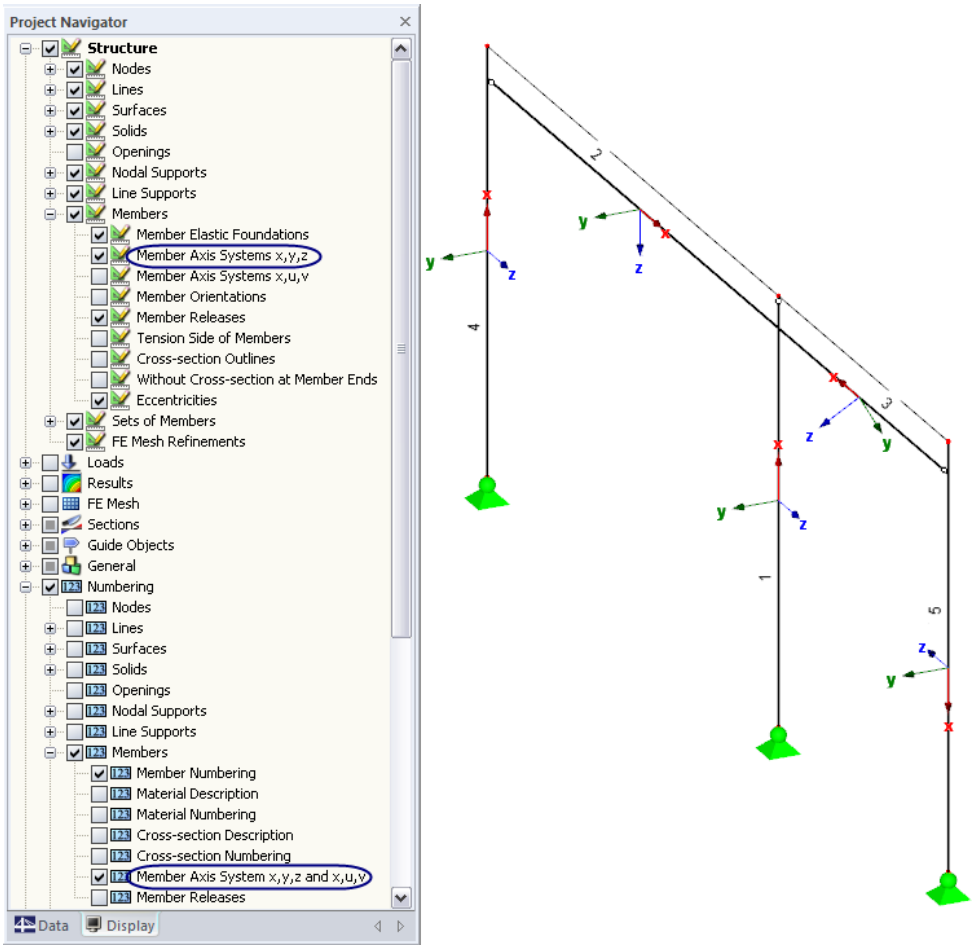


Figura 5.109: Seleccionando los sistemas de ejes de la barra en el navegador *Mostrar*

La barra recorre paralela al eje global mostrado en la columna **M** de la tabla. Esta columna también muestra el plano en el que está situada la barra. Si no hay ninguna entrada, la barra está en una posición espacial arbitraria.

Si una barra está alineada en paralelo con el eje global Z y está en posición vertical, su eje local **z** no tiene, por supuesto, componente en Z. En este caso se aplica la siguiente regla : el eje local **y** estará alineado en paralelo con el eje global Y. La posición del eje z también estará determinada por la regla de la mano derecha.

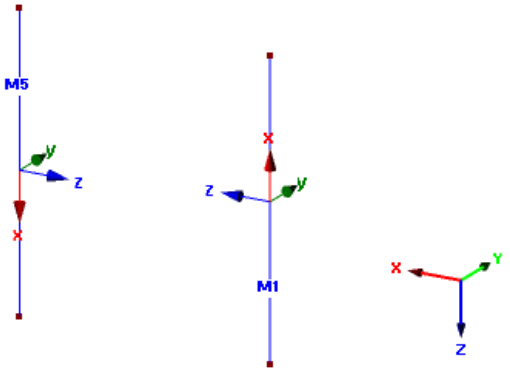


Figura 5.110: Posición vertical de la barra con diferentes orientaciones (β = 0°)

Si una barra está situada dentro de un conjunto de barras de soporte y no está exactamente en posición vertical (por ejemplo debido a pequeñas desviaciones de las coordenadas de nudo X o Y), los ejes de esta barra pueden cambiar su orientación. RFEM clasifica la barra que está ligeramente incli-

nada como “general”. En el menú **Herramientas** seleccione **Regenerar estructura** para clasificar esa barra como vertical (ver capítulo 8.1.3, página 248).

Existen dos opciones para girar una barra:

Giro de la barra mediante ángulo β

Para girar una barra se puede definir el ángulo β. Si el giro del ángulo β es positivo, los ejes x, z son girados en el sentido de las agujas del reloj alrededor del eje longitudinal x.

Tenga en cuenta que el ángulo de giro β y el ángulo de giro de la sección global α' han de ser agregados.

Giro de la barra mediante nudo auxiliar

El sistema de ejes de la barra puede ser alineado con un nudo específico. Primero se selecciona el plano de los ejes de las secciones. De acuerdo con el nudo auxiliar se define el plano x-y o el plano x-z de la barra. Luego se introduce el nudo auxiliar relevante. También se puede seleccionar el nudo gráficamente o definir un nudo auxiliar nuevo. De todas maneras, asegúrese de que el nudo no está sobre la línea definida por el eje x de la barra.

Este ejemplo muestra soportes alineados hacia el centro del conjunto.

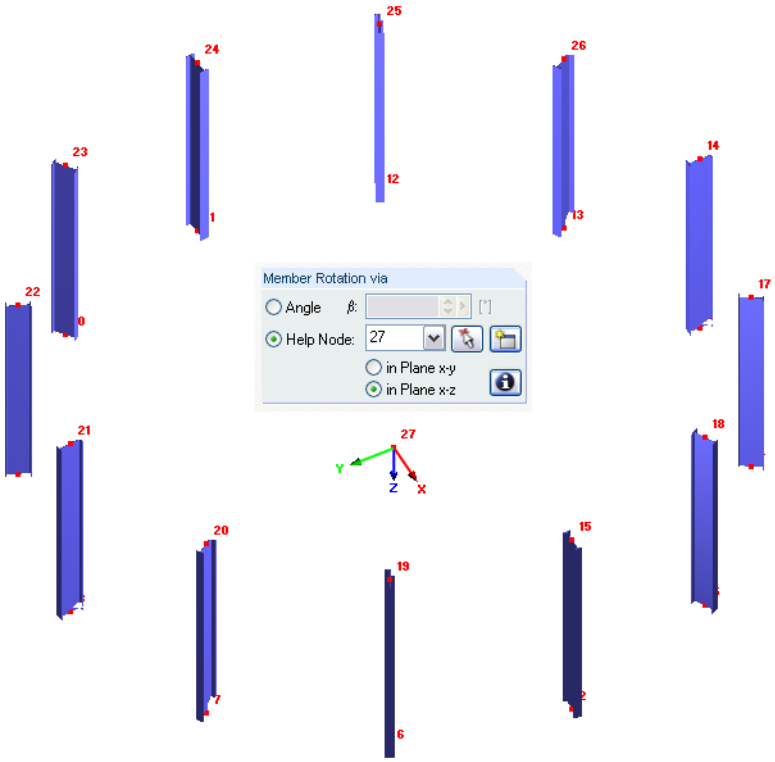


Figura 5.111: Giro de la barra mediante nudo auxiliar

La definición del sistema de ejes locales también afecta a los signos de los esfuerzos internos.

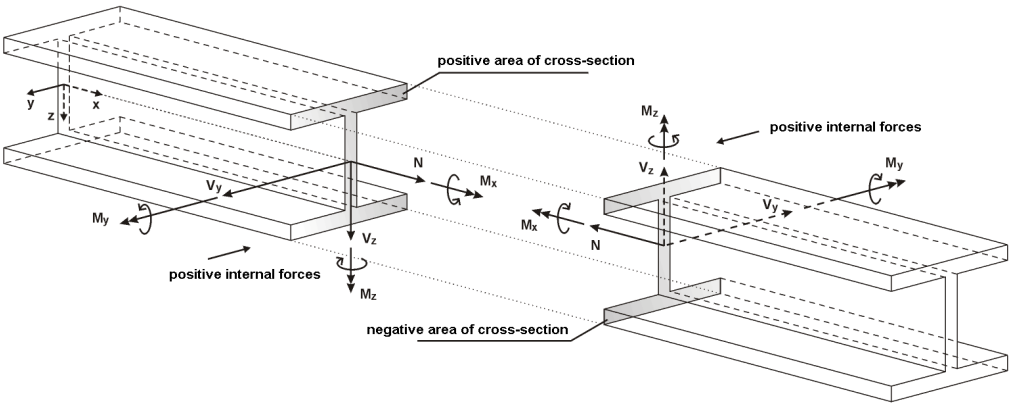


Figura 5.112: Definición positiva de esfuerzos internos

El momento flector **M_y** es positivo si los tensiones de tracción aparecen del lado positivo de la barra (en la dirección del eje z). **M_z** es positivo si las tensiones de compresión ocurren en el lado positivo de la barra (en la dirección del eje y). La definición del signo para los momentos torsores, esfuerzos axiles y esfuerzos cortantes se adapta a las convenciones habituales. Estos esfuerzos internos son positivos si actúan en una dirección positiva.

Articulación en barra al inicio y final de barra

En estas dos columnas o campos de entrada del cuadro de diálogo *Nueva barra*, se pueden definir las articulaciones que controlan la transferencia de esfuerzos internos al nudo. Los números de las articulaciones se refieren a las entradas de la tabla 1.14 *Articulaciones en barra* (ver capítulo 5.14, página 154).

Para algunos de los tipos de barras, las entradas no son posibles porque ya existe una articulación interna.

Excentricidad de barra

En la columna de la tabla o el campo de entrada del registro *Opciones* en el cuadro de diálogo *Nueva barra*, puede asignar una conexión excéntrica a la barra. Los números de las excentricidades se refieren a la tabla 1.15 *Excentricidades de barra* (ver capítulo 5.15, página 157). El tipo de excentricidad controla las conexiones en ambos nudos, el de inicio y el final.

División de barras

En esta columna de la tabla o campo de entrada del registro *Opciones* en el cuadro de diálogo *Nueva barra*, se puede asignar una división de la barra que controla la salida de la tabla de los esfuerzos internos y deformaciones a lo largo de la barra. Los números de los intervalos se refieren a las entradas en la tabla 1.16 *Divisiones de barrass* (ver capítulo 5.16, página 158).

Estas divisiones de barrass no tienen influencia en la determinación de los valores extremos ni en el diagrama de resultados gráficos (para ambos, RFEM 4 emplea internamente una partición mucho más refinada). Sin embargo, la preselección "0" (ninguna división de barras) es suficiente en la mayor parte de los casos.

Apoyo elástico en barra

En este campo de entrada del registro *Opciones* del cuadro de diálogo *Nueva barra* se puede asignar un apoyo elástico a la barra. Las números de los apoyos elásticos se administran en la tabla 1.19 *Apoyos elásticos en barra* (ver capítulo 5.19, página 171).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

No linealidad de barra

En este campo de entrada del registro *Opciones* en el cuadro de diálogo *Nueva barra*, se puede asignar una característica no lineal a la barra. El número de no linealidades se administra en la tabla 1.20 *No linealidades de barra* (ver capítulo 5.20, página 173).

Perfil de sección variable

Si se han seleccionado secciones diferentes para el inicio de barra y final de barra esta columna de la tabla o campo de entrada del registro *Opciones* en el cuadro de diálogo *Nueva barra* ofrece las opciones de método de sección variable *Lineal* o *Cuadrático*. Emplee estos perfiles de sección variables para definir la geometría de sección variable para la determinación de las propiedades de la sección interpolada.

En muchos casos se aplicará un diagrama de la sección variable, lo que significa que la barra será reducida o ampliada incluso desde la sección inicial hasta la final. Sin embargo, si las modificaciones de la sección en la barra pueden ser descritas por una función de segundo grado, es aconsejable el uso de la aproximación cuadrática para la interpolación de las secciones.

Longitud

Esta columna de la tabla muestra la distancia entre el nudo inicial y el final.

Para mostrar la longitud de la barra en el gráfico, sitúe el puntero sobre la barra (información en pantalla).

Posición de la barra

La columna **M** de la tabla muestra los detalles de la posición de la barra en el área de trabajo 3D. La barra está paralela al eje global que se muestra en esta columna. También muestra el plano en el cual está contenida la barra. Si no hay ninguna entrada, la barra está en una posición espacial arbitraria.



La posición de la barra también tiene un efecto sobre la orientación de los ejes *y* y *z* de la barra. Por ejemplo, los ejes de la barra en una barra de soporte continua se pueden "intercambiar" si una barra aparentemente vertical está en la posición "general" debido a una pequeña desviación de sus coordenadas X o Y. En el menú **Herramientas**, seleccione **Regenerar estructura** para clasificar una barra como vertical (ver capítulo 8.1.3, página 248).

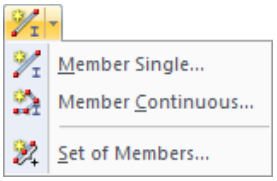
Barra como modelo de superficie



La función del menú contextual *Generar superficies desde barra* se puede utilizar para convertir una barra (elementos 1D) a elementos de superficie adecuados (elementos 2D) para análisis detallados (ver capítulo 12.1.9, página 384).

5.18 Nervios

Descripción general







Los nervios son tipos especiales de barras. Para crear un nervio, ha de existir ya una barra. Los nervios se pueden utilizar para representar vigas en T en el modelo de AEF mediante la determinación de excentricidades y anchuras eficaces.

Los nervios se utilizan normalmente en estructuras de hormigón armado. Además, los esfuerzos internos y secciones de los nervios pueden ser utilizados para el cálculo en el módulo adicional **RF-CONCRETE Members**. Sin embargo, para modelar, por ejemplo, una plancha de acero con un nervio soldado, utilice una superficie con una barra conectada excéntricamente.

Para definir un nervio cree una nueva barra y seleccione el *Tipo de barra* **Nervio** (ver capítulo 5.17, página 160). Use el botón del diálogo [Nervio] o la tabla 1.18 *Nervios* para definir los parámetros del nervio.

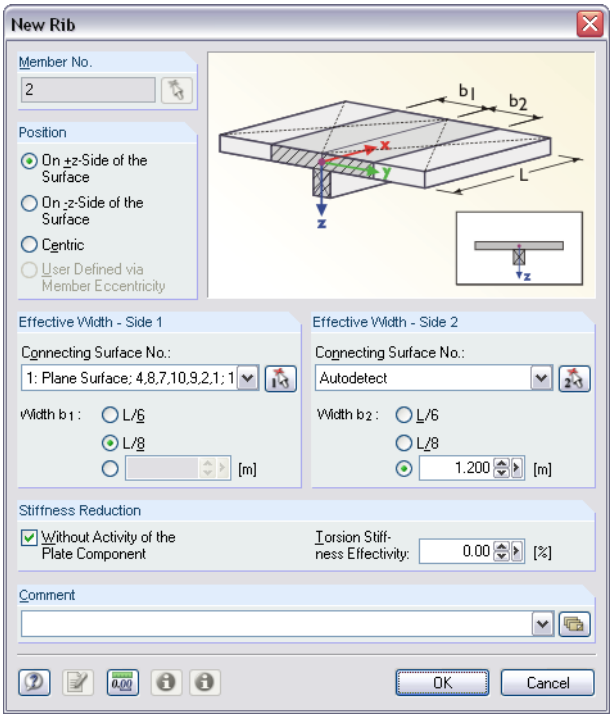


Figura 5.113: Cuadro de diálogo *Nuevo nervio* (tipo de estructura: placa XY)

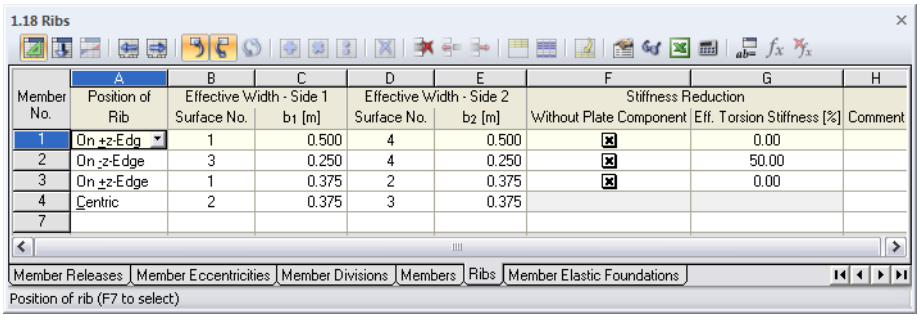


Figura 5.114: Tabla 1.18 *Nervios*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Posición del nervio

En primer lugar, un nervio es una barra situada excéntricamente. Esta excentricidad está calculada por la mitad del espesor de la superficie y la mitad de la altura de la barra (la tabla 1.15 *Excentricidades en barra* no se ve afectada). También se puede determinar manualmente. La excentricidad del nervio incrementa la rigidez.

Las siguientes opciones de colocación están disponibles:

En el lado z +/– de la superficie

La excentricidad, como la suma de la mitad del espesor de la superficie y la mitad de la altura del alma, se aplica automáticamente al eje z positivo o negativo de la superficie. Para revisar y mostrar los ejes de la superficie x,y,z en el gráfico utilice el navegador *Mostrar* (figura 5.84, página 143).

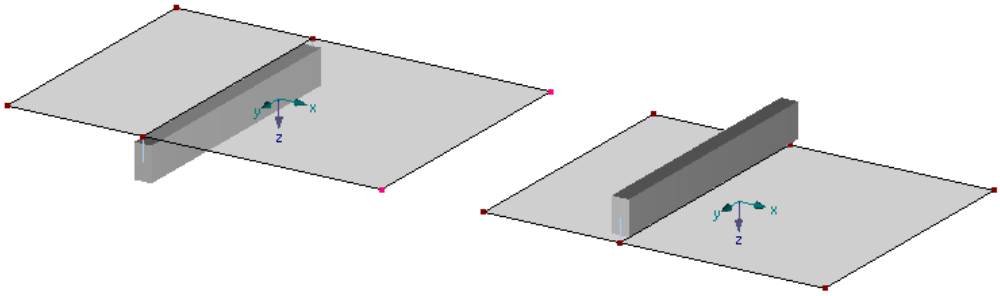


Figura 5.115: Nervios en el lado z positivo (izquierda) y en el lado z (derecha) de la superficie

Centrado

Se modela el nervio sin excentricidad. El eje central se sitúa sobre el centro de la superficie.

Definido por el usuario mediante la excentricidad de barra

Las excentricidades de barra pueden ser introducidas manualmente. Las especificaciones se introducen en el cuadro de diálogo *Nueva excentricidad de barra* o en la tabla 1.15 *Excentricidades de barras* (capítulo 5.15, página 157). Luego esta excentricidad será asignada a la barra.

Para las cuatro opciones de asignación, se puede utilizar el renderizado 3D para revisar la posición del nervio. En el navegador *Mostrar*, seleccione *Renderizado, Modelo, Modelo de sólido* y haga clic en *Secciones* para *Barras* y *Relleno incluido espesor* para *Superficie*.

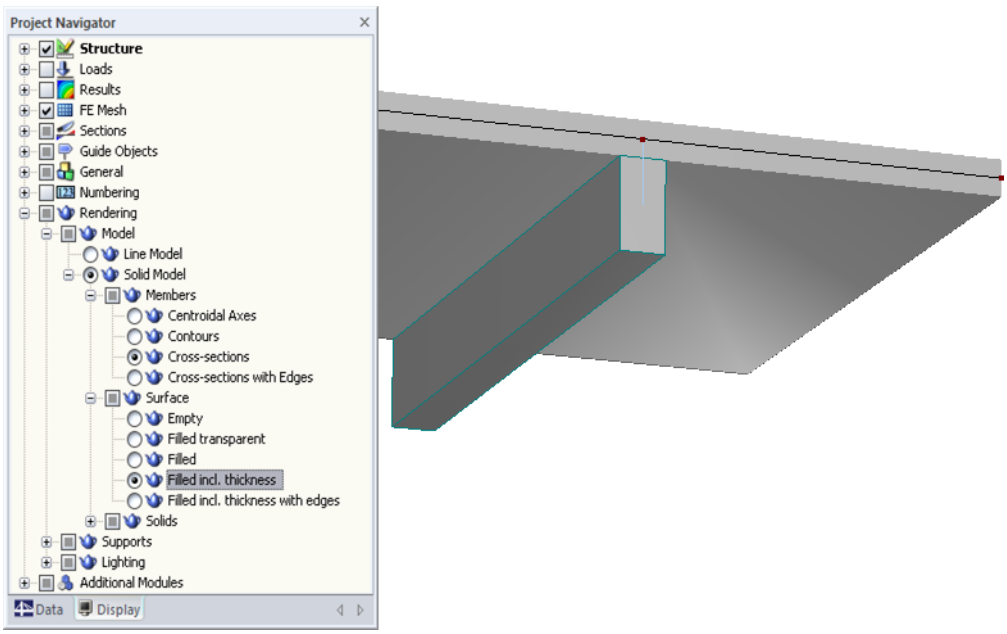


Figura 5.116: Navegador *Mostrar*: Renderizado → Modelo → Modelo de sólido → Superficie → Relleno incluido espesor

Anchura eficaz

La anchura eficaz no tiene influencia en la rigidez, porque la rigidez incrementada está ya establecida por la barra excéntrica. La anchura eficaz afecta sólo a los esfuerzos internos.

Si una viga conectada excéntricamente se emplea en vez de un nervio, posteriormente el modelo de RFEM 4 asigna esfuerzos internos a ambos, barra y placa. El cálculo de hormigón armado, sin embargo, considera la barra y una parte de la superficie como una unidad denominada viga de forjado (viga en T). Para determinar los esfuerzos internos para la viga de forjado, los momentos de flexión en la barra han de ser incrementados por el producto del esfuerzo axial en la placa y la excentricidad. Para determinar los esfuerzos axiles en la superficie, el área de aplicación de los esfuerzos axiles ha de ser especificada por medio de la anchura eficaz y superficies conectadas. Además se necesitan entradas para la anchura eficaz y las superficies de conexión.

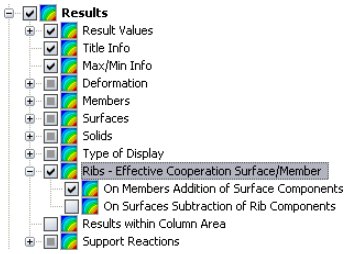


Cuando se define el nervio, las anchuras eficaces para el lado derecho e izquierdo han de ser definidas por separado. En la mayor parte de los casos es suficiente con aceptar la opción predeterminada *Detectar automáticamente* en la sección del diálogo *Conectar superficie núm.* del cuadro de diálogo *Nuevo nervio*. Sólo si más de dos superficies coinciden a lo largo de la línea del nervio se han de determinar las dos superficies por separado.

El *Ancho* b_1 y el *Ancho* b_2 pueden ser directamente introducidos en el campo de entrada o calculados automáticamente desde la longitud de la barra seleccionando las opciones *L/6* y *L/8*. RFEM 4 introducirá las anchuras eficazs en los cuadros de entrada después de cerrar el cuadro de diálogo.



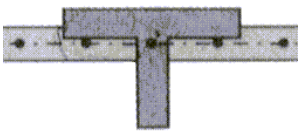
Tenga en cuenta que si la longitud de la barra es modificada posteriormente, la anchura eficaz no será ajustada automáticamente.



Después del cálculo, los componentes eficaces de las superficies pueden ser incluidos en la visualización de los resultados. En el navegador *Mostrar* haga clic en *Resultados* y seleccione *Cooperación eficaz superficie/barra*. Los diagramas de resultados de la barra también permiten una evaluación detallada de los esfuerzos internos del nervio (capítulo 10.5, página 321).

Reducción de rigidez

La sección del diálogo y las columnas de las tablas para rigidez en el tipo de estructura **Losa XY** ha sido establecida como *Tipo de estructura* en el cuadro de diálogo *Datos generales*. En comparación con estructuras definidas espacialmente donde los nervios pueden ser considerados como barras situadas excéntricamente en el análisis de EF de todos modos, otra aproximación de cálculo se emplea para las vigas de forjado.



Sin actividad del componente de la losa

Para el cálculo, se emplea una sección sustituta cuando la rigidez viene determinada por la sección y la porción de losa eficaz de las superficies. Así la rigidez de la losa sería considerada dos veces para nervios situados excéntricamente, porque la rigidez será eficaz en la sección sustituta así como directamente en los elementos de la superficie. Si la casilla de verificación *Sin actividad del componente de la losa* está seleccionada, la porción de rigidez de la losa no será considerada en la sección sustituta o equivalente.

Eficacia de la rigidez a torsión

Este campo de entrada se emplea para reducir la rigidez torsional del nervio.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

5.19 Apoyos elásticos en barras

Descripción general

Un apoyo elástico puede ser aplicado a una barra. El apoyo se utiliza para incluir la influencia del suelo en el modelado. También los efectos de no linealidades pueden ser considerados si el apoyo se vuelve ineficaz bajo esfuerzos de tracción y compresión.

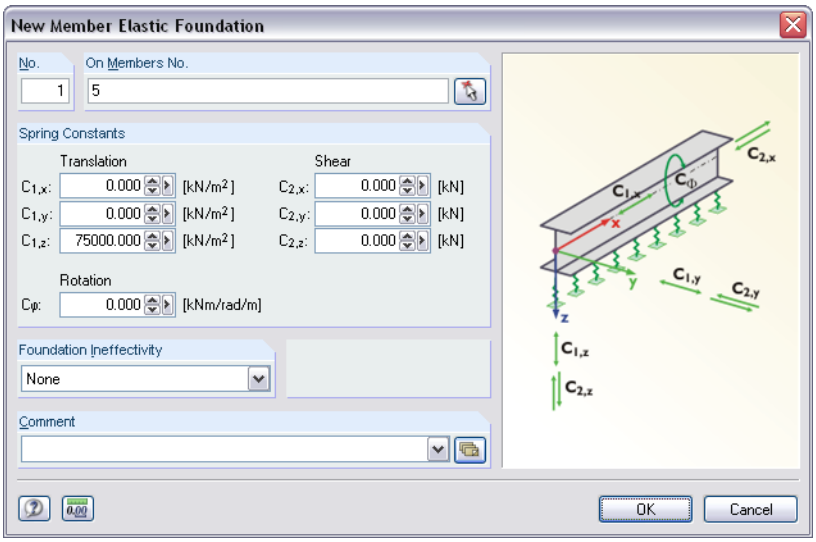


Figura 5.117: Cuadro de diálogo *Nuevo apoyo elástico en barra*

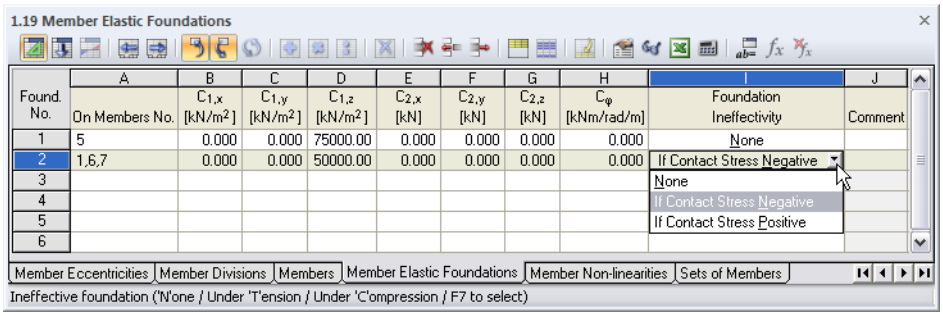


Figura 5.118: Tabla 1.19 *Apoyos elásticos en barras*

En barras núm.



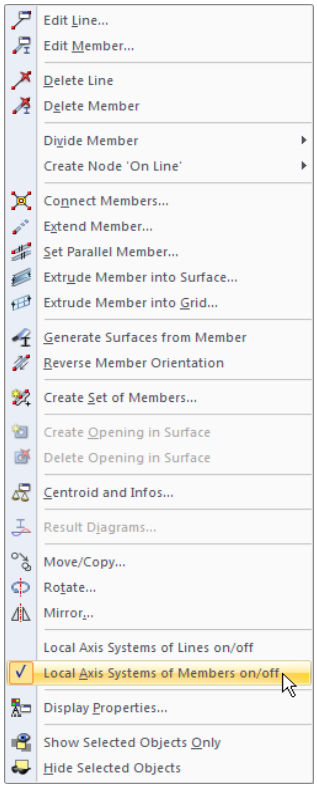
Los apoyos elásticos en barras sólo pueden ser definidos para una barra tipo *Viga*. Introduzca el número de la barra en la tabla o campo de entrada. También puede ser seleccionada gráficamente.

Constantes elásticas

Traslación

Los parámetros de los muelles a traslación son definidos por separado para los apoyos en las direcciones de los ejes locales x, y, z.

El siguiente módulo de rigidez E_S puede ser usado como referencia para distintos tipos de suelos :



Menú contextual de la barra

Tipo de suelo	E_S (carga estática)	E_S (carga dinámica)
Arena, compacto	40 – 100	200 – 500
Grava arenosa, compacto	80 – 150	300 – 800
Arcilla, de semisólido a sólido	8 – 30	120 – 250
Arcilla, rigidez plástica	5 – 20	70 – 150
Suelo mezclado, de semisólido a sólido	20 – 100	200 – 600

Tabla 5.4: Módulo de rigidez de los tipos de suelo seleccionados en [N/mm²]

Estos parámetros son relativos a la superficie. Para vigas de apoyo, que se utilizan para modelar, por ejemplo, vigas de cimentación, estos valores han de ser multiplicados con la anchura de la barra. El resultado se introduce como muelle a traslación $C_{1,z}$ (el eje local z se muestra normalmente hacia abajo para barras en posición horizontal). Las rigideces elásticas se consideran como valores de cálculo.

Use el navegador *Mostrar* (figura 5.109, página 164) o el menú contextual de la barra para mostrar los ejes locales de la barra.

Cortante

Los muelles a cortante se utilizan para determinar la capacidad cortante del suelo. Las constantes elásticas C_2 son determinadas mediante el producto v * $C_{1,z}$, con el módulo de Poisson v, que se supone entre 0.125 y 0.5 para suelo de arena o grava y entre 0.2 y 0.4 para suelo arcilloso.

Giro

En este campo de entrada o columna de la tabla, se puede introducir la constante de un muelle a torsión. Esta constante se utiliza para limitar el giro de la barra sobre su eje longitudinal.

Ineficacia del apoyo

Una ineficacia puede ser asignada como propiedad no lineal para el apoyo. Cuando se selecciona *Si la fuerza de contacto en z es positiva* o *negativa*, la ineficacia se refiere al eje local **z** de la barra exclusivamente. Las no linealidades no pueden ser aplicadas a muelles a traslación en la dirección de los ejes locales x o y. Así una ineficacia en caso de un fuerza de contacto negativa tiene el siguiente significado: el apoyo queda sin ningún efecto si un elemento de la barra se mueve en el sentido opuesto del eje local z.

Si se utilizan ineficacias, la situación y orientación del eje local z ha de ser revisada como se muestra en la figura 5.109 en la página 164. Sería necesario girar la barra. Tenga en cuenta que el fallo de las barras de apoyo actuando en dos ejes no es posible.

La división interna de barras con apoyos elásticos puede ser ajustada en el registro *Opciones* del cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver capítulo 8.3, página 260).

5.20 No linealidades de barra

Descripción general

Las no linealidades de barra se utilizan para modelar relaciones no lineales entre esfuerzos (o momentos) y deformaciones en barras.

Algunas características no lineales pueden ser establecidas cuando se define el tipo de barra. Una barra de tracción, por ejemplo, es una cercha para la cual la deformación es proporcional al esfuerzo de tracción. Sin embargo, su deformación por compresión puede incrementarse sin ningún esfuerzo.

Las no linealidades de barra siempre pueden ser asignadas a cualquier tipo de barra. Por supuesto, las combinaciones tienen que tener sentido. Una barra comprimida, por ejemplo, del tipo "Fallo por compresión" implicaría problemas inevitables durante el cálculo y la comprobación plausible mostraría la correspondiente información. Además, las no linealidades de barra no son útiles para los siguientes tipos de barras: barras a tracción, barras a compresión, barras a pandeo, cables y barras con sección *Rígida ficticia* (ver página 147).

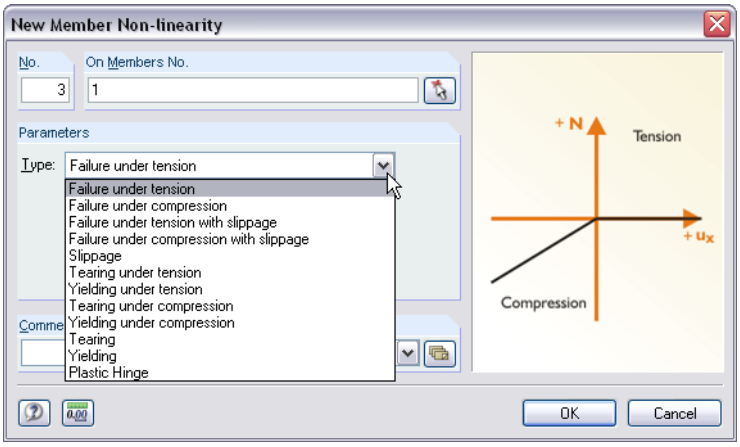


Figura 5.119: Cuadro de diálogo *Nueva no linealidad de barra*

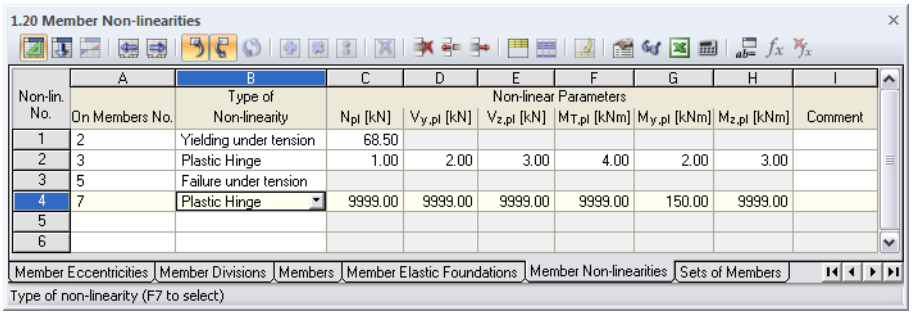
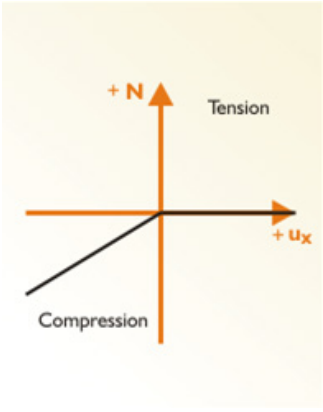
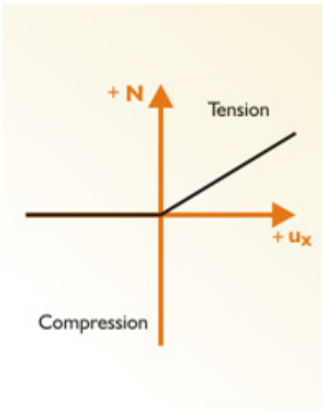
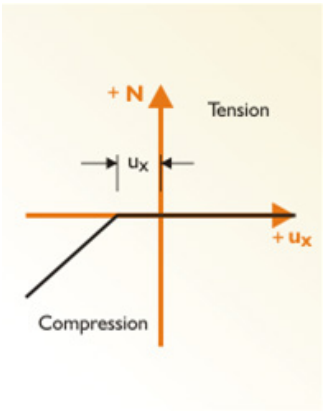
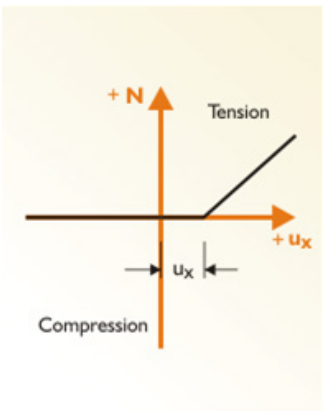
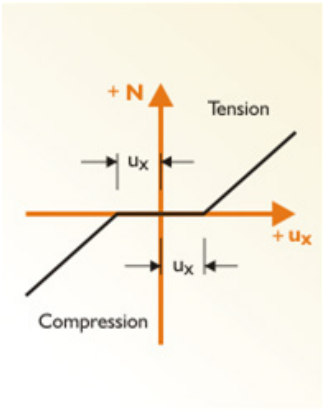
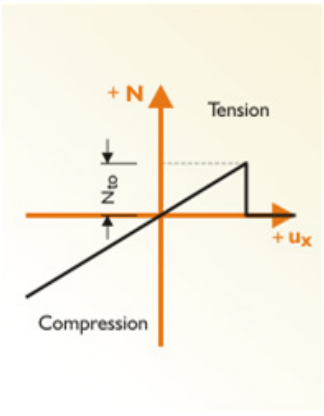
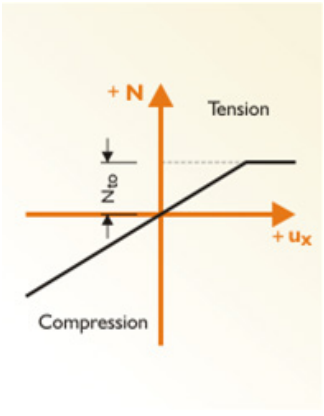
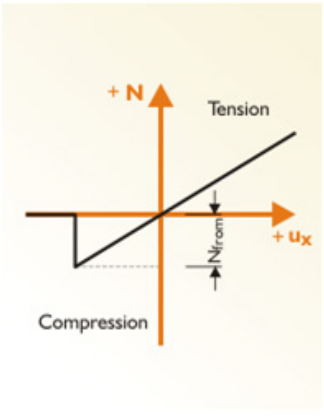


Figura 5.120: Tabla 1.20 *No linealidades de barra*

No linealidad	Diagrama	Descripción
Fallo por tracción		La barra no absorbe esfuerzos de tracción
Fallo por compresión		La barra no absorbe esfuerzos a compresión
Fallo por tracción con deslizamiento		La barra no absorbe esfuerzos de tracción. Los esfuerzos de compresión no son absorbidos hasta que se sobrepasa el deslizamiento u_x.
Fallo por compresión con deslizamiento		La barra no absorbe esfuerzos de compresión. Los esfuerzos de tracción no son absorbidos hasta que se sobrepasa el deslizamiento u_x.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Deslizamiento		La barra sólo absorbe esfuerzos axiles después de haber excedido las deformaciones de compresión o tracción en valor absoluto u_x. **Aviso**: Un refinamiento de línea con *Deslizamiento* causa una una división de la barra en partes pequeñas. Para cada parte de la barra, el deslizamiento será establecido por separado.
Desgarro por tracción		La barra absorbe esfuerzos de compresión sin limitaciones, pero queda inutilizado si los esfuerzos de tracción exceden N_{hasta}
Fluencia por tracción		La barra absorbe cualquier esfuerzo a compresión pero sólo esfuerzos a tracción hasta N_{hasta}. Si se sigue incrementando la deformación a tracción entonces el esfuerzo a tracción permanece constante.
Desgarro por compresión		La barra absorbe esfuerzos de tracción sin limitaciones pero queda inutilizado si los esfuerzos de compresión exceden N_{desde}.

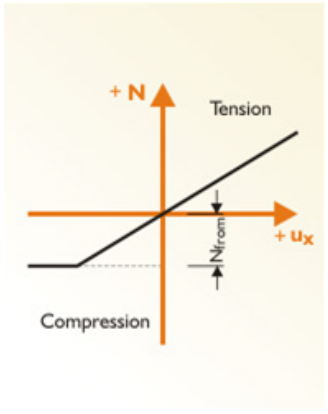
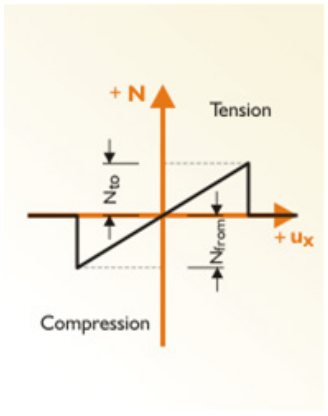
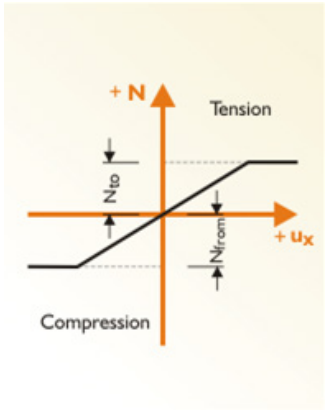
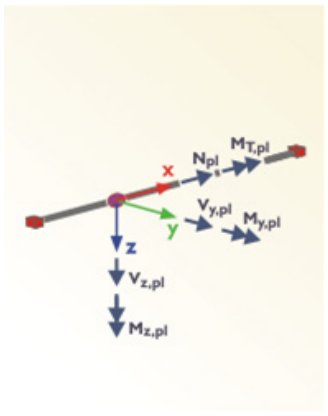
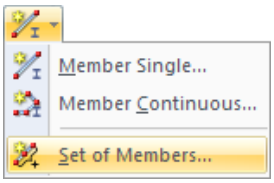
Fluencia por compresión		La barra absorbe cualquier esfuerzo a tracción pero sólo esfuerzos a compresión hasta $N_{desde.}$ Si se sigue incrementando la deformación a tracción entonces el esfuerzo a compresión permanece constante.
Desgarro		La barra falla cuando se alcanza el esfuerzo a compresión N_{desde} o el esfuerzo a tracción N_{hasta}.
Fluencia		La barra fluye a partir del esfuerzo a compresión N_{desde} o el esfuerzo a tracción N_{hasta}, lo que significa que el esfuerzo permanece constante..
Articulación plástica		Si uno de los valores plásticos de las secciones es alcanzado en una localización específica de la barra, se activará una articulación plástica en esa posición para ese tipo de esfuerzo interno. Los esfuerzos internos se definen en valor absoluto. Para aquellos componentes que no tienen comportamiento plástico, se han de introducir valores muy altos.

Tabla 5.5: No linealidades de barra

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

5.21 Conjuntos de barras



Descripción general

Los conjuntos de barras combinan varias barras. En ciertas partes de la estructura puede ser ventajoso tratar a varias barras como una sola, por ejemplo, para el análisis de pandeo lateral, para el diseño de vigas continuas o incluso para la aplicación de cargas.

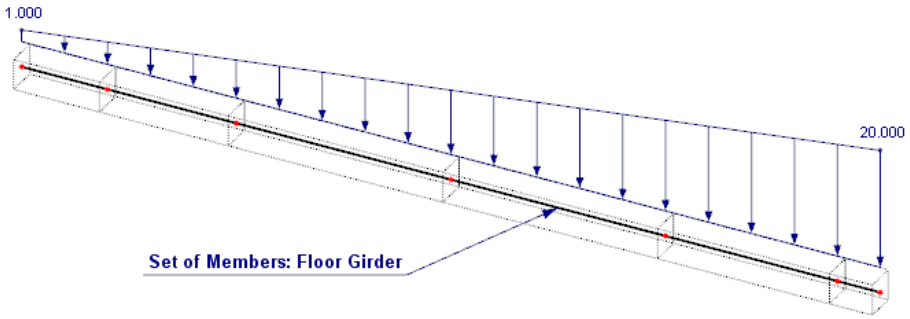


Figura 5.121: Barras continuas con carga trapezoidal

En el ejemplo que se muestra arriba, una carga trapezoidal se aplica a un conjunto de barras del tipo *Barras continuas*. Los valores de interpolación de la carga serán calculados inmediatamente.

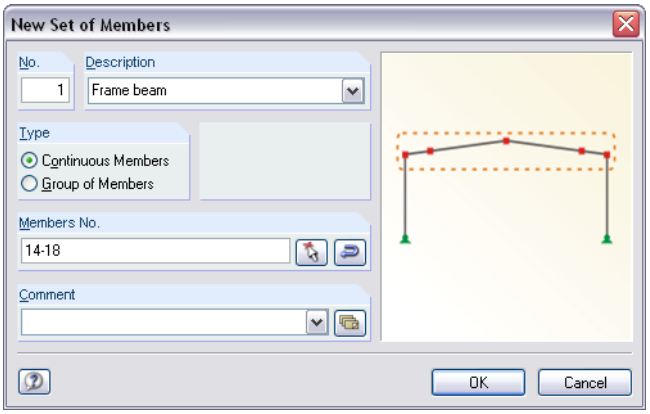


Figura 5.122: Cuadro de diálogo *Nuevo conjunto de barras*

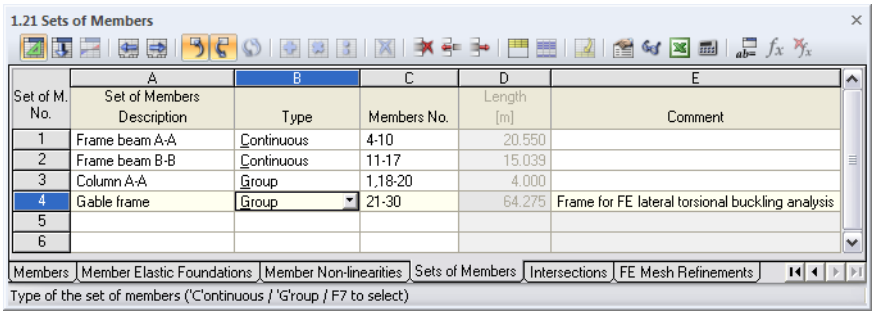


Figura 5.123: Tabla 1.21 *Conjuntos de barras*

Descripción

En este campo de entrada se puede introducir directamente un nombre para el conjunto de barras. También se puede seleccionar un nombre de la lista. Las descripciones definidas por el usuario son guardadas en la lista y quedan disponibles para cualquier otro proyecto de construcción.

Tipos

Existen dos tipos diferentes de conjuntos de carga:

- **Barras continuas**
- **Grupo de barras**

Las barras continuas son varias barras conectadas y que no se ramifican. Podrían ser dibujadas con un lápiz sin interrumpir una misma línea continua.



Figura 5.124: Barras continuas

Un grupo de barras consiste en varias barras conectadas que se pueden ramificar.

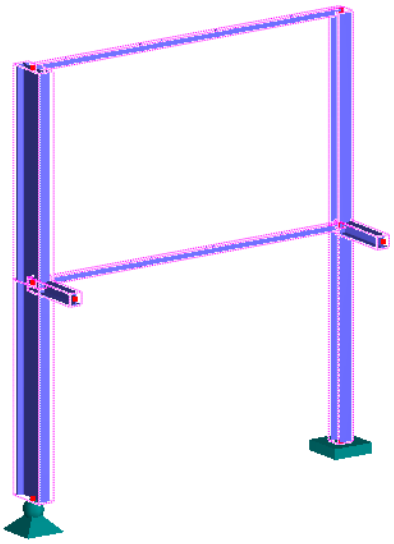


Figura 5.125: Grupo de barras

En algunos módulos adicionales, los conjuntos de barras también pueden ser seleccionados para el diseño. El diseño de grupos de barras, sin embargo, no es siempre posible si algunos parámetros como la longitud de pandeo no pueden ser definidos claramente.

Barras núm.

Este campo de entrada o columna de la tabla se utiliza para introducir los números de las barras que pertenecen al conjunto de barras. También se pueden seleccionar las barras en el gráfico usando la función [Seleccionar]. Utilice el botón [Invertir orientación de barras] para cambiar el orden de los números de barras.

Un conjunto de barras puede ser definido de la siguiente forma: primero seleccione todas las barras relevantes en el gráfico que representan el conjunto de barras. Se puede dibujar una ventana a través de de estas barras, pero también se puede utilizar la selección múltiple haciendo clic en una barra tras otra mientras se mantiene pulsada la tecla [Ctrl] . Luego, haga clic con el botón secundario

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

del ratón en una de estas barras, para abrir el menú contextual de la barra. Seleccione **Crear conjunto de barras** o **Barra →Crear conjunto de barras** para abrir el cuadro de diálogo *Nuevo conjunto de barras*. Los números de las barras seleccionadas están ya establecidas como predeterminadas.

Longitud

La longitud total del conjunto de barras está determinada por la suma de las longitudes individuales de las barras.

5.22 Intersecciones

Descripción general

Si las superficies se intersectan de modo que los esfuerzos internos pueden ser transferidos entre ellos en la línea común, se han de crear intersecciones. De otra forma se tendrían dos sistemas parciales independientes sin ninguna conexión. El efecto se muestra en el siguiente ejemplo:

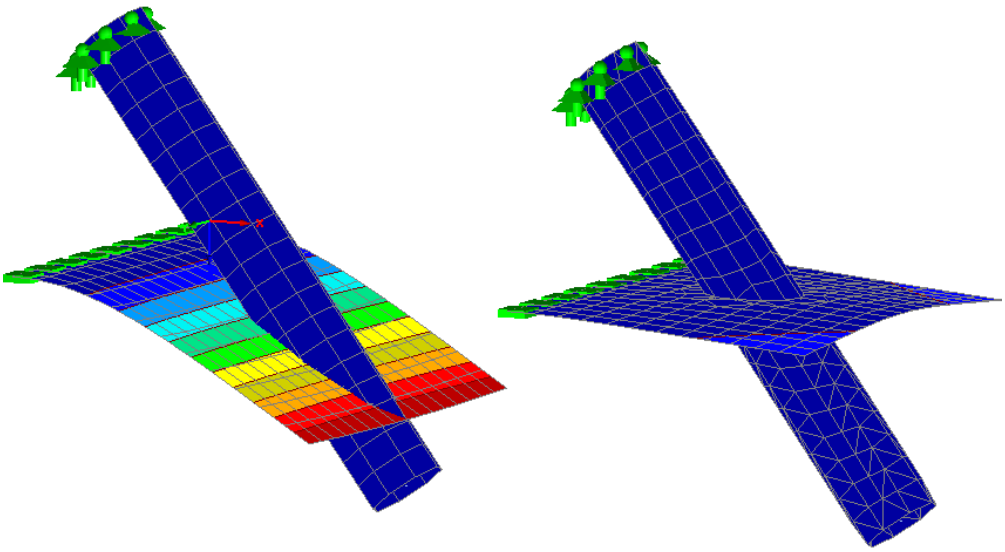


Figura 5.126: Deformaciones debidas al peso propio sin intersección (izquierda) y con intersección (derecha)

Las intersecciones siempre han de ser recalculadas cuando el modelo es modificado. Para estructuras más complejas este nuevo cálculo puede llevar mucho tiempo por culpa de la regeneración del gráfico, y puede ralentizar la entrada considerablemente.

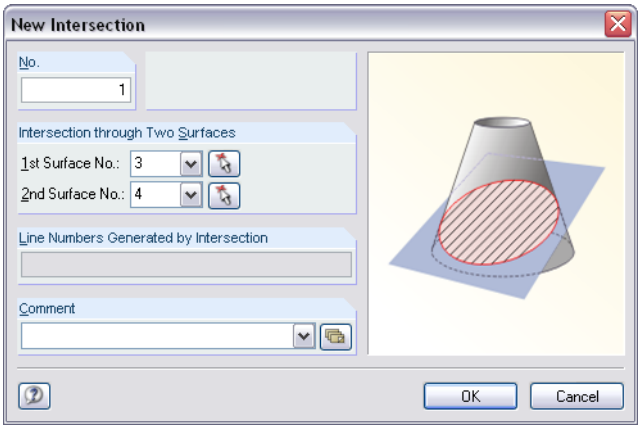


Figura 5.127: Cuadro de diálogo *Nueva intersección*

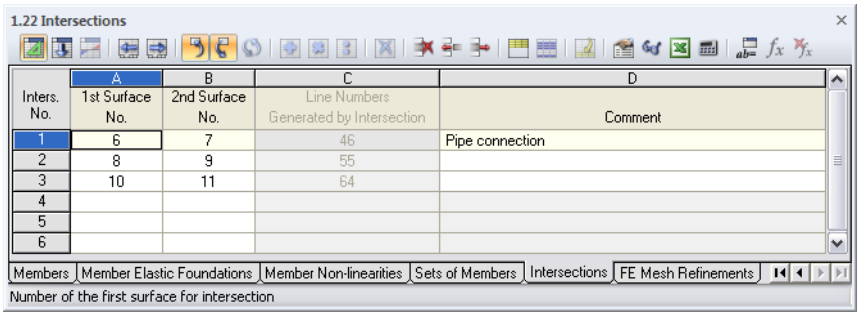


Figura 5.128: Tabla 1.22 *Intersecciones*

Intersección a través de dos superficies



Los campos de entrada o columnas de la tabla se usan para introducir los números de las dos superficies que se intersectan. En el cuadro de diálogo *Nueva Intersección* se pueden seleccionar las superficies de una lista. También se puede usar el botón [Seleccionar] para seleccionarlas gráficamente.

Se pueden crear intersecciones confortablemente desde el gráfico, incluso para más de dos superficies. Primero, seleccione las superficies que se intersectan por medio de una ventana de selección o la selección múltiple usando la tecla [Ctrl]. Luego, haga clic con el botón secundario del ratón en una de las superficies seleccionadas para abrir el menú contextual que incluye la opción de crear una intersección.

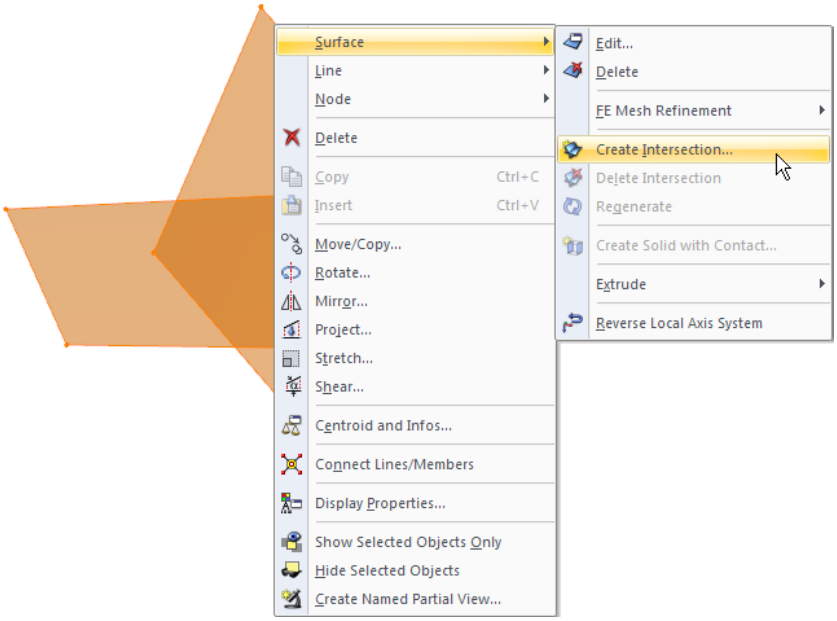


Figura 5.129: Menú contextual *Superficie* → *Crear intersección*

Números de línea generados por intersección

Cuando se genera una intersección se crea una línea común a ambas superficies. La columna de la tabla muestra el número de la nueva línea.

Para superficies curvas esta línea será mostrada en la tabla 1.2 *Líneas* como línea tipo *Intersección* y tendrá el comentario *Generada*. El cuadro de diálogo *Editar Línea* también está disponible para las líneas de intersección.

Componentes de superficie activa

Las líneas de intersección dividen las superficies en subsuperficies. Se pueden activar o desactivar los componentes de la superficie individualmente. Si un componente no está activado, no es visible

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

en el gráfico, no se creará ningún elemento finito para él y no se podrá aplicar ninguna carga. Sólo se consideran los componentes de la superficie activa en el cálculo.

Para activar o desactivar los componentes de una superficie utilice el cuadro de diálogo *Editar superficie*.

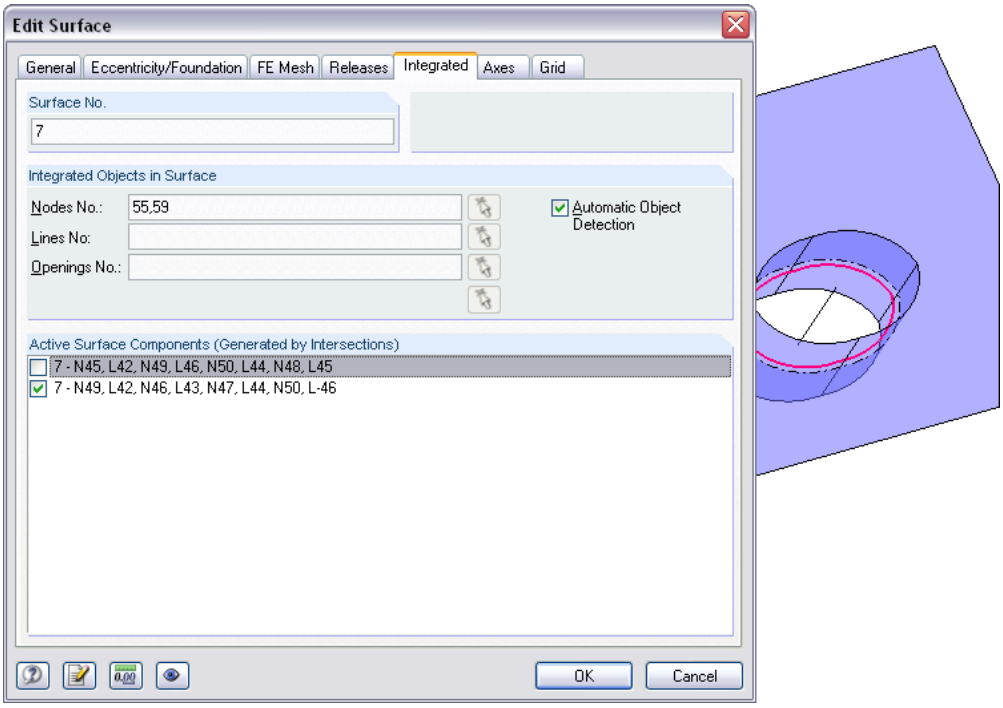


Figura 5.130: Cuadro de diálogo *Editar superficie*, registro *Integrado*

Para abrir el cuadro de diálogo, haga doble clic en la superficie o en la correspondiente entrada de superficie en el navegador. En la sección del diálogo *Componentes activos de la superficie* del registro *Integrado*, todos los componentes de superficie que han sido generados durante la generación de la intersección aparecen numerados.

Si se selecciona un componente de la lista, aparece resaltado en el gráfico. Para desactivar el componente de superficie anule la selección en la correspondiente casilla de verificación. Los componentes de superficie no activados aparecen como "sin relleno" en el gráfico (figura 5.130).

La información geométrica de toda la superficie es guardada internamente por el programa, por si es necesaria para un posible nuevo cálculo de la intersección. Así, los componentes no activos de la superficie pueden ser escondidos, pero no eliminados.

5.23 Refinamientos de malla de EF

Descripción general

Si no se han definido refinamientos de malla de EF, la malla de EF es generada con la longitud de trabajo de EF objetivo establecida como predeterminada. Los parámetros globales de la malla de EF están descritos en el capítulo 8.2.2 en la página 251.

La configuración de la malla puede estar afectada por los refinamientos de malla de EF que se han establecido para las áreas estructurales seleccionadas. Esto lleva a una discretización ajustada necesaria, por ejemplo, para rincones, conexiones de barras y superficies o para el análisis dinámico de barras.

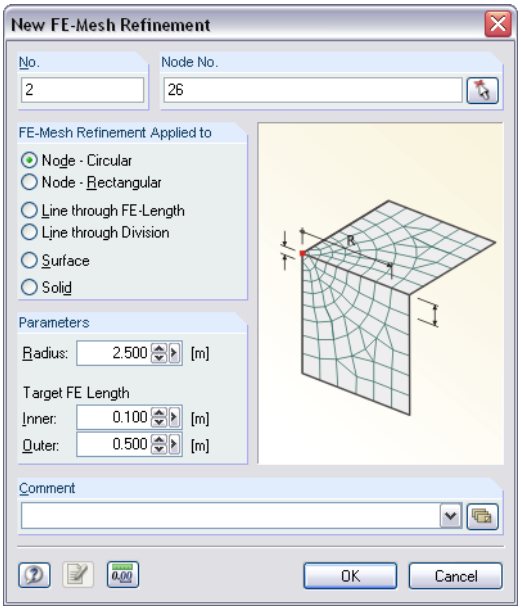


Figura 5.131: Cuadro de diálogo *Nuevo refinamiento de malla de EF*

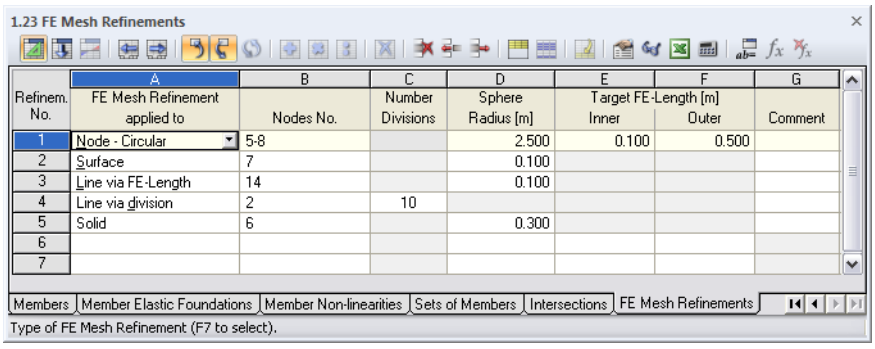
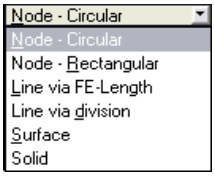


Figura 5.132: Tabla 1.23 *Refinamientos de malla de EF*

Refinamiento de malla de EF aplicado a



En esta sección del diálogo o columna de la tabla, se define la referencia del refinamiento de malla de EF y la forma de cómo será llevado a cabo. Hay seis opciones diferentes disponibles.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Nudo - Circular

Un área de refinamiento radial es definida en todas las direcciones alrededor del nudo.

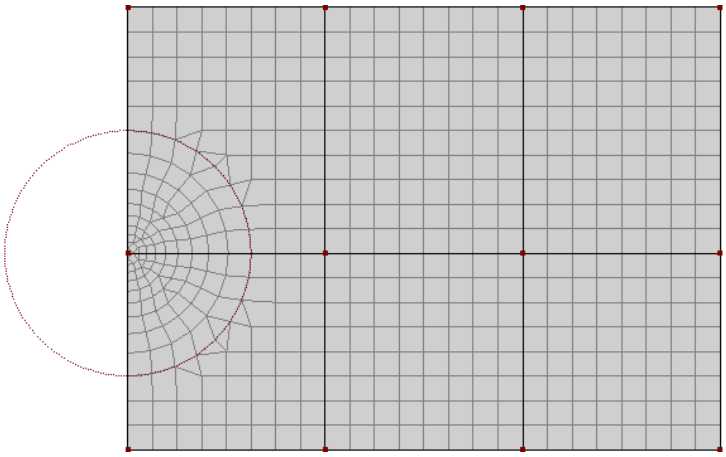


Figura 5.133: Refinamiento circular alrededor del nudo

Nudo - Rectangular

También se puede seleccionar esta opción para definir un área de refinamiento rectangular.

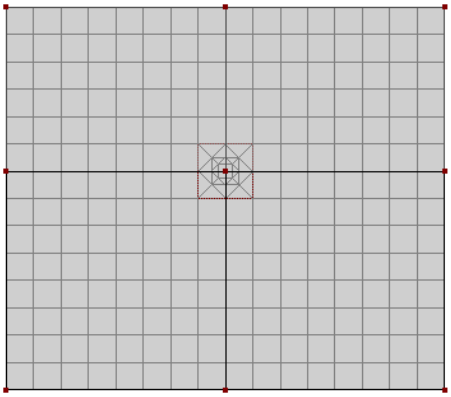


Figura 5.134: Refinamiento rectangular alrededor de un nudo

Línea por longitud de EF

Utilice esta opción para definir el espaciado de los nudos de EF a lo largo de una línea.

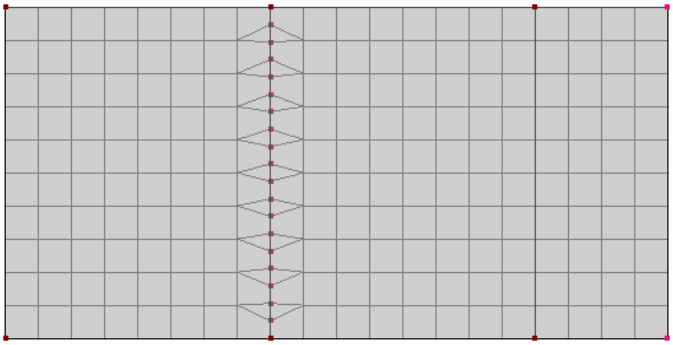


Figura 5.135: Refinamiento en línea a través de una longitud de EF

Línea por división

Una línea puede ser refinada mediante una serie de subdivisiones equidistantes. Este tipo de refinamiento es útil para líneas con propiedades de barras en particular.

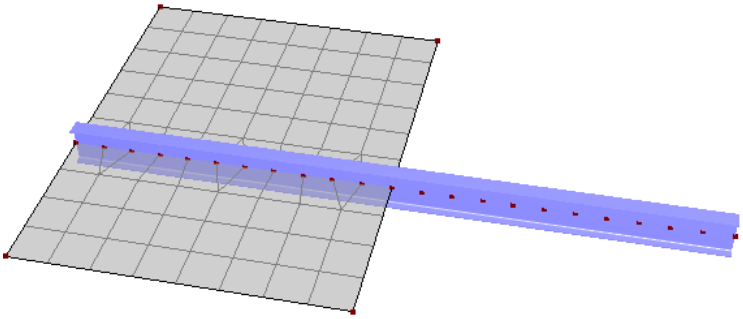


Figura 5.136: Refinamiento en la línea por división

Superficie

Utilice esta opción para definir la longitud lateral de los elementos finitos. Esta longitud será establecida como longitud de trabajo de los elementos finitos para toda la superficie.

Este tipo de refinamiento también puede ser utilizado en superficies con poca importancia para el análisis si una mayor longitud de trabajo de EF global es introducida.

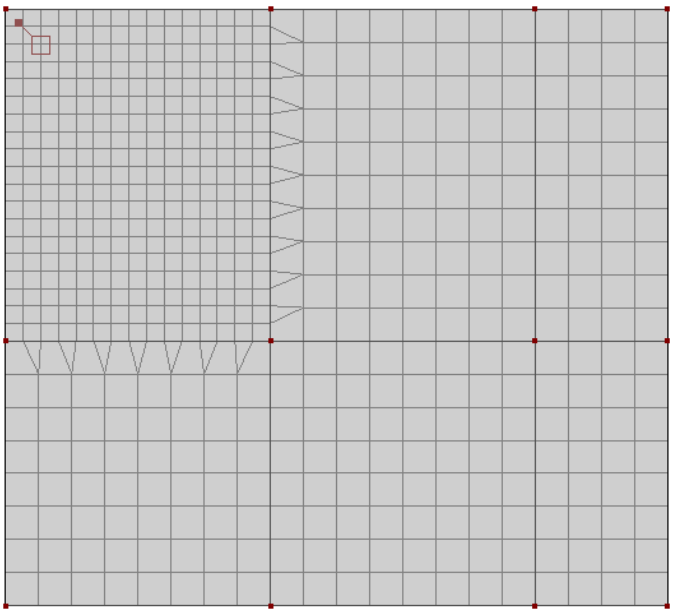


Figura 5.137: Refinamiento en una superficie

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Sólido

También es posible definir refinamientos de malla de EF para sólidos

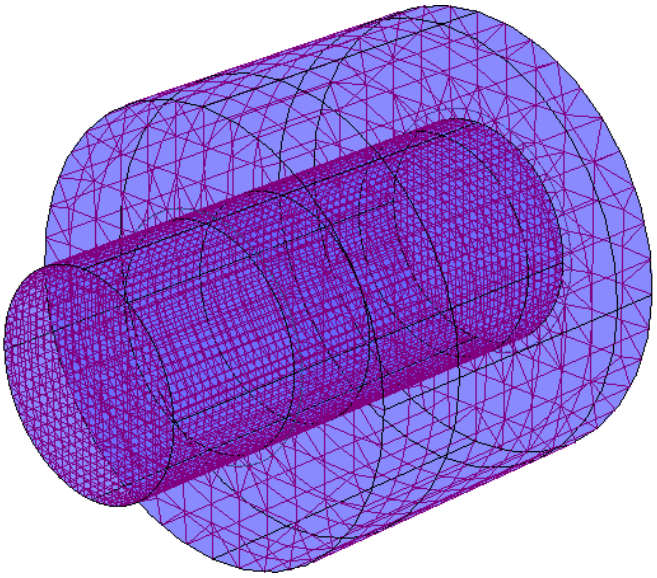


Figura 5.138: Refinamiento en un sólido

Nudos / Líneas / Superficies / Sólido núm.



Este campo de entrada o columna de la tabla se utiliza para introducir los números de los objetos en los cuales el refinamiento de malla de EF ha de ser aplicado. En el cuadro de diálogo *Nuevo refinamiento de malla de EF*, se puede utilizar el botón [Seleccionar] para seleccionar los objetos gráficamente.

Parámetros

Radio

Si se selecciona un refinamiento circular alrededor de un nudo se ha de especificar el *Radio* del área de refinamiento. Adicionalmente, se ha de definir la *Longitud de trabajo de EF* en el centro (*Interior*) y en el perímetro (*Exterior*) del círculo. Cuando se genera la malla de EF, el refinamiento de malla se lleva a cabo gradualmente hacia el centro, porque la longitud de EF en la periferia del área de refinamiento es normalmente idéntica al ancho de la malla global.

Para grandes diferencias de la longitud de EF exterior e interior se recomienda establecer un radio no muy pequeño, con el objetivo de evitar elementos finitos triangulares de ángulo agudo en el área de refinamiento.

Longitud lateral

En caso de refinamiento rectangular alrededor de un nudo, el área de refinamiento es definida por su longitud lateral. La Longitud de trabajo de EF en el centro (Interior) del refinamiento ha de ser especificada adicionalmente..

Número de nudos EF de división

Para un refinamiento en *Línea por división*, el número de nudos de EF ha de ser especificado. Así el número definido de nudos de EF equidistantes será generado sobre la línea.

Longitud de trabajo de EF para líneas, superficies o sólidos

Si se ha seleccionado el refinamiento en una línea, superficie o sólido, la longitud de trabajo de los correspondientes objetos ha de ser introducida.

6. Cargas y combinaciones

Las cargas actuantes sobre la estructura son administradas en diferentes casos de carga. Estos casos de carga pueden ser superpuestos en grupos de carga o combinaciones de cargas.

Antes de poder definir las cargas ha de ser creado un caso de carga (ver capítulo 7).

6.1 Casos de carga

Descripción general

Todas las cargas de una acción son guardadas en un caso de carga (**CC**). Los casos de carga son, por ejemplo, el peso propio, nieve o sobrecargas de uso.

Las cargas han de ser definidas en el caso de carga como cargas de servicio, lo que significa **sin coeficientes**. Los coeficientes parciales pueden ser considerados más tarde cuando los casos de carga se superpongan en los grupos de carga o combinaciones de carga.

Para cada carga puntual, se puede definir si el cálculo se realiza de acuerdo con los análisis estáticos lineales, de segundo orden o grandes deformaciones.

Definir un nuevo caso de carga

Existen tres posibilidades para abrir un cuadro de diálogo para crear un nuevo caso de carga:

- En el menú **Insertar,** haga clic en **Cargas** y seleccione **Nuevo caso de carga**
- Utilice el botón de la barra de herramientas [Nuevo caso de carga] que se muestra a la izquierda.

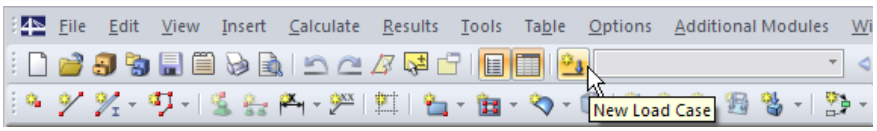


Figura 6.1: Botón *Nuevo caso de carga* en la barra de herramientas

- Use el menú contextual de la entrada del navegador *Casos de carga*.

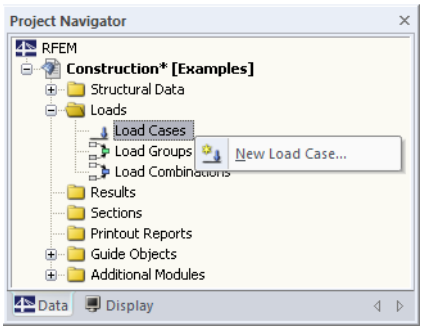


Figura 6.2: Menú contextual *Casos de carga* en el navegador *Datos*

El cuadro de diálogo *Nuevo caso de carga – Datos generales* aparece.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

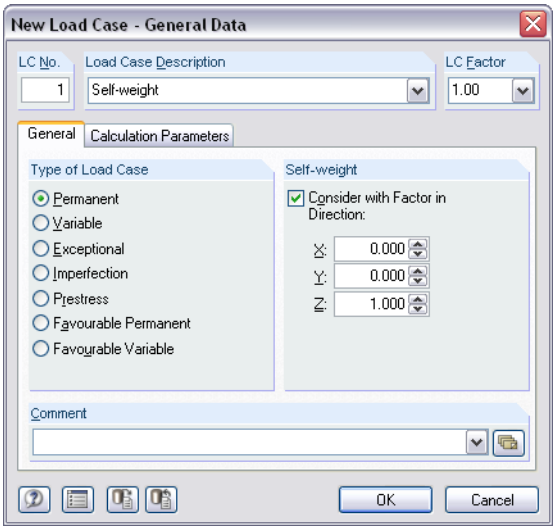


Figura 6.3: Cuadro de diálogo *Nuevo caso de carga – Datos generales*, registro *General*



El número del caso de carga es adjudicado por el programa. El número sugerido en el campo de entrada *CC núm.* puede ser sustituido por un número distinto, sin embargo, si este número ya existe, aparece un aviso y el cuadro de diálogo no se puede cerrar. Utilice el botón [Índice de todos los casos de carga disponibles] en la esquina izquierda inferior del cuadro de diálogo para abrir otro cuadro de diálogo mostrando todos los casos de carga que ya han sido definidos.

Aunque los casos de carga pueden ser enumerados de nuevo en RFEM 4 (ver capítulo 12.2.15, página 414), se recomienda un procedimiento meticuloso cuando se creen nuevos casos de carga. Los huecos en la numeración de los casos de carga están permitidos y han de ser usados para agregar casos de carga posteriormente.

En el campo de entrada *Descripción del caso de carga*, se puede asignar un nombre al caso de carga. La descripción puede ser introducida manualmente o seleccionada de la lista.

En el campo de entrada *Coeficiente de CC* se define el coeficiente por el cual las cargas del caso de carga van a ser multiplicadas. Este coeficiente también se puede introducir manualmente o seleccionado de una lista. Sin embargo, se recomienda dejar el coeficiente como 1.00 y establecer los coeficientes parciales posteriormente cuando se combinen los casos de carga en grupos de carga o combinaciones de carga. El coeficiente de carga también será considerado para los valores de carga mostrados en el gráfico. Generalmente también se permiten los coeficientes negativos.

Registro *General*

En la sección del diálogo *Tipo de caso de carga* se define el tipo de acción. Cuando los grupos de carga o combinaciones de carga sean creados, los coeficientes parciales son asignados automáticamente de acuerdo con estos tipos de casos de carga .

Si el peso propio de la construcción tuviera que ser considerado como carga, la casilla de verificación en la sección del cuadro de diálogo *Peso propio* ha de ser activada. Luego, se puede especificar la dirección del coeficiente de peso propio en uno de los tres campos de entrada. La opción predeterminada es 1.00 en la dirección Z (o –1.00, si el eje global X tiene sentido hacia arriba).

Registro *Parámetros de cálculo*

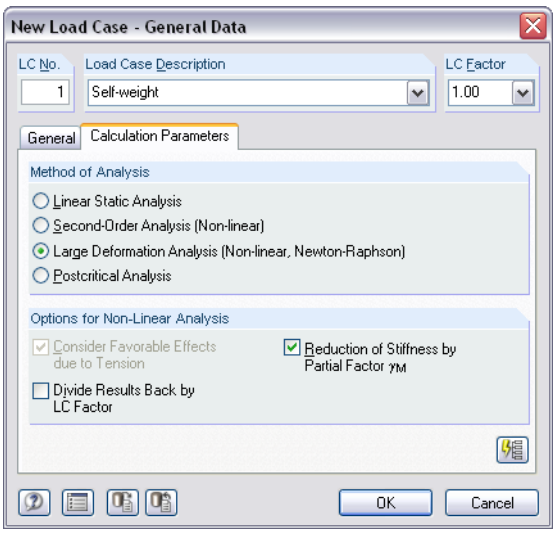


Figura 6.4: Cuadro de diálogo *Nuevo caso de carga – Datos generales*, registro *Parámetros de cálculo*

En la sección del diálogo *Método de análisis* se puede seleccionar si el caso de carga será calculado de acuerdo con el análisis estático lineal, de segundo orden o de grandes deformaciones. Seleccione la opción *Análisis postcrítico* para llevar a cabo un análisis de estabilidad concerniente al fallo postcrítico de toda la estructura. La configuración predeterminada para casos de carga es la de *Análisis estático lineal* (teoría de primer orden). Si el modelo incluye barras tipo cable, se sugiere utilizar un *Análisis para grandes deformaciones* de acuerdo con Newton-Raphson.

Si se selecciona otra opción diferente al análisis estático lineal, la sección del diálogo *Opciones* estará disponible para definir parámetros adicionales.

Considerar efectos favorables de tracción



Los esfuerzos de tracción tienen un efecto relevante en estructuras predeformadas. Debido a estos esfuerzos, la predeformación se reduce y se estabiliza la estructura.

Hay distintos puntos de vista sobre cómo considerar estos esfuerzos de tracción favorables. Las normas DIN 18800 y el Eurocódigo contienen reglas sobre qué acciones relevantes han de ser consideradas con un coeficiente parcial menor que el de las acciones desfavorables.

Los coeficientes parciales que varían de una barra a otra no pueden ser realizados en un tiempo de cálculo aceptable. Sin embargo, es posible establecer los esfuerzos de tracción como cero en general. Gracias a esta aproximación siempre estará del lado seguro. Si quiere utilizar esta opción anule la selección en la casilla de verificación.

Por otro lado, se puede argumentar que las normas tratan sobre acciones y no esfuerzos internos. Por lo tanto, sólo se ha de decidir si la acción completa es favorable o desfavorable. Así si un efecto desfavorable tiene efecto favorable en ciertas zonas de la estructura luego este efecto de hecho podría ser considerado. Si los esfuerzos axiles han de ser considerados sin cambios, de acuerdo con esta aproximación, marque la casilla de verificación.

Dividir resultados de nuevo por el coeficiente de CC

Algunas normas requieren que las acciones sean multiplicadas globalmente por un coeficiente. De este modo los efectos han de ser incrementados de acuerdo con el análisis de segundo orden, con respecto al análisis de estabilidad. Otra vez , el diseño ha de ser llevado a cabo con las cargas de servicio sin escala. Estos dos requisitos se pueden cumplir si se introduce un coeficiente de caso de carga mayor que 1.00 y se marca la casilla de verificación.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Reducción de rigidez mediante el coeficiente parcial γ_M

Si la casilla de verificación está seleccionada, las rigideces E*I o E*A serán divididas por γ_M. El coeficiente parcial del material γ_M se define aparte para cada uno de los materiales (capítulo 5.3, página 103).

Editar datos generales de los casos de carga existentes

Para cambiar los datos generales de una carga existente elija una de las cuatro opciones siguientes:

- En el menú **Edición** seleccione **Cargas** y luego haga clic en **Caso de carga – Datos generales** (Caso de carga seleccionado).
- En el menú **Edición** seleccione **Cargas** y luego haga clic en **Casos de carga** (Selección de todos los casos de carga).



Cuando se puede seleccionar un caso de carga y editar sus propiedades se abre un cuadro de diálogo con el botón [Editar caso de carga] mostrado a la izquierda.

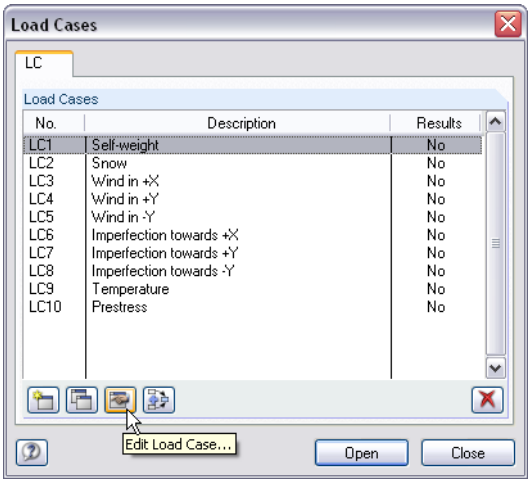


Figura 6.5: Cuadro de diálogo *Casos de carga*

- En el navegador *Datos* haga clic con el botón secundario del ratón en un caso de carga para abrir el menú contextual o doble clic sobre el propio caso de carga.

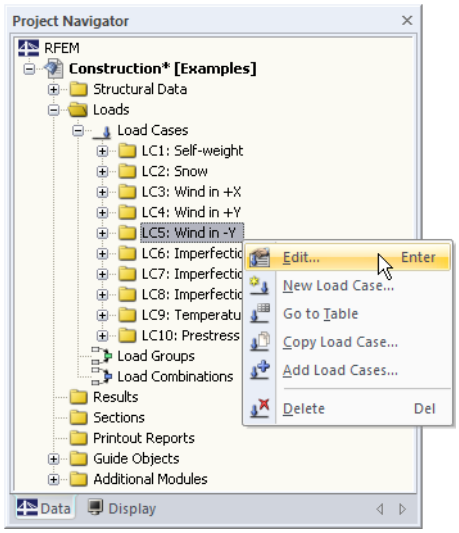


Figura 6.6: Menú contextual *Caso de carga*



- Use el botón [Datos generales] en la barra de herramientas de las tablas de cargas (caso de carga seleccionado) mostrado a la izquierda.

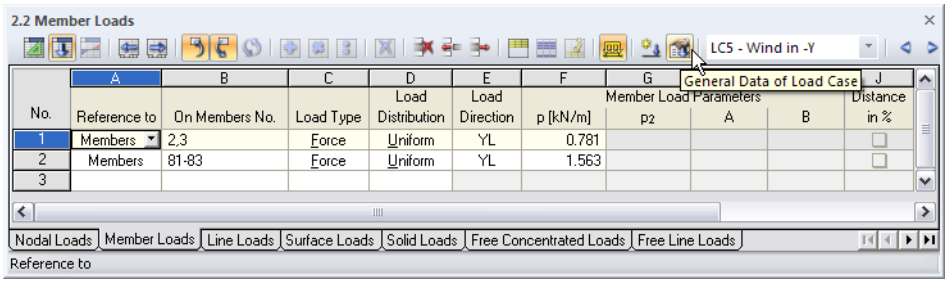


Figura 6.7: Botón [Datos generales del caso de carga] en la barra de herramientas de las tablas de cargas

Copiar y agregar casos de carga

El crear casos de carga puede ser más sencillo si se utilizan casos de carga ya existentes. En el menú **Archivo** seleccione **Datos estructurales** para abrir un cuadro de diálogo y acceder a las funciones de copiar.

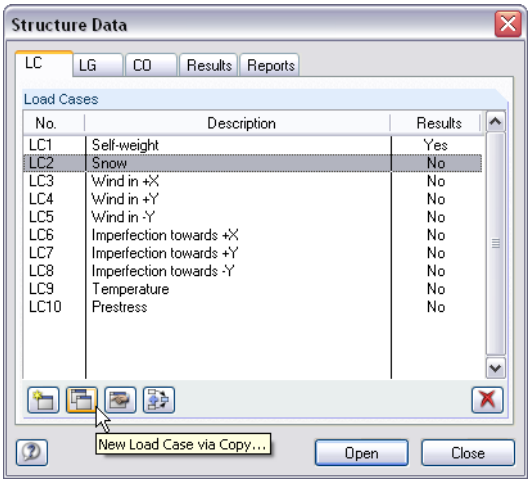


Figura 6.8: Cuadro de diálogo *Datos estructurales*, botón [Nuevo caso de carga por copia]

Copiar un caso de carga



Seleccione el caso de carga y utilice el botón [Nuevo caso de carga por copia] mostrado a la izquierda, para abrir otro cuadro de diálogo donde se define el número,y si es necesario, una descripción para el nuevo caso de carga. Las cargas serán transferidas al nuevo caso de carga y pueden ser modificadas posteriormente.

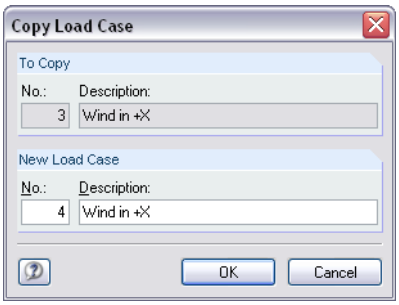


Figura 6.9: Cuadro de diálogo *Copiar caso de carga*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Agregar cargas

En contraste a la función copia se puede utilizar la función agregar cargas de un caso de carga para un caso de carga ya existente. Adicionalmente, es posible combinar las cargas de varios casos de carga en un nuevo caso de carga.



Seleccione el caso de carga cuyas cargas han de ser agregadas. Utilice el botón [Agregar cargas a casos de carga seleccionados] que se muestra a la izquierda, para abrir otro cuadro de diálogo donde se define si las cargas han de ser combinadas en un *Nuevo caso de carga* o agregadas a un *Caso de carga existente*. Si se selecciona la segunda opción, la lista de *Casos de carga disponibles* se activa para poder seleccionar el caso de carga de trabajo.

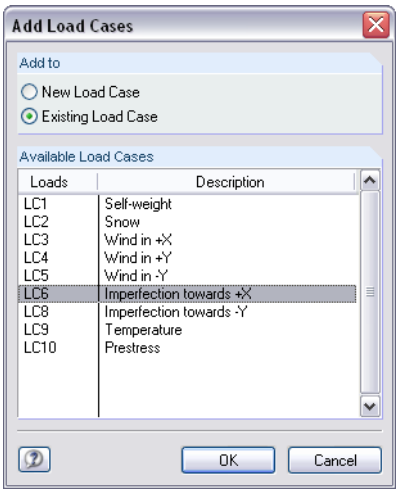


Figura 6.10: Cuadro de diálogo *Agregar casos de carga*

También se puede utilizar la selección múltiple (por ejemplo manteniendo pulsada la tecla [Ctrl]) en el cuadro de diálogo *Datos estructurales* para seleccionar varios casos de carga con el fin de combinar sus cargas en un nuevo caso de carga. Estas cargas también pueden ser agregadas a un caso de carga ya existente que no esté incluido en la selección múltiple.

6.2 Grupos de carga

Descripción general

Crear un grupo de carga (**GC**) es la primera opción para combinar casos de carga. Superponer casos de carga en una combinación de carga es la segunda opción (ver siguiente capítulo 6.3, página 197).

Diferencia entre grupo de carga y combinación de carga

En un grupo de carga, todas las cargas de los casos de carga incluidos se suman como un “gran caso de carga”, teniendo en cuenta sus respectivos coeficientes parciales. Entonces será calculado este caso de carga.

En una combinación de carga todos los casos de carga son calculados primero. Los resultados serán superpuestos luego, teniendo en cuenta los coeficientes parciales.



Como principio básico, se han de crear grupos de carga si se quieren superponer varios casos de carga de acuerdo con los análisis de segundo orden o grandes deformaciones . Lo mismo se aplica a estructuras con elementos no lineales. El siguiente ejemplo explica este requisito.

Una losa con apoyo elástico se carga con dos casos de carga diferentes. En el caso de carga 1, la carga superficial actúa en toda la placa. En el caso de carga 2 es sólo una carga parcial. El apoyo elástico de la losa es ineficaz si las fuerzas de contacto son negativas, por lo que los esfuerzos de levantamiento no pueden ser absorbidos. En ambos casos no se considera el peso propio de la losa.

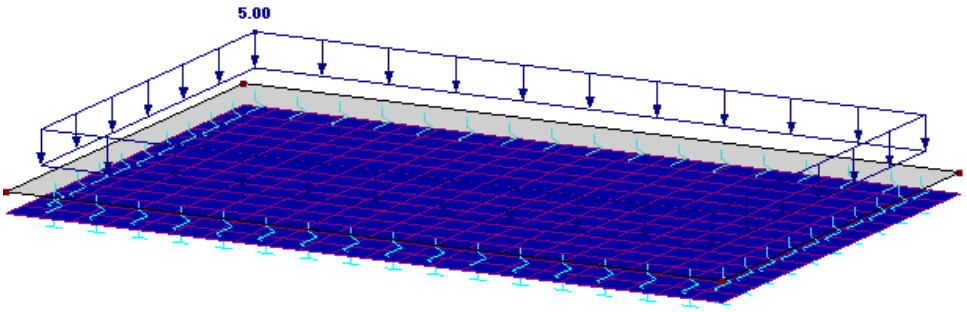


Figura 6.11: Carga y deformación en el CC 1

En el caso de carga 1 el apoyo elástico es ineficaz para la losa completa.

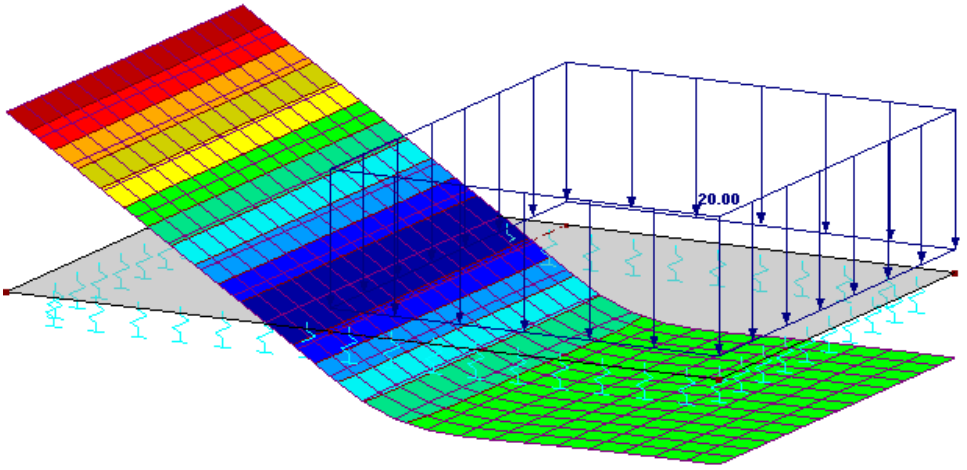


Figura 6.12: Carga y deformación en el CC 2

En el caso de carga 2, el apoyo elástico sólo es eficaz en la parte derecha de la superficie. La parte izquierda de la losa se eleva hacia arriba.

Si se superponen ambos casos de carga en una combinación de carga, aparece un mensaje de advertencia. Debido a los efectos no lineales, una suma de los resultados no está permitida porque las deformaciones en ambos casos de carga están basadas en dos sistemas estáticos diferentes. En una combinación de carga, la elevación de la parte izquierda debido al caso de carga 2 sería visible.

Por lo tanto, los dos casos de carga han de ser combinados en un grupo de carga.

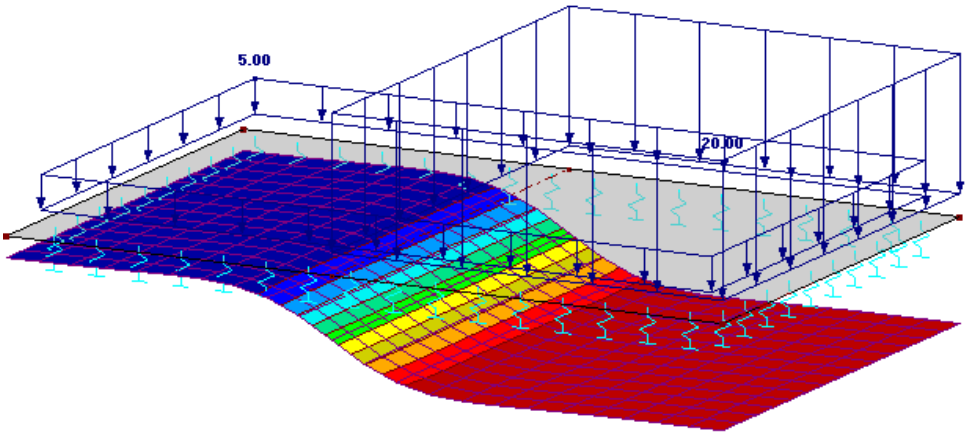


Figura 6.13: Carga y deformación del grupo de carga

El gráfico muestra que la losa es eficaz para las dos cargas sin fallo.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Crear un nuevo grupo de carga

Existen tres posibilidades para abrir el cuadro de diálogo para crear un nuevo grupo de carga:

- Utilice el menú **Insertar** seleccionando **Grupo de carga**.
- Utilice el botón de la barra de herramienta [Nuevo grupo de carga] mostrado a la izquierda.

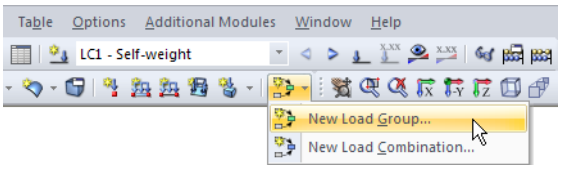


Figura 6.14: Botón *Nuevo grupo de carga* en la barra de herramientas

- Use el menú contextual de la entrada del navegador **Grupo de carga**.

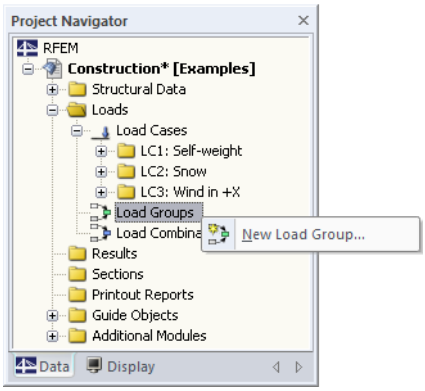


Figura 6.15: Menú contextual *Grupos de carga* en el navegador *Datos*.

En el cuadro de diálogo *Nuevo grupo de carga* aparece.

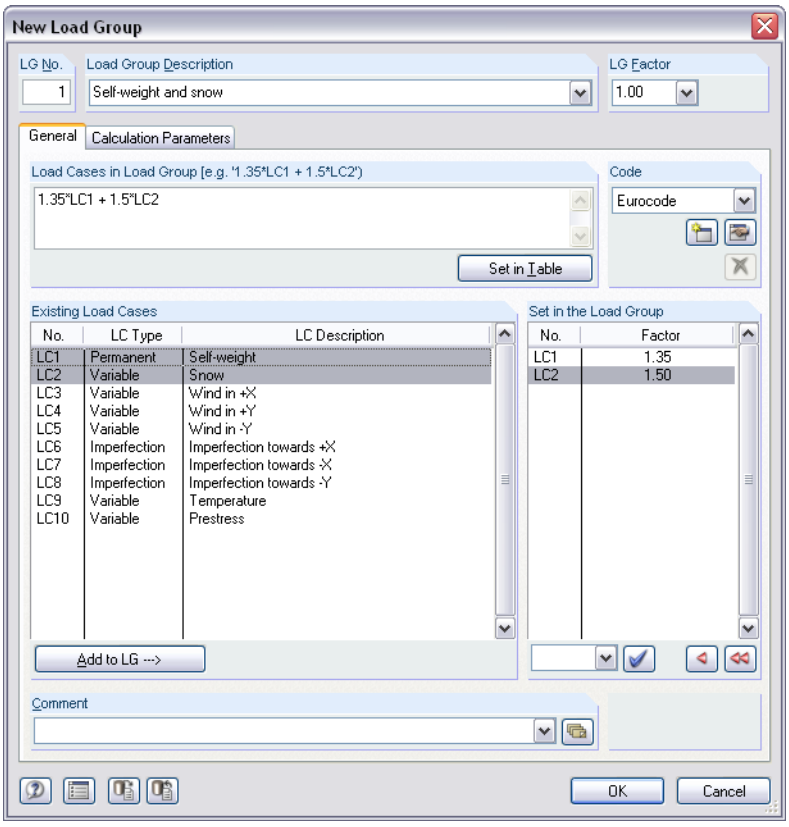


Figura 6.16: Cuadro de diálogo *Nuevo grupo de carga*, registro *General*



En el campo de entrada *GC núm*. un número es automáticamente asignado por el programa, pero puede ser cambiado cuando se quiera. Emplee el botón [Índice de todos los grupos de carga disponibles] en la esquina inferior izquierda del cuadro de diálogo para abrir otro cuadro de diálogo mostrando todos los grupos de carga que ya han sido definidos.

En el campo de entrada *Descripción del grupo de carga* se puede asignar un nombre al grupo de carga. La descripción puede ser introducida manualmente o seleccionada de la lista. Al igual que las descripciones introducidas manualmente se guardan en la lista, también están disponibles para todas las estructuras.

El valor del campo *Coeficiente de GC* define el coeficiente por el cual todas las cargas incluidas en el grupo de carga son multiplicadas. Algunas normas requieren que las acciones sean multiplicadas globalmente por un coeficiente. De esta forma, los efectos pueden ser incrementados de acuerdo con el análisis de segundo orden con respecto al análisis de estabilidad.

Registro *General*

En el campo de entrada *Casos de carga en grupo de carga,* los casos de carga pueden ser agregados o substraídos por cualquier factor (coeficientes parciales). Sin embargo, la jerarquización de la entrada no está permitida.

Ejemplo: CC1 + 0.5*CC3

Para la carga simple del caso de carga 1 se agrega la mitad de la carga del caso de carga 3.



Para transferir las entradas que han sido definidas manualmente en la tabla *Definir en el grupo de carga,* en la esquina inferior derecha haga clic en el botón [Definir en tabla].



También se puede utilizar el ratón para combinar estas cargas. Primero, seleccione las cargas relevantes en la tabla *Casos de carga existentes*. Con el fin de seleccionar varios casos de carga, mantenga pulsada la tecla [Ctrl] al hacer clic. Haga clic en el botón [Agregar a GC →] para transferir los casos de carga con los coeficientes parciales de la norma seleccionada automáticamente en la tabla *Definir en el grupo de carga.*



Los coeficientes de los casos de carga transferidos pueden ser modificados consecuentemente. Seleccione un caso de carga en la tabla derecha e introduzca el coeficiente apropiado en el campo de entrada por encima de la tabla. También se puede seleccionar el coeficiente de una lista. Para confirmar el coeficiente haga clic en el botón [Agregar el coeficiente del caso de carga seleccionado].

Los coeficientes parciales son generados de acuerdo con la norma que ha sido establecida en la sección del diálogo *Norma*. Adicionalmente a las normas habituales, también se puede seleccionar la opción *Servicio*. Si esta opción está seleccionada, todos los coeficientes parciales serán establecidos en 1.00.



Para cambiar todos los coeficientes parciales de la norma seleccionada en la lista, utilice el botón [Editar configuración de norma] mostrado a la izquierda. Para definir los coeficientes de una nueva norma definida por el usuario utilice el botón [Crear nueva norma].

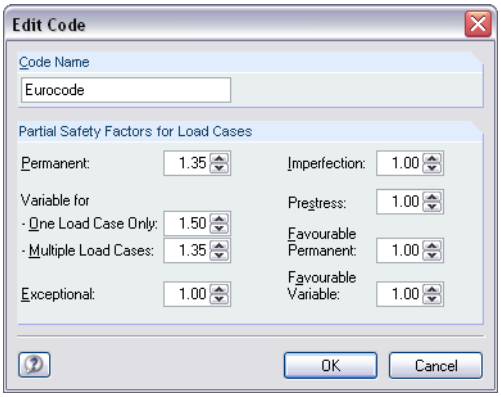


Figura 6.17: Cuadro de diálogo *Editar norma*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Registro *Parámetros de cálculo*

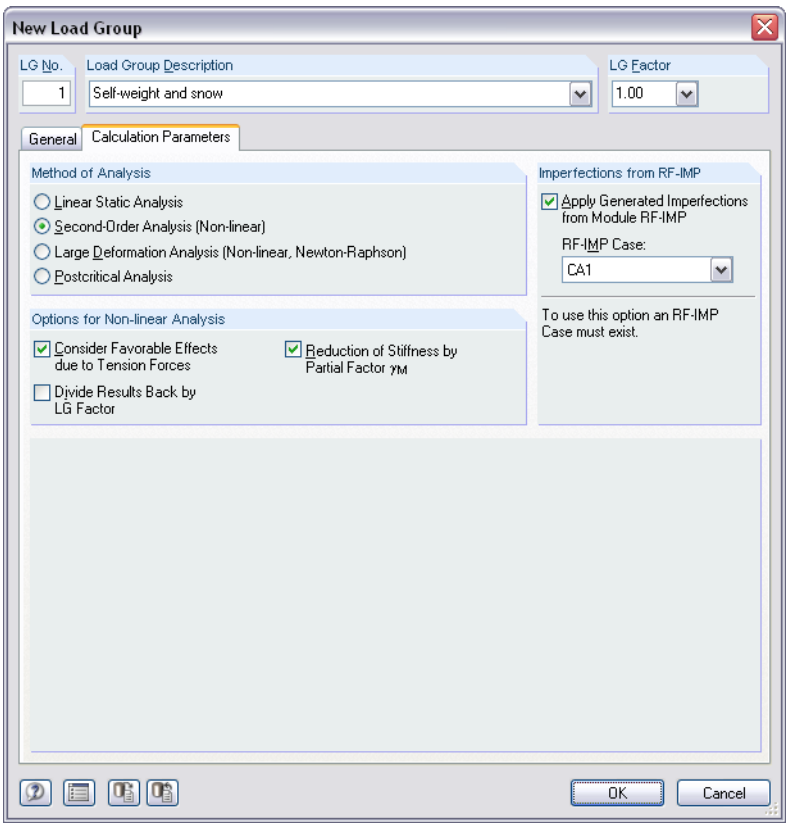


Figura 6.18: Cuadro de diálogo *Nuevo grupo de carga*, registro *Parámetros de cálculo*

Para cada grupo de carga puntual se puede definir si el cálculo ha de ser llevado a cabo de acuerdo con el análisis estático lineal, de segundo orden o de grandes deformaciones. Para información más detallada de este registro ver capítulo 6.1, página 188.

Imperfecciones desde RF-IMP

Es posible considerar imperfecciones bajo la forma de estructuras iniciales predeformadas que pueden ser creadas mediante el módulo adicional **RF-IMP**. Si este módulo no tiene licencia, sólo pueden ser utilizadas imperfecciones equivalentes para barras (capítulo 7.13, página 239) lo que implica no poder emplear imperfecciones en superficies.

Si el cálculo ha de ser llevado a cabo basándose en una superficie inicial predeformada, esta estructura ha de ser preestablecida en RF-IMP primero. Las imperfecciones que resultan de los valores propios de RF-STABILITY, RF-DYNAM o de las deformaciones de los casos de carga de RFEM, pueden ser guardadas como una estructura equivalente. Los datos estructurales originales del sistema no se verán afectados. Las coordenadas de los nudos de EF son modificadas solamente de acuerdo con la estructura equivalente en el grupo de carga antes de que el cálculo sea llevado a cabo. Para cada grupo de carga puede ser utilizada otra estructura inicial.

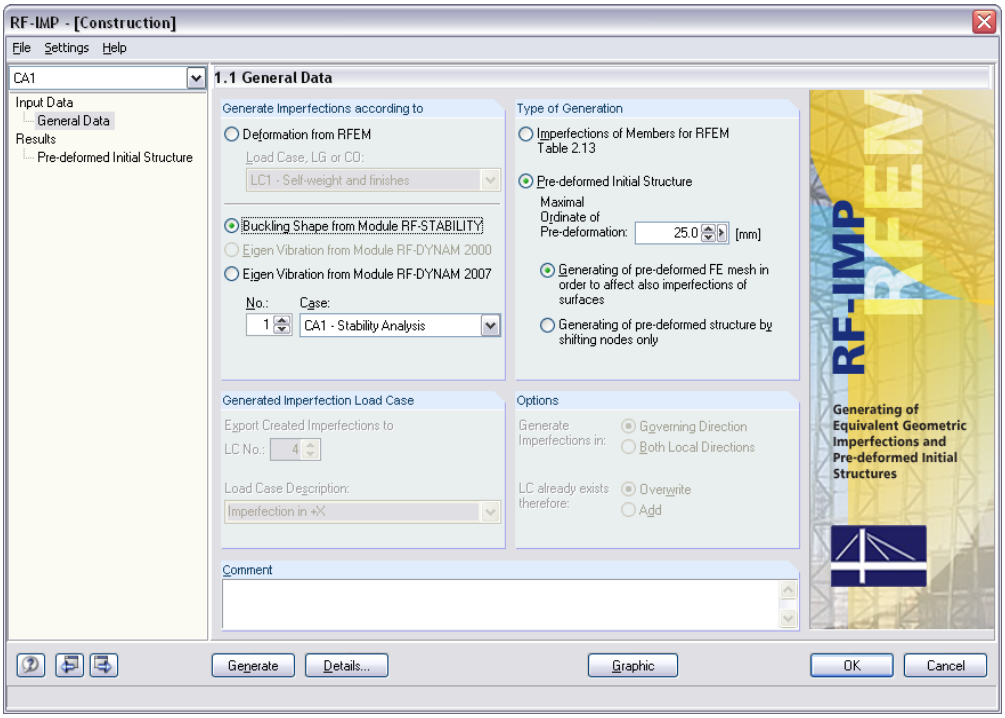


Figura 6.19: Módulo adicional RF-IMP

Editar datos generales de grupos de carga existentes

Para cambiar los datos generales de los grupos de carga existentes seleccione una de las siguientes opciones:



- En el menú **Edición** seleccionar **Grupos de carga**.

  Se abre un cuadro de diálogo en el cual puede seleccionar un grupo de carga y editar sus propiedades usando el botón [Editar grupo de carga seleccionado] mostrado a la izquierda.

- En el navegador *Datos* haga clic con el botón secundario del ratón en un grupo de carga para abrir su menú contextual o doble clic sobre el propio grupo de carga.

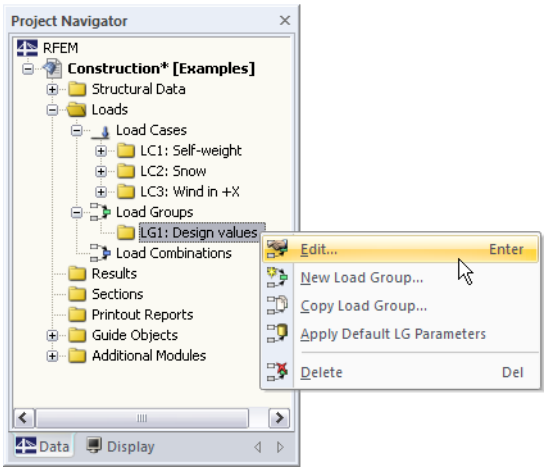


Figura 6.20: Menú contextual *Grupo de carga*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

6.3 Combinaciones de carga

Descripción general

Crear una combinación de carga (**CO**) es una de las dos opciones para combinar casos de carga. Superponer casos de carga en un grupo de carga es la otra opción (ver capítulo anterior 6.2, página 191).

Diferencia entre grupo de carga y combinación de carga

En una combinación de carga, todos los casos de carga incluidos se calculan primero. Los resultados serán superpuestos después teniendo en cuenta los coeficientes parciales.

En un grupo de carga, todas las cargas de un grupo de carga son sumadas primero como en un "gran caso de carga" teniendo en cuenta los coeficientes parciales respectivos. Este caso de carga será calculado luego.

Las combinaciones de carga no son adecuadas para análisis no lineal porque los resultados pueden no ser ciertos. A menudo, los elementos no lineales no fallan igualmente en los casos de carga puntuales por lo que los esfuerzos internos no pueden ser combinados correctamente. Adicionalmente los efectos de redistribución también pueden aparecer en el modelo.

En una combinación de carga, los resultados de los casos de carga, grupos de carga e incluso otras combinaciones de carga pueden ser superpuestos.



Normalmente, los esfuerzos internos se agregan, pero en principio también las substracciones son posibles. Tenga en cuenta, sin embargo, que los signos de los esfuerzos internos serán invertidos, así, por ejemplo, las esfuerzos de tracción se convierten en esfuerzos de compresión. Como una alternativa a una substracción se recomienda copiar el caso de carga (ver capítulo 6.1página 186), y para establecer el caso de carga en -1.00, en el caso de carga copiado. Este caso de carga será agregado en la combinación de carga.

Crear una nueva combinación de carga

Existen tres posibilidades para abrir el cuadro de diálogo para crear una nueva combinación de carga:

- En el menú **Insertar** seleccionar **Combinación de carga**.
- Usar el botón de la barra de herramientas [Nueva combinación de carga] mostrado a la izquierda.



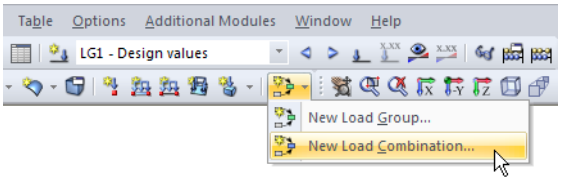


Figura 6.21: Botón *Nueva combinación de carga* en la barra de herramientas

- Utilizar el menú contextual de la entrada del navegador *Combinaciones de carga.*

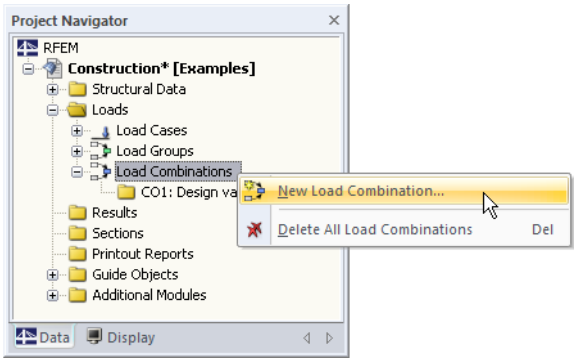


Figura 6.22: Menú contextual *Combinaciones de carga* en el navegador *Datos*

Aparece el cuadro de diálogo *Nueva combinación de carga*.

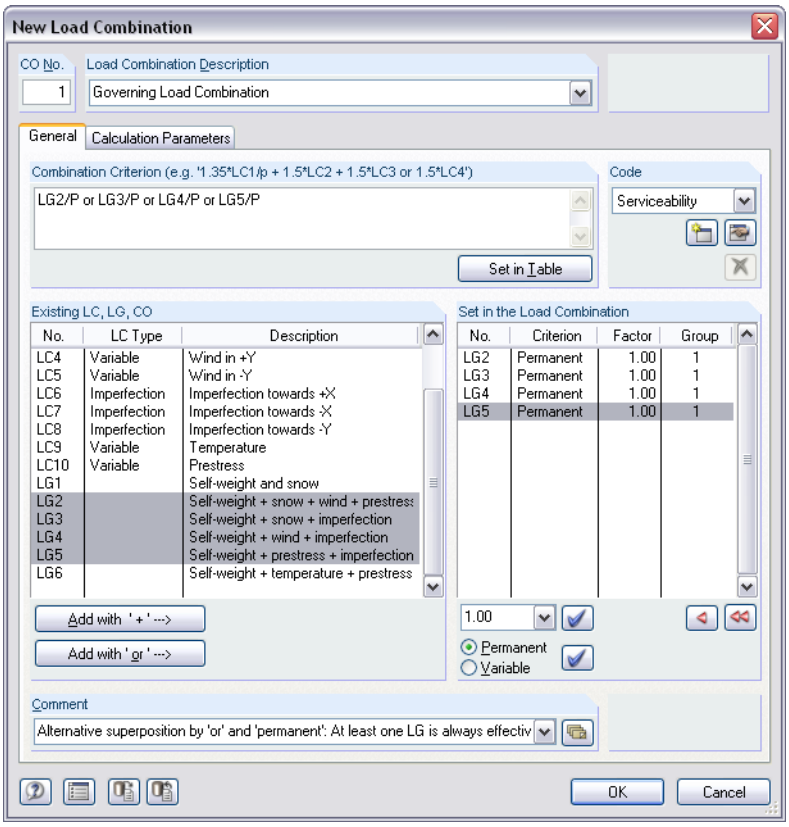


Figura 6.23: Cuadro de diálogo *Nueva combinación de carga*, registro *General*



En el campo de entrada *CO núm*. un número es automáticamente asignado por el programa, pero puede ser cambiado cuando se quiera. Emplee el botón [Índice de todas las combinaciones de carga disponibles] en la esquina inferior izquierda del cuadro de diálogo para abrir otro cuadro de diálogo mostrando todas las combinaciones de carga que ya han sido definidas.

En el campo de entrada *Descripción de la combinación de carga* se puede asignar un nombre a la combinación de carga. La descripción puede ser introducida manualmente o seleccionada de la lista. Al igual que las descripciones introducidas manualmente se guardan en la lista, también están disponibles para todas las estructuras.

Registro *General*

Los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga que se incluyen en una combinación de carga pueden ser etiquetados según sus efectos específicos. Los siguientes tipos de superposiciones están disponibles:

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Permanente



Si una acción fuera a ser establecida como permanente o incondicional el sufijo "**/p**" o "**/permanente**" ha de ser agregado manualmente en la sección del diálogo *Criterio de combinación*. También puede seleccionar una acción y hacer clic en la opción *Permanente* debajo de la tabla derecha. Para confirmar la entrada use el botón [Agregar criterio a selección].

Variable

Si una acción no tiene ningún sufijo, las cargas son consideradas solamente cuando sus esfuerzos internos llevan a resultados desfavorables.

Superposición O bien-O

Si las acciones no están combinadas de una forma aditiva con "**+**", pero sí con un "**O bien**" o un "**O**", entonces serán tratadas como mutuamente excluyentes. Sólo se consideran los esfuerzos internos de la acción que sustituye la contribución más desfavorable a los resultados. Las acciones que son consideradas en esta superposición alternativa han de ser marcadas uniformemente como o bien "permanente" o "variable" (por ejemplo "CC1/p o CC2" no está permitido).

En el campo de entrada *Criterio de combinación,* los casos de carga , grupos de carga y combinaciones de carga pueden ser agregados , substraídos o superpuestos con "o" por cualquier coeficiente (coeficientes parciales). Sin embargo, la j erarquización de la entrada no está permitida.

Algunos ejemplos para combinaciones de carga:

- **CC1/p + CC2/p + CC3**

Los casos de carga 1 y 2 son superpuestos como permanentes, y el caso de carga 3 como variable.

- **CC1/p + GC2 + CC3 o CC4 o CC5**

El caso de carga 1 se considera permanente y el grupo de carga 2 como variable. La contribución desfavorable de los casos de carga 3, 4 ó 5 serán superpuestos como variables también, aunque sólo uno de ellos es eficaz (el más desfavorable).

- **1.2*GC1/p + 0.2*CO1 o -0.2*CO1**

1.2 veces el grupo de carga 1 será superpuesto como permanente con la contribución más desfavorable, o bien positiva o negativa 0.2 veces la combinación de carga1.

- **CO1/p o CO2/p o CO3/p o CO4/p**

Las combinaciones de carga de la 1 a la 4 serán comparadas como acciones permanentes entre ellas. La dotación será determinada como el resultado más desfavorable de los 4.



Para transferir las entradas que han sido manualmente definidas para la tabla *Definir en la combinación de carga* en el fondo derecho haga clic en [Definir en tabla].





También es posible crear combinaciones de carga utilizando el ratón. Primero, seleccione los objetos que han de ser superpuestos en la tabla CC, GC, CO existentes. Utilice el botón [Agregar con "+" →] para transferir las acciones con sus correspondientes coeficientes parciales a la tabla *Definir en la combinación de carga*. Utilice el botón [Agregar con "o" →] para transferir las acciones como mutuamente excluyentes. Serán marcadas con el mismo símbolo en la columna *Grupo* para indicar que son eficaces como alternativa.



Los coeficientes de las acciones transferidas pueden ser modificados consecuentemente. Seleccione un objeto en la tabla de la derecha e introduzca el coeficiente parcial de seguridad apropiado en el campo de entrada debajo de la tabla. Para confirmar el coeficiente, haga clic en el botón [Comprobar].

Los coeficientes parciales de seguridad son generados de acuerdo con la norma que ha sido establecida en la sección del diálogo *Norma*. Adicionalmente a las normas habituales, también se puede elegir la opción *Servicio*. Si esta opción es seleccionada todos los coeficientes son establecidos en 1.00.



Para cambiar los coeficientes parciales de seguridad del código que ha sido seleccionado en la lista, utilice el botón [Editar configuración de norma] mostrado a la izquierda. Para definir los coeficientes de una norma nueva definida por el usuario utilice el botón [Crear nueva norma].

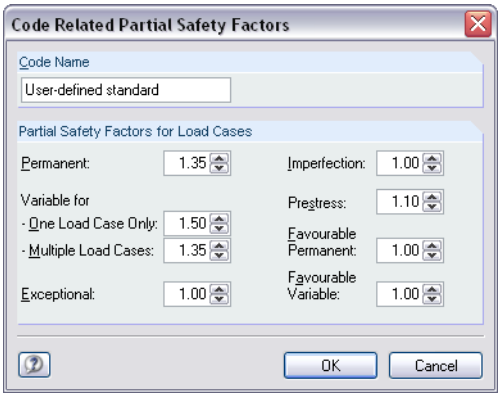


Figura 6.24: Cuadro de diálogo *Norma referida a los coeficientes parciales de seguridad* al crear una nueva norma

Registro *Parámetros de cálculo*

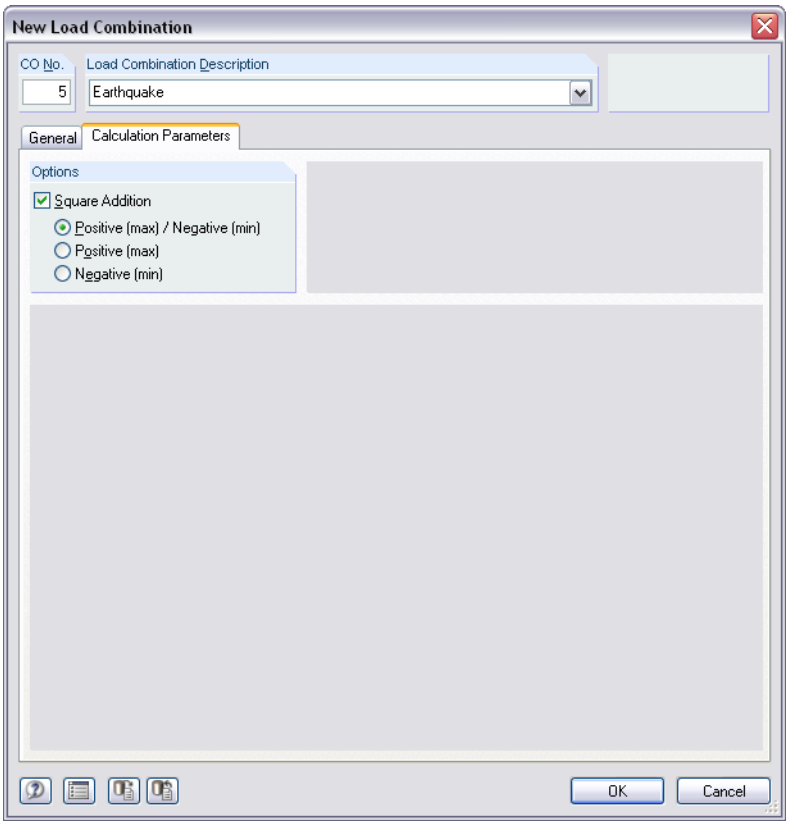


Figura 6.25: Cuadro de diálogo *Nueva combinación de carga*, registro *Parámetros de cálculo.*

En este cuadro de diálogo se puede activar la *Suma cuadrática*, en vez de la superposición aditiva habitual de los esfuerzos internos de acuerdo con

$$B = A_1 + A_2 + \ldots + A_n$$

Ecuación 6.1

Se determina la suma de Pitágoras para la adición cuadrática:

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

$$B = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + ... + A_n^2}$$

Ecuación 6.2

La suma cuadrática de los esfuerzos internos es requerida para los análisis dinámicos, por ejemplo, para combinaciones de cargas debidas a esfuerzos centrífugos.

Si se selecciona la suma cuadrática, las casillas de verificación *Positiva*/*Negativa* quedan disponibles, y se puede decidir qué valores extremos son considerados en la combinación.

Editar los datos generales de las combinaciones de carga

Para cambiar los datos generales de combinaciones de carga ya existentes, seleccione una de las opciones siguientes:

- En el menú **Edición** seleccione **Combinaciones de carga**.

  Se abre un cuadro de diálogo en el que se puede seleccionar una combinación de carga y editar sus propiedades usando el botón [Editar la combinación de carga seleccionada] que se muestra a la izquierda.

- En el navegador *Datos* haga clic con el botón secundario del ratón en una combinación de carga para abrir su menú contextual, o doble clic en la propia combinación de carga.

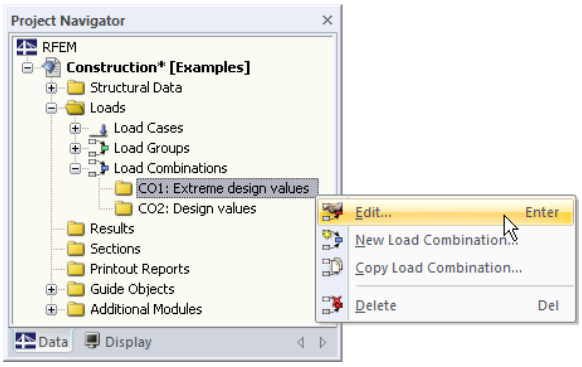


Figura 6.26: Menú contextual *Combinación de carga*

Usar esquemas de combinaciones

Se pueden crear constelaciones de combinaciones de carga mediante esquemas de combinaciones y guardarlas en la biblioteca para su uso posterior. Para abrir el cuadro de diálogo de los esquemas de combinaciones seleccione **Esquema de combinación** en el menú **Herramientas**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

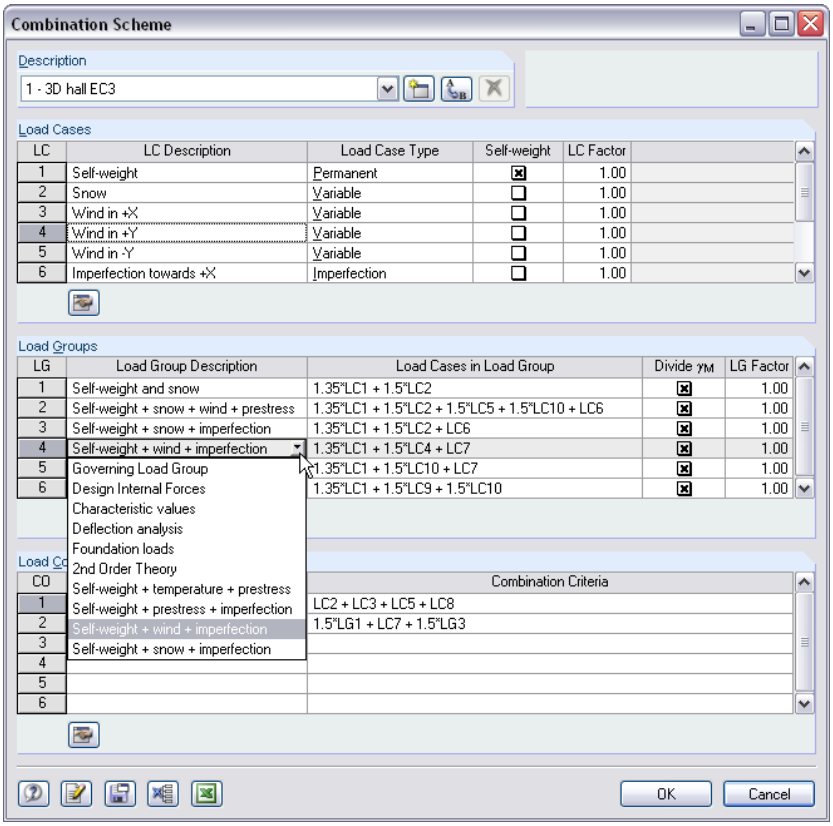


Figura 6.27: Cuadro de diálogo *Esquema de combinación*



En la sección del diálogo *Descripción* seleccione un esquema de combinación de la lista. También se puede utilizar el botón [Crear nuevo esquema de combinación] mostrado a la izquierda.



En la sección del diálogo *Casos de carga* se introducen los diferentes casos de carga. Si se selecciona una entrada de caso de carga también se puede utilizar el botón [▼] al final del campo de entrada, para elegir una descripción de un caso de carga predefinido. Para abrir el cuadro de diálogo *Editar caso de carga – Datos generales* (figura 6.3, página 187) utilice el botón [Editar caso de carga] debajo de la tabla.

Asegúrese de asignar el tipo de caso de carga, el peso propio y el coeficiente de CC correctamente.



En la sección del diálogo *Grupos de carga* y *Combinaciones de carga* se introducen las especificaciones de superposición. Para determinar los coeficientes parciales de seguridad con más facilidad se puede utilizar el botón [Editar] otra vez.



Haga clic en el botón [Guardar esquema de combinación] mostrado a la izquierda para guardar el esquema de combinación generado. Los casos de carga, grupos y combinaciones serán creados después de confirmar el cuadro de diálogo haciendo clic en el botón [Aceptar].



No se olvide de introducir las cargas en RFEM 4. El esquema de combinación sólo representa el marco para los casos de carga disponibles, grupos y combinaciones.

Para otras estructuras basadas en el mismo esquema, todos los casos de carga, grupos y combinaciones pueden ser generados sin introducir ningún dato adicional. Abra este cuadro de diálogo otra vez y seleccione el esquema de combinación de la lista y confírmelo haciendo clic en [Aceptar].

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

7. Cargas

Al igual que la entrada para datos estructurales RFEM 4 ofrece varias formas de introducir los datos de las cargas. Se pueden definir las cargas en un cuadro de diálogo o en una tabla, y a menudo también directamente en el gráfico.



Los cuadros de diálogo y la entrada gráfica se abren mediante:

- Subelementos del menú **Insertar,** subentrada **Cargas**
- Botones de la barra de herramientas *Insertar*
- Menús contextuales del navegador *Datos*.

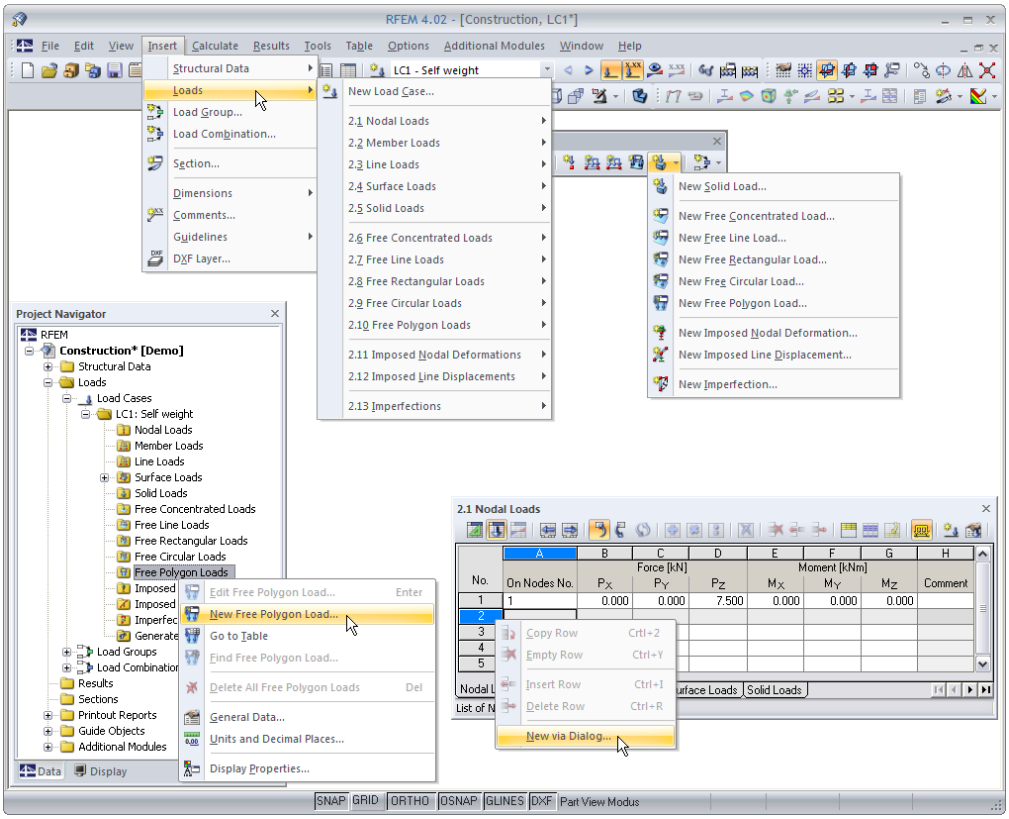


Figura 7.1: Opciones de entrada mediante el menú, barra de herramientas y los menús contextuales.

Para cambiar una carga ya definida utilice los **cuadros de diálogo** o la **tabla.**

Los cuadros de diálogo para editar se abren mediante

- subentradas en el menú **Edición**, subentrada **Cargas**
- menús contextuales o haciendo doble clic en la cargas en el gráfico
- menús contextuales o haciendo doble clic en la cargas en el navegador *Datos*.

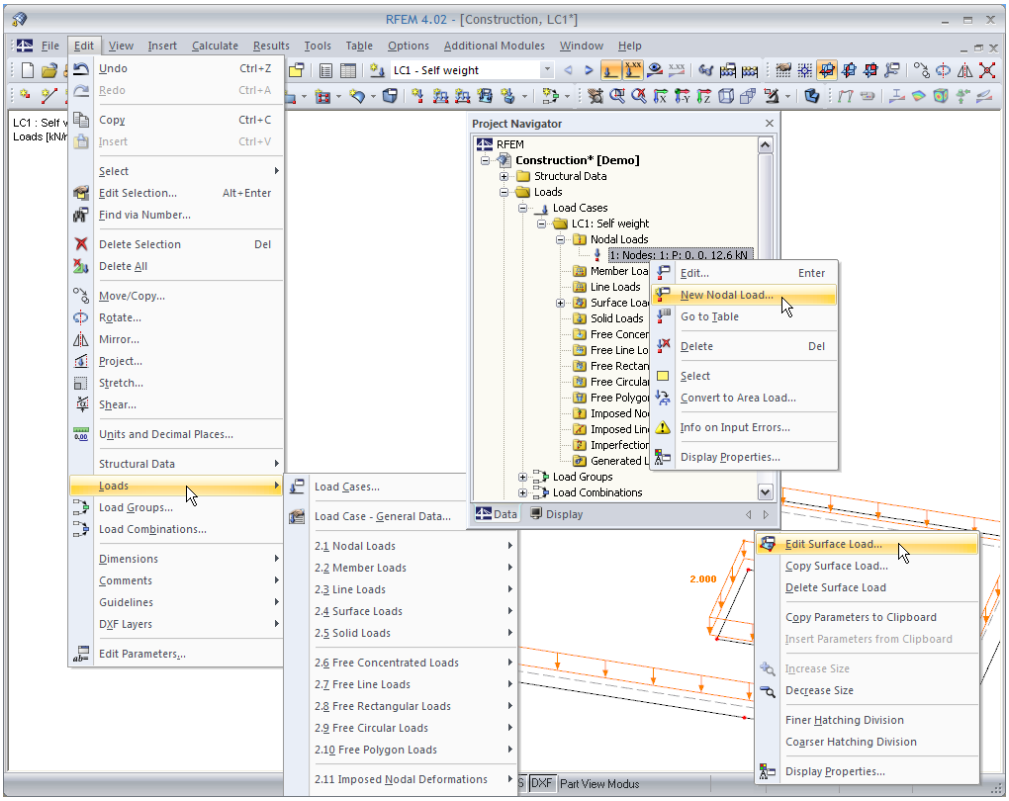


Figura 7.2: Abrir cuadros de diálogo para editar mediante menús y menús contextuales



Las modificaciones de entrada llevadas a cabo en la interfaz gráfica del usuario son mostradas inmediatamente en la tabla y viceversa. Para abrir las tablas de las cargas utilice el botón en la barra de herramientas de la tabla mostrado a la izquierda y debajo.

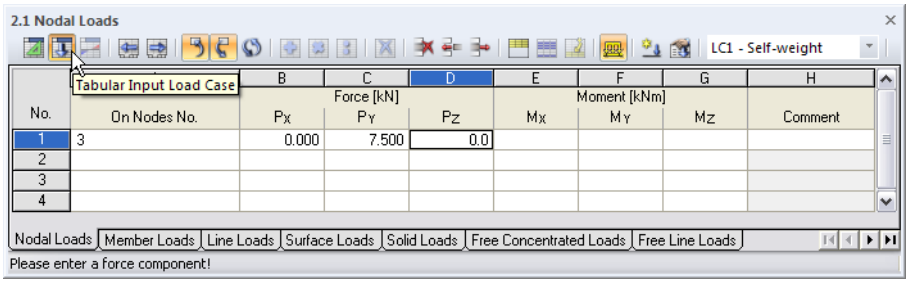


Figura 7.3: Botón [Caso de carga de entrada tabular]

Las tablas ofrecen una buena visión de conjunto de los datos guardados. Adicionalmente, los datos de la hoja de cálculo pueden ser rápidamente editados e importados.



En el menú **Tabla** seleccione **Optimizar datos de carga** para decidir si las cargas han de ser comprimidas o descomprimidas en la tabla activa o en todas las tablas, lo que implica numeradas o combinadas juntas o línea por línea. También se pueden utilizar los botones de la tabla mostrados a la izquierda.

En todos los cuadros de diálogo y tablas se puede agregar un *Comentario* para especificar la carga. También se pueden emplear comentarios definidos como predeterminados (ver capítulo 12.6.3, página 468).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

7.1 Cargas en nudos

Descripción general



Las cargas en nudos son esfuerzos y momentos que actúan sobre nudos (ver capítulo 5.1, página 88).

Para aplicar una carga en el nudo se debe seleccionar previamente un nudo.

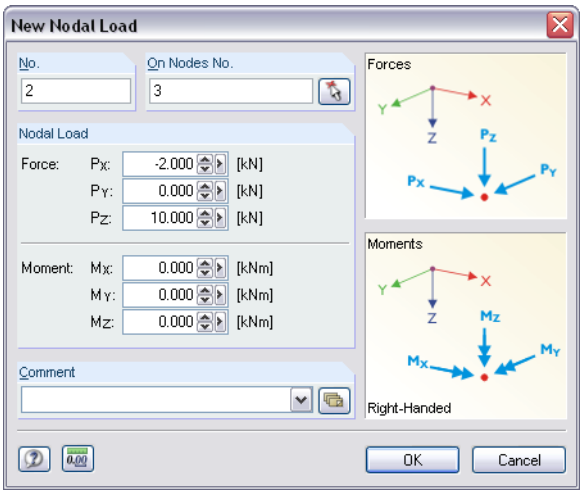


Figura 7.4: Cuadro de diálogo *Nueva carga en nudo*

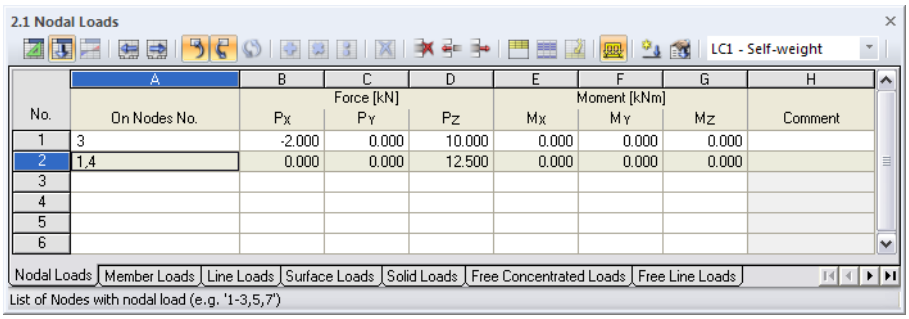


Figura 7.5: Tabla 2.1 *Cargas en nudos*

El número de la carga en el nudo se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo Nueva carga en nudo, pero se puede cambiar en cualquier momento. El orden de la numeración no es importante.

En los nudos núm.



En este campo de entrada o columna de la tabla se definen los nudos en los que se va a aplicar la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga en nudo* también se pueden seleccionar gráficamente utilizando el botón [Seleccionar] que se muestra a la izquierda.



Si se selecciona la entrada gráfica se tienen que definir primero los datos de carga. Después de hacer clic en [Aceptar], se pueden seleccionar en el gráfico los nudos correspondientes, uno después de otro.

Esfuerzo P_X / P_Y / P_Z

Los esfuerzos en el nudo se refieren al sistema de coordenadas globales como vectores. Si un esfuerzo no actúa paralelo a uno de los ejes globales, sus componentes X, Y y Z se deben determinar e introducir en los correspondientes campos de entrada.

Cuando el tipo de estructura para losas o muros ha sido previamente seleccionado en el cuadro de diálogo *Datos generales,* no es posible utilizar los tres campos de entrada o columnas de la tabla.

Momento M_X / M_Y / M_Z

El momento en el nudo también está referido al sistema de coordenadas globales X, Y y Z. Para un momento sesgado df las componentes X, Y y Z se deben determinar antes de introducirlas en los campos de entrada.

Un momento positivo actúa en la dirección de las agujas del reloj sobre el correspondiente eje global positivo. La entrada se puede visualizar en el gráfico, en vez de la visualización de vectores también puede ser seleccionada una visualización de arco.

En el menú **Opciones**, sitúe el puntero sobre **Mostrar propiedades** y seleccione **Editar**.

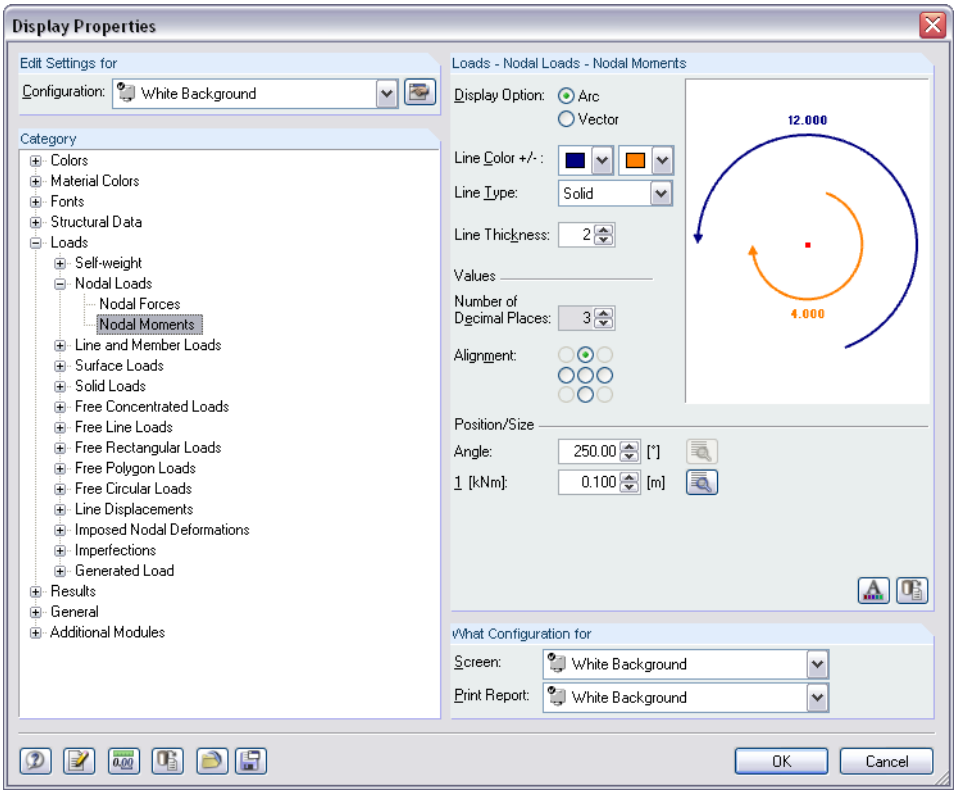


Figura 7.6: Cuadro de diálogo *Mostrar propiedades*: Momentos en el nudo con la opción de visualización *Arco*.

En la sección del diálogo *Categoría* a la derecha seleccione **Cargas en nudo** y **Momentos en nudo**, y luego seleccione la *Opción de visualización* **Arco** en la esquina superior derecha del cuadro de diálogo.

Las cargas en el nudo también pueden ser importadas de las hojas de cálculo de Excel (ver capítulo 13.5.2.5, página 500).

Debido a la introducción de la carga que está centrada en un único nudo de EF, las cargas de nudos normalmente producen singularidades. Para reducir este efecto seleccione **Convertir carga lineal/en nudo a carga superficial** en el menú **Herramientas**. El cuadro de diálogo para convertir cargas en el nudo también se puede abrir en el menú contextual de la correspondiente carga en el nudo. Para abrir el menú contextual, haga clic con el botón secundario del ratón en la correspondiente carga en el nudo.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

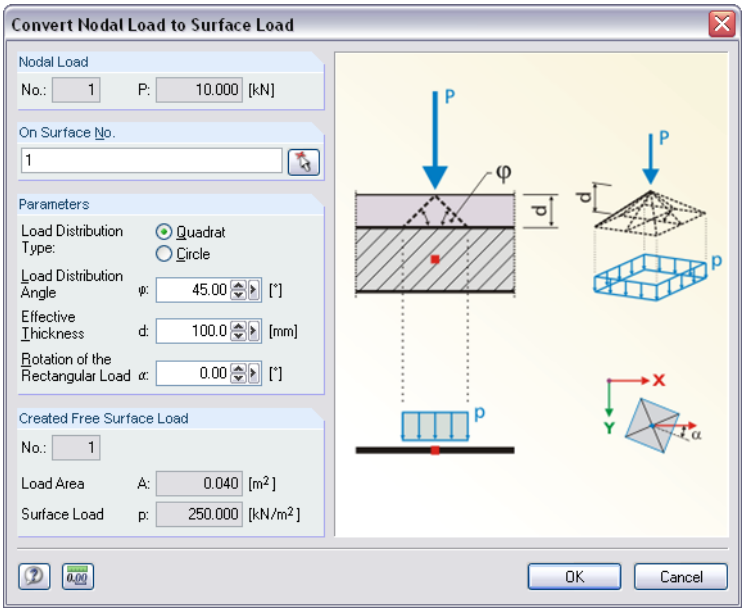


Figura 7.7: Cuadro de diálogo *Convertir carga en nudo a carga superficial*

En este cuadro de diálogo se pueden definir los parámetros para la distribución de carga. Después de hacer clic en [Aceptar], la correspondiente carga libre circular o rectangular será creada.

7.2 Cargas en barras

Descripción general



Las cargas en barras son esfuerzos, momentos, acciones de temperatura o deformaciones impuestas que actúan en las barras.

Para aplicar una carga en barra, se debe definir una barra previamente.

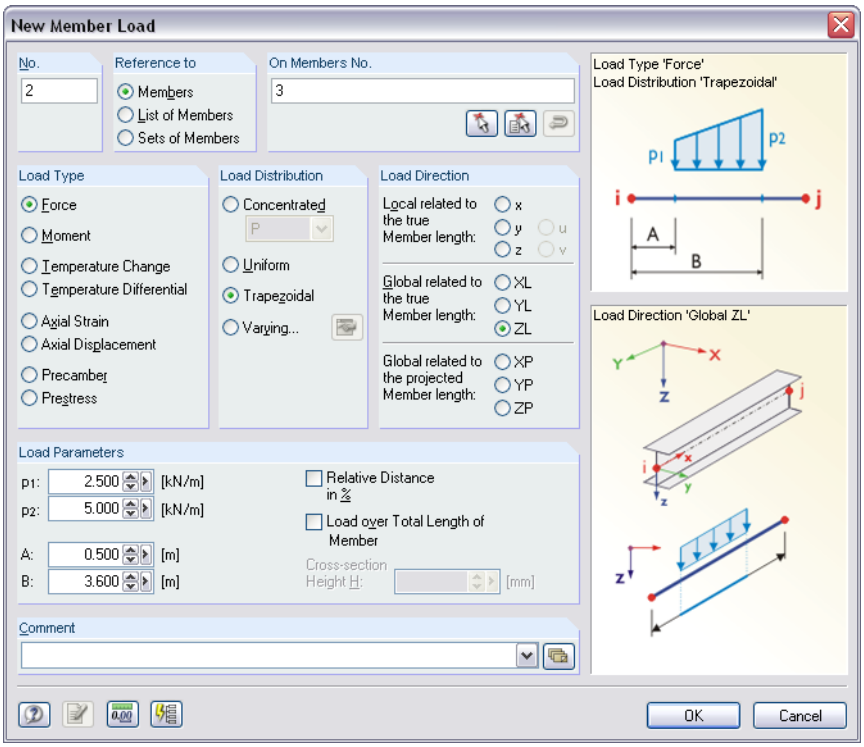


Figura 7.8: Cuadro de diálogo *Nueva carga en barra*

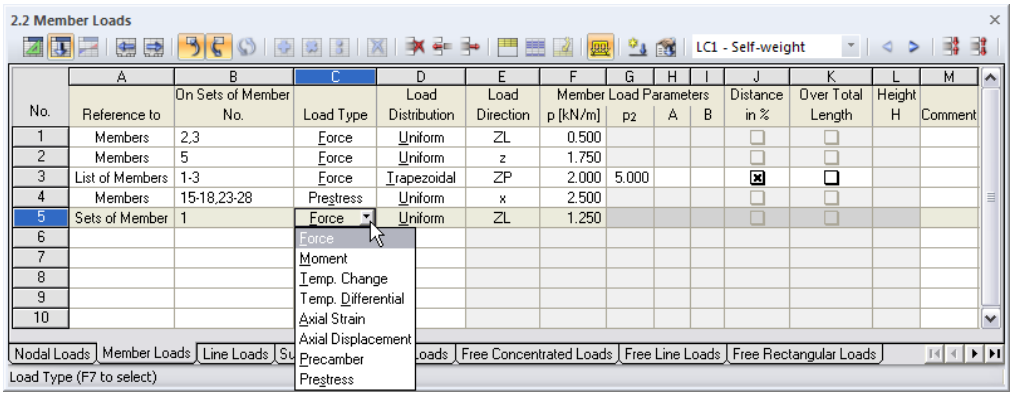


Figura 7.9: Tabla 2.2 Cargas en barras

El número de la carga en la barra se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva carga en barra,* pero se puede cambiar en cualquier momento. El orden de la numeración no es importante.

Referencia a



En esta sección del diálogo o columna de la tabla se pueden definir los elementos estructurales para los cuales se debe aplicar la carga en la barra. Las siguientes opciones pueden ser seleccionadas.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Barras

La carga actúa en cada barra individual o en cada una de las barras seleccionadas.

Lista de barras

En contraste a la referencia de carga para cada barra individual, la carga actúa en todas las barras contenidas en la lista de la derecha. Esto es importante especialmente para cargas trapezoidales en barras, porque la carga no se aplica a cada barra individual pero sí a todas las barras de la lista como una sola (longitud total). Los efectos de carga de una carga trapezoidal en barra, en varias barras individuales en contraste con una lista de barras se muestran en la figura 7.10.

Debido al empleo de una lista de barras, no se necesita definir un conjunto de barras si se quieren aplicar cargas sobre todas las barras. Adicionalmente, la referencia de la carga se puede rápidamente cambiar a barras individuales en la tabla 2.2 *Cargas en barras*.

Conjuntos de barras

La carga actúa en un conjunto de barras individuales o en cada conjunto de varios conjuntos de barras. Al igual que la lista de barras previamente descrita, los parámetros de carga se aplican como un todo a todas las barras incluidas en estos conjuntos de barras.

Los conjuntos de barras son o bien barras continuas o grupos de barras (ver capítulo 5.21, página 177). Las cargas para conjuntos de barras se pueden aplicar a barras continuas sin problemas. Los grupos de barras, sin embargo, se necesitan tratar con cuidado. Para cargas trapezoidales la referencia a un grupo de barras sería un problema.

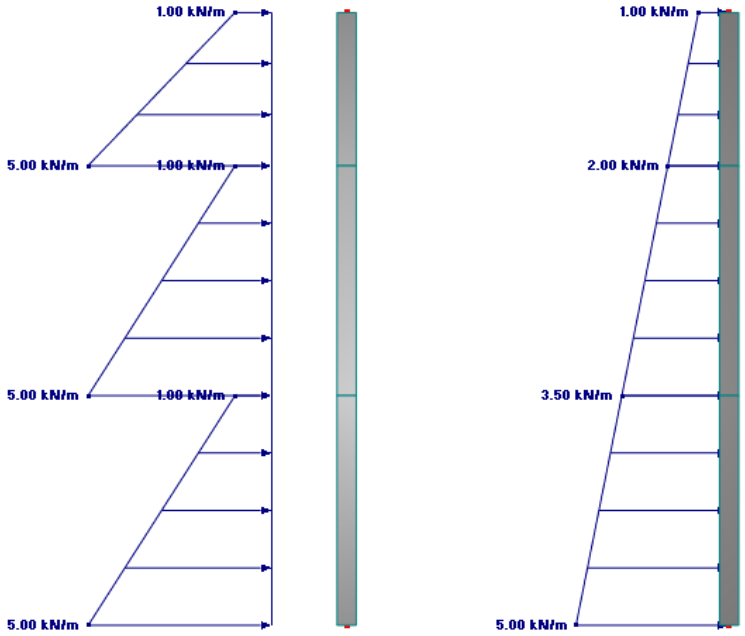


Figura 7.10: Carga trapezoidal en barra referenciada a barras (izquierda) y con referencia a la lista de barras (derecha)

En las barras núm.



En este campo de entrada o columna de la tabla se introduce una lista de barras o conjuntos de barras para los cuales la carga se debe aplicar. En el cuadro de diálogo *Nueva carga en barra,* también se pueden utilizar los botones [Seleccionar] mostrados a la izquierda para elegirlas gráficamente.

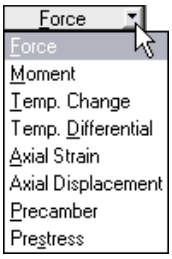


Si selecciona la entrada gráfica se tienen que definir primero los datos de carga. Después de hacer clic en [Aceptar] puede seleccionar en el gráfico las correspondientes barras o conjuntos de barras, uno después de otro.



Para cargas trapezoidales o variables con referencia de carga a una lista de barras, se pueden ajustar los números de las barras mediante el botón [Invertir orientación de barras] mostrado a la izquierda.

Tipo de carga



En esta sección del diálogo o columna de la tabla se define el tipo de carga. Dependiendo de la selección, ciertas partes del cuadro de diálogo o de la tabla se activan o desactivan. Los siguientes tipos de carga pueden ser seleccionados:

Tipo de carga	Descripción
Esfuerzo	Carga puntual, carga distribuida o carga trapezoidal
Momento	Momento concentrado, momento distribuido o momento trapezoidal
Variación de temperatura	Carga de temperatura, igualmente distribuida a lo largo de la sección de la barra La carga puede ser aplicada como uniforme o trapezoidal a lo largo de la longitud de la barra. Una carga positiva significa que la barra se está calentando.
Diferencial de temperatura	Diferencia de temperatura entre la parte superior y la inferior de la barra La altura de la barra se puede especificar en el campo de entrada *Altura de la sección H*. Un valor de carga positivo indica que la parte superior se está calentando.
Deformación axial	Deformación impuesta a tracción o a compresión ε de la barra Un valor de carga positivo significa que la barra se está alargando. Ha de definirse un pretensado como contracción de la barra, lo que significa que tiene definición negativa. Para determinar la contracción utilice el botón que se muestra a la izquierda. Un cuadro de diálogo se abre para definir los parámetros para la retracción por secado o endógena (ver figura 7.18 y descripción en la página 222).
Desplazamiento axial	Deformación impuesta a tracción o compresión Δl de la barra
Contraflecha	Curvatura impuesta de la barra
Pretensado	Esfuerzo de pretensado en la barra Un valor positivo de la carga indica que la barra está extendida

Tabla 7.1: Tipos de cargas

El gráfico del diálogo en la esquina superior derecha del cuadro de diálogo representa el tipo de carga seleccionado incluyendo la influencia de los signos para los esfuerzos y deformaciones.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Distribución de carga

Para modelar los efectos de la carga en la estructura, se puede seleccionar entre varias opciones en la sección del diálogo *Distribución de carga*. Una vez más, es útil el gráfico en la esquina superior derecha.

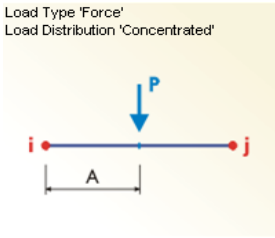
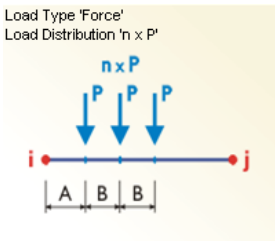
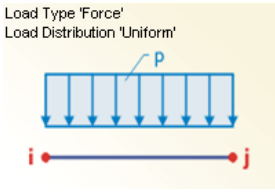
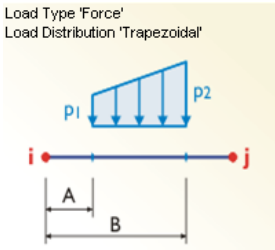
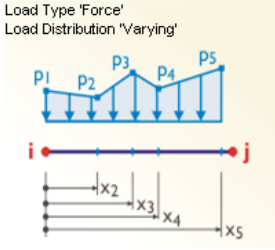
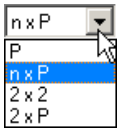
Distribución de carga	Diagrama	Descripción
Puntual P		Carga puntual, momento puntual Los *Parámetros de carga* se utilizan para especificar el tamaño de la carga o momento concentrado y la distancia al punto de aplicación de la carga desde el inicio de barra.
Puntual n x P		Varias cargas puntuales o momentos La lista contiene varias formas de asignación para pares de cargas o cargas puntuales múltiples como cargas por eje. La opción mostrada a la izquierda se utiliza para esfuerzos individuales del mismo tamaño y que actúan en un espacio uniforme. En la sección del diálogo parámetros se define la configuración para la carga puntual, la distancia entre el primer nudo y el inicio de barra y el espaciado entre las barras.
Uniforme		Carga uniformemente distribuida, momento uniformemente distribuido En la sección del diálogo *Parámetros de carga* se introduce el tamaño de la carga uniforme en barra o momento.
Trapezoidal		Carga trapezoidal, momento trapezoidal Para una distribución de carga variable linealmente las magnitudes de la carga y distancias son definidas en la sección *Parámetros de carga* como se muestra en la imagen. También es posible crear cargas triangulares estableciendo un valor de la carga como cero. Para establecer las distancias con relación a la longitud de la barra marque la casilla de verificación *Distancia relativa en %*.
Variable		Distribución de carga variable Haga clic en el botón [Editar carga variable] que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo mostrado en la figura 7.11, donde se pueden introducir o importar los parámetros de la distribución de carga.

Tabla 7.2: Distribuciones de carga



Cargas múltiples



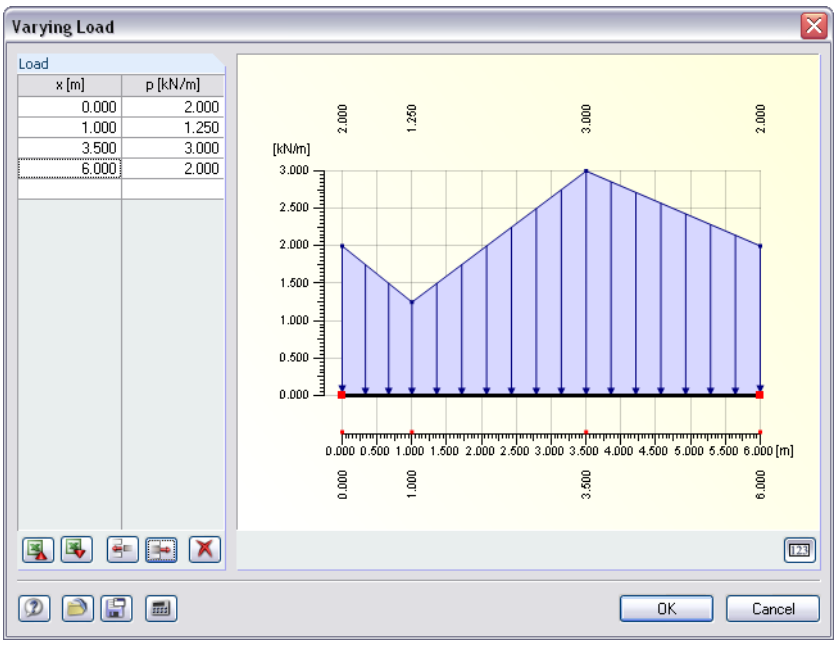


Figura 7.11: Cuadro de diálogo *Carga variable*

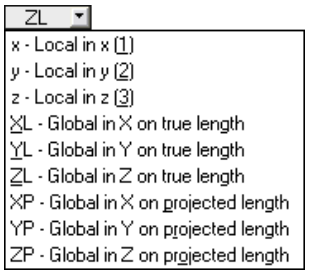
Se pueden definir libremente las coordenadas *x* en la barra con las correspondientes ordenadas de carga. Sólo hay que asegurarse que las posiciones x se definen en orden ascendente. Gracias al gráfico interactivo se pueden revisar las entradas inmediatamente.

Los botones de este cuadro de diálogo están reservados para las siguientes funciones:

Botón	**Función**
	Exportar tabla a MS Excel
	Importar tabla desde MS Excel
	Insertar una línea en blanco sobre el puntero
	Eliminar la fila activa
	Eliminar todas las entradas

Tabla 7.3: Botones del cuadro de diálogo *Carga variable*

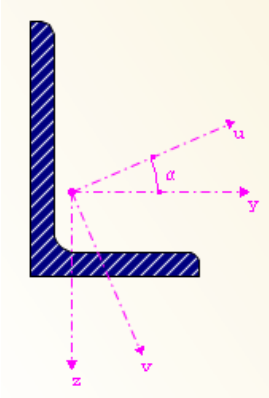
Dirección de carga



La carga puede ser eficaz en la dirección de los ejes globales X, Y, Z o los ejes locales de barra x, y, z o u, v (ver capítulo 5.13, página 149).

Cuando el tipo de estructura para losas o muros ha sido previamente seleccionada en el cuadro de diálogo *Datos generales* no es posible definir las tres direcciones de carga.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



Local

La orientación de los ejes de la barra se describe en el capítulo 5.17, sección *Giro de la barra*. En general, el eje local x es el eje longitudinal de la barra. Para secciones simétricas el eje y representa el llamado eje "fuerte", y el eje z el eje "débil" de la sección de la barra. Para secciones no simétricas las cargas pueden estar relacionadas o bien con los ejes principales *u* y *v* de la sección o los ejes de entrada predeterminados *y* y *z*.

Ejemplos para cargas locales son las cargas de viento en la estructura del forjado, cargas de temperatura o pretensados.

Global

Si la carga actúa en la dirección de un eje paralelo al sistema de coordenadas global X, Y, Z, luego la orientación de los ejes locales de la barra es irrelevante para las cargas aplicadas.

Los ejemplos para cargas globales son cargas de nieve en estructuras de forjado y cargas de viento en soportes para muros y fachadas.

Si la carga ha sido definida en el sistema de ejes globales y no actúa perpendicularmente a la barra, el impacto de la carga puede ser relacionado con diferentes longitudes de referencia.

referido a la longitud real de la barra

La carga es aplicada a toda la longitud de la barra. Cuando se definen cargas locales sólo se puede seleccionar esta opción.

referido a la longitud de la barra proyectada

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 globales . Seleccione esta opción, por ejemplo, para definir una carga de nieve en el área de proyección horizontal de un forjado.

Parámetros de carga en barra

En la sección del diálogo o en las columnas de la tabla se establecen las magnitudes de carga y, si es necesario, parámetros adicionales. Los campos de entrada están etiquetados y son accesibles dependiendo de las opciones que hayan sido seleccionadas previamente.

Carga p_1 / p_2

En estos campos de entrada o columnas de la tabla se introducen los valores de carga. Los signos son el resultado de las direcciones de los ejes globales o locales. Para pretensados, variación de temperatura y deformaciones axiales un valor positivo significa que la barra está deformada y consecuentemente estirada.

Para una carga trapezoidal, se deben introducir varios valores de carga. El gráfico en la esquina superior derecha del cuadro de diálogo *Nueva carga en barra* muestra los parámetros de carga.

Distancia A / B

Para cargas puntuales y trapezoidales se pueden definir las distancias desde el inicio de la barra en estos campos de entrada o columnas de la tabla. Las distancias también pueden ser establecidas en relación a la longitud de la barra si la casilla de verificación *Distancia relativa en %* a la derecha ha sido activada.

De nuevo, el gráfico en la esquina superior derecha es de gran utilidad.

Distancia relativa en %

Marque esta casilla de verificación para definir las distancias de las cargas puntuales y trapezoidales en relación a la longitud de la barra. Si no, las entradas de los campos de entrada descritos anteriormente *Distancia A/B* representan intervalos absolutos.

Carga sobre al longitud total de la barra

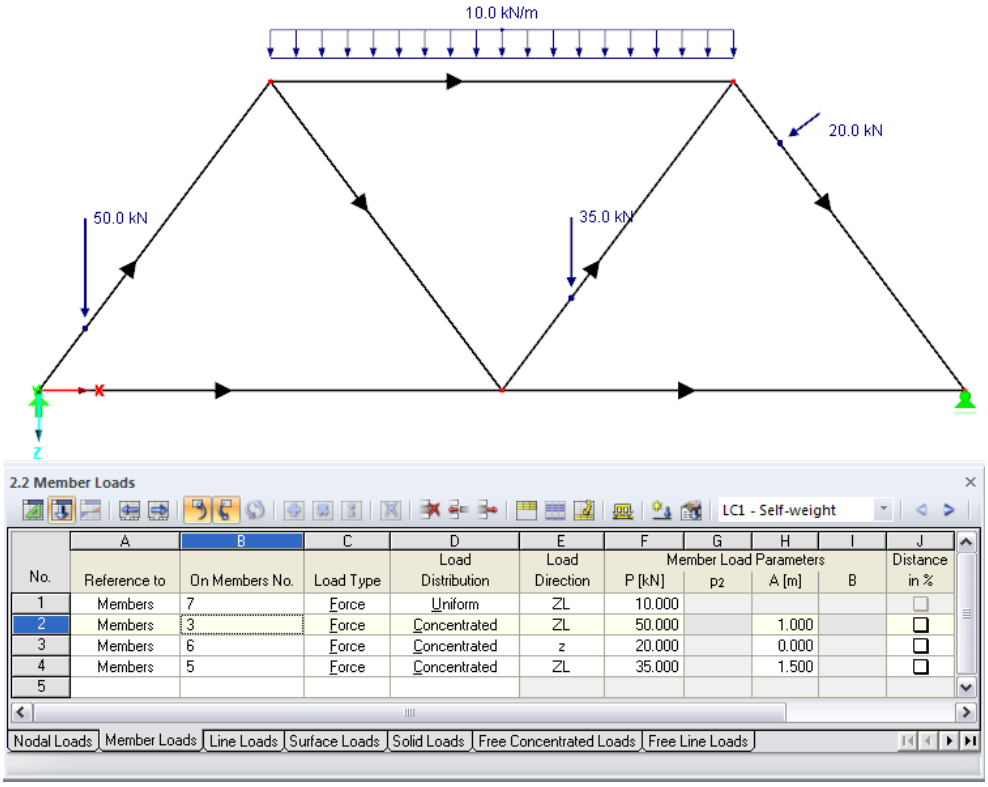
Esta casilla de verificación sólo puede ser activada cuando se definen cargas trapezoidales. Seleccione esta opción para aplicar la carga variable linealmente desde el inicio de barra hasta el final de la barra. En este caso, los campos de entrada *Parámetros de carga en barra A/B* no son importantes y quedan desactivados.

Altura de la altura H

La altura de la sección es especialmente importante para el tipo de carga *Diferencial de temperatura*. Introduzca la altura eficaz de la sección en este campo de entrada o columna de la tabla.

Ejemplo para introducir cargas en barras

La entrada de cargas en barras se muestra en el siguiente ejemplo, donde cargas en barras son aplicadas sobre una estructura plana de celosía. Como se puede observar, no es necesario dividir las barras con nudos intermedios para aplicar cargas puntuales.



No.	A Reference to	B On Members No.	C Load Type	D Load Distribution	E Load Direction	F Member Load Parameters P [kN]	G p2	H A [m]	I B	J Distance in %
1	Members	7	Force	Uniform	ZL	10.000				
2	Members	3	Force	Concentrated	ZL	50.000		1.000		
3	Members	6	Force	Concentrated	z	20.000		0.000		
4	Members	5	Force	Concentrated	ZL	35.000		1.500		
5										

Nodal Loads | Member Loads | Line Loads | Surface Loads | Solid Loads | Free Concentrated Loads | Free Line Loads

Figura 7.12: Celosía estructural con carga uniforme en el flanco superior y cargas puntuales en las diagonales.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

7.3 Cargas lineales

Descripción general

Las cargas lineales son esfuerzos y momentos que actúan sobre líneas (capítulo 5.2, página 94).

Para aplicar una carga lineal, se debe definir una línea con anterioridad.

Las cargas lineales son similares a las cargas en barras. Para cargas lineales, sin embargo, no es posible asignar propiedades de materiales (por ejemplo cargas de temperatura o deformaciones axiales).

Las cargas lineales también pueden actuar sobre barras, porque RFEM define las barras como propiedades de líneas. Sin embargo, para aplicar una carga lineal a una barra, la correspondiente línea de la barra ha de pertenecer a una superficie. Además las cargas lineales no pueden ser aplicadas a las barras de las estructuras de barras puras.

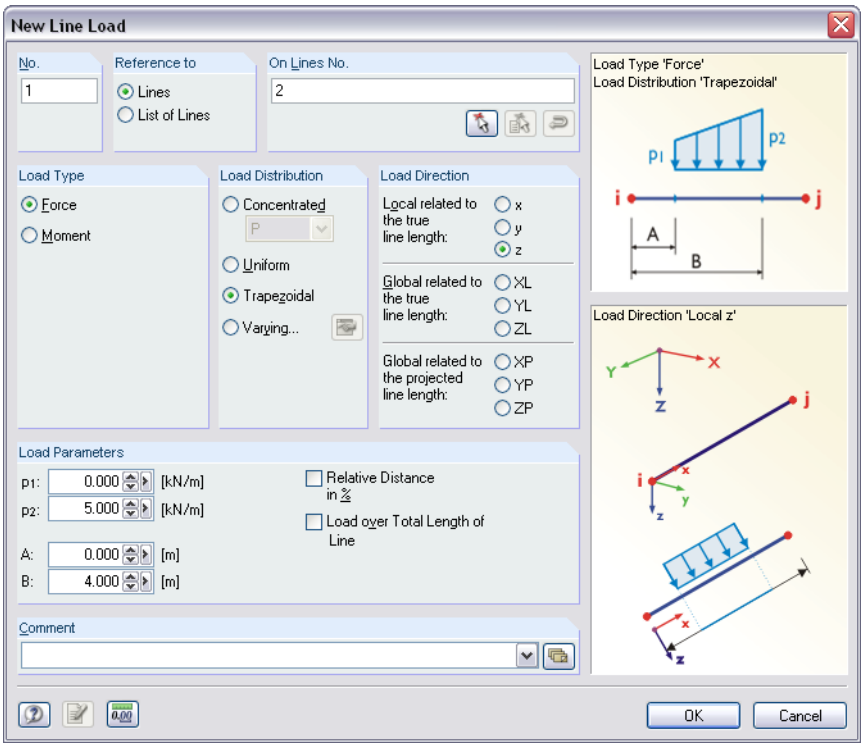


Figura 7.13: Cuadro de diálogo *Nueva carga lineal*

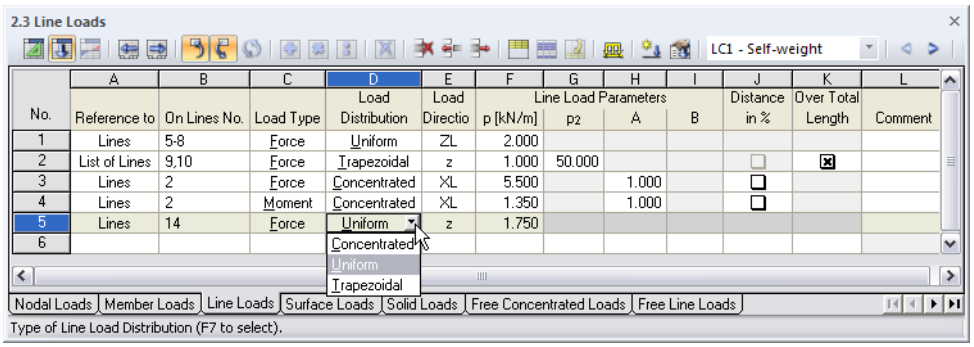


Figura 7.14: Tabla 2.3 *Cargas lineales*

El número de la carga lineal es asignado automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva carga lineal* pero puede ser cambiado en cualquier momento. El orden de la numeración no es importante.

Referencia a

En la sección del diálogo o columna de la tabla se pueden definir los elementos estructurales para los cuales se debe aplicar la carga lineal. Las siguientes opciones pueden ser seleccionadas:

Líneas

La carga actúa en una línea individual o en cada una de varias líneas.

Lista de líneas

La carga actúa en todas las líneas contenidas en la lista de la derecha. La diferencia radica especialmente para cargas lineales trapezoidales porque los parámetros de carga no serán aplicados a cada línea individual, pero sí a la longitud total de todas las líneas contenidas en la lista (ver figura 7.10, página 209).

En las líneas núm.



En este campo de entrada o columna de la barra se definen todas las líneas en las cuales se debe aplicar la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga lineal* se pueden seleccionar las líneas gráficamente usando el botón [Seleccionar] que se muestra a la izquierda.



Si se selecciona la entrada gráfica, primero se tienen que definir los datos de carga. Después de hacer clic en [Aceptar] se pueden seleccionar gráficamente las líneas correspondientes, una después de otra.

Tipo de carga

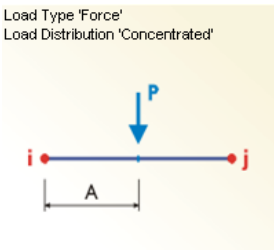
En esta sección del diálogo o columna de la tabla se define el tipo de carga. Dependiendo de la selección, ciertas partes del cuadro de diálogo o de la tabla se activan o desactivan. Los siguientes tipos de carga pueden ser seleccionados:

Tipo de carga	Descripción
Esfuerzo	Puntual, distribuido, trapezoidal y carga variable
Momento	Momento puntual, distribuido o trapezoidal

Tabla 7.4: Tipos de carga

Distribución de carga

Las siguientes opciones de asignación para cargas están disponibles. La entrada gráfica en la esquina superior derecha del cuadro de diálogo *Nueva carga lineal* puede ser útil para definir la entrada.

Distribución de carga	Diagrama	Descripción
Puntual		Carga puntual, momento puntual Los *Parámetros de carga* se utilizan para especificar el tamaño de la carga o momento concentrado y la distancia al punto de aplicación de la carga desde el inicio de línea.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

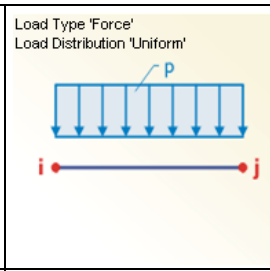
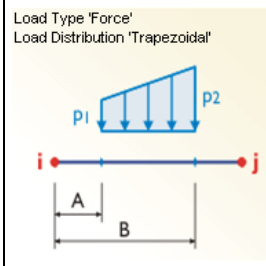
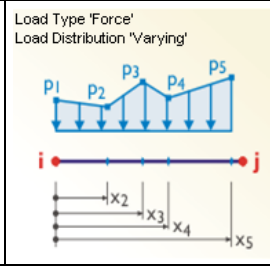
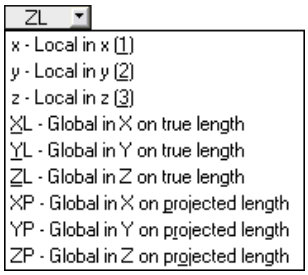
Uniforme		Carga uniformemente distribuida, momento uniformemente distribuido En la sección del diálogo *Parámetros de carga,* se introduce la magnitud de la carga lineal o el momento lineal.
Trapezoidal		Carga trapezoidal, momento trapezoidal Para una distribución de carga variable linealmente, las magnitudes de la carga y distancias son definidas en la sección *Parámetros de carga,* como se muestra en la imagen. También es posible crear cargas triangulares estableciendo un valor de la carga como cero. Para establecer las distancias con relación a la longitud de la línea marque la casilla de verificación *Distancia relativa en %.*
Variable		Carga de distribución variable Haga clic en el botón [Editar carga variable] mostrado a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 7.11 en la página 212, donde se pueden introducir o importar los parámetros de la distribución de carga.



Tabla 7.5: Distribuciones de carga

Dirección de carga



La carga puede ser eficaz en la dirección de los ejes globales X, Y, Z o de los ejes locales de línea x, y, z o u, v.

Local

La orientación de los ejes de línea se describe en la figura 5.70 en la página 131. En general los ejes locales *x* representan al eje longitudinal de la línea. El eje de línea *z* se alinea normalmente paralelo al eje global Z.

Global

Si la carga actúa en la dirección de un eje paralelo al sistema global de coordenadas X,Y,Z, la orientación del eje local de la línea es irrelevante para las cargas aplicadas.

Si la carga ha sido definida en el sistema de ejes globales, y si no está actuando perpendicular a la línea, el impacto de la carga puede estar referido a varias longitudes de referencia.

relacionado con la longitud de la línea real

La carga se aplica a toda la longitud de la línea. Cuando se definen cargas locales sólo se puede seleccionar esta opción.

relacionado con la longitud de línea proyectada

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 cuadro de diálogo *Nueva carga lineal*.

Parámetros de carga lineal

En la sección del diálogo o en las columnas de la tabla, se establecen las magnitudes de la carga y otros parámetros , en caso necesario. Los campos de entrada son etiquetados y accesibles dependiendo de qué opciones hayan sido seleccionadas previamente.

Carga P / p / p_2 / M / m / m_2

En estos campos de entrada o columnas de la tabla se introducen los valores de carga. Los signos son el resultado de las direcciones de los ejes globales o locales.

Para una carga trapezoidal se deben introducir varios valores de carga. El gráfico en la esquina superior derecha del cuadro de diálogo *Nueva carga lineal* muestra los parámetros de carga.

Distancia A / B

Para cargas puntuales y trapezoidales se pueden definir las distancias desde el inicio de la línea en estos campos de entrada o columnas de la tabla. Las distancias también pueden ser establecidas en relación a la longitud de la línea si la casilla de verificación *Distancia relativa en %* a la derecha ha sido activada.

De nuevo el gráfico en la esquina superior derecha es de gran utilidad.

Distancia relativa en %

Marque esta casilla de verificación para definir las distancias de las cargas puntuales y trapezoidales en relación a la longitud de la línea. De otro modo las entradas de los campos de entrada descritos anteriormente *Distancia A/B* representan intervalos absolutos.

Carga sobre la longitud total de la línea

Esta casilla de verificación sólo puede ser activada cuando se definen cargas trapezoidales. Seleccione esta opción para aplicar la carga variable linealmente desde el inicio de línea hasta el final de la línea. En este caso, los campos de entrada *Parámetros de carga lineal A/B* no son importantes y quedan desactivados.

Debido a la introducción centrada de la carga, las cargas lineales a menudo pueden producir singularidades. Para solucionarlo seleccione **Convertir carga lineal/en nudo a carga superficial** en el menú **Herramientas**. Esta opción, sin embargo, sólo puede ser utilizada para líneas rectas. También se puede abrir el cuadro de diálogo para convertir cargas lineales mediante el menú contextual de carga lineal mostrado a la izquierda. Para abrir este menú haga clic con el botón secundario del ratón en la correspondiente carga lineal.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

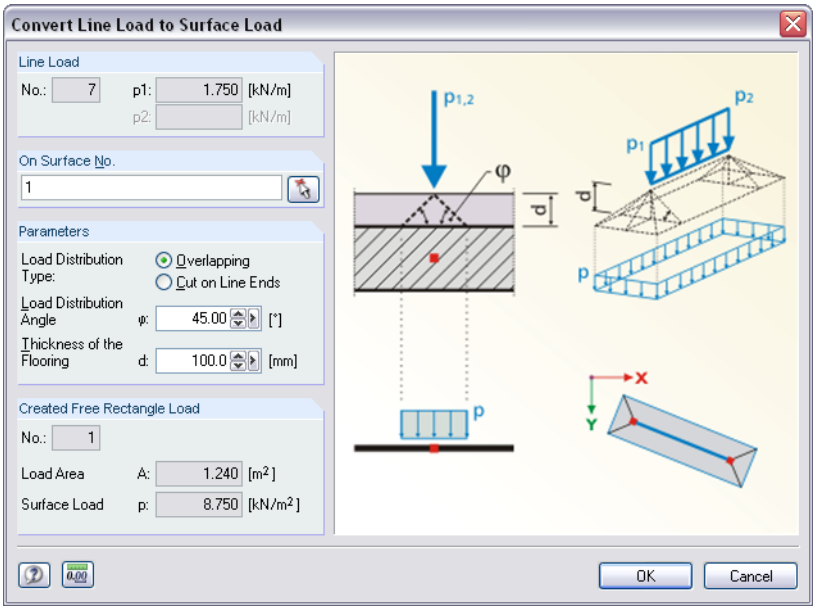


Figura 7.15: Cuadro de diálogo *Convertir carga lineal en carga superficial*

En este cuadro de diálogo se pueden definir los parámetros para la distribución de carga. Después de hacer clic en [Aceptar] la correspondiente carga rectangular o poligonal libre será creada.

7.4 Cargas superficiales

Descripción general

Las cargas superficiales actúan sobre los elementos 2D de una superficie (ver capitulo 5.4, página 111).

Para aplicar una carga superficial, se debe definir previamente una superficie.

Como resultado de las intersecciones, las superficies pueden ser divididas en subsuperficies (capítulo 5.22, página 179). Los componentes no activos no serán cargados con la carga superficial. Las aperturas en las superficies se tratan de la misma forma.

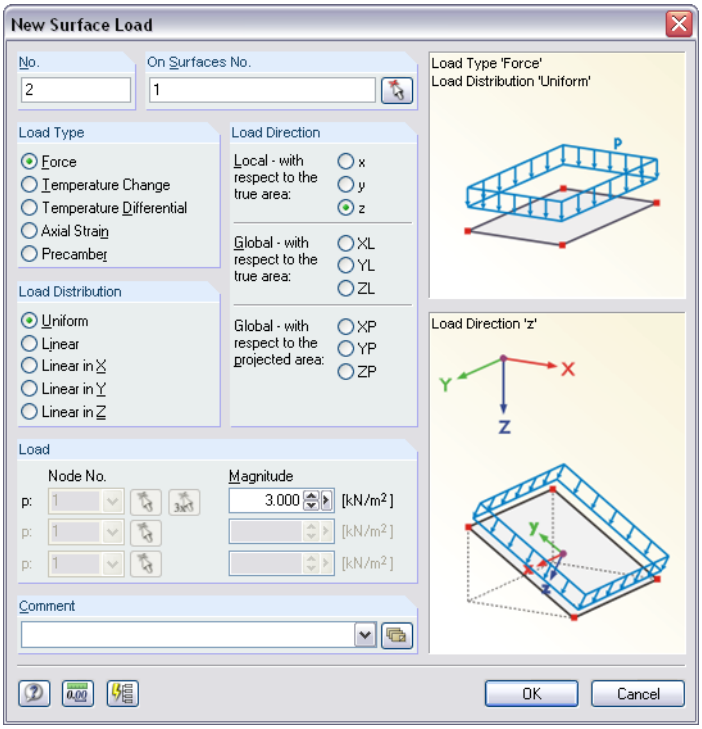


Figura 7.16: Cuadro de diálogo *Nueva carga superficial*

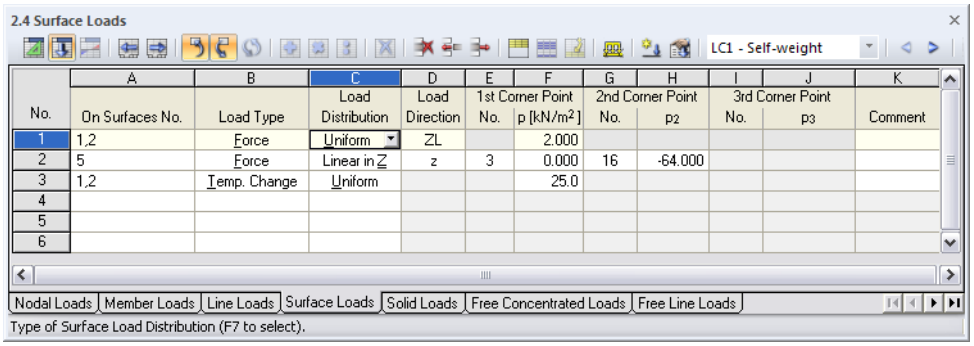


Figura 7.17: Tabla 2.4 *Cargas superficiales*

El número de la carga superficial se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva carga superficial*, pero puede ser cambiado en cualquier momento. El orden de la numeración no es importante.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

En las superficies núm.



En este campo de entrada o columna de la barra se definen todas las superficies en las cuales se debe aplicar la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga superficial* se pueden seleccionar las superficies gráficamente usando el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda.



Si se selecciona la entrada gráfica, primero se deben definir los datos de carga. Después de hacer clic en [Aceptar] se pueden seleccionar en el gráfico las superficies correspondientes, una después de otra.

Tipo de carga

En esta sección del diálogo o columna de la tabla se define el tipo de carga. Dependiendo de la selección, ciertas partes del cuadro de diálogo o de la tabla se activan o desactivan. Los siguientes tipos de carga pueden ser seleccionados:

Tipo de carga	Descripción
Esfuerzo	Uniformemente distribuido o esfuerzo linealmente variable en la superficie
Variación de temperatura	Incremento de temperatura o descenso uniformemente distribuido o linealmente variable por toda la superficie: un valor de carga positiva significa que la superficie se está calentando.
Diferencial de temperatura	Diferencia de temperatura entre la parte superior y la inferior de la superficie: un valor positivo significa que la parte superior se está calentando.
Deformación axial	Deformaciones impuestas a compresión o tracción de la superficie: un valor de carga positivo significa que la superficie está estirada. Para determinar la retracción, utilice el botón que se muestra a la izquierda. Se abre un cuadro de diálogo como el de la figura 7.18, donde se pueden definir los parámetros para la retracción por secado o endógena.
Contraflecha	Curvatura impuesta de la superficie



Tabla 7.6: Tipos de carga

Los parámetros para la superficie y las cargas en barras debidas a la retracción, se deben definir en un cuadro de diálogo individual. Primero determine la retracción, luego haga clic en [Aceptar] para transferir la deformación axial ε en el cuadro de diálogo inicial.

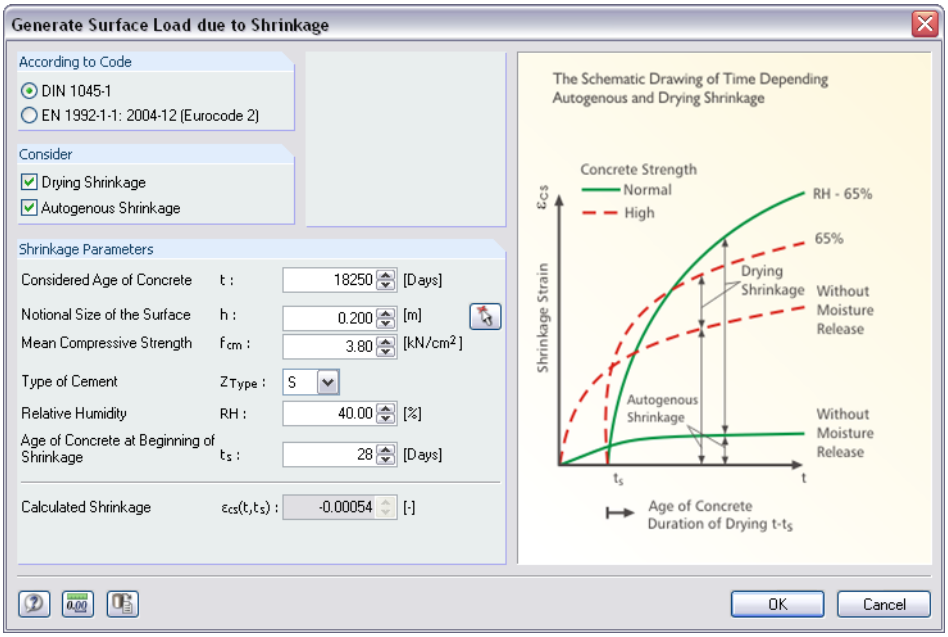


Figura 7.18: Cuadro de diálogo *Generar carga superficial debida a la retracción*

La retracción, al ser un cambio en volumen dependiente del tiempo sin acciones externas de carga o efectos de la temperatura, se puede clasificar como retracción por secado, retracción endógena, retracción plástica y retracción por carbonatación. En la base de las variables que influyen en el proceso de retracción (humedad relativa *HR*, espesor eficaz de la estructura *h* , resistencia del hormigón f_{cm} , tipo de cemento Z_{Type} , edad del hormgión al inicio de la retracción t_s) se determina la retracción $\varepsilon_{cs}(t,ts)$ en el momento de considerar la edad del hormigón *t*.

Distribución de carga

La carga puede ser distribuida como *Uniforme* o con variación *Lineal* sobre la superficie. En caso de cargas linealmente variables, puede elegir entre dos opciones:

Lineal

Los valores de la carga se deben definir en tres nudos. Estos nudos se utilizan para definir un plano.

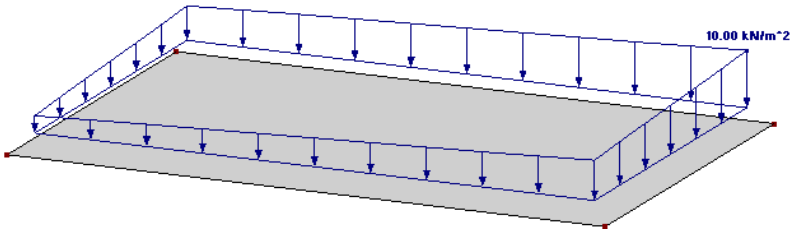


Figura 7.19: Carga superficial linealmente variable

Lineal en X / Y / Z

La superficie puede ser definida como variable en la dirección de un eje particular del sistema de coordenadas globales. En este caso se deben introducir los valores de la carga solamente en dos nudos. Estos nudos pueden estar fuera de la superficie de carga siempre que se puedan generar nudos de EF en ellos (lo que significa que estos nudos no pueden ser nudos libres).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

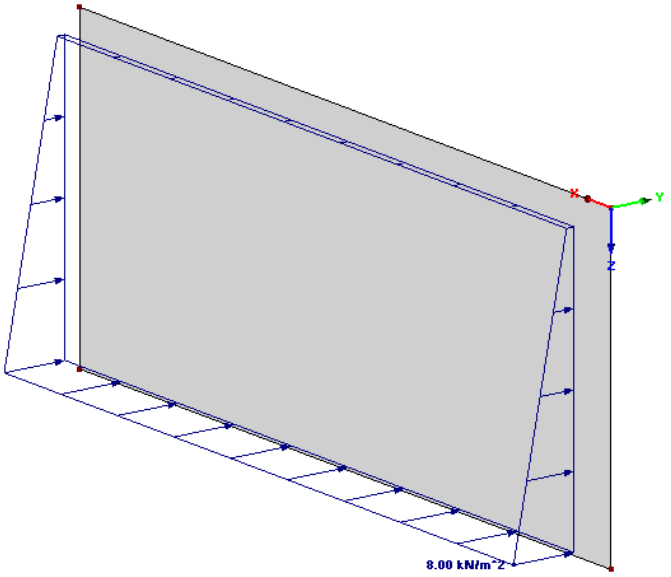
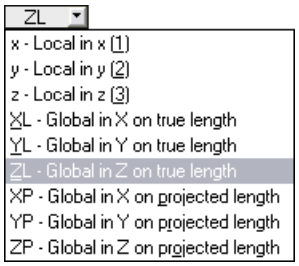


Figura 7.20: Carga superficial linealmente variable en la dirección Z

Dirección de carga



La carga puede ser eficaz en la dirección de los ejes locales x, y, z de la superficie o de los ejes globales X, Y, Z.

Local – referida al área real

Las cargas que actúan perpendiculares a la superficie son normalmente definidas en la dirección z. Seleccione esta opción cuando introduzca, por ejemplo, cargas de viento en estructuras de forjado o presiones internas en la lámina de un tanque.

Para mostrar los ejes de las superficies haga clic en **Estructura** en el navegador *Mostrar,* seleccione **Superficies** y marque la casilla de verificación **Sistemas de ejes de superficie x,y,z**. Se puede utilizar también el menú contextual de la correspondiente superficie (ver figura 5.84, página 143).

Global - referida al área real

Si la carga actúa en la dirección de un eje paralelo al sistema de coordenadas globales X,Y,Z, entonces la orientación de los ejes locales de superficie es irrelevante para las cargas aplicadas. La carga puede estar referida a la superficie verdadera, lo que resulta útil, por ejemplo, para acciones de "peso propio".

Global - referida al área proyectada

La carga es convertida en la proyección de una de las superficies en la dirección de uno de los ejes del sistema de coordenadas global. Seleccione esta opción, por ejemplo, para definir una carga de nieve. En el cuadro de dialogo *Nueva carga superficial*, las superficies proyectadas se muestran en el gráfico.

Parámetros de superficie de carga

En la sección del diálogo o en las columnas de la tabla se establecen las magnitudes de la carga y, si es necesario, el conjunto de nudos asignados. Los campos de entrada son etiquetados y accesibles dependiendo de qué opciones hayan sido seleccionadas previamente.

Carga p / p_2 / p_3 / T / Δ T / ε / R

En estos campos de entrada o columnas de la tabla se introducen los valores de las cargas. Los signos resultan de las direcciones y sentidos de los ejes locales o globales.

Para una carga variable linealmente se pueden introducir varios valores de carga. El gráfico en la equina superior derecha del cuadro de diálogo *Nueva carga superficial* muestra los parámetros de carga.

Nudo núm.

Para cargas variables linealmente se deben definir los nudos para los cuales están asignados valores de carga. Estos nudos se utilizan para definir un plano.

7.5 Cargas en sólidos

Descripción general

Las cargas en sólidos actúan en todos los elementos 3D de un sólido (ver capítulo 5.5, página 121).

Para aplicar una carga en sólido se debe definir un sólido previamente.

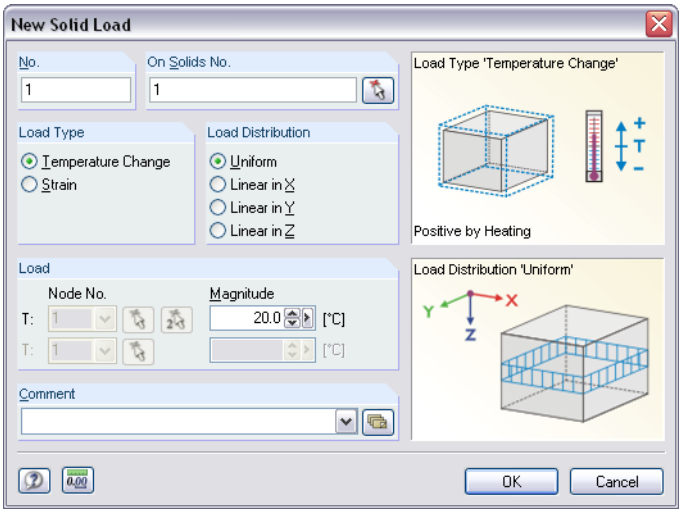


Figura 7.21: Cuadro de diálogo *Nueva carga en sólido*

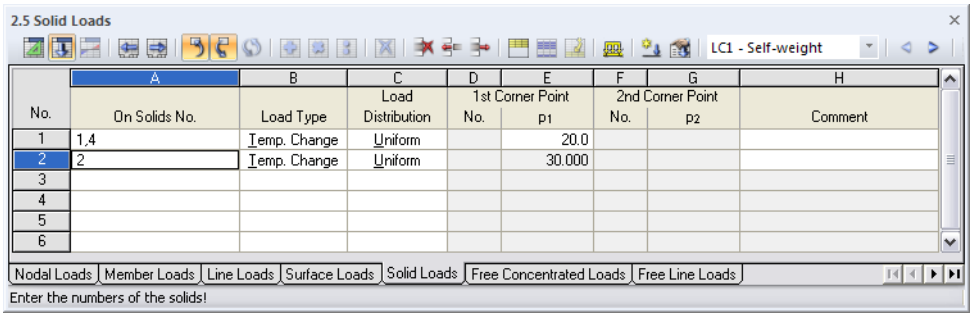


Figura 7.22: Tabla 2.5 *Cargas en sólidos*

El número de la carga en el sólido se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva carga en sólido,* pero puede ser cambiado en cualquier momento.

En los sólidos núm.



En este campo de entrada o columna de la barra se definen todos los sólidos, en los cuales se debe aplicar la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga en sólido* se pueden seleccionar los sólidos gráficamente usando el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda.



Si se selecciona la entrada gráfica se deben definir los datos de carga primero. Después de hacer clic en [Aceptar] se pueden seleccionar en el gráfico los sólidos correspondientes, uno después de otro.

Tipo de carga

En esta sección del diálogo o columna de la tabla se define el tipo de acción. Se pueden seleccionar los siguientes tipos de cargas:

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Tipo de carga	Descripción
Variación de temperatura	Variación de temperatura en el sólido uniformemente distribuida o linealmente variable: un valor positivo de carga significa que el sólido se está calentando.
Deformación	Deformación a tracción o compresión impuesta uniformemente distribuida o linealmente variable: un valor de carga positivo significa que el sólido se está estirando.

Tabla 7.7: Tipos de carga

Distribución de carga

La carga puede ser distribuida como *Uniforme* o variable *Lineal* en el sólido.

Las cargas linealmente variables están referidas al sistema de ejes global X, Y, Z. Se deben introducir dos nudos para los cuales se asignan los valores de carga. Estos nudos pueden estar fuera del sólido cargado, siempre que se puedan generar en ellos nudos de EF.

Carga

En la sección del diálogo o en las columnas de la tabla se establecen las magnitudes de la carga y el conjunto de nudos asignados si es necesario. Los campos de entrada son etiquetados y accesibles dependiendo de qué opciones hayan sido seleccionadas previamente.

Nudo núm.

Para cargas variables linealmente se deben definir los nudos para los cuales están asignados valores de carga. Estos nudos se utilizan para definir un plano.

Magnitud

Para una distribución de carga uniforme sólo se necesita el valor de la carga. Para una carga variable linealmente se deben introducir dos parámetros de carga para definir la distribución de la variación de temperatura o la deformación axial en el sólido.

Los gráficos en el cuadro de diálogo *Nueva carga en sólido* son útiles para definir la entrada de la carga.

7.6 Cargas puntuales libres

Descripción general



Una carga puntual libre puede actuar como esfuerzo o momento en cualquier parte de la superficie. No serán generados nudos de EF en el punto de aplicación.

Para aplicar una carga puntual libre, se debe definir previamente una superficie.

Los esfuerzos en los apoyos en el nudo que han sido importados de otra estructura mediante la función *Importar reacciones en el apoyo como carga* , en el menú *Herramientas* (ver figura 9.9, página 274), son también tratados como cargas puntuales libres.

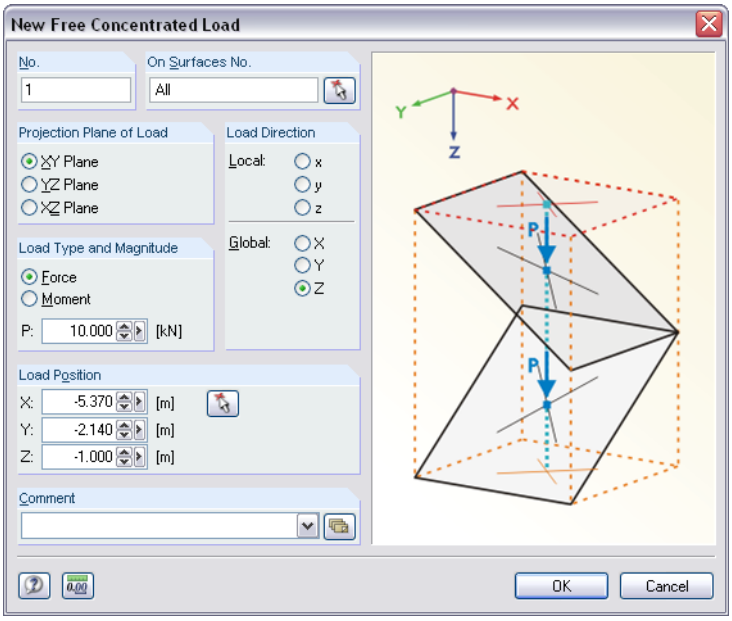


Figura 7.23: Cuadro de diálogo *Nueva carga puntual libre*

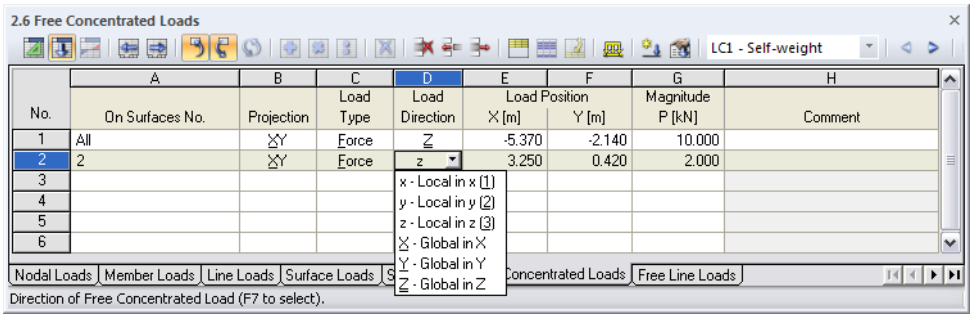


Figura 7.24: Tabla 2.6 *Cargas puntuales libres*

En las superficies núm.



En este campo de entrada o columna de la tabla se introduce una lista de superficies en las cuales se debe aplicar la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga puntual libre* también se pueden seleccionar las superficies gráficamente mediante el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda.

Empezando desde el punto que se definió en la sección del diálogo *Posición de carga* se dibuja una línea perpendicular al plano de proyección. Si esta línea se interseca con alguna de las superficies de la lista, la carga es aplicada al punto de intersección. De esta forma, la carga puede ser rápidamente asignada a varias superficies.

Plano de proyección de la carga

La carga puede ser proyectada en uno de los planos globales XY, YZ o XZ. Como se describe arriba, una línea imaginaria se genera desde la posición de la carga perpendicular al plano de proyección. La carga será aplicada en concordancia con todas las posiciones donde la línea se interseca con las superficies.

El plano de proyección de la carga no tiene por qué ser perpendicular a la superficie para la cual se debe aplicar la carga, porque en este caso, no es posible detectar un único punto de intersección con la superficie.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

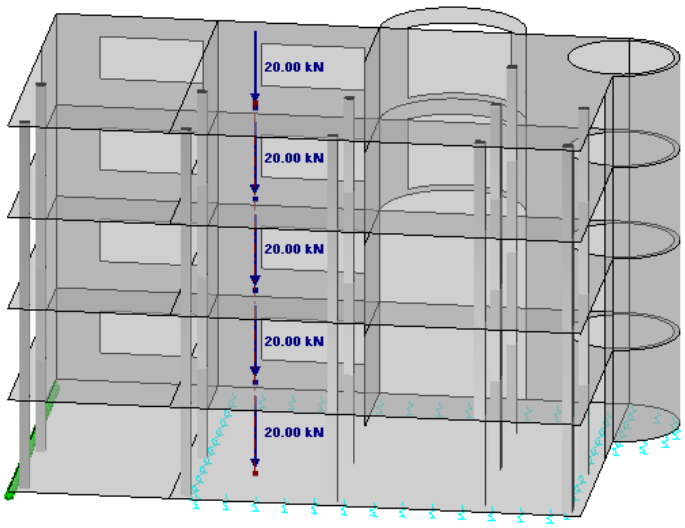


Figura 7.25: Carga puntual libre en losas de forjado: plano de proyección de la carga XY con efecto en todas las superficies

Tipo de carga y magnitud

En esta sección del diálogo o columna de la tabla se define la carga puntual libre, o bien como un esfuerzo puntual o como un momento concentrado. En el campo de entrada de abajo se introduce un valor numérico para la carga.

Dirección de la carga

La carga puede ser eficaz en la dirección de los ejes globales X, Y, Z o de los ejes locales de la superficie x, y, z. Para mostrar los ejes de la superficie haga clic en **Estructura,** en el navegador *Mostrar*, seleccione **Superficies** y marque la casilla de verificación **Sistema de ejes de superficies x,y,z**. También se puede utilizar el menú contextual de la superficie correspondiente (ver figura 5.84, página 143).

Posición de la carga



Para definir la posición de la carga introduzca las coordenadas manualmente o utilice el botón [Seleccionar] en el cuadro de diálogo *Nueva carga puntual libre*, mostrado a la izquierda, para seleccionar el punto directamente en el gráfico. Empezando desde este punto, se dibuja una línea perpendicular al plano de proyección. Si esta línea se interseca con alguna de las superficies de la lista, la carga es aplicada en el punto de intersección.

Magnitud

En esta columna de la tabla se introduce el valor numérico del esfuerzo puntual o del momento puntual.

7.7 Cargas lineales libres

Descripción general



Una carga lineal libre actúa como un esfuerzo uniforme o linealmente variable a lo largo de líneas definidas libremente sobre 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 el apoyo lineal que hayan sido importados de otra estructura mediante la función *Importar reacciones en el apoyo como carga,* en el menú *Herramientas* (ver figura 9.9, página 274), son también tratados como cargas lineales libres.

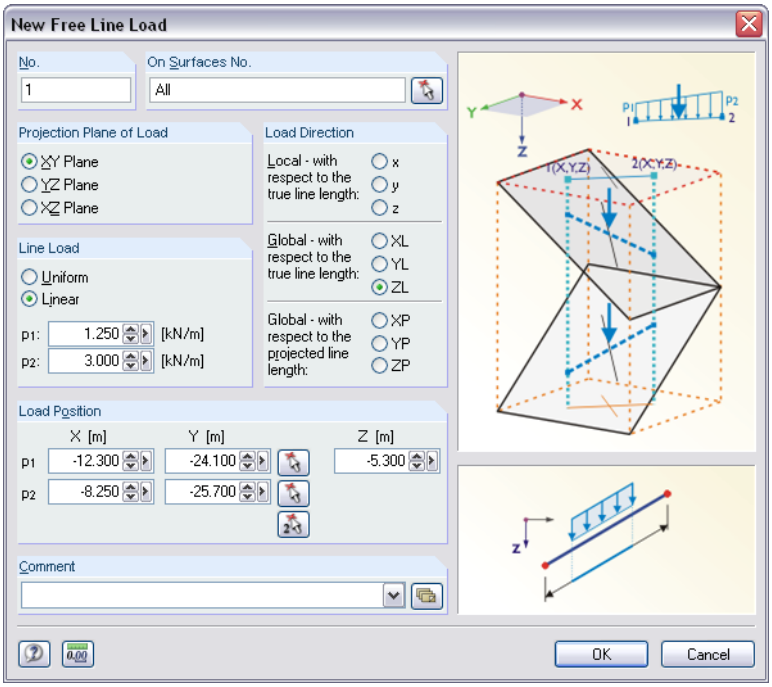


Figura 7.26: Cuadro de diálogo *Nueva carga lineal libre*

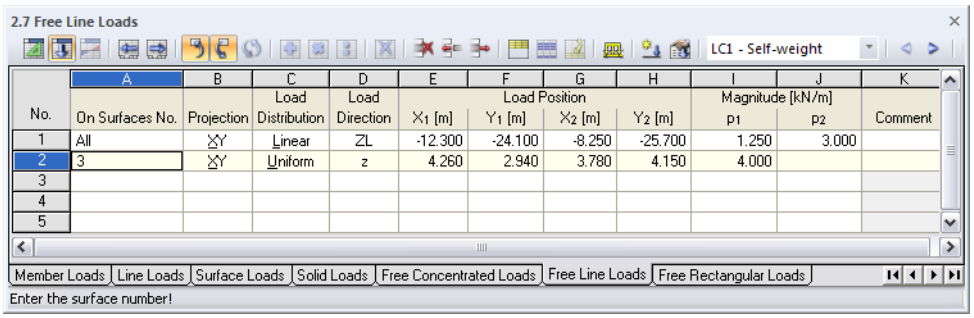


Figura 7.27: Tabla 2.7 *Cargas lineal libres*

En las superficies núm.



En este campo de entrada o columna de la tabla se introduce una lista de superficies en las cuales se debe aplicar la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga lineal libre* también se pueden seleccionar las superficies gráficamente mediante el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda.

Empezando desde los puntos que han sido definidos en la sección del diálogo *Posición de carga,* se dibujan dos líneas perpendiculares al plano de proyección. Si estas líneas se intersectan con alguna de las superficies de la lista, la carga es aplicada en la línea entre los puntos de intersección. De esta forma la carga puede ser rápidamente asignada a varias superficies.

Plano de proyección de la carga

La carga puede ser proyectada en uno de los planos globales XY, YZ o XZ. Tal como se describe arriba, se generan dos líneas imaginarias desde las posiciones de la carga perpendiculares al plano de proyección. Los puntos de inicio y fin de la carga lineal libre serán aplicados de acuerdo con todas las posiciones en las que estas líneas intersequen con las superficies.

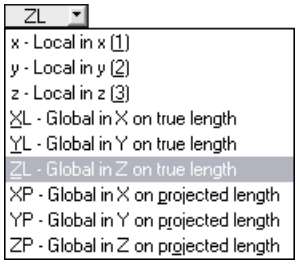
El plano de proyección no puede ser perpendicular a la superficie en la cual se debe aplicar la carga, porque en este caso no es posible determinar un único punto de intersección con la superficie.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Carga lineal

En esta sección del diálogo o columna de la tabla se define la carga lineal de la carga libre o bien como esfuerzo uniforme o linealmente variable. Dependiendo del parámetro se introducen uno o dos valores en el campo de entrada inferior.

Dirección de la carga



La carga puede ser eficaz en la dirección de los ejes locales de la superficie x, y, z o de los ejes globales X, Y, Z. Las cargas que actúan perpendiculares a la superficie son normalmente definidas como locales en la dirección **z**. Para mostrar los ejes de la superficie haga clic en **Estructura** en el navegador *Mostrar*, seleccione **Superficies** y marque la casilla de verificación **Sistema de ejes de superficie x,y,z**. También se puede utilizar el menú contextual de la superficie correspondiente (ver figura 5.84, página 143).

Si la carga ha sido definida en el sistema de ejes globales y no está actuando perpendicular a la línea, el impacto de la carga puede estar referenciado a diferentes longitudes de referencia.

longitud real de la línea

La carga se aplica a toda la longitud de la línea

longitud de la línea proyectada

La longitud de aplicación de la carga se convierte en la proyección de la línea en una de las direcciones del sistema de coordenadas globales. Las longitudes de proyección se muestran en el gráfico del cuadro de diálogo *Nueva carga lineal libre*.

Posición de la carga



Para definir la posición de la carga introduzca las coordenadas manualmente o utilice le botón [Seleccionar] en el cuadro de diálogo *Nueva carga lineal libre*, que se muestra a la izquierda, para seleccionar los puntos directamente en el gráfico. Empezando desde los dos puntos definidos se dibujan dos líneas perpendiculares al plano de proyección. Si estas líneas se intersectan con alguna de las superficies de la lista, la carga se aplica a la línea entre los puntos de intersección.

Magnitud

En esta columna de la tabla se introduce el valor numérico de la carga lineal.

7.8 Cargas rectangulares libres

Descripción general



Una carga rectangular libre actúa como una carga superficial uniforme o linealmente variable en un rectángulo de libre definición y que forma parte de la superficie.

Para aplicar una carga rectangular libre se debe definir previamente una superficie.

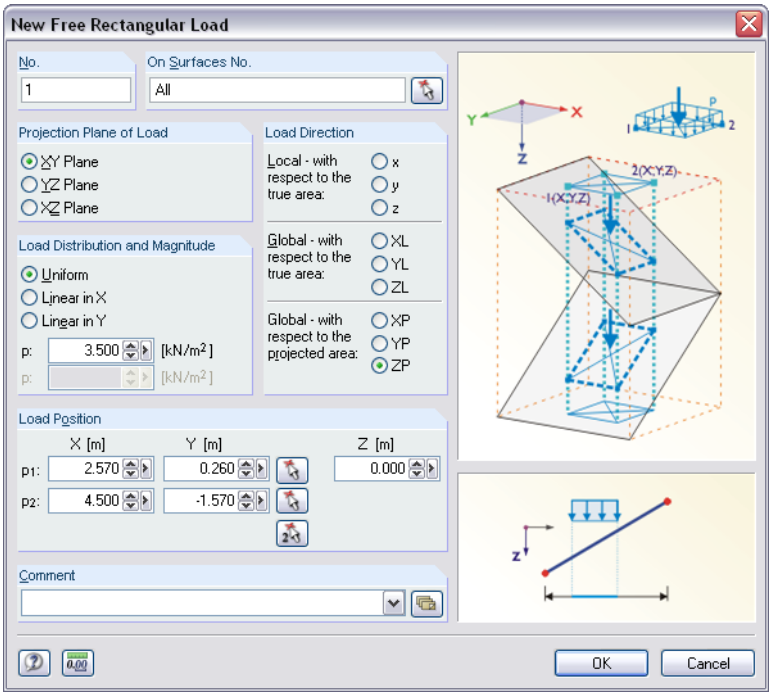


Figura 7.28: Cuadro de diálogo *Nueva carga rectangular libre*

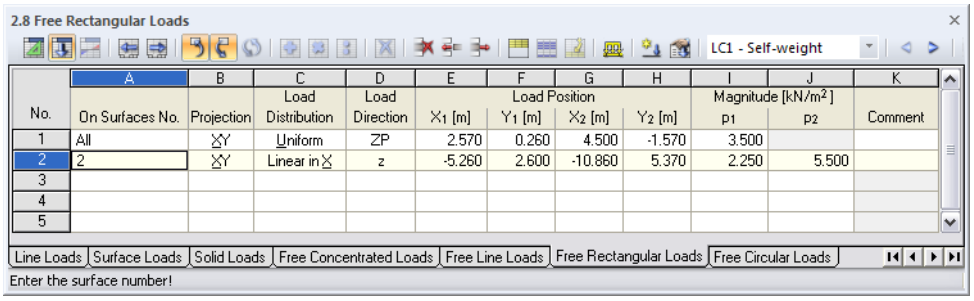


Figura 7.29: Tabla 2.8 Cargas rectangulares

En las superficies núm.



En este campo de entrada o columna de la tabla se introduce una lista de superficies para las cuales se debe aplicar la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga rectangular libre* también se pueden seleccionar las superficies gráficamente usando el botón [Seleccionar] que se muestra a la izquierda.

Empezando desde los tres puntos que se han definido en la sección de diálogo *Posición de la carga* se "dibujan" dos líneas perpendiculares al plano de proyección. Si estas líneas intersectan con alguna de las superficies de la lista, la carga se aplica sobre la diagonal que conecta ambos puntos de intersección, y que además se trata de la diagonal del rectángulo. De esta forma la misma carga puede ser fácilmente asignada a varias superficies.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Plano de proyección de la carga

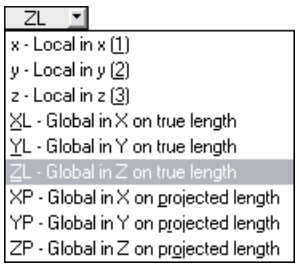
La carga puede ser proyectada en uno de los planos globales XY, YZ o XZ. Tal como se describe anteriormente, se generan dos líneas imaginarias desde las posiciones de la carga perpendicularmente al plano de proyección. Los puntos de inicio y fin de la diagonal del rectángulo serán aplicados de acuerdo con todas las posiciones en que las líneas intersequen con las superficies.

El plano de proyección de la carga no puede ser perpendicular a la superficie en la cual se debe aplicar la carga, porque en este caso, no es posible detectar un único punto de intersección con la superficie.

Distribución de la carga y magnitud

En esta sección del diálogo o columna de la tabla se define la carga rectangular libre, o bien como esfuerzo uniforme o linealmente variable. Dependiendo del parámetro se introducen uno o dos valores en el campo de entrada inferior.

Dirección de la carga



La carga puede ser eficaz en la dirección de los ejes globales X, Y, Z o los ejes locales de superficie x, y, z.

Local – referida al área real

Las cargas que actúan perpendiculares a la superficie son normalmente definidas en la dirección z. Para mostrar los ejes de las superficies haga clic en **Estructura,** en el navegador *Mostrar*, seleccione **Superficies** y marque la casilla de verificación **Sistemas de ejes de superficie x,y,z**. Se puede utilizar también el menú contextual de la correspondiente superficie (ver figura 5.84, página 143).

Global – referida al área real

Si la carga actúa en la dirección de un eje paralelo al sistema de coordenadas global X,Y,Z, entonces la orientación de los ejes locales de superficie es irrelevante para las cargas aplicadas. La carga puede estar referida a la superficie verdadera, lo que resulta útil por ejemplo, para acciones de "peso propio".

Global – referida al área proyectada

La carga es convertida a en la proyección de una de las superficies en la dirección de uno de los ejes del sistema de coordenadas globales. Seleccione esta opción, por ejemplo, para definir una carga de nieve. En el cuadro de dialogo *Nueva carga rectangular libre*, las superficies proyectadas se muestran en el gráfico.

Posición de carga



Para definir la posición de la carga introduzca las coordenadas manualmente o utilice el botón [Seleccionar] en el cuadro de diálogo *Nueva carga rectangular libre* que se muestra a la izquierda para seleccionar los puntos directamente en el gráfico. Empezando desde estos dos puntos se "dibujan" dos líneas rectas perpendiculares al plano de proyección. Si estas líneas intersectan con alguna de las superficies de la lista, la carga rectangular se aplica sobre la diagonal que conecta entre ambos puntos de intersección y que representa la diagonal del rectángulo.

Magnitud

En esta columna de la tabla se introducen los valores numéricos de la carga superficial.

7.9 Cargas circulares libres

Descripción general



Una carga circular libre actúa como una carga superficial uniforme o linealmente variable en un círculo de libre definición y que forma parte de la superficie.

Para aplicar una carga circular libre se debe definir previamente una superficie.

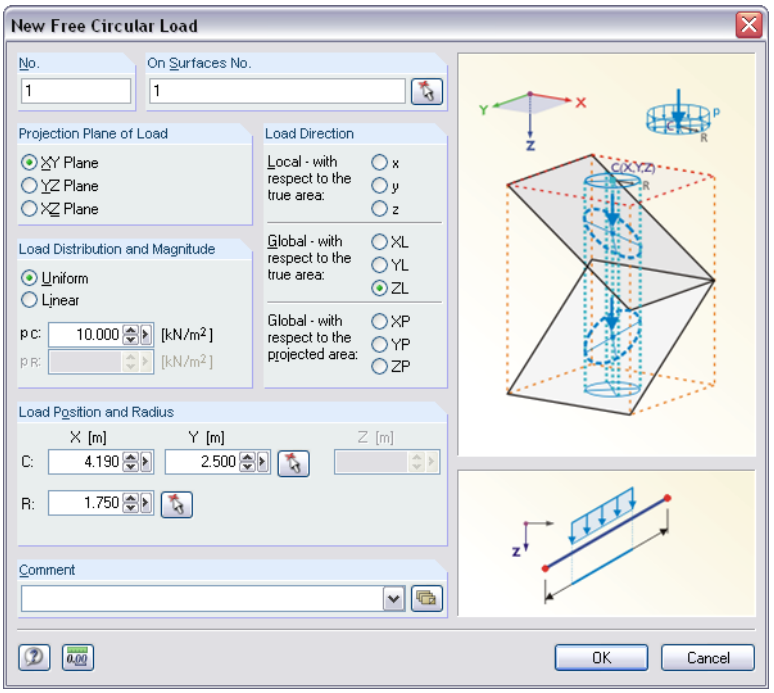


Figura 7.30: Cuadro de diálogo *Nueva carga circular libre*

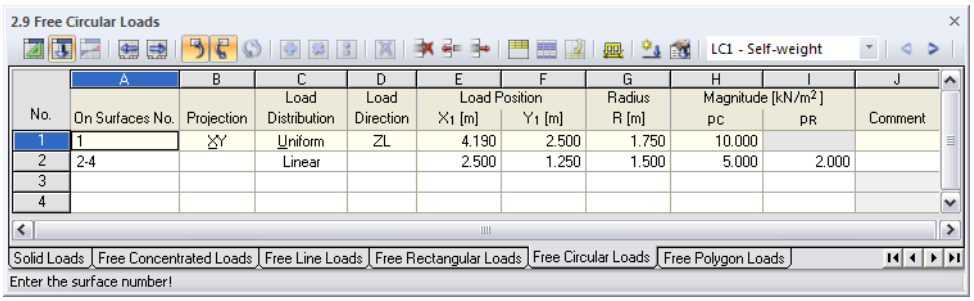


Figura 7.31: Tabla 2.9 *Cargas circulares libres*

En las superficies núm.



En este campo de entrada o columna de la tabla se introduce una lista de superficies en las cuales se debe aplicar la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga circular libre* también se pueden seleccionar las superficies gráficamente usando el botón [Seleccionar] que se muestra a la izquierda.

Empezando desde el punto que ha sido definido en la sección del diálogo *Posición de la carga y radio* se "dibuja" una línea perpendicular al plano de proyección. Si esta línea interseca con alguna de las superficies de la lista, la carga circular se aplica al punto de intersección como centro del círculo y radio. De esta forma, la misma carga puede ser fácilmente asignada a varias superficies.

Plano de proyección de la carga

La carga puede ser proyectada en uno de los planos globales XY, YZ o XZ. Tal como se describe anteriormente, se genera una línea imaginaria desde la posición de la carga perpendicular al plano de

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

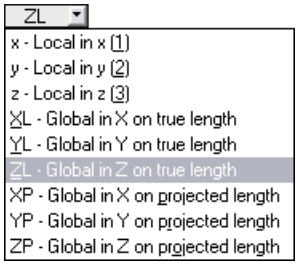
proyección. El centro del círculo será aplicado de acuerdo con todas las posiciones en que la línea interseque con las superficies.

El plano de proyección de la carga no puede ser perpendicular a la superficie en la cual se debe aplicar la carga, porque en este caso, no es posible detectar un único punto de intersección con la superficie.

Distribución de la carga y magnitud

En esta sección del diálogo o columna de la tabla se define la carga lineal libre, o bien como esfuerzo uniforme o linealmente variable. Dependiendo del parámetro, se introducen uno o dos valores en el campo de entrada inferior.

Dirección de la carga



La carga puede ser eficaz en la dirección de los ejes globales X, Y, Z o los ejes locales de superficie x, y, z.

Local – referida al área real

Las cargas que actúan perpendiculares a la superficie son normalmente definidas en la dirección z. Para mostrar los ejes de las superficies haga clic en **Estructura,** en el navegador *Mostrar*, seleccione **Superficies** y marque la casilla de verificación **Sistemas de ejes de superficie x,y,z**. Se puede utilizar también el menú contextual de la correspondiente superficie (ver figura 5.84, página 143).

Global – referida al área real

Si la carga actúa en la dirección de un eje paralelo al sistema de coordenadas global X,Y,Z, entonces la orientación de los ejes locales de superficie es irrelevante para las cargas aplicadas. La carga puede estar referida a la superficie verdadera, lo que resulta útil, por ejemplo, para acciones de “peso propio”.

Global – referida al área proyectada

La carga es convertida a en la proyección de una de las superficies en la dirección de uno de los ejes del sistema de coordenadas globales. En el cuadro de dialogo *Nueva carga circular libre*, las superficies proyectadas se muestran en el gráfico.

Posición de la carga



Para definir la posición del círculo para la carga circular introduzca las coordenadas manualmente o utilice el botón [Seleccionar] en el cuadro de diálogo *Nueva carga circular libre* que se muestra a la izquierda para seleccionar el punto directamente en el gráfico. Empezando desde este punto se “dibuja” una línea recta perpendicular al plano de proyección. Si esta línea interseca con alguna de las superficies de la lista, el centro del círculo de la carga circular se aplica en el punto de intersección.

Radio



En este campo de entrada o columna de la tabla se introduce el radio de la carga superficial circular. También se puede utilizar el botón [Seleccionar] en el cuadro de diálogo *Nueva carga circular libre* para definir el radio gráficamente.

Magnitud

En esta columna de la tabla se introduce el valor numérico de la carga superficial.

7.10 Cargas poligonales libres

Descripción general



Una carga poligonal libre actúa como una carga superficial uniforme o linealmente variable en un polígono de libre definición y que forma parte de la superficie.

Para aplicar una carga poligonal libre se debe definir previamente una superficie.

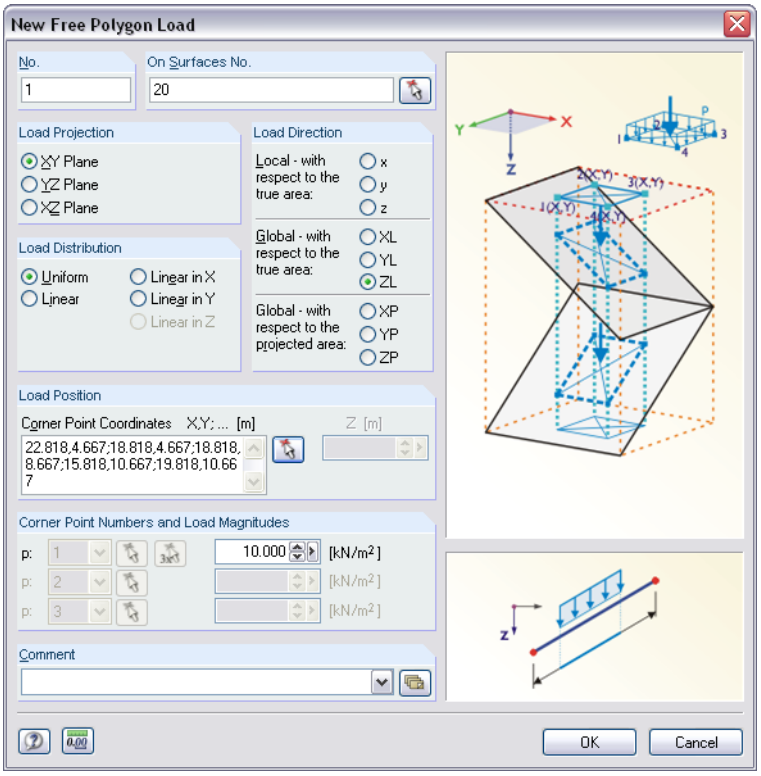


Figura 7.32: Cuadro de diálogo *Nueva carga poligonal libre*

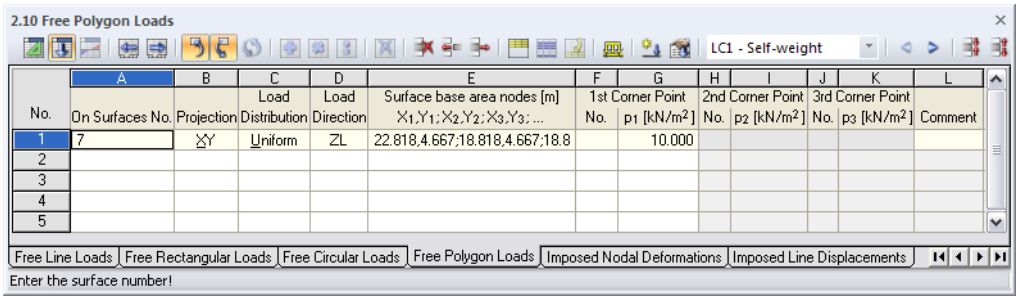


Figura7.33: Tabla 2.10 *Cargas poligonales libres*

En las superficies núm.



En este campo de entrada o columna de la tabla se introduce una lista de superficies en las cuales se debe aplicar la carga. En el cuadro de diálogo *Nueva carga poligonal libre* también se pueden seleccionar las superficies gráficamente usando el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda.

Empezando desde los puntos de esquina que ha sido definido en la sección de diálogo *Posición de carga* se "dibujan" líneas rectas perpendiculares al plano de proyección. Si estas líneas intersectan con alguna de las superficies de la lista, las líneas de conexión entre los puntos de intersección limitan la carga que se debe aplicar. De esta forma, la misma carga puede ser fácilmente asignada a varias superficies.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Proyección de la carga

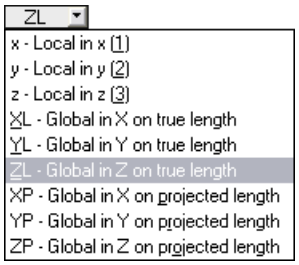
La carga puede ser proyectada en uno de los planos globales XY, YZ o XZ. Tal como se describe anteriormente, se generan unas líneas imaginarias desde las posiciones de la carga perpendiculares al plano de proyección. Los puntos de esquina de la carga poligonal son aplicados a todos los puntos de intersección de estas líneas con las superficies.

El plano de proyección de la carga no puede ser perpendicular a la superficie en la cual se debe aplicar la carga, porque en este caso, no es posible detectar un único punto de intersección con la superficie.

Distribución de la carga

En esta sección del diálogo o columna de la tabla se define la carga libre poligonal, ya sea como uniforme o carga superficial linealmente variable. En la sección del diálogo *Numeración de vértices y magnitudes de la carga*, introduzca los valores numéricos: uno (*Uniforme*), dos (*Línea en X / Y / Z*) o tres (*Lineal*).

Dirección de la carga



La carga puede ser eficaz en la dirección de los ejes globales X, Y, Z o los ejes locales de superficie x, y, z.

Local – referida al área real

Las cargas que actúan perpendiculares a la superficie son normalmente definidas en la dirección z. Para mostrar los ejes de las superficies haga clic en **Estructura,** en el navegador *Mostrar*, seleccione **Superficies** y marque la casilla de verificación **Sistemas de ejes de superficie x,y,z**. Se puede utilizar también el menú contextual de la correspondiente superficie (ver figura 5.84, página 143).

Global - referida al área real

Si la carga actúa en la dirección de un eje paralelo al sistema de coordenadas globales X,Y,Z, entonces la orientación de los ejes locales de la superficie es irrelevante para las cargas aplicadas. La carga puede estar referida a la superficie verdadera, lo que resulta útil por ejemplo, para acciones de "peso propio".

Global – referida al área proyectada

La carga se convierte en la proyección de una de las superficies en la dirección de uno de los ejes del sistema de coordenadas globales. Seleccione esta opción, por ejemplo, para definir una carga de nieve. En el cuadro de dialogo *Nueva carga poligonal libre*, se muestran las superficies proyectadas en el gráfico.

Posición de la carga



Para definir la posición de la carga introduzca las coordenadas manualmente, o utilice el botón [Seleccionar] en el cuadro de diálogo *Nueva carga poligonal libre* que se muestra a la izquierda para seleccionar los puntos directamente en el gráfico. Las coordenadas individuales de los vértices del polígono se introducen por separado mediante una coma. Los pares de coordenadas se separan con punto y coma.

Ejemplo: Coordenadas de los vértices X,Y; ... [m] 2,3;1.6,4.7;5,45;6,25;3,2

El tercer elemento de la coordenada es introducido automáticamente mediante el plano de la proyección de la carga. En el ejemplo anterior, la coordenada Z se puede definir manualmente en un campo de entrada separado del cuadro de diálogo *Nueva carga poligonal libre*. Para la selección gráfica, este punto no es importante porque el plano de trabajo activo será relevante.

Empezando desde estos puntos, se "dibujan" líneas rectas imaginarias perpendiculares al plano de proyección de la carga. Los vértices de la carga poligonal son aplicados a los puntos de intersección de estas líneas con las superficies.

Numeración de vértices y magnitudes de la carga

Si la carga poligonal libre es una superficie linealmente variable, se deben introducir dos (*Lineal en X / Y / Z*) o tres (*Lineal*) vértices para los cuales son asignados los valores especiales de la carga. Sólo los vértices que se utilizaron para definir las líneas de contorno en la sección del diálogo *Posición de carga*, se pueden introducir o seleccionar gráficamente. Así los números de los vértices están referidos al orden de las *Coordenadas de los vértices* del polígono.

Magnitud

En este campo de entrada o columna de la tabla, se introduce el valor numérico de la carga superficial. Para una distribución linealmente variable se deben introducir dos o tres valores.

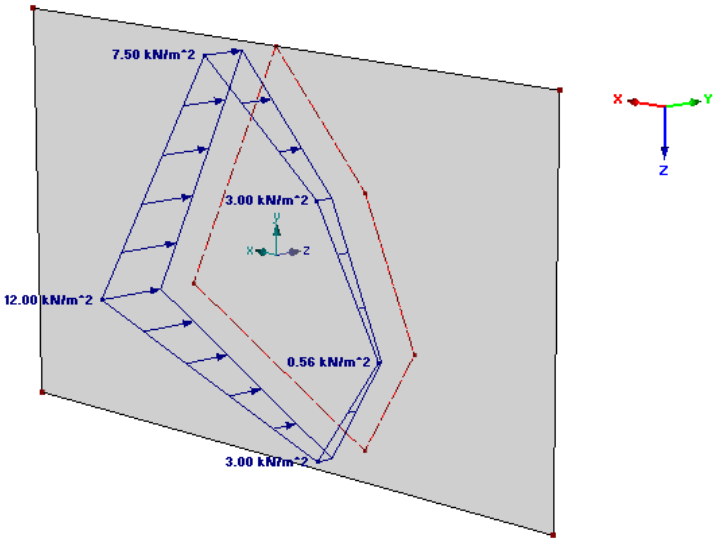


Figura 7.34: Carga poligonal linealmente variable en la dirección **X**: Plano de proyección **XZ** y dirección local de la carga en **z**

7.11 Deformación impuesta en nudo

Descripción general

Una deformación impuesta en un nudo es un desplazamiento o giro de un nudo auxiliar, por ejemplo debido a los asientos de un soporte.

Las deformaciones impuestas en un nudo sólo se pueden aplicar a nudos que estén apoyados en la dirección del desplazamiento.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

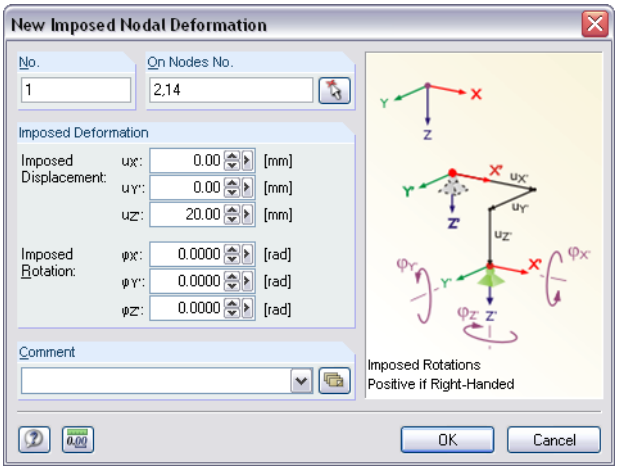


Figura 7.35: Cuadro de diálogo *Nueva deformación impuesta en nudo*

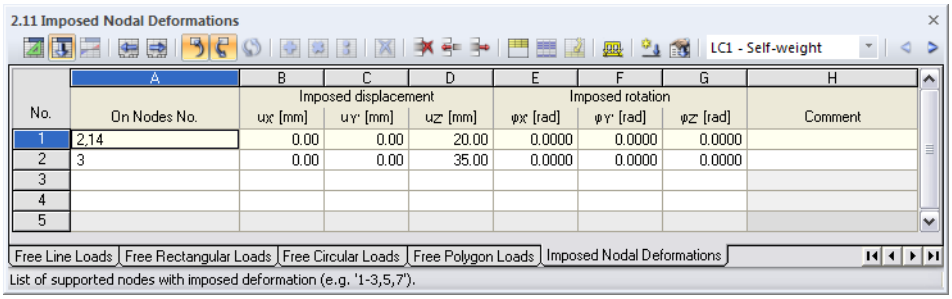


Figura 7.36: Tabla 2.11 *Deformaciones impuestas en nudos*

El número de la carga se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva deformación impuesta en nudo*, pero puede ser cambiada en cualquier momento. El orden de la numeración no es importante.

En los nudos núm.



En este campo de entrada o columna de la tabla se introduce una lista de nudos en los cuales se deben aplicar las deformaciones impuestas. En el cuadro de diálogo *Nueva deformación impuesta en nudo* también se pueden seleccionar los nudos gráficamente utilizando el botón [Seleccionar] que se muestra a la izquierda.



Si se selecciona la entrada gráfica, se deben definir primero las deformaciones. Después de hacer clic en [Aceptar] se pueden seleccionar en el gráfico los correspondientes nudos, uno después de otro.

Desplazamientos impuestos $u_{X'}$ / $u_{Y'}$ / $u_{Z'}$

Los desplazamientos impuestos están referenciados al sistema de coordenadas globales. Si el desplazamiento de un nudo apoyado no actúa paralelo a uno de los ejes globales, sus componentes X, Y, Z se deben determinar e introducir en los correspondientes campos de entrada.

Giro impuesto $\varphi_{X'}$ / $\varphi_{Y'}$ / $\varphi_{Z'}$

Las reacciones en los nudos también están referidas al sistema de coordenadas globales X,Y,Z. Así, un giro parcial requiere de la determinación de los componentes X, Y, Z.

Un giro positivo impuesto actúa en la dirección de las agujas del reloj sobre el correspondiente eje global. El gráfico en el cuadro de diálogo *Nueva deformación impuesta en nudo* es útil para definir los signos.

7.12 Desplazamientos impuestos lineales

Descripción general



Un desplazamiento impuesto lineal es el desplazamiento de una línea apoyada, por ejemplo debido a los asientos de un soporte.



Los desplazamientos impuestos lineales sólo se pueden aplicadar a líneas que estén apoyadas en la dirección del desplazamiento.

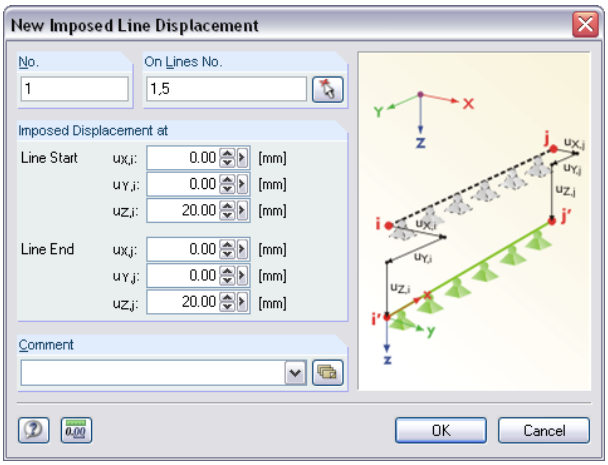


Figura 7.37: Cuadro de diálogo *Nuevo desplazamiento impuesto lineal*

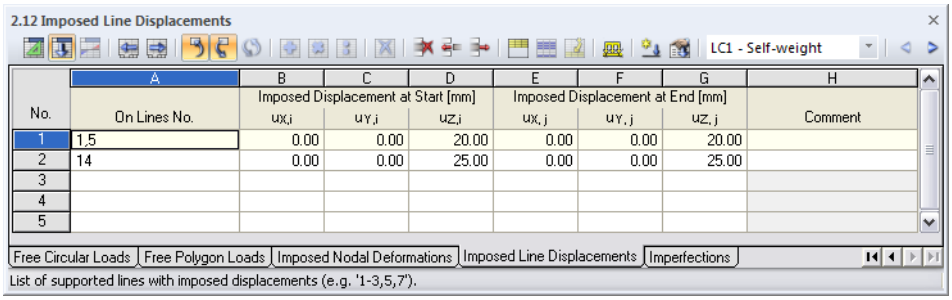


Figura 7.38: Tabla 2.12 *Desplazamientos impuestos lineal*

El número de la carga se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nuevo desplazamiento impuesto lineal*, pero puede ser cambiada en cualquier momento. El orden de la numeración no es importante.

En las líneas núm.



En este campo de entrada o columna de la tabla se definen las líneas en las cuales los desplazamientos impuestos han de ser aplicados. En el cuadro de diálogo *Nuevo desplazamiento impuesto en nudo* también se pueden seleccionar los nudos gráficamente utilizando el botón [Seleccionar] que se muestra a la izquierda.



Si se selecciona la entrada gráfica, primero se deben definir las deformaciones. Después de hacer clic en [Aceptar] se pueden seleccionar en el gráfico los correspondientes nudos, uno después de otro.

Desplazamiento impuesto

Inicio de línea

Los desplazamientos impuestos están referidos al sistema de coordenadas X,Y,Z. Si el desplazamiento de una línea apoyada no actúa en paralelo a uno de los ejes, se deben determinar sus componentes X, Y, Z.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

En estos campos de entrada o columnas de la tabla se introduce el desplazamiento en el nudo inicial de la línea apoyada.

Fin de línea

En estos campos de entrada o columnas de la tabla se introduce el desplazamiento en el nudo final de la línea apoyada.

Para mostrar las orientaciones de la línea seleccione **Estructura,** en el navegador *Mostrar*, haga doble clic en **Líneas** y luego marque la casilla de verificación **Orientaciones de líneas** (ver figura 5.20, página 95).

7.13 Imperfecciones

Descripción general



En RFEM 4 se pueden elegir dos opciones para considerar las imperfecciones: Se pueden utilizar *cargas equivalentes en barras* o crear una *estructura inicial predeformada*. Este capítulo abarca la utilización de cargas laterales para barras. Para ver detalles de cómo generar estructuras iniciales predeformadas mediante el módulo **RF-IMP** ver página 147.

Para aplicar una carga equivalente lateral, se debe definir una barra previamente.

Las imperfecciones representan desviaciones en la fabricación de la geometría estructural y de las propiedades del material. En la norma DIN 18800 parte 2, sección 2, la aplicación de las imperfecciones se organiza como contraflecha (deformaciones) e inclinación (balanceo). Así, las imperfecciones son consideradas como cargas equivalentes.

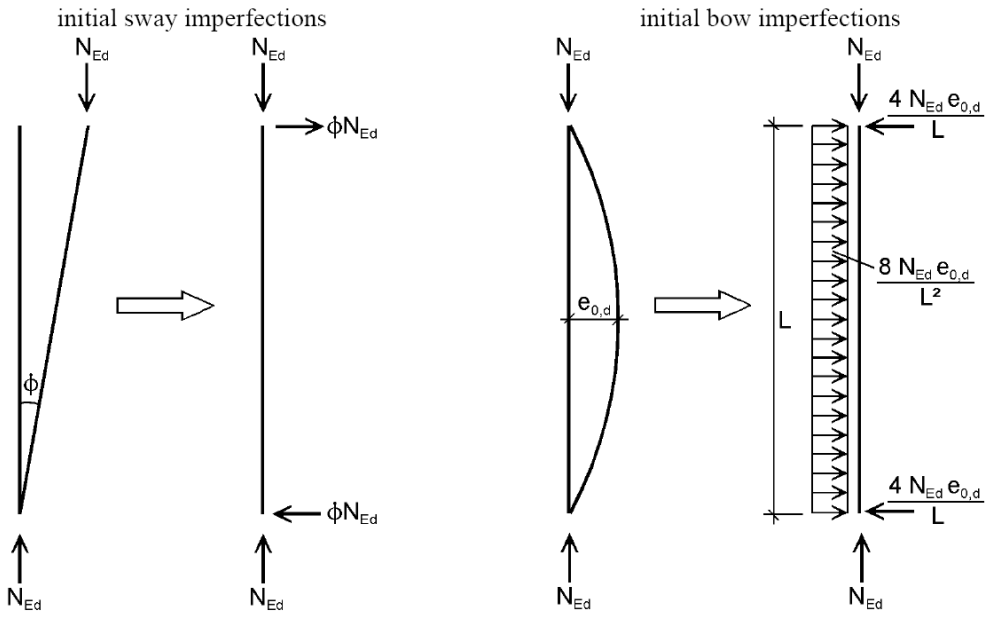


Figura 7.39: Esfuerzos equivalentes horizontales de acuerdo con EN 1993-1-1: 2005



RFEM 4 reconoce las cargas equivalentes también para los cálculos, de acuerdo con el análisis estático lineal. Tenga en cuenta que en esta ocasión un caso de carga que sólo incluya imperfecciones no producirá ningún esfuerzo interno. La estructura tiene que constar de algunas cargas "reales" adicionales que induzcan esfuerzos axiles en las barras con imperfecciones.

Se recomienda administrar cargas e imperfecciones en casos de carga separados. Así, estos casos de carga pueden ser apropiadamente combinados en grupos de carga. Además, un caso de carga que sólo contiene imperfecciones se debe considerar como **Imperfección** en el cuadro de diálogo *Nue-*

vo caso de carga – Datos generales (ver figura 6.3, página 187) con el fin de evitar mensajes de error durante la comprobación plausible.

La imperfección se debe establecer de acuerdo con el valor propio más pequeño de pandeo en la dirección más desfavorable.

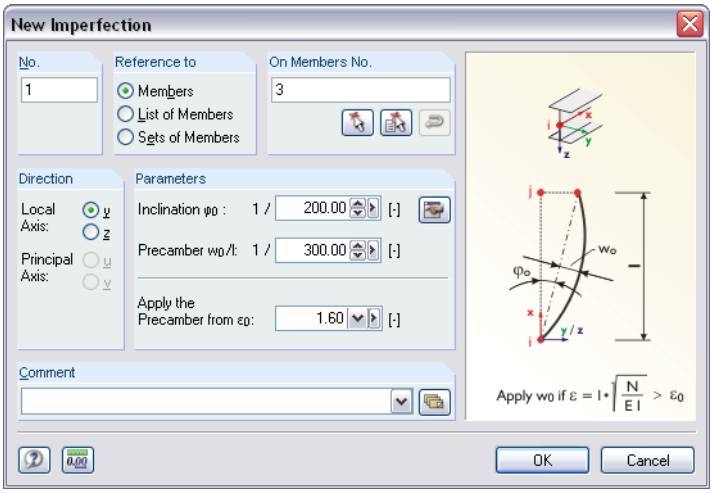
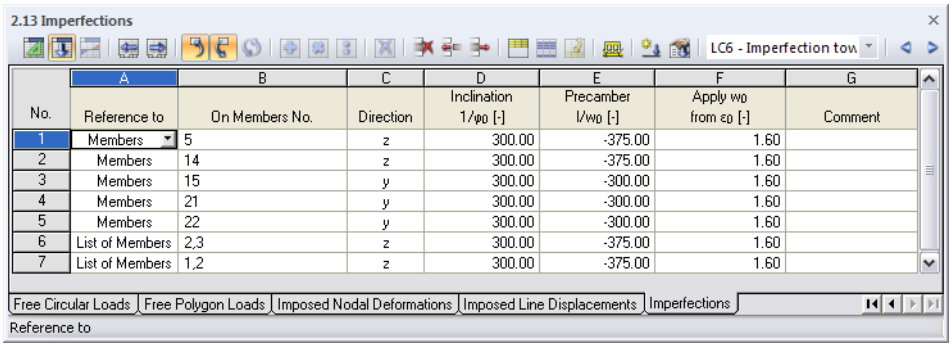


Figura 7.40: Cuadro de diálogo *Nueva imperfección*



No.	A Reference to	B On Members No.	C Direction	D Inclination 1/φ0 [-]	E Precamber l/w0 [-]	F Apply w0 from ε0 [-]	G Comment
1	Members	5	z	300.00	-375.00	1.60	
2	Members	14	z	300.00	-375.00	1.60	
3	Members	15	y	300.00	-300.00	1.60	
4	Members	21	y	300.00	-300.00	1.60	
5	Members	22	y	300.00	-300.00	1.60	
6	List of Members	2,3	z	300.00	-375.00	1.60	
7	List of Members	1,2	z	300.00	-375.00	1.60	

Figura 7.41: Tabla 2.13 *Imperfecciones*

El número de la imperfección se asigna automáticamente en el cuadro de diálogo *Nueva imperfección*, pero puede ser cambiado en cualquier momento. El orden en la numeración no es importante.

Referencia a

En esta sección del diálogo o columna de la tabla se pueden definir los elementos estructurales para los cuales se debe aplicar la imperfección. Se pueden elegir las siguientes opciones:

Barras

La imperfección actúa sobre una sola barra o en cada una de las barras seleccionadas.

Lista de barras

En contraste con la referencia de la carga para cada barra individual, la imperfección actúa en todas las barras que están contenidas en la lista de la derecha. Las predeformaciones e inclinaciones son referidas a la longitud total de las barras de la lista. Los diferentes efectos se muestran en la figura 7.42.

Debido al uso de una lista de barras, no se necesita definir un nuevo conjunto de barras si se quieren aplicar imperfecciones en todas las barras. Además, es fácil cambiar el efecto en barras individuales rápidamente.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Conjuntos de barras

La carga actúa en un conjunto de barras individuales o en cada conjunto de varios conjuntos de barras. Al igual que la lista de barras previamente descrita, los parámetros de carga son aplicados como un todo a todas las barras incluidas en el conjunto de barras.

Los conjuntos de barras son o bien grupos de barras o barras continuas (ver capitulo 5.21, página 177). Las cargas para conjuntos de barras pueden ser aplicadas a barras continuas sin problemas. Sin embargo no pueden ser utilizadas para grupos de cargas.

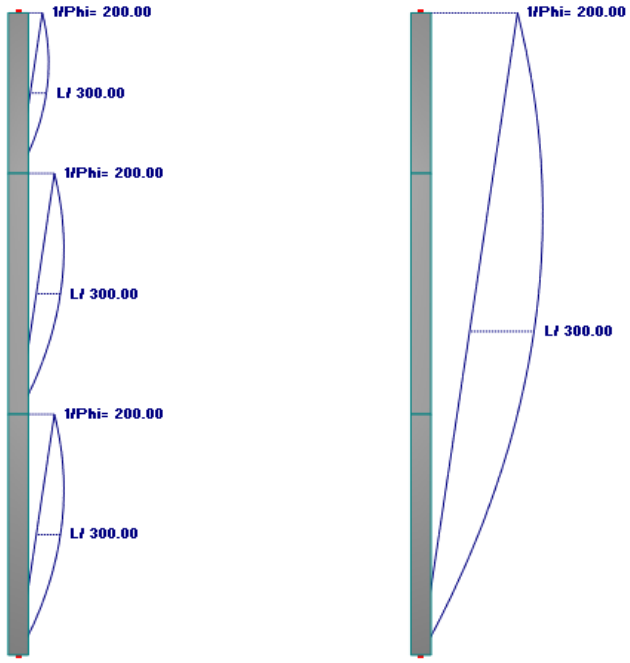


Figura 7.42: Imperfecciones referidas a barras (izquierda) y referidas a una lista de barras (derecha)

En las barras núm.



En este campo de entrada o columna de la barra se introduce una lista de barras o conjuntos de barras para los cuales se deber aplicar la imperfección. En el cuadro de diálogo *Nueva imperfección* también se pueden seleccionar gráficamente utilizando el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda.



Si se selecciona la entrada gráfica se deben definir primero todos los datos de la imperfección. Después de hacer clic en [Aceptar] se pueden seleccionar en el gráfico las correspondientes barras o conjuntos de barras, una después de otra.



Para imperfecciones referidas a una lista de barras, se puede ajustar el número de barras mediante el botón [Invertir orientación de barra] mostrado a la izquierda, con el fin de invertir la inclinación en la visualización gráfica. Sin embargo, debido a las cargas equivalentes idénticas, el orden de la secuencia es irrelevante para el cálculo.

Dirección

La imperfección sólo puede ser aplicada en la dirección de los ejes de barra locales *y* o *z*. Para secciones no simétricas se pueden seleccionar los ejes principales *u* y *v* (ver capítulo 5.13, página 149). No es posible definir en este momento una inclinación o contraflecha global.

La orientación de los ejes de la barra se describe en el capítulo 5.17, sección *Giro de la barra*. Para perfiles simétricos, el eje *y* representa el llamado eje “fuerte”, el eje *z* representa, en concordancia, el eje *“débil”* de la sección de la barra.

Cuando el tipo de estructura para losas o muros ha sido previamente seleccionado en el cuadro de diálogo *Datos generales* sólo puede ser definida la dirección *z*.

Inclinación 1/φ_0

La inclinación φ_0 indica el grado de balanceo, DIN 18800 parte 2, apdo. (205). El valor recíproco de φ_0 debe ser introducido en este campo de entrada o columna de la tabla.



En el cuadro de diálogo se puede utilizar el botón [Calcular inclinación] mostrado a la izquierda, para determinar los valores de la imperfección de acuerdo con las diferentes normas. Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

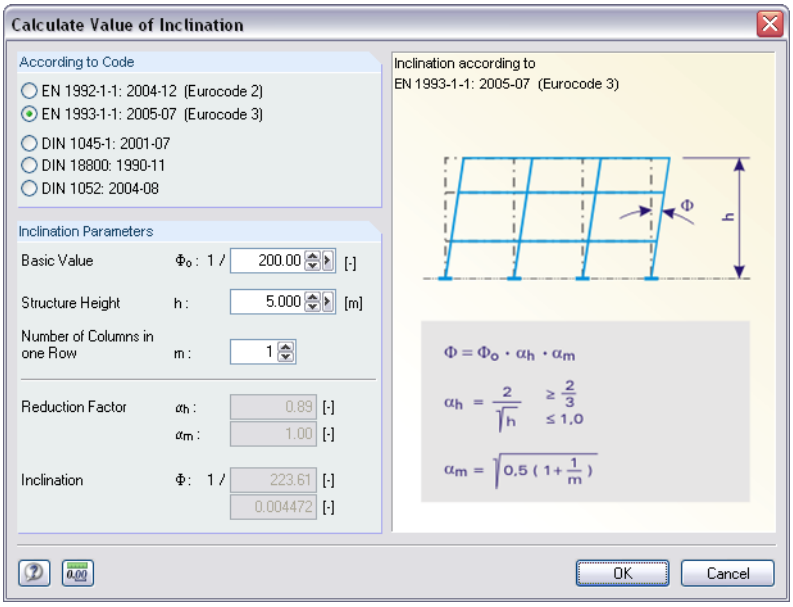


Figura 7.43: Cuadro de diálogo *Calcular valor de la inclinación*

Dependiendo del parámetro de la sección *De acuerdo con la norma*, quedan diferentes campos de entrada disponibles en la sección del diálogo *Parámetros de inclinación*. El coeficiente de reducción y la Inclinación son calculados a partir de los valores introducidos en estos campos, de acuerdo con las normas. Después de hacer clic en [Aceptar] las inclinaciones son transferidas al cuadro de dialogo inicial.

Contraflecha l/w_0

La contraflecha w_0 define el grado de deformación que debe ser aplicado de acuerdo con las normas (por ejemplo DIN 18800 parte 2, (204) o EN 1993-1-1: 2005 sección 5.3). La contraflecha depende de la curva de pandeo de la sección y se debe introducir referenciada a la longitud l.

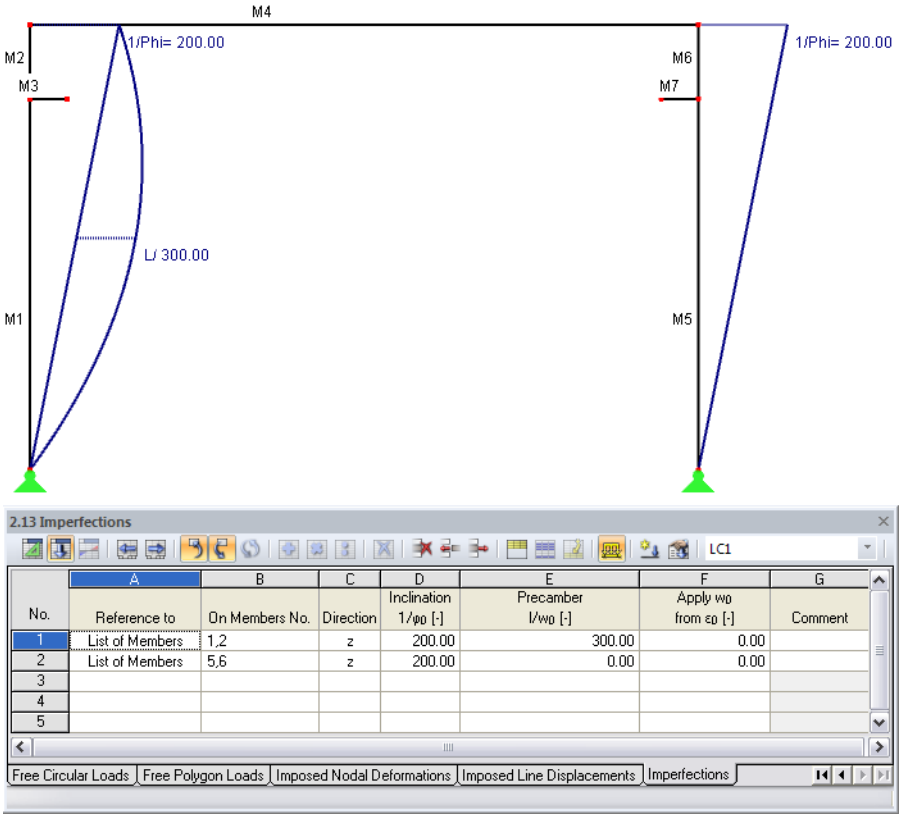
Aplicar la contraflecha desde ε_0

Sólo será considerada una inclinación, si el código de la barra ε es mayor que el valor definido en este campo de entrada. La norma DIN 18800 parte 2, (207) requiere para la mayor parte de los casos $\varepsilon > 1.6$, a partir del cual la contraflecha se debe considerar adicionalmente a la inclinación.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Ejemplo

La columna de la izquierda está cargada con una inclinación y una contraflecha, la de la derecha sólo con una inclinación.



No.	A Reference to	B On Members No.	C Direction	D Inclination 1/φ0 [-]	E Precamber l/w0 [-]	F Apply w0 from εD [-]	G Comment
1	List of Members	1,2	z	200.00	300.00	0.00	
2	List of Members	5,6	z	200.00	0.00	0.00	
3							
4							
5							

Figura 7.44: Pórtico plano con inclinaciones y contraflecha

7.14 Cargas generadas

RFEM 4 ofrece una serie de generadores mediante los cuales se crean cargas muy fácilmente (ver capítulo 12.5.2, página 450). Las cargas generadas son asignadas a las tablas de cargas apropiadas o entradas del navegador. En estos casos, se encuentra disponible la entrada adicional *Cargas generadas* en el navegador *Datos*.

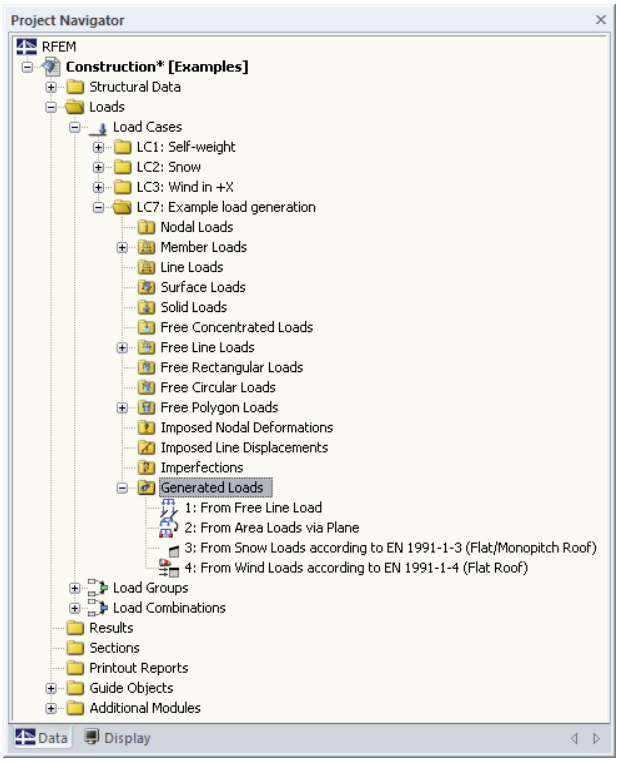


Figura 7.45: Navegador *Datos* para *Cargas generadas*

Haga doble clic en la entrada del navegador para abrir el cuadro de diálogo inicial del navegador, con el fin de modificar los parámetros ya definidos.

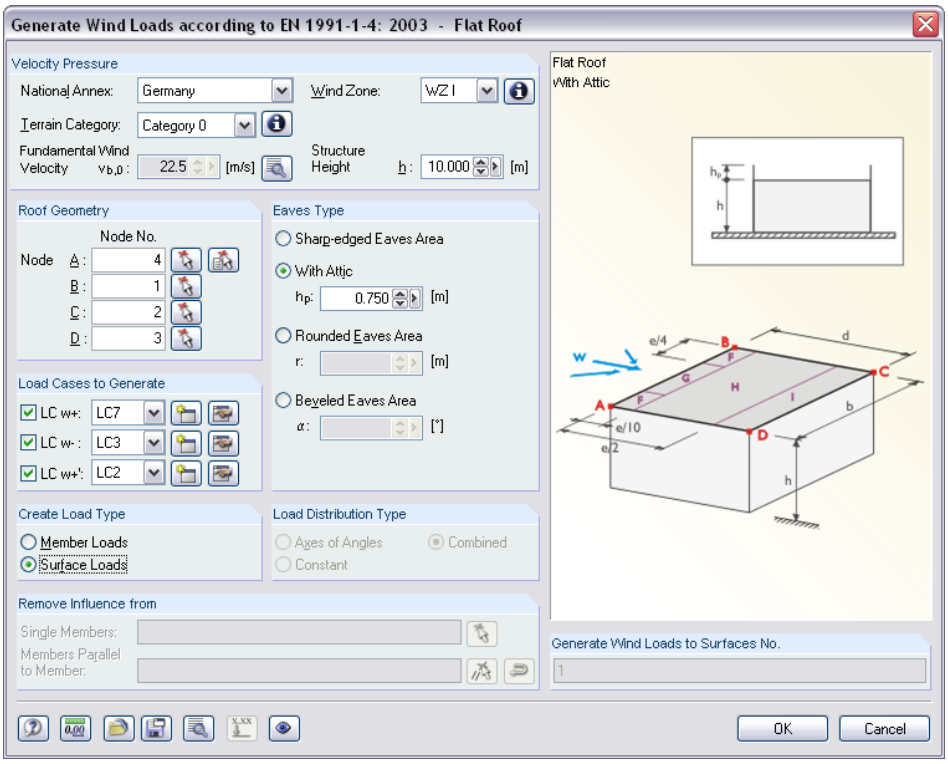


Figura7.46: Ajustes en el cuadro de diálogo *Generar cargas de viento*

Después de confirmar el cuadro de diálogo haciendo clic en el botón [Aceptar] las cargas serán ajustadas en concordancia. Gracias a la opción *Cargas generadas,* la entrada de cargas está claramente representada y disponible para los cambios.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

8. Cálculo

8.1 Comprobación de los datos de entrada

Antes de iniciar el cálculo, se recomienda comprobar los datos estructurales y de cargas, así como el modelo en sí mismo. RFEM 4 comprueba si los datos están completos, lo que es necesario para los elementos estructurales individuales, si las referencias de los conjuntos de datos son correctas y si el modelo es correcto.

Los errores de entrada detectados por el programa son fácilmente corregibles, así como acceder a la fila de la tabla del problema actual (ver figura 8.3).

8.1.1 Comprobación plausible



Se pueden comprobar los datos estructurales así como los datos de carga para su entrada coherente. Para abrir el cuadro de diálogo de la comprobación plausible seleccione **Comprobación plausible** en el menú **Herramientas** o utilice el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. Se abre el siguiente cuadro de diálogo:

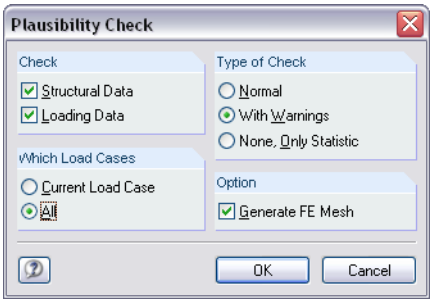


Figura 8.1: Cuadro de diálogo *Comprobación plausible*

En este cuadro de diálogo se definen los datos de entrada que se deben comprobar.

En la sección del diálogo *Tipo de comprobación* se puede seleccionar una de estas tres comprobaciones:

- **Normal**

Es la comprobación estándar para verificar si los datos de entrada están completos y si las referencias son correctas.

- **Con advertencias**

Seleccione esta opción para llevar a cabo una comprobación detallada de los datos de entrada. RFEM 4 busca también los nudos con coordenadas idénticas o articulaciones con grados de libertad no limitados.

Una advertencia aparece con la información detallada cuando se encuentra un fallo. La comprobación puede ser interrumpida con el fin de solucionar el problema.

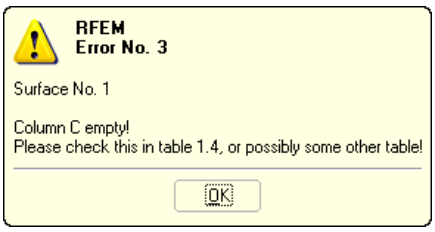
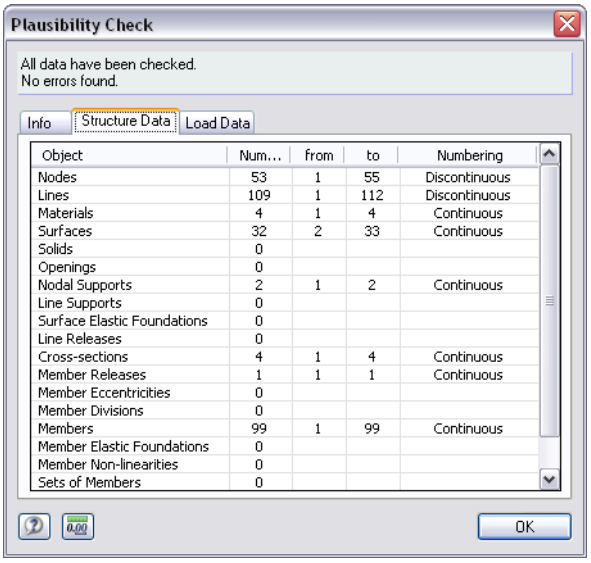


Figura 8.2: Comprobación plausible con advertencia

- **Ninguna, sólo la estadística**

Esta función sólo informa sobre los datos de entrada existentes, por ejemplo las dimensiones estructurales o el peso total, así como el número de nudos definidos, líneas, apoyos, superficies, cargas en barras etc.

Si la comprobación plausible finaliza con éxito aparece el informe de datos de entrada.



Object	Num...	from	to	Numbering
Nodes	53	1	55	Discontinuous
Lines	109	1	112	Discontinuous
Materials	4	1	4	Continuous
Surfaces	32	2	33	Continuous
Solids	0			
Openings	0			
Nodal Supports	2	1	2	Continuous
Line Supports	0			
Surface Elastic Foundations	0			
Line Releases	0			
Cross-sections	4	1	4	Continuous
Member Releases	1	1	1	Continuous
Member Eccentricities	0			
Member Divisions	0			
Members	99	1	99	Continuous
Member Elastic Foundations	0			
Member Non-linearities	0			
Sets of Members	0			

Figura 8.3: Resultados de la comprobación plausible, registro *Datos estructurales*

Seleccione la opción *Generar malla de EF* para generar la malla de EF inmediatamente después de que la comprobación plausible se haya completado. Para información más detallada ver el capítulo 8.2, página 249.

8.1.2 Comprobación de la estructura

Adicionalmente a la comprobación plausible general, previamente descrita, se puede utilizar la comprobación de la estructura para buscar directamente errores típicos en el modelado.

En el menú **Herramientas**, sitúe el puntero en **Comprobación de la estructura**

para seleccionar entre las siguientes opciones:

Nudos idénticos



Todos los nudos con coordenadas idénticas son filtrados y listados en grupos.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

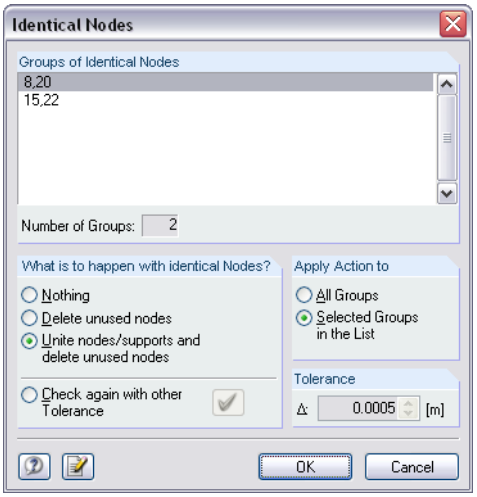


Figura 8.4: Resultados de la comprobación de la estructura para nudos idénticos

En la sección del diálogo *¿Qué desea hacer con los nudos idénticos?,* puede decidir qué hacer con los nudos repetidos. En la sección del diálogo *Aplicar la acción a,* se define si la selección será aplicada a todos los grupos que aparecen en la lista superior o sólo para una columna seleccionada.

En la sección *Tolerancia,* algún tipo de ajuste fino es posible para definir el rango en el que se consideran las coordenadas idénticas. Esta función es especialmente útil para aplicaciones CAD que frecuentemente tienen líneas muy cortas debido a que los nudos se encuentran muy próximos entre sí. Si se filtran estos nudos con la tolerancia apropiada y se unifican posteriormente se pueden evitar problemas numéricos producidos por barras muy cortas o líneas.

Barras superpuestas



Utilice esta opción para filtrar todas las barras cuyas longitudes se solapan parcialmente o completamente.

Si se detectan barras superpuestas, éstas aparecen en la lista por grupos. Para corregir un grupo selecciónelo y haga clic en [Aceptar]. El grupo seleccionado aparecerá en el gráfico y podrá ser modificado.

Barras rectas cruzadas sin conexión



Utilice esta opción para buscar las barras que se cruzan pero que no tienen un nudo en común en el punto de intersección.

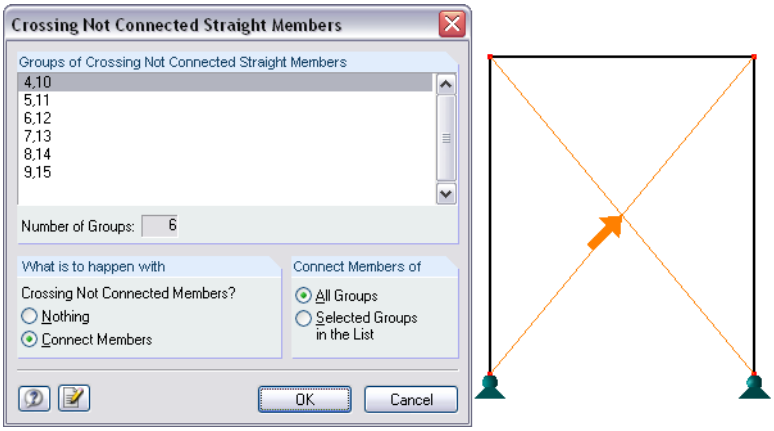


Figura 8.5: Resultados de la comprobación de la estructura para barras cruzadas

En la sección del diálogo *Grupos de barras rectas cruzadas sin conexión* se muestran los resultados de esta verificación. Las barras cruzadas aparecen por grupos en la lista. El grupo que está actualmente seleccionado se indica con una flecha en el gráfico.

En la sección del diálogo *¿Qué desea hacer con*, decide lo que desea hacer con estas barras que se cruzan. La opción *Conectar barras* es útil cuando los esfuerzos internos se pueden transferir al nudo común, pero no por ejemplo para diagonales que se crucen.

Líneas superpuestas



Utilice esta opción para filtrar líneas cuyas longitudes se solapen total o parcialmente.

Si se detectan líneas superpuestas aparecen en la lista por grupos. Parra corregir un grupo, haga clic en [Aceptar]. El grupo seleccionado aparece mostrado en el gráfico y puede ser modificado.

Líneas cruzadas sin conexión



Utilice esta opción para buscar líneas que se cruzan sin un nudo común en el punto de intersección. Los resultados se muestran en la sección del diálogo *Grupos de líneas rectas cruzadas sin conexión* (ver figura 8.5). Las líneas cruzadas aparecen en la lista por grupos. El grupo que está actualmente seleccionado se indica con una flecha en el gráfico.

En la sección del diálogo *¿Qué desea hacer con*, se decide qué hacer con las líneas que se cruzan.

8.1.3 Regenerar estructura



RFEM 4 es capaz de corregir automáticamente pequeñas inconsistencias en el modelo resultante de importar datos de programas CAD o que han sido generados durante el proceso de modelado. Para abrir el cuadro de diálogo para regenerar la estructura,

seleccione **Regenerar estructura** en el menú **Herramientas**.

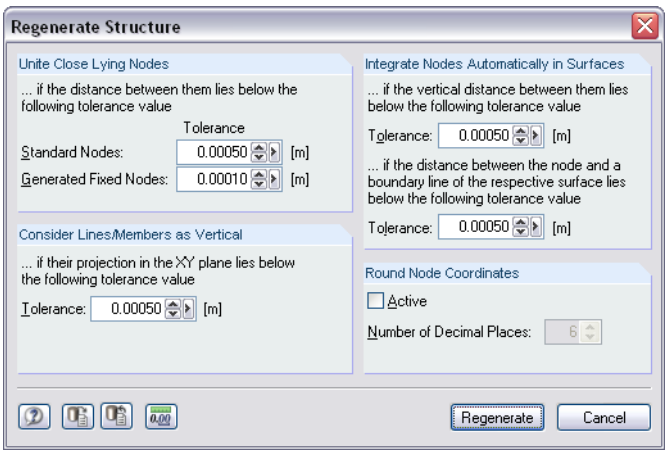


Figura 8.6: Cuadro de diálogo *Regenerar estructura*

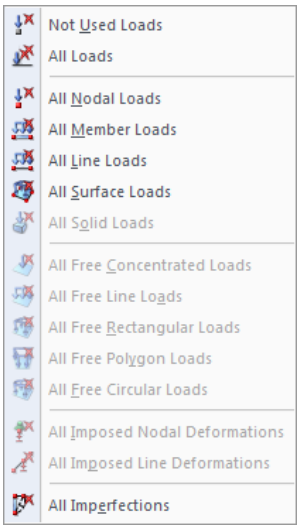
En la sección del diálogo *Unir nudos cercanos*, se define la distancia entre los nudos que están muy próximos entre sí. Si los valores están por debajo de la *Tolerancia* introducida, estos nudos serán considerados como idénticos y serán unidos en un sólo nudo. Los nudos redundantes serán eliminados, los nudos restantes serán enumerados de nuevo.

En la sección del diálogo *Considerar líneas/barras como verticales*, se puede controlar la posición de la línea local y ejes de las barras. Para líneas o barras en posición “vertical” la orientación de los ejes difiere esencialmente de las líneas o barras en posición “general” (oblicuas) (ver capítulo 5.17, página 164). Se puede utilizar el campo de entrada *Tolerancia* para imponer una posición vertical a una posición general. De esta forma, previene a los ejes de la línea o barra de “conmutar”. Esto puede ser favorable para la entrada de carga y la salida de esfuerzos internos.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Use las opciones de la sección del diálogo *Integrar nudos automáticamente en las superficies* para nudos que tienen una distancia muy pequeña a una superficie particular o una línea de contorno con el fin de incluirlos en la lista de objetos integrados de la superficie correspondiente (ver página 118). De esta forma, se evita integrar los nudos manualmente. Tenga en cuenta de que se llevará a cabo una comprobación interna antes de que se inicien los cálculos. Sin embargo, si la distancia a la superficie es demasiado larga para estos nudos integrados, serán considerados como no pertenecientes.

Si quiere redondear las coordenadas del nudo marque la casilla de verificación en la sección del diálogo *Redondear coordenadas de los nudos* e introduzca el número de decimales en el campo de entrada.



Herramientas → Eliminar cargas

8.1.4 Eliminar cargas

Las cargas sólo se pueden definir para objetos que ya existen en el modelo. Sin embargo, las barras o superficies con cargas asignadas se pueden eliminar del sistema durante el proceso de modelado. Normalmente sus cargas se eliminan también. Si la comprobación plausible aún encuentra cargas en objetos inexistentes abra el menú **Herramientas,** sitúe el cursor en **Eliminar cargas** y seleccione **Cargas no utilizadas** para eliminar las cargas.

Además, se puede utilizar este menú para eliminar los diferentes objetos de carga por separado.

8.2 Malla de EF

RFEM 4 analiza los elementos de barras, placas, muros, láminas y sólidos. Antes de que se inicie el cálculo se debe generar la malla de EF. Durante la generación de la malla, los elementos 1D, 2D y 3D son creados.

Para el análisis de elementos finitos (AEF), se divide la estructura en subsistemas pequeños (elementos finitos). Para cada elemento se establecen condiciones de equilibrio. Se crea un sistema lineal de ecuaciones con muchas incógnitas. Cuanto más refinada sea la malla de elementos finitos más precios serán los resultados. Por otro lado el tiempo de cómputo se incrementa enormemente debido a la gran cantidad de datos que han de ser calculados, como ecuaciones adicionales se deben resolver para cada nudo de EF adcional.

La malla de EF será creada automáticamente. Sin embargo, existen varias opciones para controlar la generación de la malla de EF.

8.2.1 Trasfondo de los elementos finitos aplicados

Elementos 1D

Para los elementos de barra se supone que la sección de un elemento 1D permanece plana. Los elementos 1D se utilizan para modelar vigas, cerchas, nervios, cables o acoplamientos empotrados. Un elemento 1D tiene 12 grados de libertad en total, lo que significa 6 grados al inicio de la barra y otros seis al final de la barra. Están referidos a los desplazamientos (u,v,w) y los giros (φ_x,φ_y,φ_z). Durante el cálculo lineal, son examinadas la tracción, compresión y torsión como funciones lineales del eje x de la barra, así son independientes de la flexión y el cortante. Estas funciones lineales se aproximan a un polinomio de 3er grado en x, incluyendo la influencia del cortante que resulta de los esfuerzos cortantes V_y y V_z. La matriz de rigidez $\mathbf{K_L}(12, 12)$ caracteriza el comportamiento lineal de los elementos 1D. La interacción mutua del esfuerzo axil y de la flexión en el caso de problemas geométricos no lineales se incluye en la matriz de rigidez $\mathbf{K_{NL}}(12, 12)$. Para más información detallada ver [19] y [20].

Para el cálculo de acuerdo con el análisis de grandes deformaciones se recomienda el refinamiento de la malla de EF de las líneas (ver capítulo 5.23, página 184), así los resultados podrán ser calculados correctamente.

Elementos 2D

Normalmente se utilizan elementos cuadrangulares como elementos 2D. Si es necesario el generador de la malla agrega elementos triangulares.

Para los grados de libertad en los nudos de los vértices del cuadrángulo y de los triángulos, los grados de libertad son los mismos que para los elementos 1D. Estos son los grados de libertad de desplazamiento (u_x, u_y, u_z) y de giro (φ_x, φ_y, φ_z). De esta forma, se garantiza la compatibilidad de los elementos 1d y 2D en los nudos. Los parámetros son definidos en el sistema de coordenadas locales del elemento plano y serán convertidos al sistema de coordenadas globales cuando se crea la matriz de rigidez global.

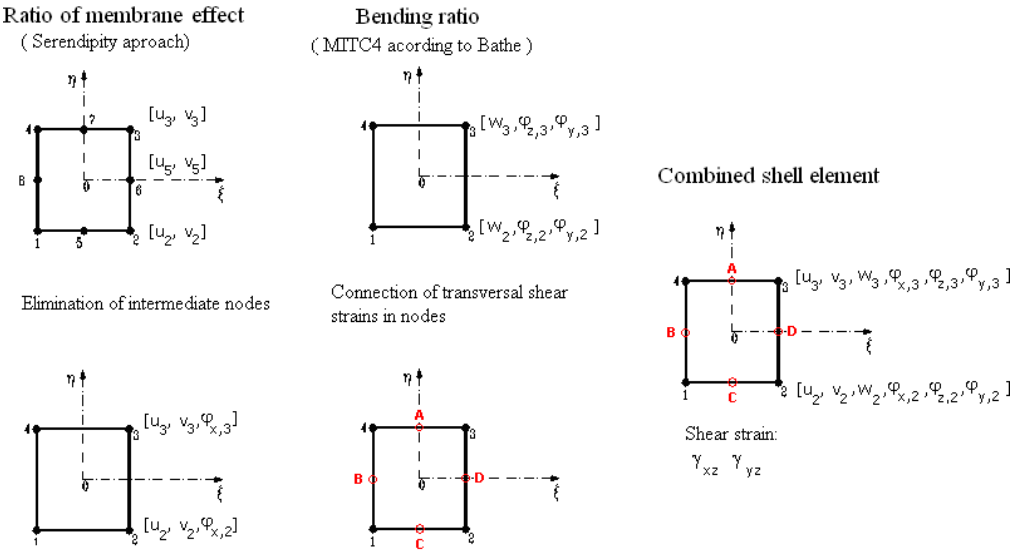


Figura 8.7: Elementos de láminas aplicados

Los elementos de lámina planos se basan en la teoría de MINDLIN/REISSNER. Las aproximaciones de los elementos se muestran gráficamente en la figura anterior. Para garantizar un acoplamiento directo con los elementos de las barras se elige una aproximación cuadrática en el plano de la lámina (u_x, u_y). Mediante la eliminación de los nudos de contorno se crea un elemento de cuatro nudos y con un grado de libertad adicional φ_x. Esto permite a los elementos del muro estar acoplados directamente con los elementos de las vigas. Basándose en una interpolación combinada de deformaciones transversales, giros de secciones así como deformaciones transversal a cortante, los elementos MITC4 (**M**ixed **I**nterpolation of **T**ensorial **C**omponents) tal como presentan BATHE y DVORKIN [25] también son aplicados.

Por el momento, los elementos de la barra se consideran resolviendo directamente las ecuaciones de acuerdo con el análisis de segundo orden. No es posible considerar los efectos de perforación con la torsión de Saint-Venant.

El análisis de membranas se basa en los principios de BERGAN [21], [22], [23]. Las funciones básicas, por ejemplo, para elementos triangulares, son subdivididas en tres deformaciones rígidas de cuerpo, tres condiciones constantes de deformación y tres gradientes lineales especiales de esfuerzo y deformación. Sin un elemento, el campo de deformación es cuadrático y el campo de esfuerzo es lineal. La matriz de rigidez del elemento $\mathbf{K_L}$ es luego transformada en nueve parámetros colectivos de los tipos u_x, u_y, φ_z. Los componentes de esta matriz son luego agregados a la matriz de rigidez completa (18, 18), junto con los componentes que causan flexión y efectos cortantes. Esta matriz es el resultado del concepto de LYNN-DHILLON. Entonces se aplican las llamadas "placas MINDLIN". Esto significa que las placas con diferente distorsión a cortante son analizadas de acuerdo con TIMOSHENKO. RFEM 4 es capaz de analizar placas delgadas y gruesas (placas NAVIER).

En caso de situaciones geométricas no lineales, no es posible dividir la condición tensión-deformación en un estado plano y en flexión con cortante. Las influencias mutuas de estas condi-

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

ciones son consideradas en la matriz $\mathbf{K_{NL}}$. RFEM 4 utiliza un tipo bastante sencillo de matriz K_{NL}, pero eficaz, basada en la teoría de ZIENKIEWICZ [24]. Se aplica la componente cuadrática e_2 del tensor de deformación de GREEN-LAGRANGE $e=e_1+e_2$. Se supone una distribución lineal de $u_z(x, y)$ de la condición de la tensión plana y distribuciones lineales $u_x(x, y)$ y $u_y(x, y)$ de la interacción con él. Esta suposición es posible gracias a que el efecto principal de la interacción depende de la primera derivación de la ecuación diferencial, y de que la influencia de los componentes de orden mayor decrece rápidamente con la división en elementos más pequeños. La corrección de este procedimiento ha sido probada en muchos análisis numéricos.

Con el fin de aplicar elementos de láminas, se debe considerar el espesor de la lámina más pequeño que sus dimensiones. Si éste no fuera el caso, se recomienda utilizar un modelo sólido con elementos 3D.

Elementos 3D

Para obtener información detallada sobre los elementos 3D aplicados ver [48]. Esta documentación también se puede solicitar a DLUBAL ENGINEERING SOFTWARE.

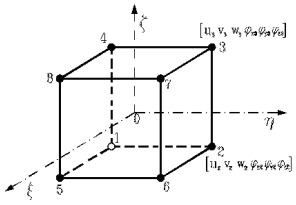


Figura 8.8: Elemento sólido

8.2.2 Parámetros de malla de EF

Para abrir el cuadro de diálogo para establecer la configuración de la malla de EF,

Seleccione **Configuración de malla de EF** en el menú **Cálculo**.

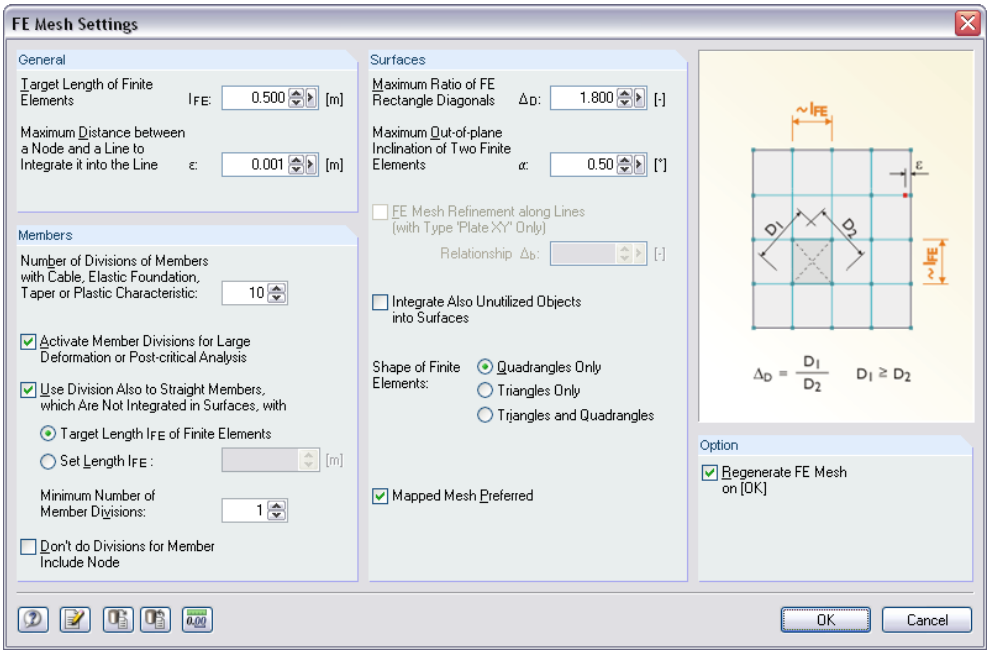


Figura 8.9: Cuadro de diálogo *Configuración de malla de EF*

General

En el campo de entrada *Longitud de trabajo de los elementos finitos* se define el tamaño global de la malla de EF. Cuanto más refinado sea el tamaño de la malla de EF más precisos serán los resultados

en general. Por otro lado, se incrementa la cantidad de datos, así como las ecuaciones adicionales que se deben resolver por cada nudo adicional. Esto afecta al tiempo de cómputo considerablemente. Además, aparecen efectos singulares para configuraciones de mallado muy finos.

La discretización es importante para el siguiente análisis de EF. Un tamaño de malla muy fino incrementa el tiempo de cálculo sin mejorar significativamente la calidad del análisis. Una malla gruesa no puede capturar las condiciones de contorno de una forma satisfactoria. Como regla general, la longitud adecuada de elementos finitos debe ser de 8 a 10 elementos finitos que estén generados entre líneas de contorno opuestas de una superficie. Si es posible, evite definir menos de cuatro elementos.

En el segundo campo de entrada de esta sección del diálogo, se define la distancia admisible de un nudo de la malla de EF hasta una línea. Si la distancia es mayor que el valor introducido, se crea un nuevo nudo de EF para este nudo.

Superficies

Con respecto a la precisión de los resultados, son más favorables los elementos finitos con formas más cercanas a formas cuadradas. Para un cuadrado, la relación entre sus diagonales es $D_1/D_2=1$. En el campo de entrada *Relación máxima de diagonales de rectángulos de EF,* se introduce el valor límite Δ_D para la relación de diagonales. Si la relación D_1/D_2 se define muy alta serán generados ángulos de reflejo muy agudos en los elementos, lo que puede acarrear problemas numéricos.

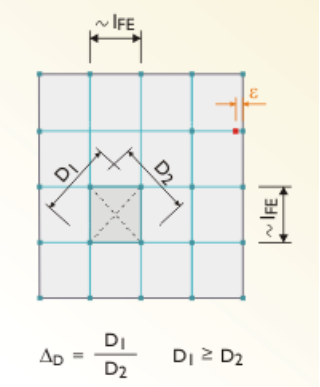


Figura 8.10: Elementos con diagonales D_1 y D_2

Cada superficie curva se subdivide en elementos planos cuando se crea la malla de EF. En el campo de entrada *Inclinación máxima fuera del plano de dos elementos finitos*, se define el ángulo de inclinación admisible α. Si se sobrepasa el valor introducido, la malla se refinará automáticamente para estas curvaturas.

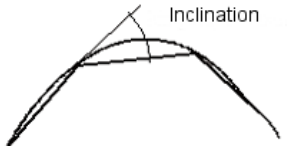


Figura 8.11: Ángulo de inclinación α entre dos elementos finitos.

En caso de que se haya creado la estructura como una placa plana en el sistema 2D, los elementos finitos más pequeños se pueden generar a lo largo de todas las líneas. La relación Δb se refiere al tamaño de la malla global, y describe la distancia del contorno a las líneas. Este tipo de refinamiento de malla permite una mejor convergencia de los resultados a lo largo de las líneas con apoyo.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

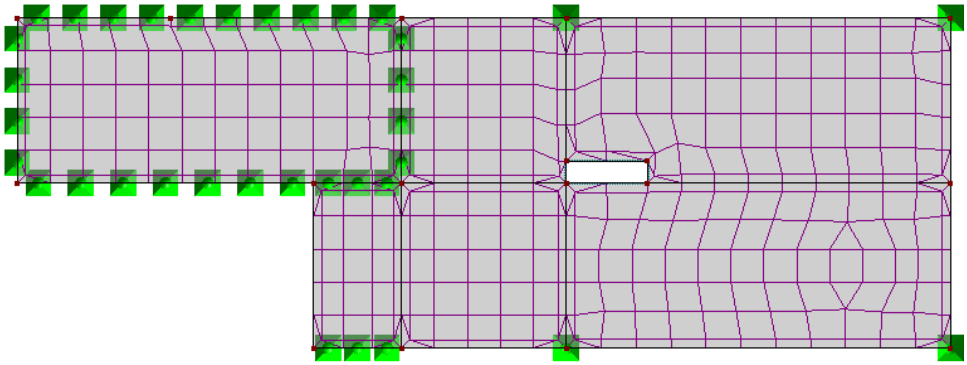
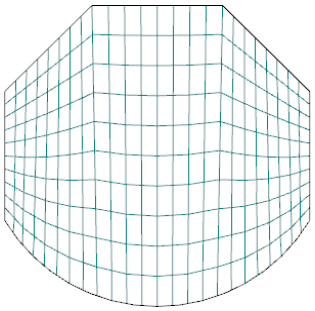


Figura 8.12: Refinamiento de malla de EF a lo largo de las líneas de contorno de una losa

Marque la casilla de verificación *Integrar también objetos no utilizados en las superficie* para generar también nudos de EF en los objetos que no tienen ninguna función específica para una superficie (por ejemplo nudos libres sin cargas o apoyo, líneas de construcción en superficies). Esta función no está seleccionada como predeterminada, así los objetos que carecen de significado estructural no causan fallos en la malla de EF.



Mapped Mesh Preferred

La *Forma de los elementos* finitos se puede determinar por las siguientes opciones:

- Triángulos y cuadriláteros: parámetro predeterminado
- Sólo triángulos: en caso de que los cuadriláteros causen distorsiones fuertes en la malla
- Sólo cuadriláteros: mayor precisión en los resultados

Mediante la opción *Asignación de malla preferida* se puede ajustar la malla de EF a las líneas de contorno de las superficies. Este tipo de generación de malla de EF se puede definir para cada superficie por separado (cuadro de diálogo *Editar superficie*, registro *Malla de EF*).

Barras

Se puede definir el número de divisiones internas directamente de barras tipo cable, de apoyo, con cartela o barras con propiedades plásticas. Esto lleva a una división real de la barra mediante nudos intermedios. Sin embargo, si la barra está situada en una línea de contorno de una superficie o la línea de definición tiene un refinamiento de malla de EF, ésta entrada no es eficaz.

Marque la casilla de verificación *Activar divisiones de barrass para el análisis de grandes deformaciones* para dividir barras con nudos intermedios, para el cálculo de acuerdo con el análisis de grandes deformaciones, con el fin de calcular estas barras con mayor precisión. El número de divisiones de barras se determina mediante el campo de entrada superior.

Si se selecciona *Usar divisiones también para barras rectas con,* serán generados nudos de EF en todas las barras libres y considerados para los cálculos de acuerdo con el análisis estático lineal y el de segundo orden. La longitud de los elementos finitos es también determinada por la longitud global de trabajo l_{FE} definida en la sección *General* o introducida manualmente.

Utilice la opción *No usar divisiones en barras con nudos asentados sobre ellas* para evitar crear nudos de EF en barras que pueden ser tocadas por otras barras, pero que no tienen ningún nudo en común (por ejemplo cruces diagonales con tirantes).

Opción

Seleccione *Regenerar malla de FE* en [Aceptar] si se quiere generar una nueva malla de EF una vez confirmados los parámetros del diálogo.

8.2.3 Refinamientos de malla de EF

La configuración de la malla de EF se puede ver afectada por los refinamientos de malla de EF. Esta opción se utiliza para refinar la malla en puntos significativos, como zonas de conexiones. Debido a

los refinamientos de malla de EF, se realiza un compromiso adecuado entre la precisión de los resultados y el tiempo de cálculo.

Básicamente, hay cuatro tipos de refinamiento de malla de EF:

- Refinamiento alrededor de un nudo
- Refinamiento en una línea
- Refinamiento en una superficie
- Refinamiento en un sólido

Para detalles de cómo utilizar refinamientos de malla de EF ver capítulo 5.23 en la página 182.

8.2.4 Generación de malla de EF

Para iniciar la generación de la malla de EF

seleccione **Generar malla de EF** en el menú **Cálculo**.

La malla de EF será automáticamente generada en cuanto el cálculo del caso de carga se inicie. Sin embargo, se recomienda estrictamente comprobar la malla de EF antes de que se inicie el cálculo. De esta forma, se puede ver si se ha creado una malla "armónica" y refinada eficientemente o si aún es necesario refinar algunas zonas.

También es posible que las áreas de menor interés para la evaluación de los resultados sean cubiertos por una malla de EF más gruesa. Se puede definir, por ejemplo, un refinamiento de malla de superficie con una longitud de trabajo de EF mayor que la longitud de trabajo de EF definida l_{FE}. Esto acorta el tiempo de los análisis y de la salida de resultados.

Si la generación de la malla de EF ha sido satisfactoria,

seleccione **Estadística de malla de EF** en el menú **Cálculo**

para abrir el cuadro de diálogo con información sobre la malla de EF generada.

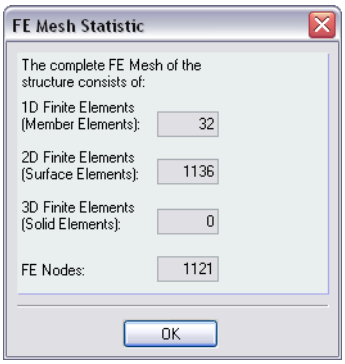


Figura 8.13: Cuadro de diálogo *Estadística de la malla de EF*

Las estadísticas muestran los tipos y números de los elementos finitos generados, lo que es útil con el fin de seleccionar el método de resolución de la matriz , y para estimar el tiempo de cálculo aproximado (ver capítulo 8.3, página 255).

La malla de EF se elimina automáticamente cuando se modifican los datos estructurales. Para eliminar la malla directamente

seleccione **Eliminar malla de EF** en el menú **Cálculo**.

Cuando se utiliza esta función, todos los resultados que puedan estar disponibles también serán eliminados.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

8.3 Parámetros de cálculo



Los parámetros de cálculo se pueden asignar individualmente a cada caso de carga, grupo de carga o combinación. Use el registro *Parámetros de cálculo* del caso de carga correspondiente o grupo de carga (ver figura 6.4, página 188).

Adicionalmente, se puede abrir un cuadro de diálogo en el cual se puede acceder a los parámetros de cálculo de todos los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga. Para abrir este cuadro de diálogo,

seleccione **Parámetros de cálculo** en el menú **Cálculo** o

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

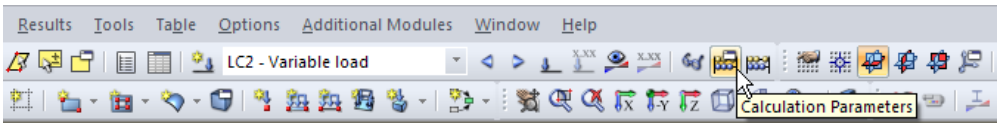


Figura 8.14: Botón [Parámetros de cálculo]

El cuadro de diálogo tiene cuatro registros. En los tres primeros registros, se establecen los parámetros para cada caso de carga, grupo o combinación. Los parámetros comunes se definen el cuarto registro *Opciones*.

8.3.1 Casos de carga

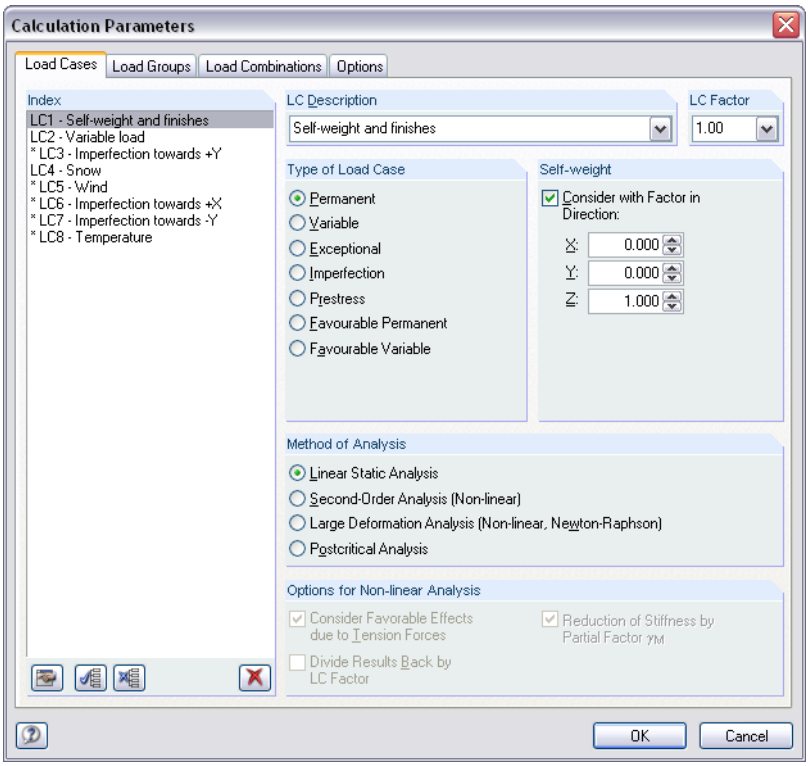


Figura 8.15: Cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo*, registro *Casos de carga*

En la sección del diálogo *Índice* a la izquierda, aparece una lista de todos los casos de carga existentes. Las propiedades de los casos de carga que están seleccionadas en la lista, se pueden editar en la sección del diálogo a la derecha. Si un caso de carga se marca con un asterisco, no contiene cargas o sólo contiene imperfecciones.

Puede utilizar la tecla [Ctrl] para selección múltiple. Los botones debajo de la lista, están reservados para las siguientes funciones:

	Pueden editarse los datos del caso de carga seleccionado.
	Se seleccionan todos los casos de carga. Sus características pueden ser definidas uniformemente.
	La selección de la lista es cancelada.
	Se eliminan los casos de carga seleccionados.

Tabla 8.1: Botones en el registro *Casos de carga*

Las secciones del diálogo *Descripción del CC*, *Coeficiente del CC*, *Tipo de caso de carga* y *Peso propio* se definen en el capítulo 6.1 en la página 187.

Método de análisis

En esta sección del diálogo se define si el caso de carga se debe calcular de acuerdo con el análisis lineal, de segundo orden o de grandes deformaciones. Seleccione la opción *Análisis postcrítico* para llevar a cabo un análisis de estabilidad de acuerdo con el análisis de grandes deformaciones concerniente al fallo postcrítico de toda la estructura.



La configuración predeterminada para casos de carga es el análisis estático lineal. Si el modelo incluye barras tipo cable se recomienda un análisis no lineal de grandes deformaciones. Las barras tipo cable siempre se calculan de acuerdo con el análisis de grandes deformaciones, y las barras restantes de acuerdo con el método de análisis seleccionado.

Si se selecciona otra opción aparte del análisis lineal, la sección del diálogo *Opciones* para análisis no lineal queda disponible y se pueden definir parámetros adicionales.

Opciones para análisis no lineal

Considerar efectos favorables debidos a los esfuerzos de tracción

Los esfuerzos de tracción tienen un efecto relevante en las estructuras predeformadas. Debido a estos esfuerzos, la predeformación se reduce y se estabiliza la estructura.

Existen diferentes puntos de vista de cómo considerar estos esfuerzos favorables. Las normas DIN 18800 y el Eurocódigo contienen regulaciones acerca de qué acciones relevantes se deben considerar con un coeficiente de seguridad parcial menor que los efectos desfavorables.

Los coeficientes de seguridad parciales que varían de una barra a otra no pueden ser realizados en un tiempo de cálculo aceptable. Sin embargo, es posible establecer los esfuerzos de tracción en general a cero. Mediante esta aproximación siempre se estará del lado de seguridad. Si desea utilizar esta opción, desmarque la casilla de verificación.

Por otro lado, se puede argumentar que las normas tratan sobre acciones y no sobre esfuerzos internos. Por lo tanto, sólo sería necesario decidir si la acción completa es favorable o desfavorable. Así, si un efecto desfavorable tiene un efecto favorable en ciertas zonas de la estructura, este efecto podría ser considerado en realidad. Si los esfuerzos axiles se debieran considerar sin cambios de acuerdo con esta aproximación, marque la casilla de verificación.

Dividir resultados de nuevo por el coeficiente del CC

Algunas normas requieren que las acciones sean multiplicadas globalmente por un coeficiente. De esta forma, se pueden considerar los efectos de acuerdo con el análisis de segundo orden en lo que respecta al análisis de estabilidad. El cálculo es llevado a cabo de nuevo con cargas de servicio sin escala. Estos dos requisitos se pueden alcanzar si se introduce un coeficiente de caso de carga mayor que 1.00 y se marca la casilla de verificación.

Reducción de la rigidez mediante el coeficiente de seguridad parcial γ_M

Si la casilla de verificación está seleccionada, las rigideces (E*I) o (E*A) serán divididas por γ_M. El coeficiente de seguridad parcial del material γ_M se define por separado para cada material (ver capítulo 5.3, página 103).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

8.3.2 Grupos de carga

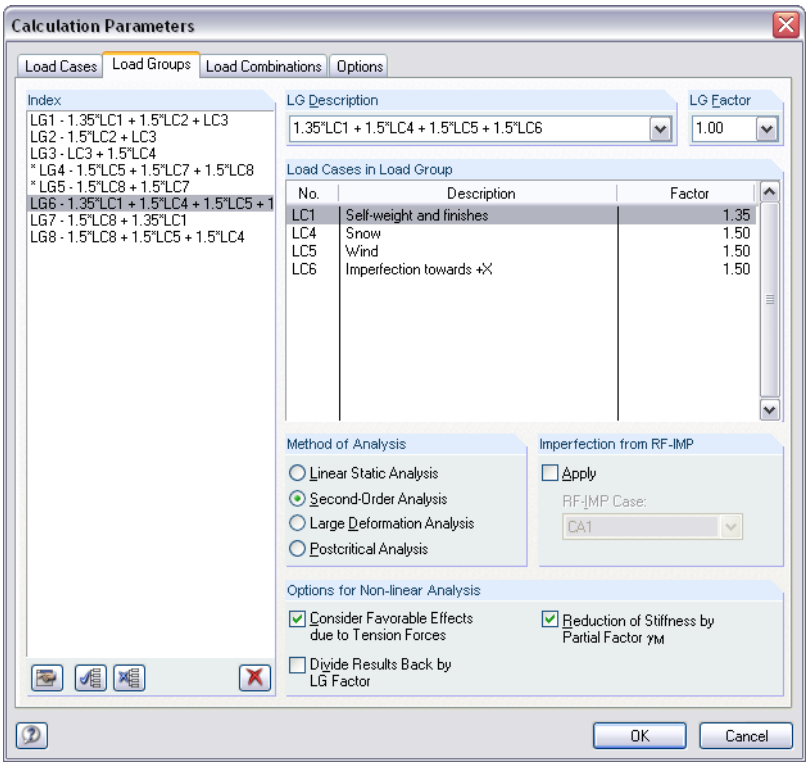


Figura 8.16: Cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo*, registro *Grupos de carga*

Para información básica sobre superposiciones de casos de carga en grupos de carga ver capítulo 6.2, página 191.

En la sección del diálogo *Índice* a la izquierda, está disponible una lista de todos los grupos de carga existentes. Las propiedades de los grupos de carga que están seleccionados en la lista, también pueden ser editadas en las secciones del diálogo a la izquierda. Se puede utilizar la tecla [Ctrl] para una selección múltiple.

En las secciones del diálogo *Descripción del GC*, *Coeficiente del GC* y *Casos de carga en grupo de carga* son descritas en el 6.2 en la página 193.

Método de análisis

En esta sección del diálogo se define si el grupo de carga se debe calcular de acuerdo con el análisis estático lineal, de segundo orden o de grandes deformaciones. La configuración predeterminada para grupos de carga es la del análisis no lineal de segundo orden (Timoschenko). Si el modelo incluye barras tipo cable, se recomienda un análisis no lineal de grandes deformaciones. Las barras tipo cable son siempre calculadas de acuerdo con el análisis de grandes deformaciones, y el resto de barras de acuerdo con el método de análisis seleccionado. Seleccione la acción *Análisis postcrítico* para llevar a cabo un análisis de estabilidad concerniente al fallo postcrítico de toda la estructura.

Análisis de segundo orden

El análisis estructural de segundo orden se utiliza para considerar el equilibrio de un sistema deformado. Se suponen pequeñas deformaciones. Si hay esfuerzos normales en el sistema ocasionarán un incremento de los momentos flectores. Por lo tanto, el cálculo de acuerdo con el análisis de segundo orden es importante sólo en los casos en los que los esfuerzos normales sean considerablemente mayores que los esfuerzos cortantes. El momento flector adicional ΔM resulta del esfuerzo axil N y del brazo mecánico elástico e_{el}.

$$\Delta M = N \cdot e_{el}$$

Ecuación 8.1

Para sistemas de presión cargados, existe una relación más lineal entre las cargas y los esfuerzos internos. Así, como regla general, se han de asumir γ veces las acciones.

La diferencia del esfuerzo normal se utiliza como criterio de ruptura en las iteraciones individuales para el cálculo de acuerdo con el análisis de segundo orden. Para elementos de barra, la rigidez definitiva que modifica el esfuerzo normal para el análisis de segundo orden se supone constante a lo largo de toda la barra. En cuanto se alcanza cierto límite inferior del esfuerzo normal, se finaliza el cálculo. Este criterio de ruptura se puede controlar en el registro *Opciones* en el campo de entrada para la *Precisión de convergencia del cálculo no lineal*.

Las suposiciones del análisis elástico lineal son válidas con las siguientes adiciones:

- No hay deformaciones plásticas.
- Los esfuerzos externos no cambian de dirección.
- Para barras con esfuerzo longitudinal no constante, el valor más desfavorable del esfuerzo normal N será asumido al calcular el código de la barra ε.

Análisis de grandes deformaciones

El análisis de grandes deformaciones , también conocido como el análisis de tercer orden o teoría de cables, considera los esfuerzos longitudinales y transversales durante el cálculo de los esfuerzos internos. Si selecciona el cálculo de acuerdo con el análisis de grandes deformaciones, todas las superficies y barras serán calculadas de acuerdo con esta teoría de cálculo.

El procedimiento de acuerdo con el método de NEWTON-RAPHSON se utiliza para esta aproximación. El sistema de ecuaciones no lineales se resuelve numéricamente por medio de aproximaciones iterativas con tangentes. En el registro *Opciones*, se puede influenciar el comportamiento de convergencia por medio del número de incrementos de carga.



Para el cálculo de acuerdo con el análisis de grandes deformaciones, la matriz de rigidez para el sistema deformado se crea después de cada paso iterativo. Tenga en cuenta que existen diferencias significativas entre las cargas locales y globales: imagine una superficie horizontal cargada uniformemente por una carga superficial. Si la carga está definida en la dirección global Z, la carga mantiene su dirección cuando al girar los elementos de EF. Pero si la carga actúa en la dirección del eje local de superficie z, la carga es girada sobre el elemento según el giro del elemento.

Análisis postcrítico

Seleccione esta opción de cálculo para llevar a cabo un análisis de estabilidad sobre el fallo postcrítico. Para este método de análisis de acuerdo con el análisis de grandes deformaciones, la influencia de los esfuerzos normales será considerada para los cambios en la rigidez a flexión y a cortante. La matriz de rigidez tangencial será establecida en cada paso de la iteración. En caso de singularidades (lo que implica inestabilidad), la matriz de rigidez de la iteración previa será utilizada para la nueva geometría, incrementando las interacciones hasta que la matriz de rigidez tangencial de la configuración actual sea regular (estable).

Opciones para el análisis no lineal

La opciones *Considerar efectos favorables de esfuerzos de tracción, Dividir los resultados de nuevo por el coeficiente del GC y Reducción de la rigidez por coeficiente de seguridad parcial* γ_M se explican en la descripción del registro para *Casos de carga* en la página 256.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

8.3.3 Combinaciones de carga

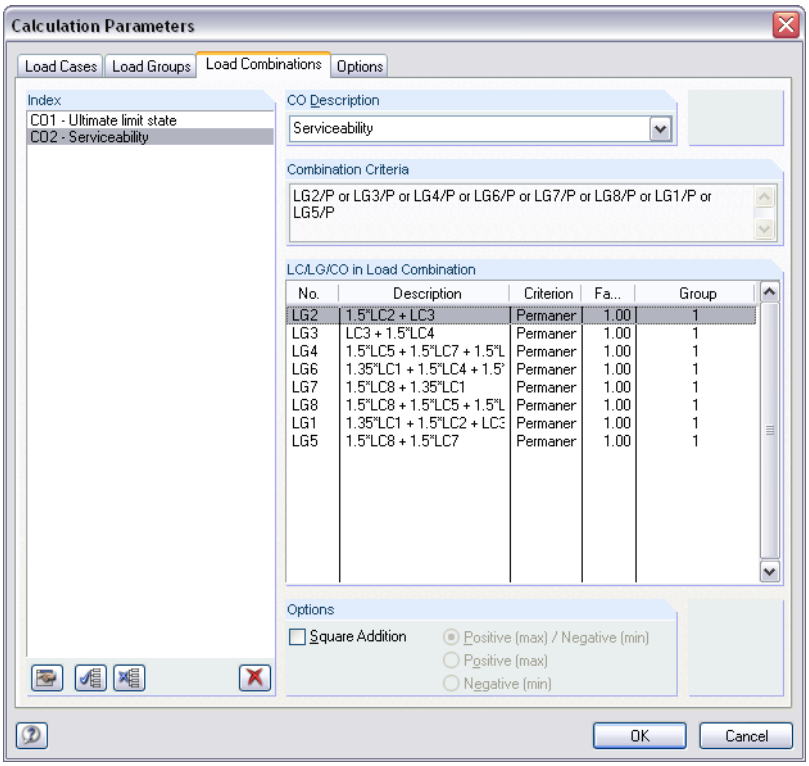


Figura 8.17: Cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo,* registro *Combinaciones de carga*

Para información básica sobre superposiciones de casos de carga en combinaciones de carga ver el capítulo 6.3, página 197.

En la sección del diálogo *Índice,* a la izquierda está disponible una lista de todas las combinaciones de carga existentes. Las propiedades de las combinaciones de carga que están seleccionadas en la lista también pueden ser editadas en las secciones del diálogo a la izquierda. Se puede utilizar la tecla [Ctrl] para una selección múltiple.

Las secciones del diálogo *Descripción de la CO*, *Criterio de combinación* y *CC/GC/CO en combinación de carga* se describen en el capítulo 6.3 *Combinaciones de carga* en la página 198.

Opciones

En esta sección del diálogo se puede activar la *Suma cuadrática* . En vez de una superposición aditiva de los esfuerzos internos de acuerdo con

$$B = A_1 + A_2 + ... + A_n$$

Ecuación 8.2

la suma de Pythagoreana será determinada por la suma cuadrática:

$$B = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + ... + A_n^2}$$

Ecuación 8.3

La suma cuadrática de los esfuerzos internos es necesaria para los análisis dinámicos, por ejemplo para combinaciones de carga debidas a fuerzas centrípetas.

Si se selecciona la suma cuadrática, las casillas de verificación *Positiva/Negativa* estarán disponibles para poder decidir qué valores extremos se tienen en cuenta para la combinación.

8.3.4 Opciones

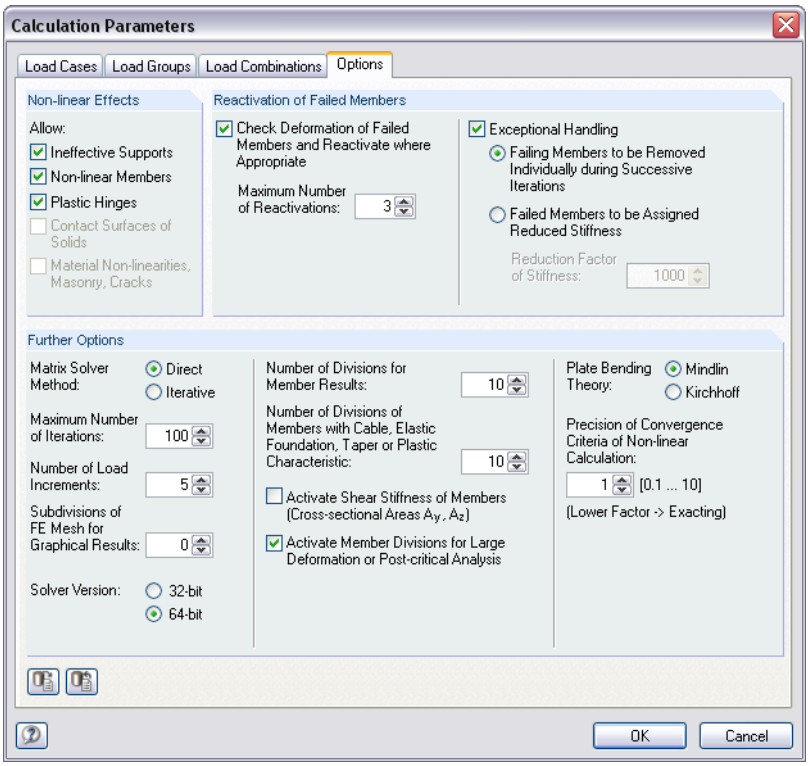


Figura 8.18: Cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo*, registro *Opciones*

Efectos no lineales

Si se utilizan elementos no lineales (por ejemplo apoyos con ineficacia, barras de tracción, materiales con no linealidades físicas), se pueden considerar sus efectos en la sección del diálogo. Sin embargo esto sólo se debe aplicar con propósitos de comprobación, con el fin de detectar elementos que fallan por una mala definición y que causan inestabilidades a menudo. Las opciones de esta sección pueden ser útiles para análisis de fallo.

Reactivación de barras defectuosas

Estos parámetros de configuración son importantes para barras que podrían fallar (por ejemplo barras de tracción y de compresión. Utilice las opciones que aparecen en la sección del diálogo para solucionar problemas de inestabilidad causadas por barras defectuosas: Por ejemplo, la estructura modelizada se estabiliza con tirantes. Todos estos tirantes reciben pequeños esfuerzos de compresión durante el primer paso del cálculo. Por lo tanto, son eliminados de la matriz de rigidez. En la segunda iteración, la estructura se vuelve inestable sin esas barras de tracción.

Comprobar la deformación de las barras defectuosas y reactivar donde sea conveniente

Si la casilla de verificación de esta opción está marcada, RFEM analiza en cada iteración cómo se mueven los extremos de las barras. En caso de que los extremos de barra del tirante se alejen uno del otro, el tirante será activado para la próxima iteración.

Máximo número de reactivaciones

En algunos casos reactivar elementos puede ser desfavorable: una barra será eliminada después de la primera iteración, pero reactivada después de la segunda iteración, eliminada otra vez después de la tercera, etc. Los cálculos continuarán con este ciclo hasta alcanzar el número máximo de reactivaciones sin llegar a la convergencia. Este efecto se puede evitar definiendo en este campo de entrada la frecuencia con la cual se permite reactivar las barras antes de ser eliminadas definitivamente de la matriz de rigidez.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Tratamiento excepcional

Si la casilla de verificación *Tratamiento excepcional* ha sido activada, se pueden seleccionar dos opciones adicionales para tratar elementos defectuosos. Estas opciones pueden ser combinadas con los métodos de reactivación descritos anteriormente.

Quitar las barras defectuosas individualmente durante las sucesivas iteraciones

Si esta casilla de verificación ha sido activada, se puede determinar por ejemplo que no todas las barras de tracción con compresión sean eliminadas inmediatamente después de la primera iteración, sino la barra con el esfuerzo de compresión mayor. En la segunda iteración, sólo faltará una barra de la matriz de rigidez. Después de esta iteración, de nuevo la barra con mayor esfuerzo de compresión será eliminada. De esta forma se puede lograr una mejor convergencia para el sistema a medida que aparecen los efectos de redistribución.



Esta opción de cálculo requiere más tiempo debido al gran número de iteraciones. Además hay que asegurar un número suficiente de posibles iteraciones en la sección del diálogo *Opciones adicionales*.

Asignar rigideces reducidas a las barras defectuosas

Si esta casilla de verificación ha sido activada, las barras defectuosas no serán eliminadas de la matriz de rigidez. En vez de eso se les aplica una ligera rigidez que puede ser definida en el cuadro de entrada *Coeficiente de reducción de rigidez*. El coeficiente 1000, por ejemplo, significa que la rigidez será reducida a 1/1000.

Tenga en cuenta que esta opción de cálculo implica pequeños esfuerzos internos sobre elementos que en realidad no pueden absorber por su definición.

Opciones adicionales

Método de resolución de la matriz

Utilice estos dos botones de opción para seleccionar entre el método de resolución *Directo* y el *Iterativo*. Con el fin de evitar malentendidos, es importante saber que un cálculo iterativo será llevado a cabo por un método de resolución directo si no se definen no linealidades o no se calculan de acuerdo con el método de análisis de segundo orden o de grandes deformaciones. "Directo" e "iterativo" se refieren a la administración de los datos durante el cálculo, pero prestando atención a que no haya una diferencia cualitativa en los resultados.

La elección del método de resolución depende del tamaño de la estructura así como del tamaño de la memoria principal disponible (RAM).

- En caso de estructuras pequeñas o de tamaño medio, se recomienda utilizar el método de resolución *Directo* para resultados más rápidos.
- En el caso de grandes estructuras, se recomienda el método *Iterativo*.

En cuanto ya no puedan ser almacenadas las matrices para el método directo en la memoria principal, Windows empezará a intercambiar parte de los datos con el disco duro, lo cual ralentiza el cálculo directo. La actividad del disco duro se incrementa y el uso del procesador se reduce, lo que se puede ver en el **Administrador de tareas de Windows**. Utilizando el cálculo iterativo ICG (*Incomplete Conjugate Gradient*) se puede evitar este problema de almacenamiento.

Para el método de cálculo directo RFEM4 hace uso de un núcleo de análisis. Así se puede utilizar más memoria para un sistema operativo de 64-bits y calcular directamente todos los casos de carga y grupos de carga incluso para sistemas mayores que no tienen elementos no lineales, lo que le ahorrará mucho tiempo.

Es absolutamente necesario asegurar que el archivo de intercambio es lo suficientemente grande o que el tamaño del archivo puede ser definido automáticamente por Windows. Con un archivo de intercambio muy pequeño en casos extremos el programa podría bloquearse.



En el menú **Opciones**, seleccione **Opciones del programa** o utilice el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Opciones del programa*. En el registro *Asistente*, puede definir un número definido por el usuario de elementos finitos 2D y 3D. En caso de que el cálculo directo haya sido seleccionado, aparecerá una advertencia antes de que el cálculo sea llevado a cabo si este número es excedido.

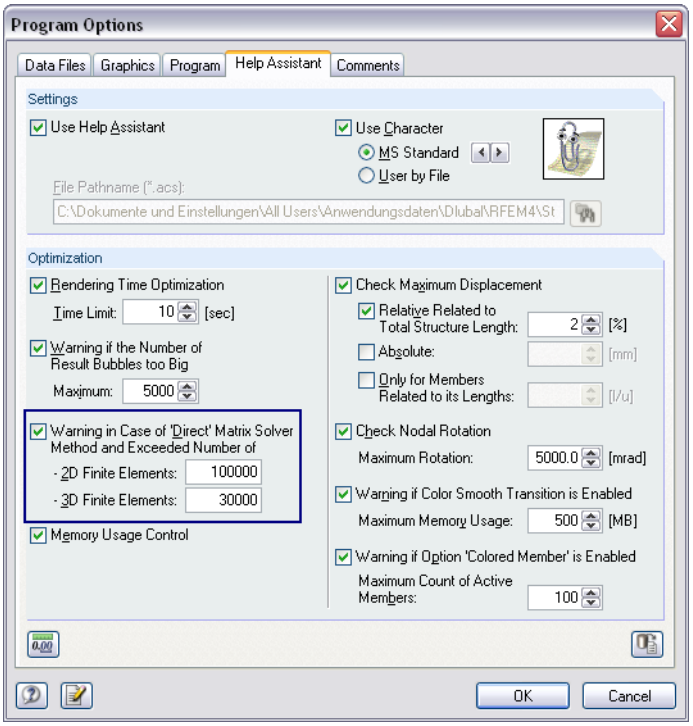


Figura 8.19: Cuadro de diálogo *Opciones del programa*, registro *Asistente*

Número máximo de iteraciones

El cálculo debe ser iterativo si se lleva a cabo según el análisis de segundo orden o de grandes deformaciones o si la estructura contiene elementos no lineales. En este campo de entrada, se define el número máximo de iteraciones. Esta entrada no tiene nada que ver con el método iterativo de cálculo descrito anteriormente.

Se mostrará un mensaje al final del cálculo si se llega al límite de iteraciones sin haber alcanzado un equilibrio. No obstante, se muestran los resultados.

Número de incrementos de carga

La configuración de este campo de entrada se hace eficaz sólo si el cálculo se lleva a cabo por medio del análisis de segundo orden o de grandes deformaciones. Encontrar un equilibrio es especialmente difícil al considerar grandes deformaciones. Se pueden evitar inestabilidades aplicando las cargas en varios pasos.

Si se han de establecer dos incrementos en este campo de entrada, la mitad de la carga será aplicada en el primer paso. Se realizarán iteraciones hasta alcanzar el equilibrio. En el segundo paso la carga restante será aplicada al sistema ya deformado y se realizarán iteraciones hasta alcanzar el equilibrio otra vez.

Esto explica por qué el uso de incrementos de carga prolonga el tiempo de cálculo considerablemente. Por esta razón, el valor *1* (que significa ningún incremento de carga) está establecido como predeterminado en este campo de entrada.

Subdivisión de malla de EF para resultados gráficos

El valor introducido en este campo de entrada afecta a la precisión de las distribuciones gráficas dentro de los elementos finitos.

En el siguiente ejemplo se ha seleccionado el valor *0*:

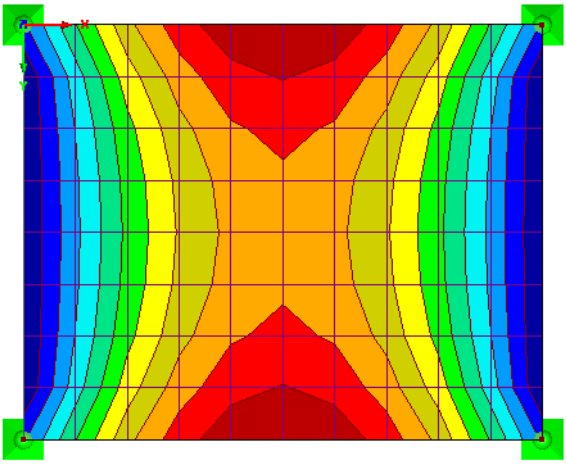


Figura 8.20: Diagrama de resultados gráficos m-x con división *0*

Si el valor de la división es *3*, la distribución es más precisa:

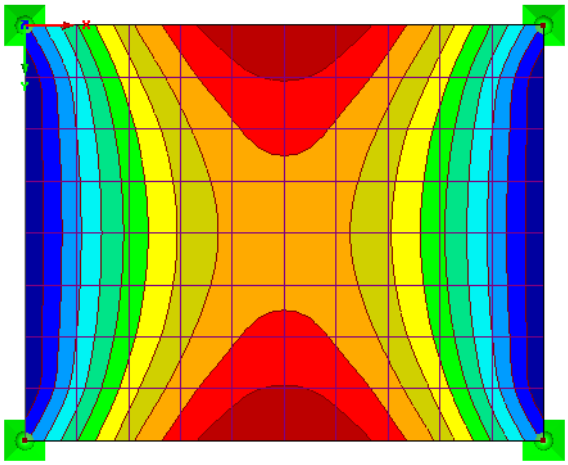


Figura 8.21: Diagrama de resultados gráficos m-x con división *3*

Número de divisiones para los resultados de las barras

En este campo de entrada se controlan los diagramas de resultados de las barras que no tienen distintas divisiones de mallas de EF (por ejemplo debido a refinamientos de malla de EF o superficies conectadas). Si se establece una división de 10, RFEM 4 divide la longitud de la barra más larga en el sistema por 10. Por medio de esta longitud de división relativa al sistema, los diagramas de resultados gráficos son determinados en los puntos de división para cada barra.

También es posible establecer la división de las barras en el cuadro de diálogo *Configuración de la malla de EF* (ver figura 8.9, página 251). Esta división, sin embargo, ya está integrada en el cálculo siempre que los nudos de EF sean generados en barras libres. Estos nudos conducen a los correspondientes esfuerzos internos en los nudos de EF de las barras.

Número de divisiones de barrass con cable, apoyo elástico, sección variable o características plásticas

A diferencia de la opción anterior de división, una división real de la barra será realizada mediante los nudos intermedios internos. Esta división influye en cables, barras de apoyo (fuerzas de contacto), barras de sección variable (interpolación de valores de secciones) y barras con propiedades plásticas (zonas de fluencia), si no han sido divididas aún por los elementos finitos. Así, esta entrada es irrelevante si una barra es situada en una línea de contorno de una superficie o si la línea de definición tiene un refinamiento de malla de EF.

Activar divisiones de barras para grandes deformaciones o análisis postcrítico

Utilice esta opción para dividir barras con nudos intermedios para el cálculo de acuerdo con el análisis de grandes deformaciones para calcular estas barras con mayor precisión. El número de divisiones de barras es determinado por el campo de entrada superior.

Activar la rigidez a cortante de las barras (áreas de la sección A_y, A_z)

Si las rigideces a cortante son activadas, producirán un incremento de la deformación debida al cortante. Para perfiles laminados y soldados, es de escaso interés que la casilla de verificación se encuentre desactivada de forma predeterminada Sin embargo, para secciones macizas es recomendable considerar las rigideces a cortante.

Teoría de flexión de placas

Las superficies se pueden calcular de acuerdo con la teoría de flexión de MINDLIN o KIRCHHOFF. El cálculo según MINDLIN incluye deformaciones de esfuerzos cortantes, en el cálculo de KIRCHHOFF no se tienen en cuenta.

Por lo tanto, *Mindlin* es recomendable para placas "gruesas" y láminas (construcciones macizas), y *Kirchhoff* para placas "delgadas" (por ejemplo láminas de metal en construcciones de acero).

Precisión del criterio de convergencia del cálculo no lineal

Utilice este campo de entrada para controlar el cálculo si hay efectos no lineales o si el cálculo se lleva a cabo de acuerdo con el análisis de segundo orden o de grandes deformaciones.

Los cambios de esfuerzos axiles de dos iteraciones consecutivas son siempre revisados para cada elemento. En cuanto el cambio alcanza una fracción específica del esfuerzo axil máximo, se detiene el cálculo. Durante las iteraciones, sin embargo, es posible que los esfuerzos axiles de uno o varios elementos oscilen entre dos valores en vez de converger. Con el valor introducido en este campo de entrada se puede definir la sensibilidad con el fin de omitir estas oscilaciones.

El valor predeterminado es 1.0. El valor mínimo para este coeficiente es 0.1, el valor máximo es 10.0. Cuanto mayor sea el coeficiente menor será la sensibilidad del cálculo con respecto a los esfuerzos axiles.

Este coeficiente afecta al criterio de convergencia para los cambios de deformación en los cálculos de acuerdo con el análisis de grandes deformaciones que considera no linealidades geométricas.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

8.4 Iniciar el cálculo

Se puede seleccionar entre varias opciones para iniciar el cálculo. Antes de empezar el cálculo, sin embargo, se recomienda realizar la comprobación plausible (ver capítulo 8.1.1, página 245).

Calcular todo



Para iniciar esta función,

Seleccione **Calcular todo** en el menú **Cálculo** o

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



Figura 8.22: Botón [Calcular todo]

Este comando inicia el cálculo de todos los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga, así como todos los módulos adicionales para los cuales los datos de entrada están disponibles.

Debe tener especial cuidado con esta función. Muchos casos de carga no pueden ser tenidos en cuenta aislados. Las cargas de viento, por ejemplo, siempre actúan conjuntamente con el peso propio. Para estructuras con apoyos ineficaces en caso de esfuerzos de elevación, podría encontrar inestabilidades durante el cálculo de los lotes de todos los casos de carga.

El uso inconsciente de la función *Calcular todo* puede acarrear tiempos de cálculo innecesariamente largos.

Para calcular



Para abrir el cuadro de diálogo,

seleccione **Para calcular** en el menú **Cálculo**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

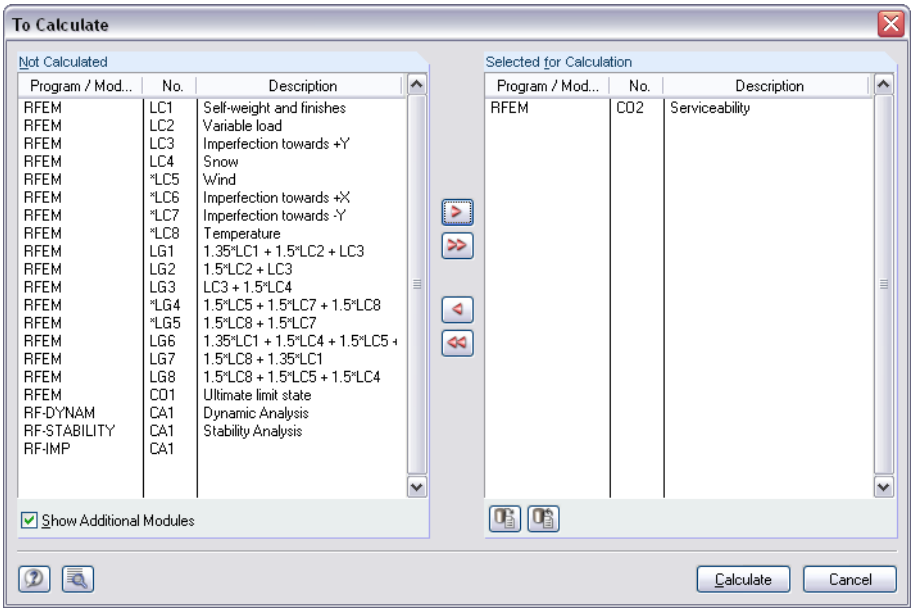


Figura 8.23: Cuadro de diálogo *Para calcular*




En la sección del diálogo de la izquierda todos los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga se enumeran, así como los casos de cálculo de los módulos adicionales para los cuales no existen resultados. Utilice el botón [▶] para agregar las entradas seleccionadas a la lista de *Seleccionado para el cálculo* a la derecha. También se puede hacer doble clic en las entradas. Para transferir la lista completa, utilice el botón [▶▶].

Si las combinaciones de carga o casos de cálculo de los módulos adicionales que están seleccionados necesitan resultados de casos de carga concretos, éstos serán calculados automáticamente.

Cuando se marcan los casos de carga con un asterisco (*), como los casos de carga 7 y 8 en la figura 8.23, no se pueden calcular. Éste puede ser el caso cuando no se definieron cargas o cuando el caso de carga sólo contiene imperfecciones.

Si los casos de cálculo de los módulos adicionales no aparecen en la lista *No calculado,* es necesario activar la casilla de verificación *Mostrar módulos adicionales*.



El botón mostrado a la izquierda muestra el cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver capítulo 8.3 página 255).

Calcular el caso de carga actual



Si sólo nos interesan los resultados de un caso de carga particular, o de un grupo de carga particular se puede iniciar el cálculo directamente. Seleccione el caso de carga en la lista de la barra de herramientas y haga clic en el botón [Resultados activados /desactivados].



Figura 8.24: Calcular el caso de carga actual mediante el botón [Resultados activados /desactivados].

El cálculo puede ser iniciado después de que se haya mostrado el mensaje de que los resultados no han sido encontrados.

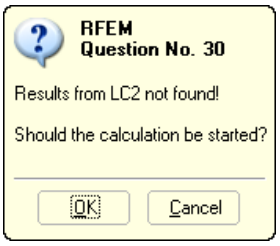


Figura 8.25: Pregunta antes del cálculo

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

9. Resultados



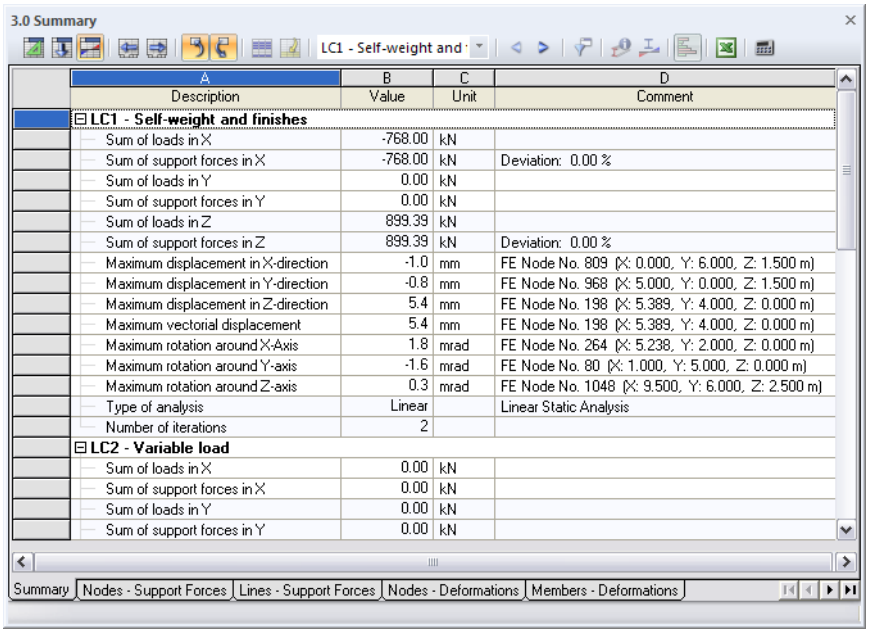
Después de que el cálculo haya sido completado se muestra el navegador *Resultados* (ver capítulo 4.4.3, página 76) y las tablas muestran los resultados numéricos (ver capítulo 0, página 77).

Tenga en cuenta que el análisis de EF representa una aproximación. Por lo tanto, los resultados han de ser evaluados sobre esta base y ser interpretados por un ingeniero.

La numeración de este capítulo del manual sigue la numeración de las tablas lo que hace más sencillo encontrar las descripciones de los respectivos registros.

9.0 Resumen

La tabla 3.0 *Resumen* representa el compendio de los resultados de los cálculos ordenados de acuerdo con los grupos de carga y casos de carga.



3.0 Summary

LC1 - Self-weight and

	A Description	B Value	C Unit	D Comment
	LC1 - Self-weight and finishes			
	Sum of loads in X	-768.00	kN	
	Sum of support forces in X	-768.00	kN	Deviation: 0.00 %
	Sum of loads in Y	0.00	kN	
	Sum of support forces in Y	0.00	kN	
	Sum of loads in Z	899.39	kN	
	Sum of support forces in Z	899.39	kN	Deviation: 0.00 %
	Maximum displacement in X-direction	-1.0	mm	FE Node No. 809 (X: 0.000, Y: 6.000, Z: 1.500 m)
	Maximum displacement in Y-direction	-0.8	mm	FE Node No. 968 (X: 5.000, Y: 0.000, Z: 1.500 m)
	Maximum displacement in Z-direction	5.4	mm	FE Node No. 198 (X: 5.389, Y: 4.000, Z: 0.000 m)
	Maximum vectorial displacement	5.4	mm	FE Node No. 198 (X: 5.389, Y: 4.000, Z: 0.000 m)
	Maximum rotation around X-Axis	1.8	mrad	FE Node No. 264 (X: 5.238, Y: 2.000, Z: 0.000 m)
	Maximum rotation around Y-axis	-1.6	mrad	FE Node No. 80 (X: 1.000, Y: 5.000, Z: 0.000 m)
	Maximum rotation around Z-axis	0.3	mrad	FE Node No. 1048 (X: 9.500, Y: 6.000, Z: 2.500 m)
	Type of analysis	Linear		Linear Static Analysis
	Number of iterations	2		
	LC2 - Variable load			
	Sum of loads in X	0.00	kN	
	Sum of support forces in X	0.00	kN	
	Sum of loads in Y	0.00	kN	
	Sum of support forces in Y	0.00	kN	

Summary | Nodes - Support Forces | Lines - Support Forces | Nodes - Deformations | Members - Deformations

Figura 9.1: Tabla 3.0 *Resumen*

Esta visión de conjunto muestra las sumas de comprobación de cargas y reacciones en los apoyos que son comparadas entre sí. La desviación debe ser menos del 1 % en cada dirección. Si éste no fuera el caso, es porque existen problemas numéricos derivados de considerar diferencias en las rigideces. Pudiera también ser la causa de que la estructura no tenga la suficiente estabilidad o que los cálculos hayan alcanzado el número máximo de iteraciones sin llegar a la convergencia.

Este resumen también muestra los máximos desplazamientos y giros con respecto a los ejes globales X, Y, Z así como el mayor desplazamiento total. Gracias a las deformaciones comprobadas se pueden evaluar los resultados rápidamente.

El resumen que aparece en la lista, dividida por casos de carga y grupos de carga, siempre incluye los parámetros de cálculo aplicados. El *Número de iteraciones* que ha sido necesario para obtener los resultados tiene una importancia especial aquí.

La tabla finaliza con el *Resumen* que muestra varios parámetros importantes del motor de cálculo, así como la configuración general del cálculos (ver registro *Opciones* en el cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo*: figura 8.18, página 260).

9.1 Nudos – Esfuerzos en los apoyos

Para establecer la visualización gráfica de las reacciones para todos los nudos en apoyos, seleccione *Reacciones en los apoyos* en el navegador *Resultados*. En la tabla 3.1, los esfuerzos en los apoyos y los momentos en los apoyos aparecen en la lista numéricamente.

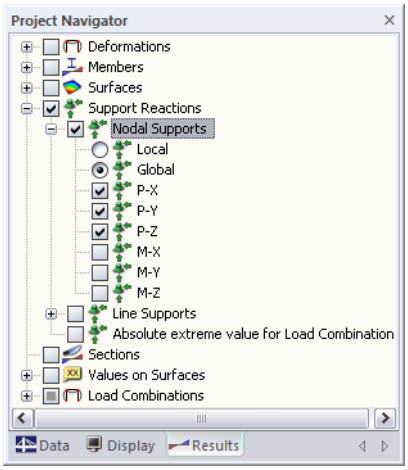
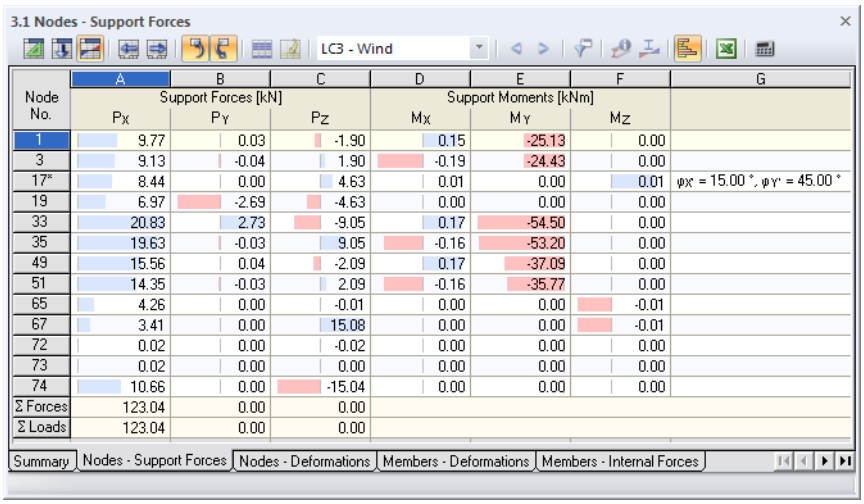


Figura 9.2: Navegador *Resultados*: Reacciones en los apoyos → Apoyos en el nudo



Node No.	A: P_X	B: P_Y	C: P_Z	D: M_X	E: M_Y	F: M_Z	G
	Support Forces [kN]			Support Moments [kNm]			
1	9.77	0.03	-1.90	0.15	-25.13	0.00	
3	9.13	-0.04	1.90	-0.19	-24.43	0.00	
17*	8.44	0.00	4.63	0.01	0.00	0.01	φX' = 15.00 °, φY' = 45.00 °
19	6.97	-2.69	-4.63	0.00	0.00	0.00	
33	20.83	2.73	-9.05	0.17	-54.50	0.00	
35	19.63	-0.03	9.05	-0.16	-53.20	0.00	
49	15.56	0.04	-2.09	0.17	-37.09	0.00	
51	14.35	-0.03	2.09	-0.16	-35.77	0.00	
65	4.26	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	
67	3.41	0.00	15.08	0.00	0.00	-0.01	
72	0.02	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	
73	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
74	10.66	0.00	-15.04	0.00	0.00	0.00	
Σ Forces	123.04	0.00	0.00				
Σ Loads	123.04	0.00	0.00				

Figura 9.3: Tabla 3.1 *Nudos – Esfuerzos en los apoyos*



Para mostrar las reacciones en los 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 las tablas.

Esfuerzos en los apoyos P_X / P_Y / P_Z

En estas tres columnas de la tabla, los esfuerzos en los apoyos aparecen listados por nudos. Los esfuerzos normalmente se refieren a los ejes X, Y, Z del sistema de coordenadas globales. Para mostrar los esfuerzos en los apoyos que se refieren a los ejes locales de los apoyos X', Y' y Z', seleccione la correspondiente opción en el navegador *Resultados*.

Los nudos para los apoyos en nudos se marcan con un asterisco (*), como se muestra en la figura superior. Los esfuerzos en los apoyos, sin embargo, se muestran de acuerdo con el sistema de ejes seleccionado. En la columna final de la tabla se muestra el ángulo de giro del apoyo.

La tabla muestra los esfuerzos en el apoyo que son transferidos. En relación a los signos, es decir, la tabla no muestra los esfuerzos de reacción en la parte de los apoyos. Los signos vienen dados por la dirección de los ejes globales. Si el eje global Z tiene sentido descendente, el caso de carga peso propio será un esfuerzo en el apoyo P_Z positivo y la carga de viento en contra del sentido del eje

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

global X una fuerza de apoyo negativa P_X. Por lo tanto, los esfuerzos en el apoyo que se muestran en la tabla representan un tipo de carga de cimentación.

Los vectores verdes en el gráfico, sin embargo, muestran las fuerzas de reacción por parte de los apoyos. Las componentes de las reacciones en los apoyos son representadas por los tamaños y direcciones de los vectores.

Adicionalmente, se pueden activar en el gráfico los signos de las reacciones en el apoyo. Seleccione *Resultados* en el navegador *Mostrar* y marque la casilla de verificación de la opción correspondiente.

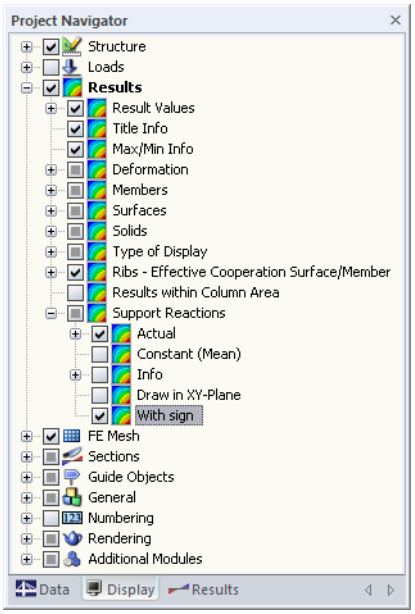


Figura 9.4: Navegador *Mostrar*, Resultados → Reacciones en los apoyos → Con signo

Estos signos en el gráfico se refieren tanto al sistema de ejes globales X,Y,Z como a los ejes locales X'Y'Z'. Una reacción en el apoyo positiva actúa en el sentido de los correspondientes ejes positivos. Por ejemplo, una carga de viento en contra del eje global X conlleva una reacción en el apoyo positiva P_X.

Se aconseja mostrar los signos sólo con finalidad de comprobarlos, de otro modo podrían llevar a malentendidos, ya que los vectores ya reflejan el signo. Los signos en el gráfico se consideran una característica extra de la visualización de vectores: indican las direcciones para los valores respecto a los ejes globales.

Momentos en los apoyos M_X / M_Y / M_Z

En estas tres columnas de la tabla, los momentos en los apoyos aparecen en la lista por nudos. Los momentos normalmente se refieren a los ejes X, Y, Z del sistema de coordenadas globales. Para mostrar los momentos en los apoyos que se refieren a los ejes locales de los apoyos X', Y', Z' seleccione la correspondiente opción en el navegador *Resultados*.

La tabla muestra los momentos en los apoyos que son transferidos en los apoyos en los nudos. Con respecto a los signos, de forma similar a los esfuerzos en los apoyos, la tabla no muestra las reacciones en la parte del apoyo. Los signos vienen dados por la dirección de los ejes globales. Por lo tanto, los momentos en los apoyos que se muestran en la tabla representan un tipo de carga de cimentación.

Los momentos de reacción, sin embargo, se muestran en el gráfico en la parte de los apoyos. Las componentes de las reacciones en los apoyos pueden ser referenciados al sistema de ejes globales X,Y,Z o a los ejes locales X'Y'Z' de los apoyos girados en nudos.

Los signos también se pueden mostrar en el gráfico adicionalmente para los momentos en los apoyos (ver figura 9.4). Un momento en el apoyo positivo actúa en la dirección de las agujas del reloj

sobre el eje positivo correspondiente. De forma similar a los vectores para los esfuerzos en el apoyo, también están afectados por los signos y por lo tanto los valores han de ser examinados independientemente de ellos: los signos indican las direcciones de los momentos con respecto a los ejes globales.

En vez de la visualización de vectores se puede seleccionar una visualización de arcos.

En el menú **Opciones**, sitúe el puntero sobre **Mostrar propiedades** y seleccione **Editar**.

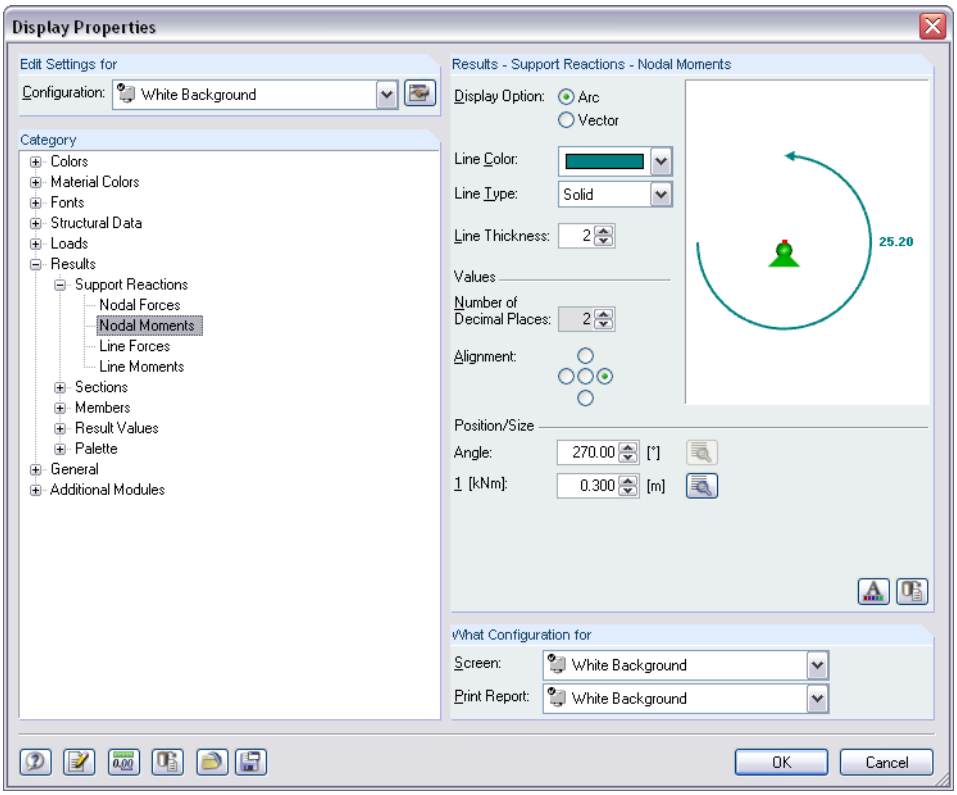


Figura 9.5: Cuadro de diálogo *Propiedades de visualización*: Momentos en el nudo con la opción de visualización *Arco*

En la sección del diálogo *Categoría,* a la derecha, seleccione *Resultados, Reacciones en apoyos* y *Momentos en nudos,* y luego seleccione la *Opción de visualización* **Arco,** en la esquina superior derecha del cuadro de dialogo.

En las columnas de la tabla de los esfuerzos en los apoyos y momentos, son resaltadas en rojo y en azul. Las barras reflejan los valores de los resultados gráficamente. Son escalados entre los valores extremos de todos los apoyos en nudos. Los esfuerzos negativos en apoyos y los momentos negativos son representados con barras rojas, y con barras azules los positivos.



Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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

Cuando el tipo de estructura para placas o muros ha sido previamente seleccionado en el cuadro de diálogo *Datos generales*, sólo serán mostradas las columnas relevantes para los esfuerzos en los apoyos y momentos.

Apoyos girados en nudos y suma de comprobación

En la última columna de la tabla se muestran los ángulos de giro de los apoyos girados en el nudo (ver figura 9.3). Estos nudos son marcados con un ateístico (*).

Para casos de carga y grupos de carga, las sumas de comprobación de las cargas y de las reacciones en los apoyos se muestran al final de la tabla. Cuando también existen en el modelo los apoyos li-

neales y barras con apoyos elásticos, aparecerán ciertas diferencias aquí. En este caso la suma total de las reacciones en los apoyos de los otros resultados se deben considerar para el resumen total.

Importar esfuerzos en apoyos como cargas

Los esfuerzos en los apoyos en el nudo y los momentos pueden ser aplicados como cargas en otras estructuras de RFEM. Esto permite importar cargas por forjados, con el fin de analizar, por ejemplo, la construcción en 2D de losas de forjado. Para más información detallada, ver capítulo 9.2 en la página 274.

En la estructura de trabajo, estos esfuerzos en el apoyo en el nudo serán aplicados como cargas libres puntuales.

9.2 Líneas – Esfuerzos en los apoyos

Para establecer la visualización gráfica de las reacciones de todas las líneas con apoyo, seleccione *Reacciones en los apoyos* en el navegador *Resultados*. En la tabla 3.2, aparecen enumerados los esfuerzos y los momentos en el apoyo.

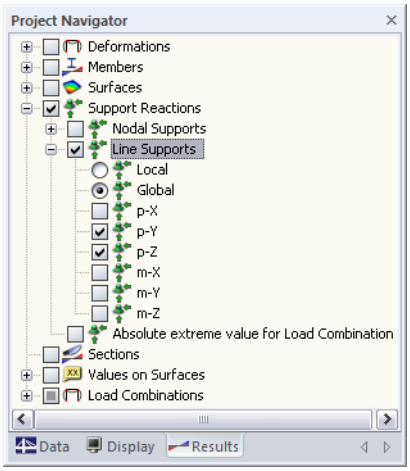
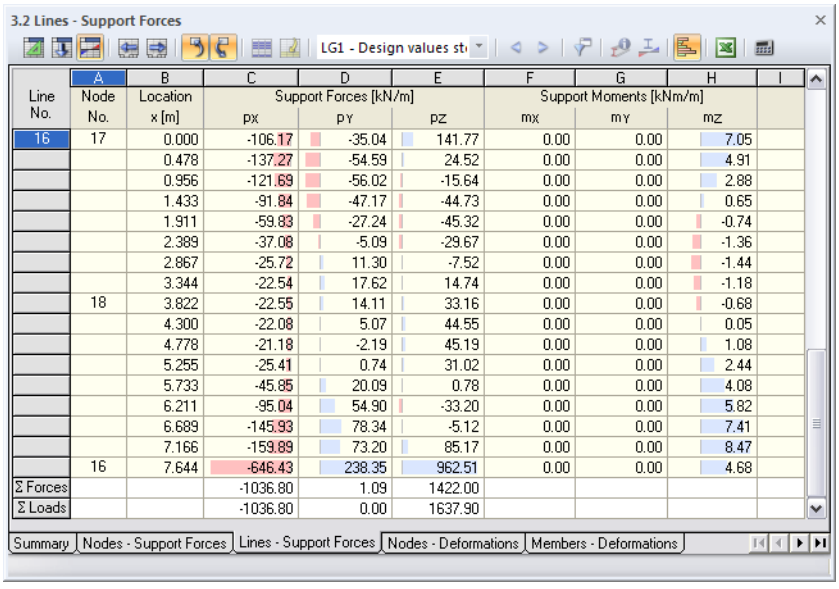


Figura 9.6: Navegador *Resultados*: Reacciones en los apoyos → Apoyos lineales



Line No.	Node No.	Location x [m]	Support Forces [kN/m] pX	pY	pZ	Support Moments [kNm/m] mX	mY	mZ
16	17	0.000	-106.17	-35.04	141.77	0.00	0.00	7.05
		0.478	-137.27	-54.59	24.52	0.00	0.00	4.91
		0.956	-121.69	-56.02	-15.64	0.00	0.00	2.88
		1.433	-91.84	-47.17	-44.73	0.00	0.00	0.65
		1.911	-59.83	-27.24	-45.32	0.00	0.00	-0.74
		2.389	-37.08	-5.09	-29.67	0.00	0.00	-1.36
		2.867	-25.72	11.30	-7.52	0.00	0.00	-1.44
		3.344	-22.54	17.62	14.74	0.00	0.00	-1.18
	18	3.822	-22.55	14.11	33.16	0.00	0.00	-0.68
		4.300	-22.08	5.07	44.55	0.00	0.00	0.05
		4.778	-21.18	-2.19	45.19	0.00	0.00	1.08
		5.255	-25.41	0.74	31.02	0.00	0.00	2.44
		5.733	-45.85	20.09	0.78	0.00	0.00	4.08
		6.211	-95.04	54.90	-33.20	0.00	0.00	5.82
		6.689	-145.93	78.34	-5.12	0.00	0.00	7.41
		7.166	-159.89	73.20	85.17	0.00	0.00	8.47
	16	7.644	-646.43	238.35	962.51	0.00	0.00	4.68
Σ Forces			-1036.80	1.09	1422.00			
Σ Loads			-1036.80	0.00	1637.90			

Figura 9.7: Tabla 3.2 *Líneas – Esfuerzos en el apoyo*



Para mostrar las reacciones en el apoyo 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.

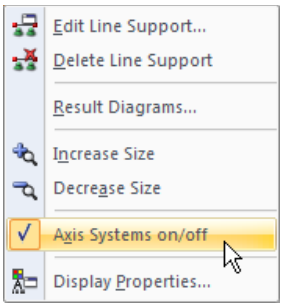
Posición x

Todos los esfuerzos en los apoyos aparecen en la lista por líneas. Las posiciones individuales x en esta columna se basan en las distancias de los nudos de EF a lo largo de la línea. Están relacionadas con el nudo inicial y final de la línea. La rejilla de la superficie es irrelevante para los esfuerzos en los apoyos lineales.

Esfuerzos en el apoyo p_X / p_Y / p_Z

En estas tres columnas de la tabla, los esfuerzos en los apoyos se enumeran por líneas. Los esfuerzos pueden estar referidos a los ejes globales X,Y,Z o a los ejes locales de la línea x, y, z. Si estableció la referencia local, los esfuerzos en el apoyo están etiquetados como $p_{X'}$, $p_{Y'}$ y $p_{Z'}$. La referencia a los ejes en la tabla 3.2 se pueden controlar mediante los parámetros del navegador *Resultados*.

La tabla muestra los esfuerzos en los apoyos que son transferidos al apoyo. Con respecto a los signos, esto significa que la tabla no muestra los esfuerzos de reacción en la parte del apoyo. Si los esfuerzos en los apoyos están referidos al sistema de coordenadas globales, los signos son determinados por el sentido de los ejes globales. Si el eje Z tiene sentido descendente, el caso de carga peso propio, por ejemplo, resulta ser un esfuerzo en el apoyo positivo p_Z, y la carga de viento en contra del eje X es un esfuerzo en el apoyo negativo p_X. Por lo tanto, los esfuerzos en los apoyos mostrados en la tabla representan una clase de cargas de cimentación.



Menú contextual del apoyo lineal

Si los esfuerzos en los apoyos locales $p_{X'}$, $p_{Y'}$ y $p_{Z'}$ son mostrados, entonces los esfuerzos están referidos a los ejes x, y, z de las líneas. Por lo tanto, los signos en la tabla para los esfuerzos transferidos, son el resultado de las direcciones de los ejes locales de las líneas. Utilice el navegador *Mostrar* o el menú contextual del apoyo lineal para mostrar esos ejes.

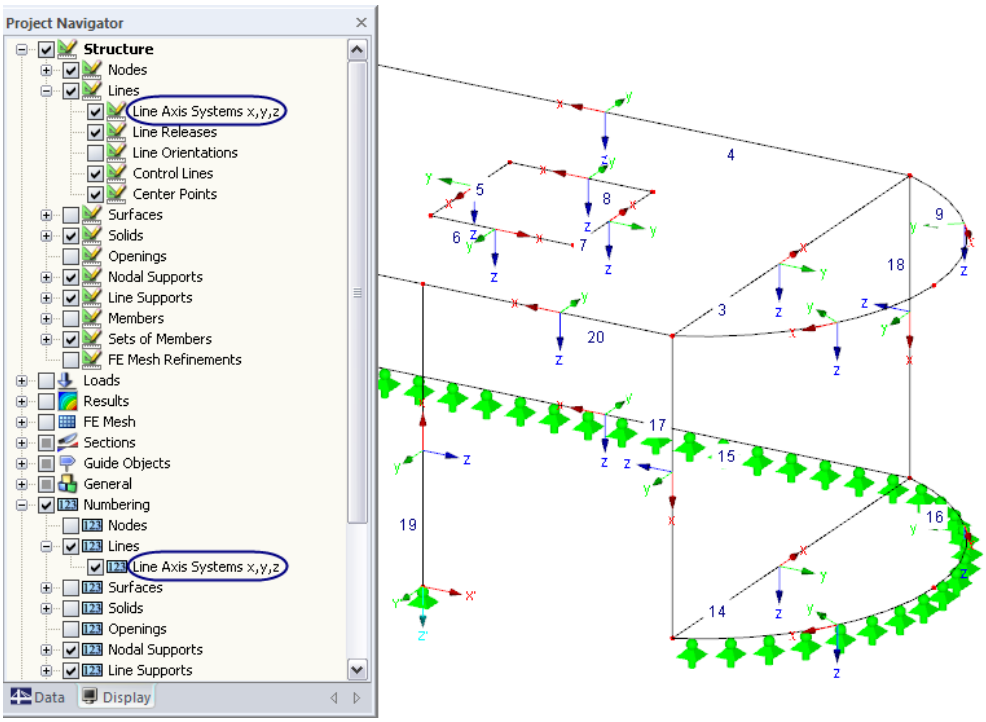


Figura 9.8: Seleccionar los ejes de línea locales en el navegador *Mostrar*

Los vectores verdes que se muestran en el gráfico, sin embargo, muestran los esfuerzos de reacción en la parte de los apoyos. Los componentes de las reacciones en los apoyos se representan por los tamaños y direcciones de los vectores.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Momentos en los apoyos m_X / m_Y / m_Z

En estas columnas de la tabla, se encuentran listados los momentos en los apoyos de cada línea con apoyo. Los momentos en el apoyo también están referidos al sistema de ejes globales X, Y, Z o al sistema de ejes locales x, y, z. Si se ha establecido la referencia local, los momentos en los apoyos se etiquetan como $m_{X'}$, $m_{Y'}$ y $m_{Z'}$.

La tabla muestra los momentos en los apoyos que son transferidos al apoyo. Al igual que los esfuerzos en los apoyos, la tabla no muestra las reacciones en la parte del apoyo.

En el gráfico, sin embargo, sí se muestran los momentos de reacción en la parte de los apoyos lineales. Se muestran como vectores, la visualización como arco no está disponible.

En las columnas de la tabla de los esfuerzos en los apoyos y momentos son resaltadas en rojo o en azul. Las barras reflejan los valores de los resultados gráficamente. Son escalados entre los valores extremos de todos los apoyos lineales. Los esfuerzos en el apoyo negativos y los momentos negativos son representados con barras rojas, y con barras azules los positivos.



Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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

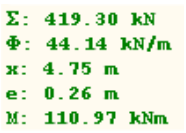
Cuando el tipo de estructura para placas o muros ha sido previamente seleccionado en el cuadro de diálogo *Datos generales*, sólo serán mostradas las columnas relevantes para los esfuerzos en los apoyos y momentos.

Para casos de carga y grupos de carga, las sumas de comprobación de las cargas y de las reacciones en los apoyos se muestran al final de la tabla. Cuando también existen en el modelo apoyos en nudos y barras con apoyos elásticos, aparecerán ciertas diferencias aquí. En este caso, la suma total de las reacciones en los apoyos de los otros resultados deben ser consideradas para el resumen total.

Diagramas de resultados

Los diagramas de resultados de uno o varios apoyos lineales pueden ser evaluados en una ventana a parte. Para abrir esta ventana, haga clic con el botón secundario del ratón en el apoyo lineal y seleccione *Diagrama de resultados* en el menú contextual (ver arriba al lado de la figura 9.8).

Para información más detallada acerca de la ventana de *Diagrama de resultados*, ver capítulo 10.5 en la página 320.



Para cada apoyo lineal, la siguiente información está disponible en la ventana de trabajo de RFEM:

- Σ: Suma como esfuerzo resultante
- Φ: Valor medio
- x: Distancia del centro de gravedad desde el inicio de la línea
- e: Excentricidad del esfuerzo resultante en relación al inicio de la línea.
- M: Momento debido a la excentricidad del esfuerzo resultante

Para mostrar esta información, seleccione *Resultados* en el navegador *Mostrar*, haga doble clic en *Reacciones en los apoyos,* y luego marque la casilla de verificación para *Información*.

Importar esfuerzos en los apoyos como cargas



Las componentes Z de los esfuerzos en los apoyos lineales y en nudos pueden ser aplicadas como cargas en otras estructuras de RFEM. Esto permite importar cargas por forjados, con el fin de analizar, por ejemplo, la construcción 2D de losas de forjados.

Los esfuerzos en los apoyos son importados en el caso de carga actual. Puede ser favorable para crear primero un caso de carga para las cargas que se deben importar.

Para abrir el correspondiente cuadro de diálogo

seleccione **Importar reacciones en los apoyos como carga** en el menú **Herramientas**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

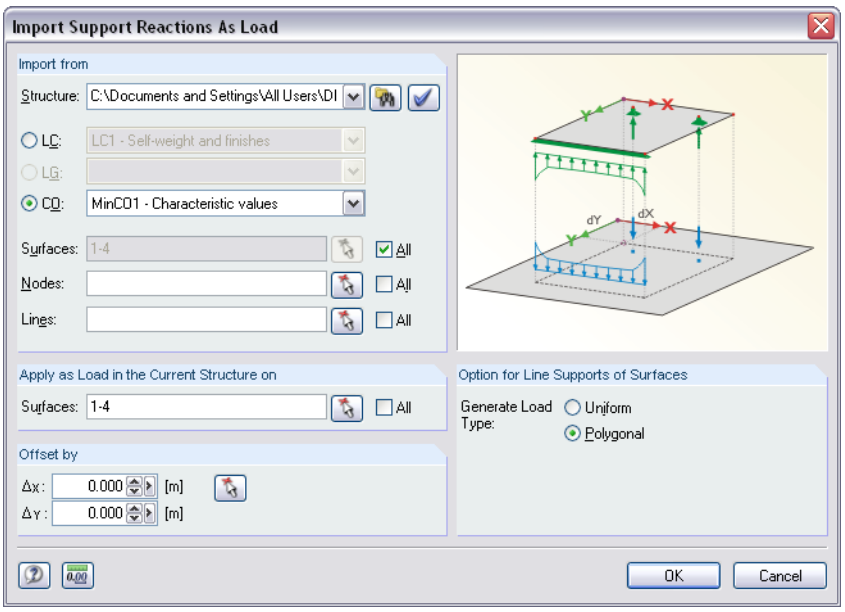


Figura 9.9: Cuadro de diálogo *Importar reacciones en los apoyos como carga*

En la sección del diálogo *Importar desde* se selecciona la *Estructura* y el caso de carga (CC), grupo (GC) o combinación (*CO*). En el caso de una combinación de carga se debe decidir si los resultados máximos o mínimos se deben utilizar. Adicionalmente, debe determinar las superficies, nudos, y líneas que han de ser consideradas.



En la sección del diálogo *Aplicar como carga en la estructura actual en*, se introducen los números de las *Superficies* en las cuales se deben generar las cargas. También es posible seleccionarlas gráficamente.

Si las superficies originales y de trabajo se superponen unas con otras, no es necesario realizar modificaciones en la sección del diálogo *Desviación por*. De no ser así, se pueden definir las desviaciones globales ΔX y ΔY referidas los ejes globales.

En la sección del diálogo *Opciones para los apoyos lineales en superficies*, se puede definir adicionalmente si los esfuerzos en el apoyo serán generados como cargas lineales libres con distribución de carga *Uniforme* o *Poligonal*.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

9.3 Nudos - Deformaciones

Para establecer las deformaciones gráficamente, seleccione *Deformaciones* en el navegador *Resultados*. En la tabla 3.3, las deformaciones en los nudos se muestran numéricamente.

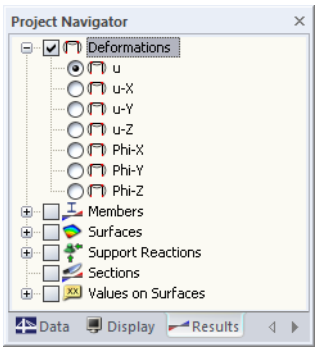
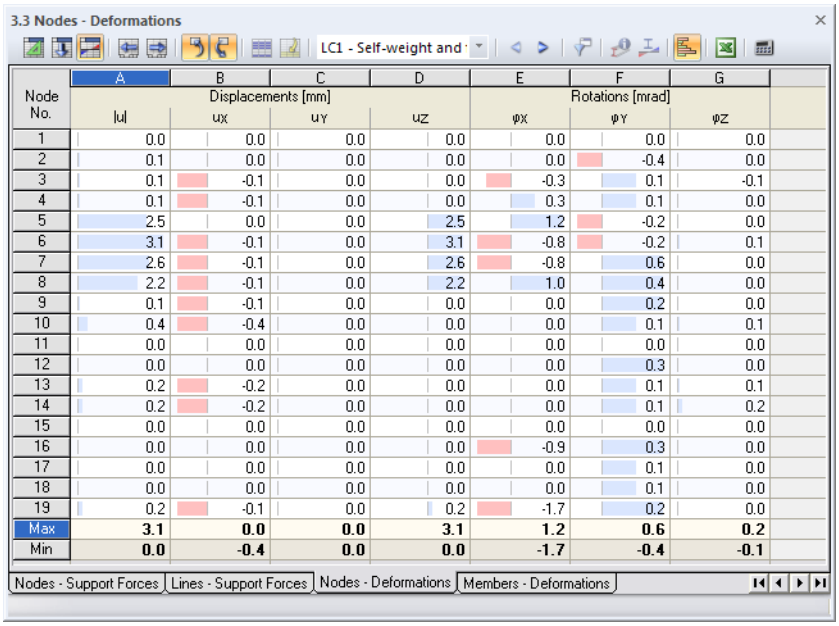


Figura 9.10: Navegador *Resultados*: Deformaciones



Node No.	A: |u|	B: uX	C: uY	D: uZ	E: φX	F: φY	G: φZ
	Displacements [mm]				Rotations [mrad]		
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.0
3	0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.1	-0.1
4	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0
5	2.5	0.0	0.0	2.5	1.2	-0.2	0.0
6	3.1	-0.1	0.0	3.1	-0.8	-0.2	0.1
7	2.6	-0.1	0.0	2.6	-0.8	0.6	0.0
8	2.2	-0.1	0.0	2.2	1.0	0.4	0.0
9	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
10	0.4	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
13	0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
14	0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9	0.3	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
19	0.2	-0.1	0.0	0.2	-1.7	0.2	0.0
Max	**3.1**	**0.0**	**0.0**	**3.1**	**1.2**	**0.6**	**0.2**
Min	**0.0**	**-0.4**	**0.0**	**0.0**	**-1.7**	**-0.4**	**-0.1**

Figura 9.11: Tabla 3.3 *Nudos - Deformaciones*

Los desplazamientos y giros se enumeran por nudos.

Desplazamientos

Las deformaciones tienen los siguientes significados:

u	Desplazamiento total
u_X	Desplazamiento en la dirección del eje global X
u_Y	Desplazamiento en la dirección del eje global Y
u_Z	Desplazamiento en la dirección del eje global Z
φ_X	Giro alrededor del eje global X
φ_Y	Giro alrededor del eje global Y
φ_Z	Giro alrededor del eje global Z

Tabla 9.1: Deformaciones en nudos

Las columnas de la tabla son resaltadas con barras en rojo o en azul escaladas entre los valores extremos de todos los nudos. Las barras reflejan los valores de los resultados gráficamente. Son escalados entre los valores extremos de todos los apoyos lineales. Las deformaciones negativas son representadas con barras rojas, y con barras azules las positivas.

Cuando el tipo de estructura para placas o muros ha sido previamente seleccionado en el cuadro de diálogo Datos generales, sólo serán mostradas las columnas relevantes para las deformaciones.

9.4 Barras - Deformaciones

Para establecer las deformaciones gráficamente seleccione *Barras* y luego *Deformaciones* en el navegador *Resultados*. Los desplazamientos y giros son enumerados en la tabla 3.4.

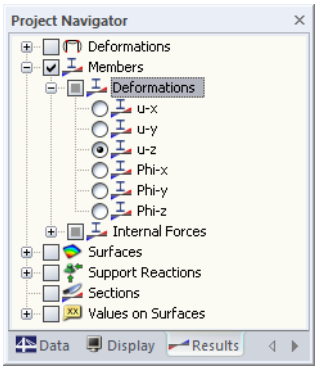
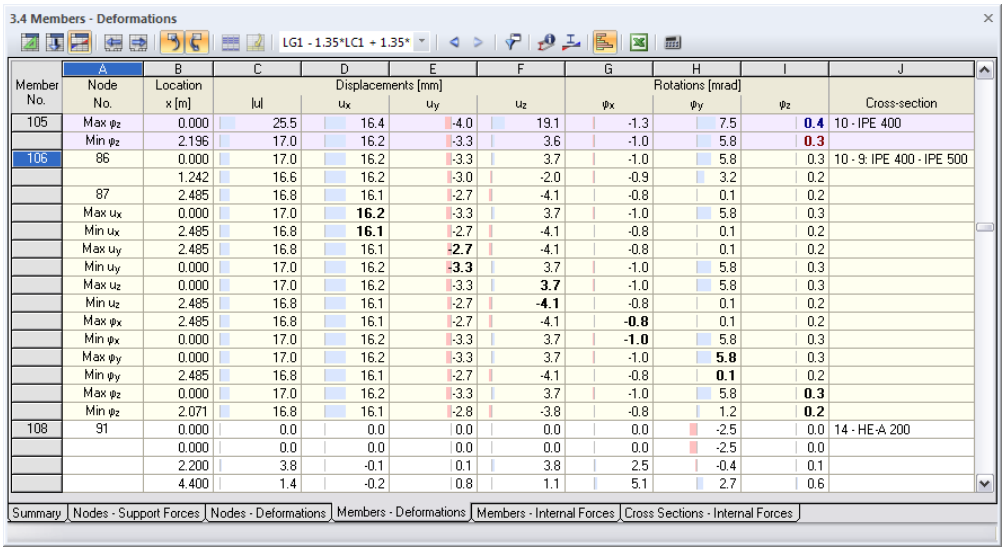


Figura 9.12: Navegador *Resultados*: Barras → Deformaciones



Member No.	Node No.	Location x [m]	Displacements [mm] |u|	u_x	u_y	u_z	Rotations [mrad] φ_x	φ_y	φ_z	Cross-section
105	Max φ_z	0.000	25.5	16.4	-4.0	19.1	-1.3	7.5	**0.4**	10 - IPE 400
	Min φ_z	2.196	17.0	16.2	-3.3	3.6	-1.0	5.8	**0.3**	
106	86	0.000	17.0	16.2	-3.3	3.7	-1.0	5.8	0.3	10 - 9: IPE 400 - IPE 500
		1.242	16.6	16.2	-3.0	-2.0	-0.9	3.2	0.2	
	87	2.485	16.8	16.1	-2.7	-4.1	-0.8	0.1	0.2	
	Max u_x	0.000	17.0	**16.2**	-3.3	3.7	-1.0	5.8	0.3	
	Min u_x	2.485	16.8	**16.1**	-2.7	-4.1	-0.8	0.1	0.2	
	Max u_y	2.485	16.8	16.1	**-2.7**	-4.1	-0.8	0.1	0.2	
	Min u_y	0.000	17.0	16.2	**-3.3**	3.7	-1.0	5.8	0.3	
	Max u_z	0.000	17.0	16.2	-3.3	**3.7**	-1.0	5.8	0.3	
	Min u_z	2.485	16.8	16.1	-2.7	**-4.1**	-0.8	0.1	0.2	
	Max φ_x	2.485	16.8	16.1	-2.7	-4.1	**-0.8**	0.1	0.2	
	Min φ_x	0.000	17.0	16.2	-3.3	3.7	**-1.0**	5.8	0.3	
	Max φ_y	0.000	17.0	16.2	-3.3	3.7	-1.0	**5.8**	0.3	
	Min φ_y	2.485	16.8	16.1	-2.7	-4.1	-0.8	**0.1**	0.2	
	Max φ_z	0.000	17.0	16.2	-3.3	3.7	-1.0	5.8	**0.3**	
	Min φ_z	2.071	16.8	16.1	-2.8	-3.8	-0.8	1.2	**0.2**	
108	91	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.5	0.0	14 - HE-A 200
		0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.5	0.0	
		2.200	3.8	-0.1	0.1	3.8	2.5	-0.4	0.1	
		4.400	1.4	-0.2	0.8	1.1	5.1	2.7	0.6	

Figura 9.13: Tabla 3.4 *Barras - Deformaciones*

Para mostrar las deformaciones de un caso de carga particular, seleccione el caso de carga de la lista de la barra de herramientas principal o de la barra de herramientas de las tablas.

Nudo núm.

Los números de los nudos inicial y final de cada barra son enumerados en esta columna. Debajo de los números se indica el tipo de deformación máxima o mínima.

Posición x

En esta tabla, los esfuerzos internos para cada barra son enumerados en las siguientes posiciones x:

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

- Nudo inicial y final
- Puntos de división de acuerdo con la división de la línea definida (ver capítulo 5.16, página 158)
- Valores extremos (*Máx/Mín*) de desplazamientos y giros.



Para ajustar este parámetro predeterminado

seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados**

o utilice el botón en la barra de resultados mostrado a la izquierda. Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

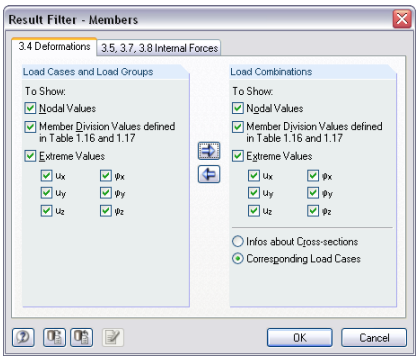


Figura 9.14: Cuadro de diálogo *Filtro de resultados - Barras*

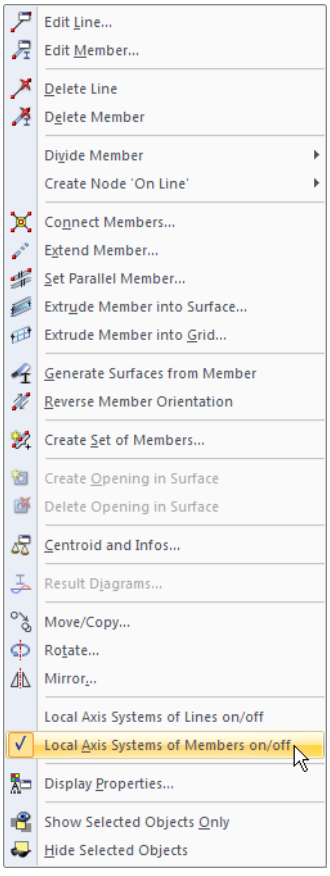
El tipo y tamaño de la salida numérica puede ser influenciado activando las casillas de verificación apropiadas.

Desplazamientos / Giros

Las deformaciones en las barras tienen el siguiente significado:

$\|u\|$	Desplazamiento absoluto total (no válido para combinaciones)
u_x	Desplazamiento de barra en la dirección de su eje longitudinal x
u_y	Desplazamiento de barra en la dirección de su eje local y
u_z	Desplazamiento de barra en la dirección de su eje local z
φ_x	Giro de la barra alrededor de su eje longitudinal x
φ_y	Giro de la barra alrededor de su eje local y
φ_z	Giro de la barra alrededor de su eje local z

Tabla 9.2: Deformaciones en barras



Menú contextual de la barra

Para comprobar las direcciones de los ejes locales de las barras, seleccione *Estructura* o *Numeración* en el navegador *Mostrar* y marque la correspondiente casilla de verificación (ver figura 9.18, página 280). También se puede utilizar el menú contextual de la barra que se muestra a la izquierda.

La definición del sistema de ejes locales de la barra también afecta a los signos de las deformaciones. Un desplazamiento positivo sigue la dirección y sentido del eje local positivo, un giro positivo actúa en la dirección de las agujas del reloj alrededor del eje de la barra positivo.

Sección

En la columna final de la tabla se muestra el número correspondiente de la sección.

Las columnas de la tabla son resaltadas con barras azules o rojas, escaladas entre los valores extremos de todas las deformaciones en las barras. Las barras reflejan los valores de los resultados gráficamente. Las deformaciones negativas son representadas por barras rojas y las positivas por azules.



Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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



Las deformaciones en las barras pueden ser visualizadas también como una animación de todo el procedimiento de deformación (ver capítulo 10.10, página 336). También es posible visualizar deformaciones en barras en el modo de renderizado (ver capítulo 10.3 página 314).

9.5 Barras – Esfuerzos internos

Para establecer esfuerzos internos en las barras gráficamente, seleccione *Barras* y luego *Esfuerzos internos* en el navegador *Resultados*. En la tabla 3.5, son enumerados los esfuerzos internos y momentos.

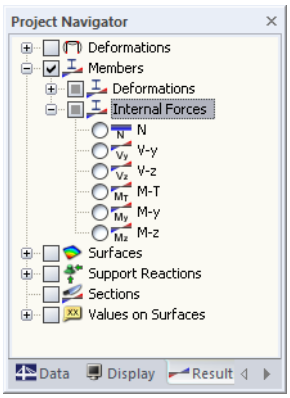
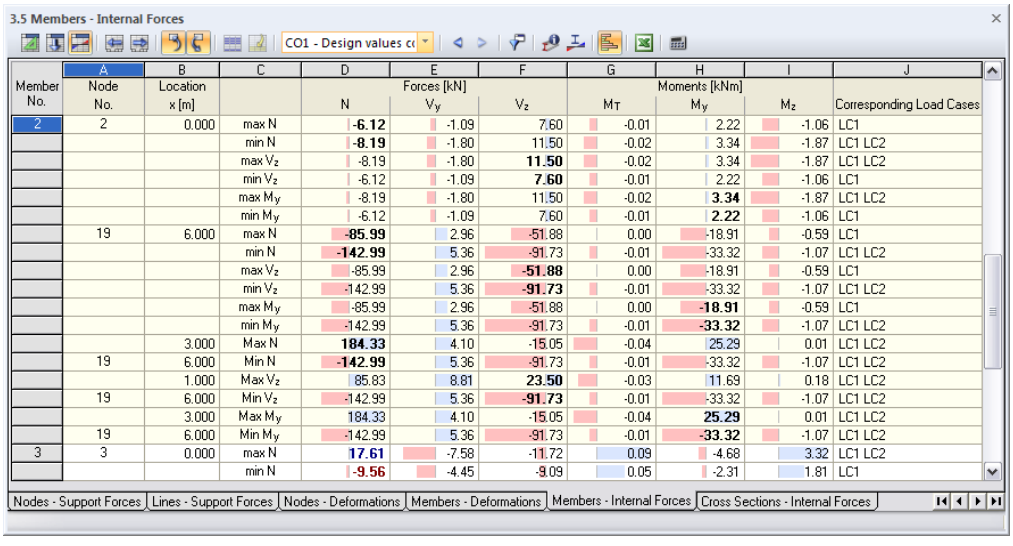


Figura 9.15: Navegador *Resultados*: Barras → Esfuerzos internos



Member No.	Node No.	Location x [m]		Forces [kN] N	Forces [kN] V_y	Forces [kN] V_z	Moments [kNm] M_T	Moments [kNm] M_y	Moments [kNm] M_z	Corresponding Load Cases
2	2	0.000	max N	**-6.12**	-1.09	7.60	-0.01	2.22	-1.06	LC1
			min N	**-8.19**	-1.80	11.50	-0.02	3.34	-1.87	LC1 LC2
			max V_z	-8.19	-1.80	**11.50**	-0.02	3.34	-1.87	LC1 LC2
			min V_z	-6.12	-1.09	**7.60**	-0.01	2.22	-1.06	LC1
			max M_y	-8.19	-1.80	11.50	-0.02	**3.34**	-1.87	LC1 LC2
			min M_y	-6.12	-1.09	7.60	-0.01	**2.22**	-1.06	LC1
	19	6.000	max N	**-85.99**	2.96	-51.88	0.00	-18.91	-0.59	LC1
			min N	**-142.99**	5.36	-91.73	-0.01	-33.32	-1.07	LC1 LC2
			max V_z	-85.99	2.96	**-51.88**	0.00	-18.91	-0.59	LC1
			min V_z	-142.99	5.36	**-91.73**	-0.01	-33.32	-1.07	LC1 LC2
			max M_y	-85.99	2.96	-51.88	0.00	**-18.91**	-0.59	LC1
			min M_y	-142.99	5.36	-91.73	-0.01	**-33.32**	-1.07	LC1 LC2
	3	3.000	Max N	**184.33**	4.10	-15.05	-0.04	25.29	0.01	LC1 LC2
	19	6.000	Min N	**-142.99**	5.36	-91.73	-0.01	-33.32	-1.07	LC1 LC2
		1.000	Max V_z	85.83	8.81	**23.50**	-0.03	11.69	0.18	LC1 LC2
	19	6.000	Min V_z	-142.99	5.36	**-91.73**	-0.01	-33.32	-1.07	LC1 LC2
		3.000	Max M_y	184.33	4.10	-15.05	-0.04	**25.29**	0.01	LC1 LC2
	19	6.000	Min M_y	-142.99	5.36	-91.73	-0.01	**-33.32**	-1.07	LC1 LC2
3	3	0.000	max N	**17.61**	-7.58	-11.72	0.09	-4.68	3.32	LC1 LC2
			min N	**-9.56**	-4.45	-9.09	0.05	-2.31	1.81	LC1

Figura 9.16: Tabla 3.5 *Barras – Esfuerzos internos*



Para mostrar los esfuerzos internos de un caso de carga particular, seleccione el caso de carga de la lista en el menú de la barra de herramientas principal o en la de las tablas.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Posición x

En esta tabla los esfuerzos internos para cada barra son enumerados en las siguientes posiciones x:

- Nudo inicial y final
- Puntos de división de acuerdo con la división de barras definida (ver capítulo 5.16, página 158)
- Valores extremos (*Máx/Mín*) de los esfuerzos internos N, V_z y M_y.



Para ajustar este parámetro predeterminado

seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados**

o utilice el botón de la barra de herramientas de la tabla mostrado a la izquierda. Se abre el siguiente cuadro de diálogo.

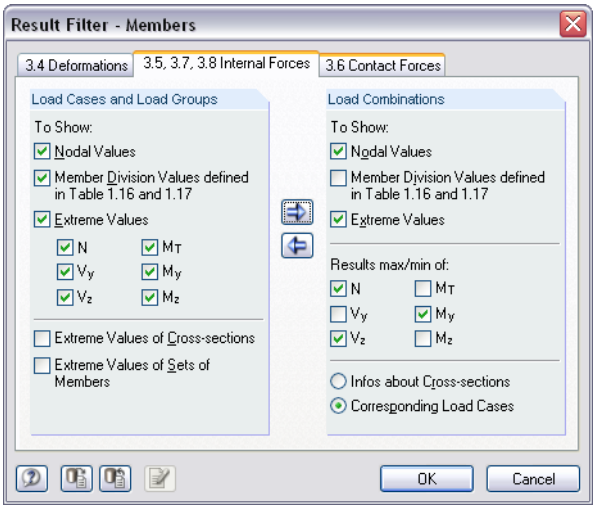


Figura 9.17: Cuadro de diálogo *Filtro de resultados - Barras*

El tipo y tamaño de la salida numérica puede ser influenciada activando las casillas de verificación apropiadas.

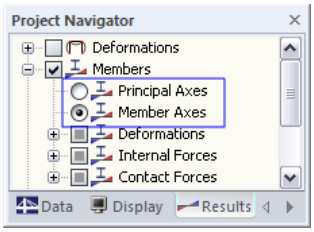
Para los diagramas de resultados gráficos, RFEM 4 utiliza los valores de los resultados en los nudos de la malla de EF o en las divisiones de barras que han sido definidas en el cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* en el registro *Opciones* (ver capítulo 8.3 página 255).

Esfuerzos / Momentos

Los esfuerzos internos en las barras tienen los siguientes significados:

N	Esfuerzo axil en la barra
V_y / V_u	Esfuerzo cortante en la barra en la dirección del eje local y ó u (ver página 148)
V_z / V_v	Esfuerzo cortante en la dirección de los ejes locales de la barra z ó v
M_T	Momento torsor
M_y / M_u	Momento flector sobre el eje y ó u
M_z / M_v	Momento flector sobre el eje z ó v

Tabla 9.3: Esfuerzos internos en barras



Los ejes locales de barras y, z ó u, v representan los ejes principales de la sección. El eje y o el eje v son los conocidos como ejes “fuertes”, y el eje “débil” es representado por el eje z y el eje v (ver capítulo 5.17, página 163). Para secciones asimétricas, la salida de resultados se puede referir a los ejes

principales u, v (ver la figura en la página 148) o lo sejes predeterminados de la entrada y, z. La selección será llevada a cabo en el navegador *Resultados* como se muestra a la izquierda.

Para revisar la orientación de la barra utilice el modo renderizado 3D o el navegador *Mostrar*, seleccione *Estructura* o *Numeración* y luego marque la correspondiente casilla de verificación (ver figura inferior).

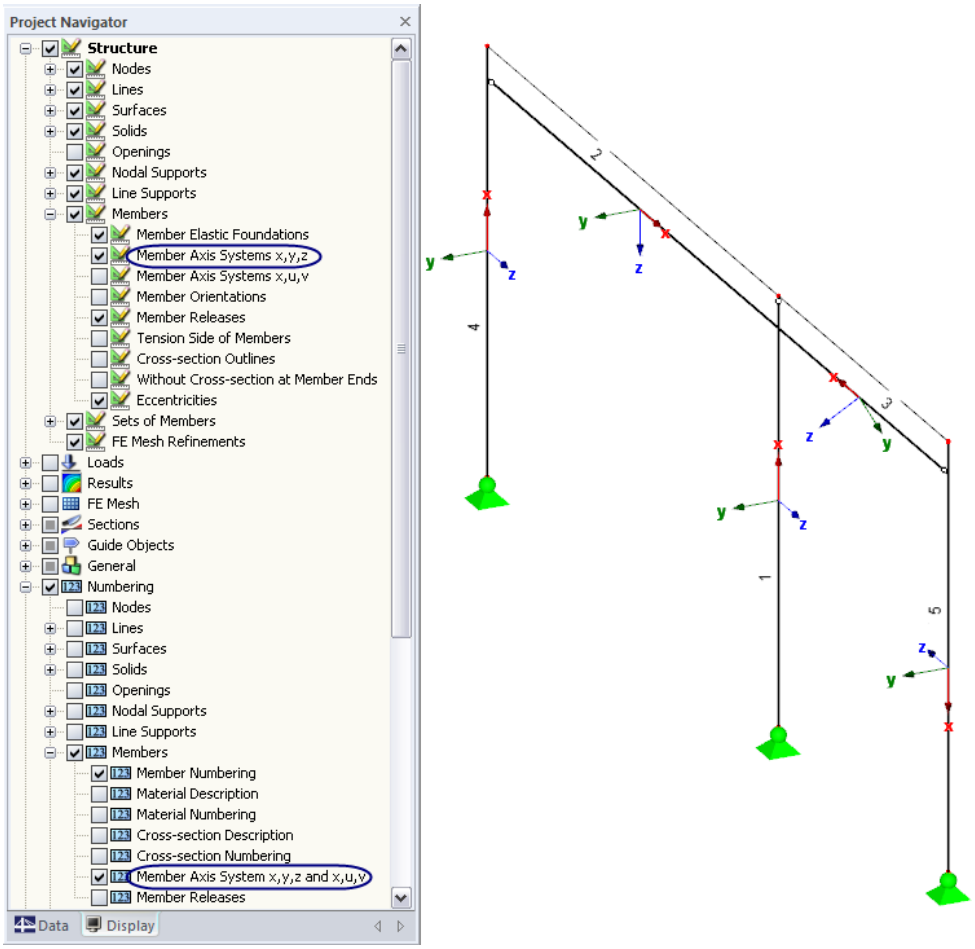
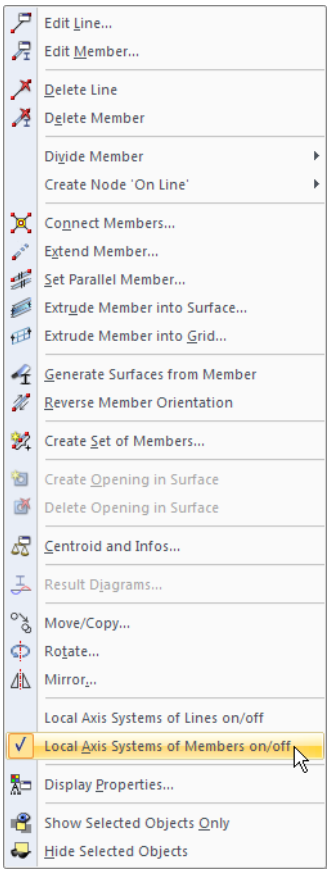


Figura 9.18: Seleccionando el sistema de ejes locales de la barra en el navegador *Mostrar*



Menú contextual de la barra

También se puede utilizar el menú contextual de la barra correspondiente.

El sistema de ejes locales también afecta a los signos de los esfuerzos internos.

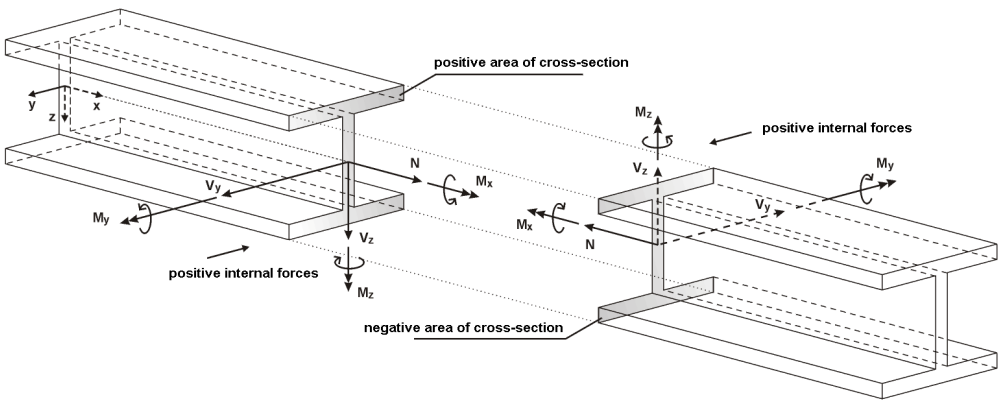


Figura 9.19: Definición positiva de los esfuerzos internos

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

El momento flector M_y es positivo si las tensiones de tracción ocurren en el lado positivo de la barra (en el sentido positivo del eje z). M_z es positivo si las tensiones de compresión ocurren en el lado positivo de la barra (en el sentido positivo del eje y). La definición del signo para los momentos torsores, esfuerzos axiles y esfuerzos cortantes se realiza según el convenio habitual. Estos esfuerzos internos son positivos si actúan en la dirección positiva.

Las columnas de la tabla son resaltadas con barras azules o rojas, escaladas entre los valores extremos de todos los esfuerzos internos en las barras. Las barras reflejan los valores de los resultados gráficamente. Los esfuerzos internos en las barras negativos son representados por barras rojas y los positivos por azules.



Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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

Al final de la lista, la primera columna de la tabla especifica para cada barra el mayor valor positivo (*Max*) y el más pequeño (*Min*) de los esfuerzos internos que actúan en la barra. Los valores en otras columnas de esta línea de la tabla representan los correspondientes resultados de este valor extremo.

Cuando el tipo de estructura para placas o muros ha sido seleccionado previamente en el cuadro de diálogo *Datos generales,* sólo serán mostradas las columnas relevantes para los esfuerzos internos.

Casos de carga correspondientes

Esta columna sólo se muestra para los resultados de combinaciones de carga. Por lo que una nueva columna es insertada (ver figura 9.16).

La última columna enumera los casos de carga o grupos de carga que han sido consideradas para los esfuerzos internos máximo y mínimo de esta fila de la tabla. Los casos de carga que han sido especificados como permanentes siempre aparecen en esta columna. Los casos de carga variables sólo se muestran si sus esfuerzos internos tienen un efecto desfavorable en el resultado (ver capítulo 6.3, página 198).

Al final de la lista, la tercera columna de la tabla específica para cada barra el mayor valor (***Máx***) y el negativo más pequeño (***Mín***) de los esfuerzos internos que actúan en la barra.



Una función de filtro separada para combinaciones de carga en el cuadro de diálogo *Filtro de resultados* permite reducir la cantidad de datos en las tablas de resultados de CO. Para abrir el cuadro de diálogo mostrado en la figura 9.17,

seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados**

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

9.6 Barras – Fuerzas de contacto

Cuando existen en el modelo barras con apoyos elásticos (ver capítulo 5.19, página 171), sus momentos y fuerzas de contacto se enumeran en la tabla 3.6. Para establecer los resultados de las barras gráficamente, seleccione *Barras* y luego *Fuerzas de contacto* en el Navegador *Resultados*.

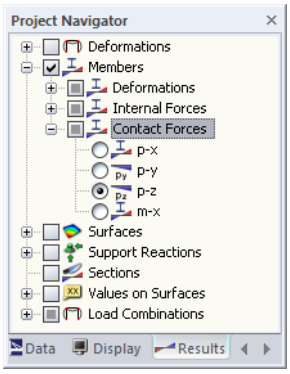
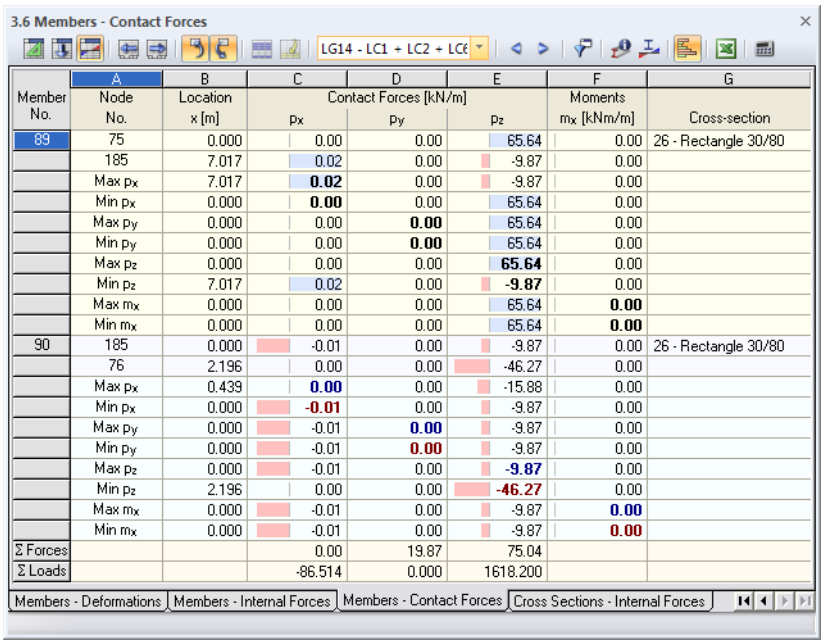


Figura 9.20: Navegador *Resultados*: *Barras* → *Fuerzas de contacto*



Member No.	Node No.	Location x [m]	Contact Forces [kN/m] p_x	p_y	p_z	Moments m_x [kNm/m]	Cross-section
89	75	0.000	0.00	0.00	65.64	0.00	26 - Rectangle 30/80
	185	7.017	0.02	0.00	-9.87	0.00	
	Max p_x	7.017	**0.02**	0.00	-9.87	0.00	
	Min p_x	0.000	**0.00**	0.00	65.64	0.00	
	Max p_y	0.000	0.00	**0.00**	65.64	0.00	
	Min p_y	0.000	0.00	**0.00**	65.64	0.00	
	Max p_z	0.000	0.00	0.00	**65.64**	0.00	
	Min p_z	7.017	0.02	0.00	**-9.87**	0.00	
	Max m_x	0.000	0.00	0.00	65.64	**0.00**	
	Min m_x	0.000	0.00	0.00	65.64	**0.00**	
90	185	0.000	-0.01	0.00	-9.87	0.00	26 - Rectangle 30/80
	76	2.196	0.00	0.00	-46.27	0.00	
	Max p_x	0.439	**0.00**	0.00	-15.88	0.00	
	Min p_x	0.000	**-0.01**	0.00	-9.87	0.00	
	Max p_y	0.000	-0.01	**0.00**	-9.87	0.00	
	Min p_y	0.000	-0.01	**0.00**	-9.87	0.00	
	Max p_z	0.000	-0.01	0.00	**-9.87**	0.00	
	Min p_z	2.196	0.00	0.00	**-46.27**	0.00	
	Max m_x	0.000	-0.01	0.00	-9.87	**0.00**	
	Min m_x	0.000	-0.01	0.00	-9.87	**0.00**	
Σ Forces			0.00	19.87	75.04		
Σ Loads			-86.514	0.000	1618.200		

Figura 9.21: Tabla 3.6 *Barras – Fuerzas de contacto*

Nudo núm.

En esta columna se listan los números de los nudos de inicio y fin para cada barra de apoyo. Debajo de los números se indica el tipo de valor extremo de los momentos y fuerzas de contacto.



Para modificar los parámetros predeterminados para la salida de los valores extremos,

seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados**

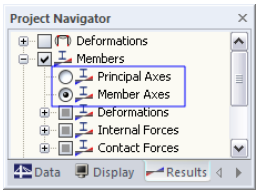
o utilice el botón en la barra de herramientas de la tabla que se muestra a la izquierda.

Posición x

En esta tabla, los resultados de cada barra se enumeran en la siguientes posiciones x:

- Nudo inicial y final
- Puntos de división de acuerdo con la división de la barra definida (ver capítulo 5.16, página 158)
- Valores extremos (*Máx*/*Mín*) de las fuerzas de contacto y de los momentos

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



Fuerzas de contacto p_x / p_y / p_z

Las fuerzas de contacto en la dirección de la barra, en la dirección de los ejes locales de la barra x, y, z están relacionados con las longitudes estándar. Para secciones asimétricas, la salida de resultados puede estar referida a los ejes principales u, v (ver figura en la página 148) o los ejes de entrada predeterminados y, z. La selección será llevada a cabo en el navegador *Resultados* como se muestra a la izquierda.

Para comprobar las direcciones de los ejes locales seleccione *Estructura* o *Numeración* en el navegador *Mostrar,* y marque la casilla de verificación correspondiente, ver figura 9.18. Los signos cumplen con las definiciones habituales explicadas en el capítulo 9.5 en la página 280 relativas a los esfuerzos internos en las barras.

Con el fin de determinar las presiones de contacto del suelo a partir de los valores dados, se tienen que dividir los resultados por las anchuras del cimiento correspondientes.

Momentos m_x

Los momentos de contacto sobre el eje longitudinal de la barra x se refieren a la longitud estándar. Los momentos de contacto m_x están influenciados por la constante elástica rotacional C_φ.

Sección

En la última columna de la tabla, se muestran las secciones correspondientes.

Para los casos de carga y los grupos de carga, las sumas de verificación de las cargas y reacciones en los apoyos son mostradas al final de la tabla. Para el resumen total, sin embargo, se deben considerar las sumas de los apoyos lineales y en el nudo, así como de los apoyos elásticos en superficie.

9.7 Conjuntos de barras – Esfuerzos internos

En esta tabla de resultados, los esfuerzos internos se muestran por conjuntos de barras (ver capítulo 5.21, página 177).

3.7 Set of Members - Internal Forces

CO1 - Decisive Load C

Member No.	A Node No.	B Location x [m]	C	D N	E V_y	F V_z	G M_T	H M_y	I M_z	J Corresponding
				Forces [kN]			Moments [kNm]			
	Set of Members No. 1: Girder A-A									
88	75	7.017	min V_z	-4.345	0.112	**-70.380**	0.024	-132.820	-0.120	LG5
			max M_T	-4.137	0.270	-67.221	**0.237**	-127.280	-0.492	LG4
			min M_T	-4.150	-0.094	-67.222	**-0.199**	-127.290	0.305	LG3
			max M_y	2.307	0.020	-30.836	0.009	**-63.366**	-0.013	LG7
			min M_y	-4.345	0.112	-70.380	0.024	**-132.820**	-0.120	LG5
			max M_z	-4.150	-0.094	-67.222	-0.199	-127.290	**0.305**	LG3
			min M_z	-4.137	0.270	-67.221	0.237	-127.280	**-0.492**	LG4
88	75	7.017	MAX N	**2.307**	0.020	-30.836	0.009	-63.366	-0.013	LG7
86	73	0.000	MIN N	**-42.413**	0.011	59.027	0.054	-90.161	0.016	LG1
88	75	7.017	MAX V_y	-4.137	**0.270**	-67.221	0.237	-127.280	-0.492	LG4
88	75	7.017	MIN V_y	-4.150	**-0.094**	-67.222	-0.199	-127.290	0.305	LG3
86	73	0.000	MAX V_z	-39.599	0.022	**62.574**	0.025	-99.599	0.019	LG5
88	75	7.017	MIN V_z	-4.345	0.112	**-70.380**	0.024	-132.820	-0.120	LG5
88	75	7.017	MAX M_T	-4.137	0.270	-67.221	**0.237**	-127.280	-0.492	LG4
88	75	7.017	MIN M_T	-4.150	-0.094	-67.222	**-0.199**	-127.290	0.305	LG3
88		0.877	MAX M_y	-24.547	-0.020	4.894	-0.033	**101.980**	-0.009	LG5
88	75	7.017	MIN M_y	-4.345	0.112	-70.380	0.024	**-132.820**	-0.120	LG5
88	75	7.017	MAX M_z	-4.150	-0.094	-67.222	-0.199	-127.290	**0.305**	LG3
88	75	7.017	MIN M_z	-4.137	0.270	-67.221	0.237	-127.280	**-0.492**	LG4
	Set of Members No. 2: Girder B-B									
77	65	0.000	max N	**-17.610**	0.002	4.303	0.007	29.733	0.028	LG7
			min N	**-70.934**	-0.007	18.144	0.065	91.225	0.159	LG5

Members - Contact Forces | Set of Members - Internal Forces | Cross Sections - Internal Forces

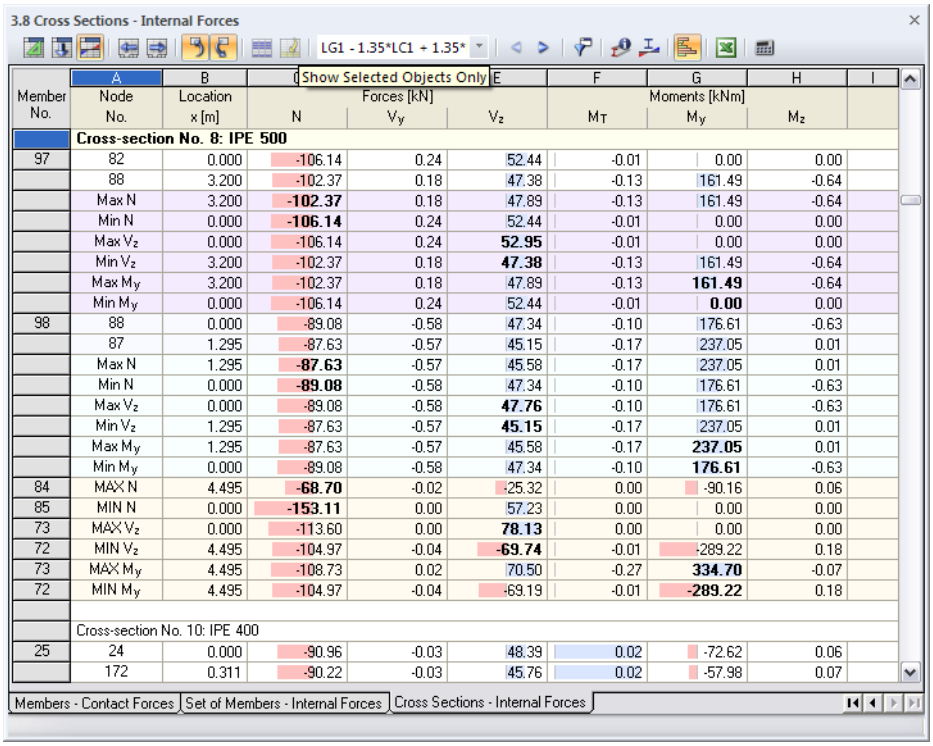
Figura 9.22: Tabla 3.7 *Conjuntos de barras – Esfuerzos internos*

Esta tabla es similar a tabla 3.5 *Barras – Esfuerzos internos,* descrita en el capítulo 9.5. Aquí los resultados son ordenados adicionalmente por barras continuas o grupos de barras. Las descripciones en la primera columna de la tabla siempre permanecen resaltadas, por lo que es más fácil tener una visión de conjunto de los datos al desplazarse por los mismos.

La tabla muestra los resultados de todas las barras que están contenidas en el conjunto de barras. El listado de cada conjunto de barras concluye con filas de la tabla de distinto color. Estas filas muestran los valores extremos totales ***MÁX*** y ***MÍN*** para cada tipo de esfuerzo interno en el correspondiente conjunto de barras. Los valores extremos se muestran en negrita, el resto de valores mostrados en esta fila de la tabla representan los esfuerzos internos correspondientes.

9.8 Secciones – Esfuerzos internos

En esta tabla de resultados los esfuerzos internos se enumeran por secciones.



3.8 Cross Sections - Internal Forces

LG1 - 1.35*LC1 + 1.35*

Show Selected Objects Only

Member No.	A: Node No.	B: Location x [m]	N	Vy	Vz	MT	My	Mz
			Forces [kN]			Moments [kNm]		
	Cross-section No. 8: IPE 500							
97	82	0.000	-106.14	0.24	52.44	-0.01	0.00	0.00
	88	3.200	-102.37	0.18	47.38	-0.13	161.49	-0.64
	Max N	3.200	**-102.37**	0.18	47.89	-0.13	161.49	-0.64
	Min N	0.000	**-106.14**	0.24	52.44	-0.01	0.00	0.00
	Max Vz	0.000	-106.14	0.24	**52.95**	-0.01	0.00	0.00
	Min Vz	3.200	-102.37	0.18	**47.38**	-0.13	161.49	-0.64
	Max My	3.200	-102.37	0.18	47.89	-0.13	**161.49**	-0.64
	Min My	0.000	-106.14	0.24	52.44	-0.01	**0.00**	0.00
98	88	0.000	-89.08	-0.58	47.34	-0.10	176.61	-0.63
	87	1.295	-87.63	-0.57	45.15	-0.17	237.05	0.01
	Max N	1.295	**-87.63**	-0.57	45.58	-0.17	237.05	0.01
	Min N	0.000	**-89.08**	-0.58	47.34	-0.10	176.61	-0.63
	Max Vz	0.000	-89.08	-0.58	**47.76**	-0.10	176.61	-0.63
	Min Vz	1.295	-87.63	-0.57	**45.15**	-0.17	237.05	0.01
	Max My	1.295	-87.63	-0.57	45.58	-0.17	**237.05**	0.01
	Min My	0.000	-89.08	-0.58	47.34	-0.10	**176.61**	-0.63
84	MAX N	4.495	**-68.70**	-0.02	-25.32	0.00	-90.16	0.06
85	MIN N	0.000	**-153.11**	0.00	57.23	0.00	0.00	0.00
73	MAX Vz	0.000	-113.60	0.00	**78.13**	0.00	0.00	0.00
72	MIN Vz	4.495	-104.97	-0.04	**-69.74**	-0.01	-289.22	0.18
73	MAX My	4.495	-108.73	0.02	70.50	-0.27	**334.70**	-0.07
72	MIN My	4.495	-104.97	-0.04	-69.19	-0.01	**-289.22**	0.18
	Cross-section No. 10: IPE 400							
25	24	0.000	-90.96	-0.03	48.39	0.02	-72.62	0.06
	172	0.311	-90.22	-0.03	45.76	0.02	-57.98	0.07

Members - Contact Forces | Set of Members - Internal Forces | Cross Sections - Internal Forces

Figura 9.23: Tabla 3.8 *Secciones - Esfuerzos internos*

También esta tabla es similar a la tabla 3.5 *Barras – Esfuerzos internos* (ver página 278). Los resultados son ordenados adicionalmente por secciones que permanecen visibles siempre en la primera fila de la tabla. De esta forma, es más fácil tener una información general de los datos.

En esta tabla, se enumeran los resultados para todas las barras que utilizan la correspondiente sección. La lista de secciones termina con un bloque de filas marcadas en un color diferente. El bloque muestra los valores totales extremos *MÁX* y *MÍN* para cada tipo de esfuerzo interno en la sección. Los valores extremos se muestran en negrita, y los otros valores de las restantes columnas de la tabla representan los esfuerzos internos correspondientes.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

9.9 Superficies - Deformaciones

Para establecer las deformaciones en las superficies gráficamente, seleccione *Deformaciones* y luego *Superficies* en el navegador *Resultados*. En la tabla 3.9, las deformaciones en las superficies son mostradas numéricamente.

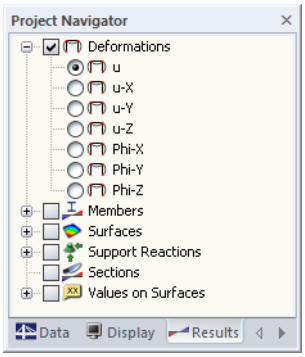
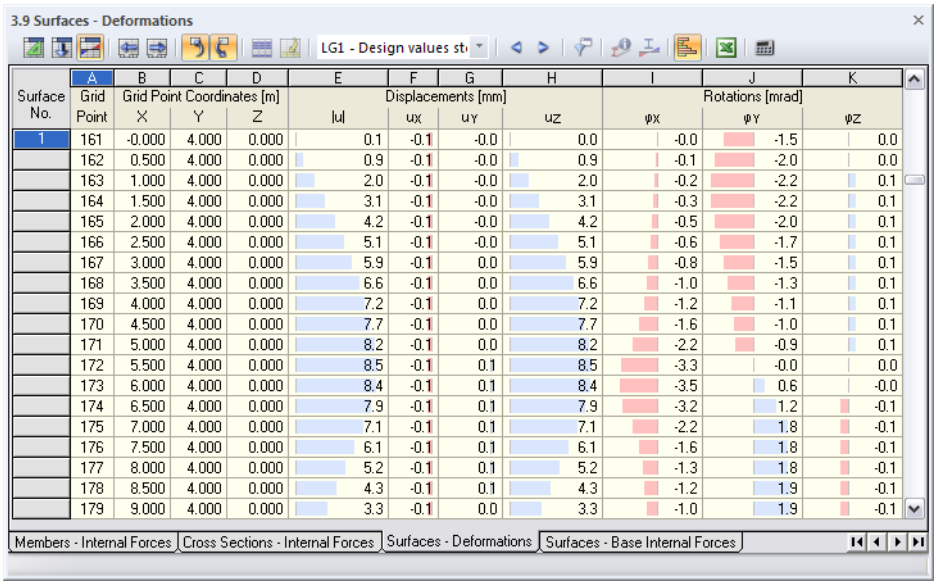


Figura 9.24: Navegador *Resultados*: Deformaciones



Surface No.	Grid Point	Grid Point Coordinates [m] X	Y	Z	Displacements [mm] |u|	uX	uY	uZ	Rotations [mrad] φX	φY	φZ
1	161	-0.000	4.000	0.000	0.1	-0.1	-0.0	0.0	-0.0	-1.5	0.0
	162	0.500	4.000	0.000	0.9	-0.1	-0.0	0.9	-0.1	-2.0	0.0
	163	1.000	4.000	0.000	2.0	-0.1	-0.0	2.0	-0.2	-2.2	0.1
	164	1.500	4.000	0.000	3.1	-0.1	-0.0	3.1	-0.3	-2.2	0.1
	165	2.000	4.000	0.000	4.2	-0.1	-0.0	4.2	-0.5	-2.0	0.1
	166	2.500	4.000	0.000	5.1	-0.1	-0.0	5.1	-0.6	-1.7	0.1
	167	3.000	4.000	0.000	5.9	-0.1	0.0	5.9	-0.8	-1.5	0.1
	168	3.500	4.000	0.000	6.6	-0.1	0.0	6.6	-1.0	-1.3	0.1
	169	4.000	4.000	0.000	7.2	-0.1	0.0	7.2	-1.2	-1.1	0.1
	170	4.500	4.000	0.000	7.7	-0.1	0.0	7.7	-1.6	-1.0	0.1
	171	5.000	4.000	0.000	8.2	-0.1	0.0	8.2	-2.2	-0.9	0.1
	172	5.500	4.000	0.000	8.5	-0.1	0.1	8.5	-3.3	-0.0	0.0
	173	6.000	4.000	0.000	8.4	-0.1	0.1	8.4	-3.5	0.6	-0.0
	174	6.500	4.000	0.000	7.9	-0.1	0.1	7.9	-3.2	1.2	-0.1
	175	7.000	4.000	0.000	7.1	-0.1	0.1	7.1	-2.2	1.8	-0.1
	176	7.500	4.000	0.000	6.1	-0.1	0.1	6.1	-1.6	1.8	-0.1
	177	8.000	4.000	0.000	5.2	-0.1	0.1	5.2	-1.3	1.8	-0.1
	178	8.500	4.000	0.000	4.3	-0.1	0.1	4.3	-1.2	1.9	-0.1
	179	9.000	4.000	0.000	3.3	-0.1	0.0	3.3	-1.0	1.9	-0.1

Figura 9.25: Tabla 3.9 *Superficies - Deformaciones*

Los desplazamientos y giros se enumeran por superficies de acuerdo con sus puntos de rejilla.

Punto de rejilla

En esta columna son enumerados los puntos de rejilla de cada superficie. Los puntos de rejilla representan un atributo de la superficie relevante. El número de puntos de rejilla y su administración pueden ser modificados en el cuadro de diálogo *Editar superficie,* registro *Rejilla*.

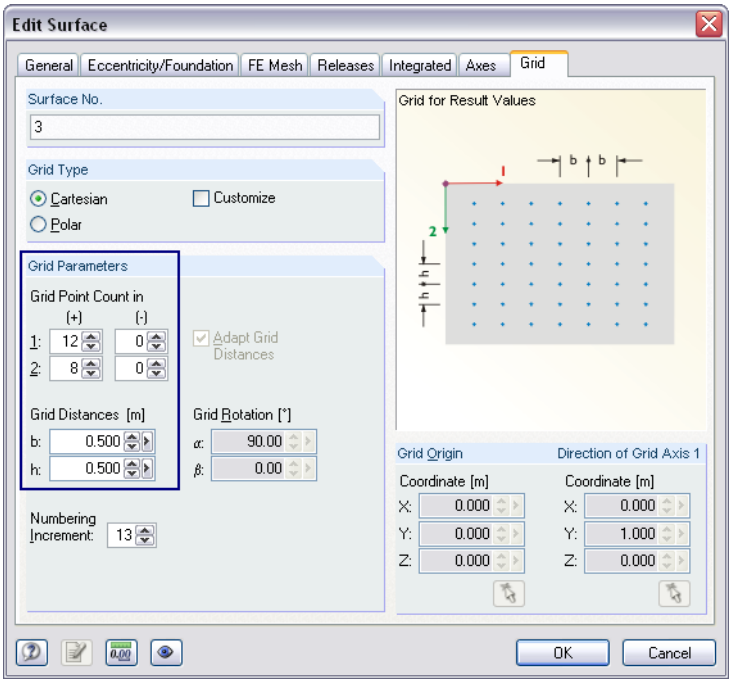


Figura 9.26: Cuadro de diálogo *Editar superficie*, registro *Rejilla*

En este registro se puede definir el *Tipo de rejilla*, los *Parámetros de la rejilla* y si fuera necesario el *Origen de la rejilla* y la *Dirección del eje de la rejilla 1*. La configuración predeterminada en una rejilla de superficie cartesiana con *Distancias de rejillas* de 50 cm en ambas direcciones.

La rejilla permite la salida equidistante mediante puntos de rejilla ajustables libremente sin utilizar la malla de EF. Especialmente para superficies muy pequeñas, el tamaño de la malla predeterminado de 50 cm puede producir sólo unos pocos puntos de la rejilla de resultados o incluso sólo uno en el origen. El número y espaciado de los puntos de la rejilla pueden ser ajustados al tamaño de la superficie en las secciones del diálogo *Recuento de puntos de rejilla en* y *Distancias de rejillas* con el fin de generar más puntos de rejilla.

Si la rejilla de la superficie es modificada, no será necesario un nuevo cálculo de los resultados, al ser interpolados los valores de la rejilla desde los valores de los resultados de los nudos de EF.

La salida tabulada está basada en la rejilla resultante para superficies descrita arriba. En el gráfico, pueden ser mostrados, sin embargo, ambos valores de los nudos de EF, así como de los puntos de la rejilla. Para establecer la visualización utilice el navegador *Resultados* (ver figura siguiente).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

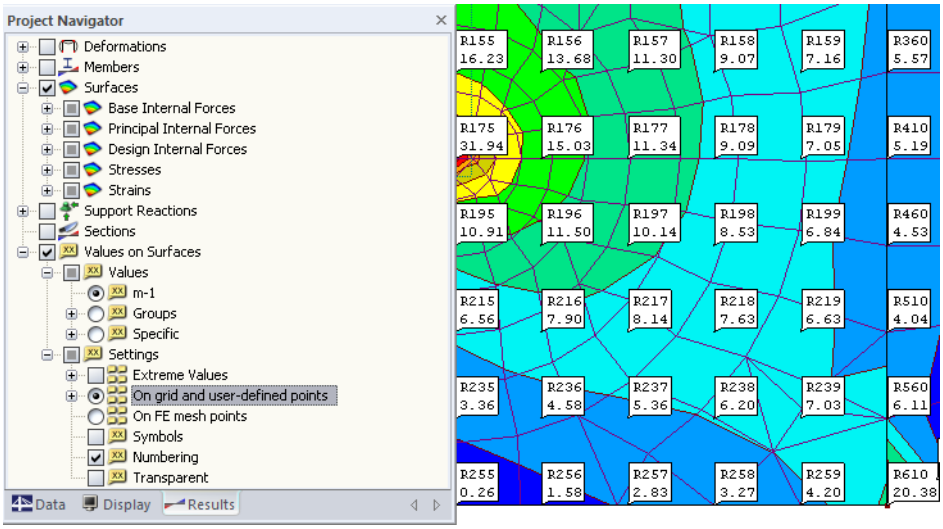


Figura 9.27: Navegador *Resultados*: Valores en superficies → Configuración → En rejilla y puntos definidos por el usuario

El programa define automáticamente la numeración de los puntos de la rejilla. Además, para visualizar los números de los puntos de la rejilla en los gráficos de resultados, seleccione *Numeración* en el navegador *Resultados*.

Coordenadas de puntos de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de la rejilla dentro del sistema de coordenadas global X,Y,Z. Cuando se hace clic en una fila particular de la tabla el correspondiente punto de la rejilla será resaltado en el gráfico.

Desplazamientos / Giros

Las deformaciones tienen los siguientes significados:

u	Desplazamiento absoluto total (no válido para combinaciones)
u_X	Desplazamiento de barra en la dirección de su eje local x
u_Y	Desplazamiento de barra en la dirección de su eje local y
u_Z	Desplazamiento de barra en la dirección de su eje local z
φ_X	Giro de la barra alrededor de su eje local x
φ_Y	Giro de la barra alrededor de su eje local y
φ_Z	Giro de la barra alrededor de su eje local z

Tabla 9.4: Deformaciones en superficie

Las columnas de la tabla se resaltan con barras azules o rojas, escaladas entre los valores extremos de las correspondientes deformaciones. Las deformaciones positivas (en el mismo sentido o en la dirección de las agujas del reloj sobre el eje global correspondiente) se representan con barras azules, y las deformaciones negativas con barras rojas. De esta forma, la tabla permite también una evaluación visual.



Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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

Para estructuras 2D sólo se mostrarán las columnas relevantes para las deformaciones.

9.10 Superficies – Esfuerzos internos fundamentales

Para establecer los esfuerzos internos fundamentales gráficamente, seleccione *Superficies* y luego *Esfuerzos internos fundamentales* en el navegador *Resultados*. En la tabla 3.10, los esfuerzos internos fundamentales de todas las superficies se muestran numéricamente.

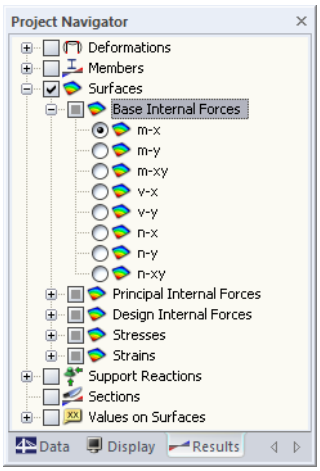
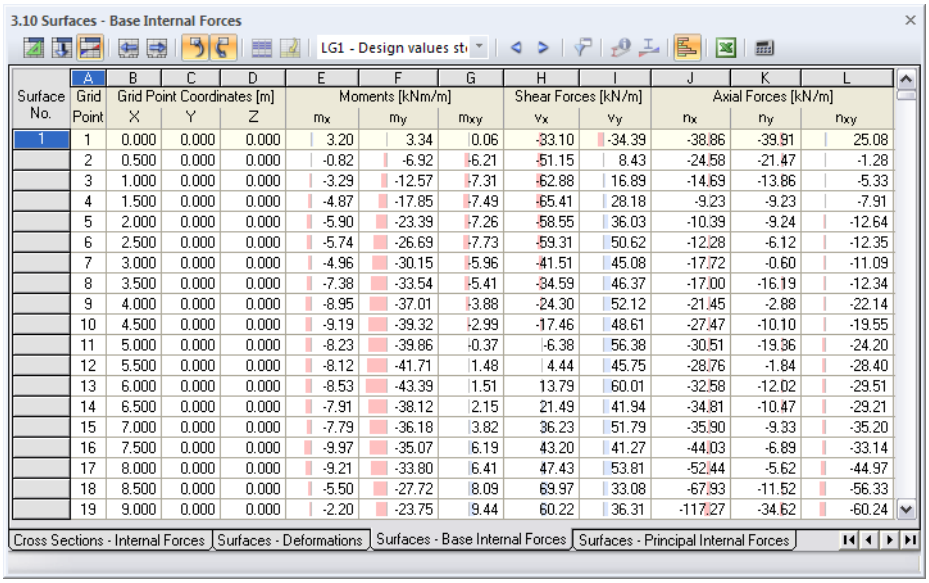


Figura 9.28: Navegador *Resultados*: Superficies → Esfuerzos internos fundamentales



Surface No.	Grid Point	Grid Point Coordinates [m] X	Y	Z	Moments [kNm/m] m_x	m_y	m_{xy}	Shear Forces [kN/m] v_x	v_y	Axial Forces [kN/m] n_x	n_y	n_{xy}
1	1	0.000	0.000	0.000	3.20	3.34	0.06	-33.10	-34.39	-38.86	-39.91	25.08
	2	0.500	0.000	0.000	-0.82	-6.92	6.21	-51.15	8.43	-24.58	-21.47	-1.28
	3	1.000	0.000	0.000	-3.29	-12.57	7.31	-62.88	16.89	-14.69	-13.86	-5.33
	4	1.500	0.000	0.000	-4.87	-17.85	7.49	-65.41	28.18	-9.23	-9.23	-7.91
	5	2.000	0.000	0.000	-5.90	-23.39	7.26	-58.55	36.03	-10.39	-9.24	-12.64
	6	2.500	0.000	0.000	-5.74	-26.69	7.73	-59.31	50.62	-12.28	-6.12	-12.35
	7	3.000	0.000	0.000	-4.96	-30.15	5.96	-41.51	45.08	-17.72	-0.60	-11.09
	8	3.500	0.000	0.000	-7.38	-33.54	5.41	-34.59	46.37	-17.00	-16.19	-12.34
	9	4.000	0.000	0.000	-8.95	-37.01	3.88	-24.30	52.12	-21.45	-2.88	-22.14
	10	4.500	0.000	0.000	-9.19	-39.32	2.99	-17.46	48.61	-27.47	-10.10	-19.55
	11	5.000	0.000	0.000	-8.23	-39.86	0.37	-6.38	56.38	-30.51	-19.36	-24.20
	12	5.500	0.000	0.000	-8.12	-41.71	1.48	4.44	45.75	-28.76	-1.84	-28.40
	13	6.000	0.000	0.000	-8.53	-43.39	1.51	13.79	60.01	-32.58	-12.02	-29.51
	14	6.500	0.000	0.000	-7.91	-38.12	2.15	21.49	41.94	-34.81	-10.47	-29.21
	15	7.000	0.000	0.000	-7.79	-36.18	3.82	36.23	51.79	-35.90	-9.33	-35.20
	16	7.500	0.000	0.000	-9.97	-35.07	6.19	43.20	41.27	-44.03	-6.89	-33.14
	17	8.000	0.000	0.000	-9.21	-33.80	6.41	47.43	53.81	-52.44	-5.62	-44.97
	18	8.500	0.000	0.000	-5.50	-27.72	8.09	69.97	33.08	-67.93	-11.52	-56.33
	19	9.000	0.000	0.000	-2.20	-23.75	9.44	60.22	36.31	-117.27	-34.62	-60.24

Figura 9.29: Tabla 3.10 *Superficies – Esfuerzos internos fundamentales*

Los esfuerzos internos fundamentales se enumeran por superficies de acuerdo con sus puntos de rejilla.

Punto de rejilla

En esta columna se enumeran los números de los puntos de rejilla para cada superficie. Para más información de los puntos de rejilla ver el capítulo previo en la página 286.

Coordenadas de puntos de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de rejilla en el sistema de coordenadas globales X,Y,Z. Cuando se hace clic en una fila particular de la tabla, el correspondiente punto de la rejilla es resaltado en el gráfico.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Momentos / Esfuerzos cortantes / Esfuerzos axiles

A diferencia de los esfuerzos internos en una barra, los esfuerzos internos en una superficie son etiquetados con pequeñas letras. De la definición integral de los momentos flectores m_x y m_y se deduce que los momentos se refieren a las direcciones de los ejes de las superficies, en las cuales son generadas las tensiones normales. Para mostrar los ejes de las superficies, utilice el menú contextual de la superficie correspondiente (ver figura 5.84, página 143).

Para superficies curvas los esfuerzos internos están relacionados con los ejes locales de los elementos de EF individuales. Para mostrar los sistemas de ejes de EF utilice el navegador *Mostrar*.

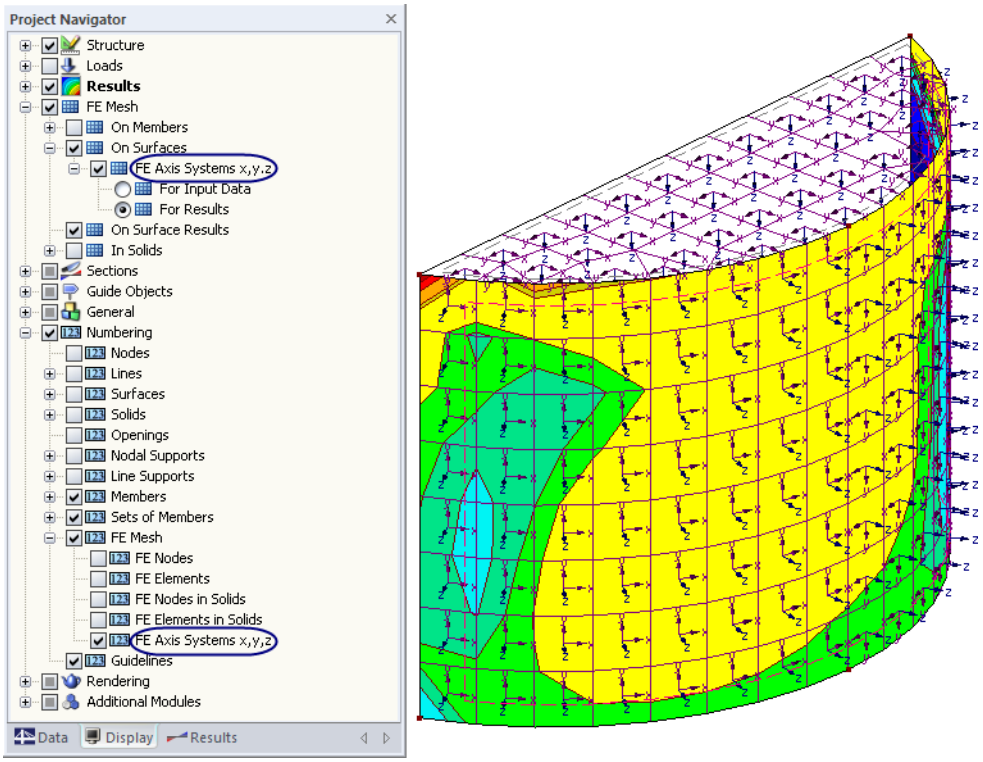


Figura 9.30: Navegador *Mostrar*: Sistemas de ejes de EF x,y,z

De modo que existe una diferencia significativa para la comprensión de los esfuerzos internos de las barras: considerando que un momento M_y "gira" sobre el eje local *y*, un momento de superficie m_y actúa en la dirección del eje local de superficie *y*, es decir, sobre el eje x de la superficie. La figura siguiente explica la definición de los esfuerzos internos fundamentales en superficies:

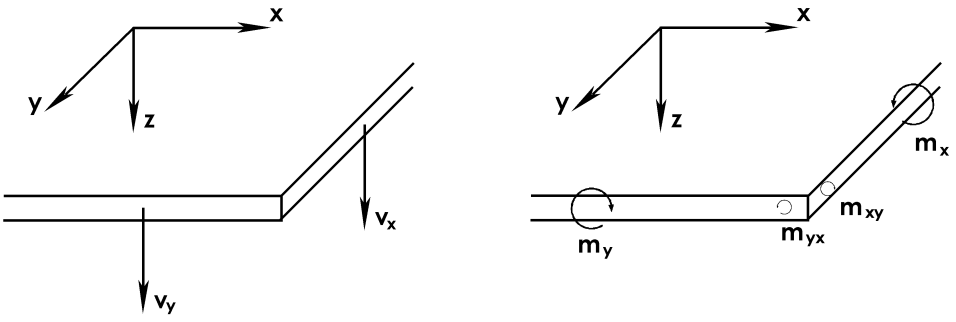


Figura 9.31: Definición de esfuerzos internos en superficies

Los esfuerzos internos fundamentales tienen los siguientes significados:

m_x	Momento flector que induce tensiones en la dirección del eje local x $m_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x z dz$
m_y	Momento flector que induce tensiones en la dirección del eje local y $m_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_y z dz$
m_{xy}	Momento torsor $m_{xy} = m_{yx} = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xy} z dz$
v_x	Esfuerzo cortante transversal v_x $v_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xz} dz$
v_y	Esfuerzo cortante transversal v_y $v_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{yz} dz$
n_x	Esfuerzo axial en la dirección del eje local x $n_x = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_x dz$
n_y	Esfuerzo axial en la dirección del eje local y $n_y = \int_{-d/2}^{+d/2} \sigma_y dz$
n_{xy}	Flujo cortante $n_{xy} = \int_{-d/2}^{+d/2} \tau_{xy} dz$

Tabla 9.5: Esfuerzos internos fundamentales

Las columnas de la tabla son resaltadas con barras azules o rojas, escaladas entre los valores máximo y mínimo de los esfuerzos internos correspondientes de todas las superficies. Los esfuerzos internos positivos generan tensiones de tracción en el lado positivo de la superficie (sentido del eje de superficie z positivo) y se representa por una barra azul. Los esfuerzos internos negativos que resultan de las tensiones de compresión en el lado positivo de la superficie son representados por barras rojas.



Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

9.11 Superficies – Esfuerzos internos principales

Para establecer los esfuerzos internos principales gráficamente, seleccione *Superficies* y luego *Esfuerzos internos principales* en el navegador *Resultados*. En la tabla 3.11, se muestran numéricamente los esfuerzos internos principales de superficies.

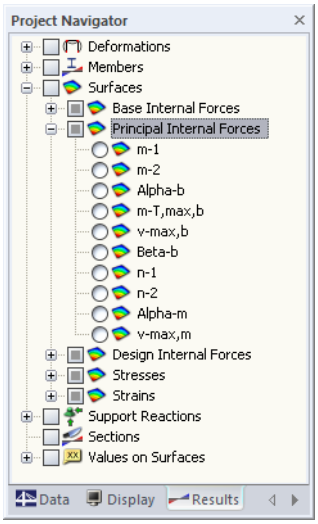
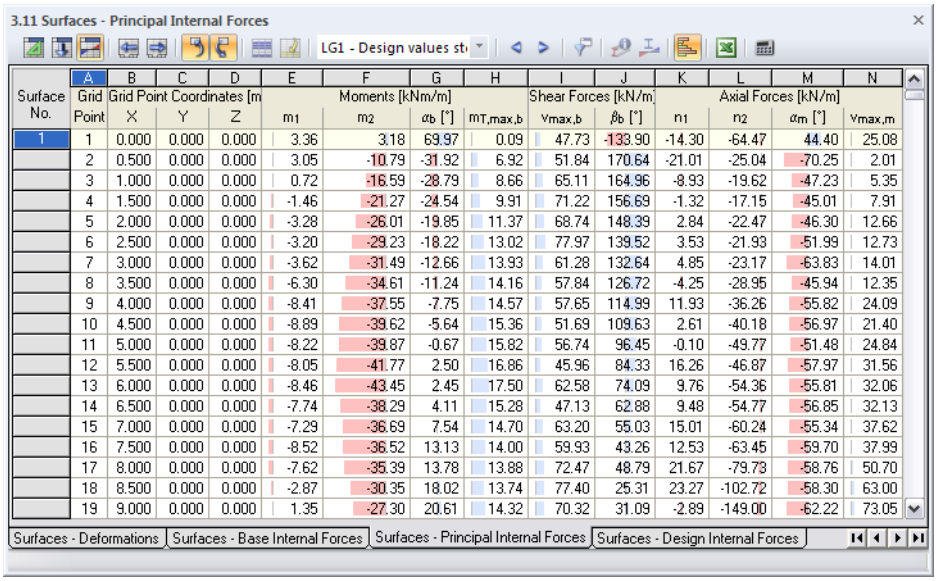


Figura 9.32: Navegador *Resultados*: Superficies → Esfuerzos internos principales



Surface No.	Grid Point	X	Y	Z	m1	m2	αb [°]	mT,max,b	vmax,b	βb [°]	n1	n2	αm [°]	vmax,m
		Grid Point Coordinates [m			Moments [kNm/m]				Shear Forces [kN/m]		Axial Forces [kN/m]			
1	1	0.000	0.000	0.000	3.36	3.18	69.97	0.09	47.73	-133.90	-14.30	-64.47	44.40	25.08
	2	0.500	0.000	0.000	3.05	-10.79	-31.92	6.92	51.84	170.64	-21.01	-25.04	-70.25	2.01
	3	1.000	0.000	0.000	0.72	-16.59	-28.79	8.66	65.11	164.96	-8.93	-19.62	-47.23	5.35
	4	1.500	0.000	0.000	-1.46	-21.27	-24.54	9.91	71.22	156.69	-1.32	-17.15	-45.01	7.91
	5	2.000	0.000	0.000	-3.28	-26.01	-19.85	11.37	68.74	148.39	2.84	-22.47	-46.30	12.66
	6	2.500	0.000	0.000	-3.20	-29.23	-18.22	13.02	77.97	139.52	3.53	-21.93	-51.99	12.73
	7	3.000	0.000	0.000	-3.62	-31.49	-12.66	13.93	61.28	132.64	4.85	-23.17	-63.83	14.01
	8	3.500	0.000	0.000	-6.30	-34.61	-11.24	14.16	57.84	126.72	-4.25	-28.95	-45.94	12.35
	9	4.000	0.000	0.000	-8.41	-37.55	-7.75	14.57	57.65	114.99	11.93	-36.26	-55.82	24.09
	10	4.500	0.000	0.000	-8.89	-39.62	-5.64	15.36	51.69	109.63	2.61	-40.18	-56.97	21.40
	11	5.000	0.000	0.000	-8.22	-39.87	-0.67	15.82	56.74	96.45	-0.10	-49.77	-51.48	24.84
	12	5.500	0.000	0.000	-8.05	-41.77	2.50	16.86	45.96	84.33	16.26	-46.87	-57.97	31.56
	13	6.000	0.000	0.000	-8.46	-43.45	2.45	17.50	62.58	74.09	9.76	-54.36	-55.81	32.06
	14	6.500	0.000	0.000	-7.74	-38.29	4.11	15.28	47.13	62.88	9.48	-54.77	-56.85	32.13
	15	7.000	0.000	0.000	-7.29	-36.69	7.54	14.70	63.20	55.03	15.01	-60.24	-55.34	37.62
	16	7.500	0.000	0.000	-8.52	-36.52	13.13	14.00	59.93	43.26	12.53	-63.45	-59.70	37.99
	17	8.000	0.000	0.000	-7.62	-35.39	13.78	13.88	72.47	48.79	21.67	-79.73	-58.76	50.70
	18	8.500	0.000	0.000	-2.87	-30.35	18.02	13.74	77.40	25.31	23.27	-102.72	-58.30	63.00
	19	9.000	0.000	0.000	1.35	-27.30	20.61	14.32	70.32	31.09	-2.89	-149.00	-62.22	73.05

Figura 9.33: Tabla 3.11 *Superficies – Esfuerzos internos principales*

Los esfuerzos internos principales se enumeran por superficies de acuerdo con sus puntos de rejilla.

Punto de rejilla

En esta columna se enumeran los números de los puntos de rejilla de cada superficie en orden ascendente. Para más información sobre puntos de rejilla ver capítulo 9.9 en la página 286.

Coordenadas del punto de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de rejilla en el sistema de coordenadas globales X,Y,Z.

Momentos/ Esfuerzos cortantes / Esfuerzos axiles

Los esfuerzos internos fundamentales descritos en el capítulo anterior se refieren en mayor o menor medida a un sistema de coordenadas de superficie definida libremente de acuerdo con el sistema x,y,z. Sin embargo, los esfuerzos internos principales representan los valores extremos de los esfuerzos internos en cada unos de los elementos de la superficie. Por lo que los esfuerzos internos fundamentales son transformados en la dirección de sus respectivos ejes principales. Los dos ejes principales 1 (valor máximo) y 2 (valor mínimo) están dispuestos ortogonalmente.

Las direcciones de los ejes principales **Alpha-b** (momentos flectores), **Beta-b** (esfuerzos cortantes) y **Alpha-m** (esfuerzos axiles) pueden ser mostrados gráficamente como trayectorias.

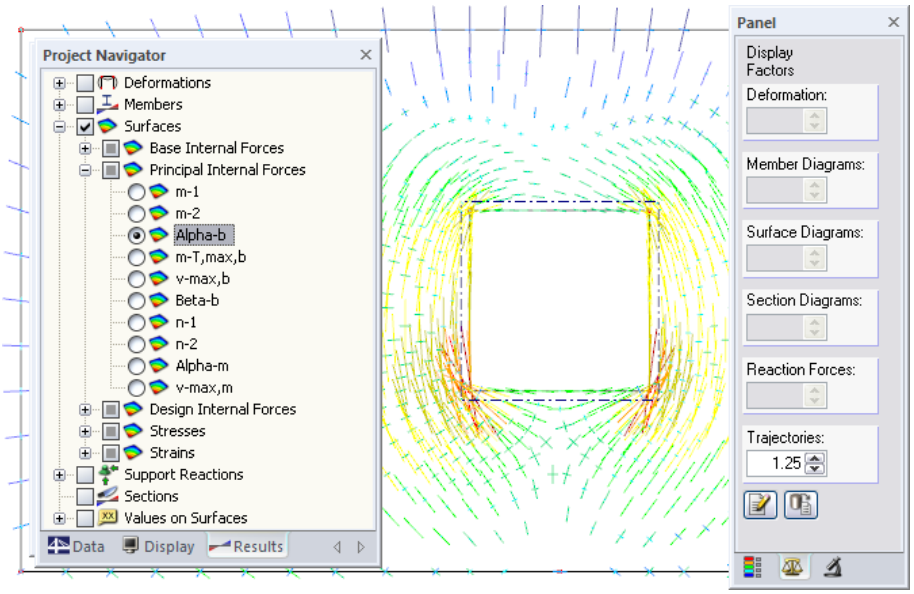


Figura 9.34: Trayectorias de los ejes principales

Por ejemplo, la visualización del ángulo α_b también muestra el tamaño de los correspondientes momentos principales, ya que las trayectorias están escaladas entre los valores de los momentos m_1 y m_2.

Los esfuerzos internos principales tienen los siguientes significados:

m_1	Momento flector en la dirección del eje 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 la dirección del eje 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 local x (o y) y el eje principal 1 (ó 2) $\frac{1}{2}\left[\arctan\left(\frac{2 \cdot m_{xy}}{m_x - m_y}\right)\right]$
$m_{T,max,b}$	Momento torsor máximo $\frac{\sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4 \cdot m_{xy}^2}}{2}$

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

$v_{max,b}$	Esfuerzo cortante resultante máximo debido a las 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 local x $\beta = \arctan\frac{v_y}{v_x}$
n_1	Esfuerzo axial en la dirección del eje principal 1 $\frac{1}{2}\left(n_x + n_y + \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}\right)$
n_2	Esfuerzo axial en la dirección del eje principal 2 $\frac{1}{2}\left(n_x + n_y - \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}\right)$
α_m	Ángulo entre el eje x y el eje principal 1 (para esfuerzo axial n_1) $\frac{1}{2}\left[\arctan\left(\frac{2 \cdot n_{xy}}{n_x - n_y}\right)\right]$
$v_{max,m}$	Máximo esfuerzo cortante debido a las componentes de membrana $\frac{\sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}}{2}$

Tabla 9.6: Esfuerzos principales internos



Las columnas de la tabla son resaltadas con barras rojas o azules escaladas entre los valores extremos del esfuerzo interno o ángulo correspondiente.

Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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

9.12 Superficies – Esfuerzos internos de cálculo

Para establecer los esfuerzos internos de cálculo gráficamente, seleccione *Superficies* y luego *Esfuerzos internos de cálculo* en el navegador *Resultados*. En la tabla 3.12, los esfuerzos internos de cálculo de las superficies son mostrados numéricamente.

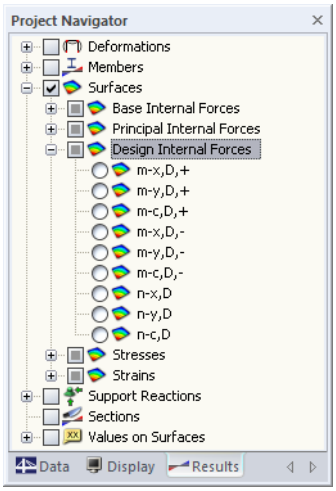
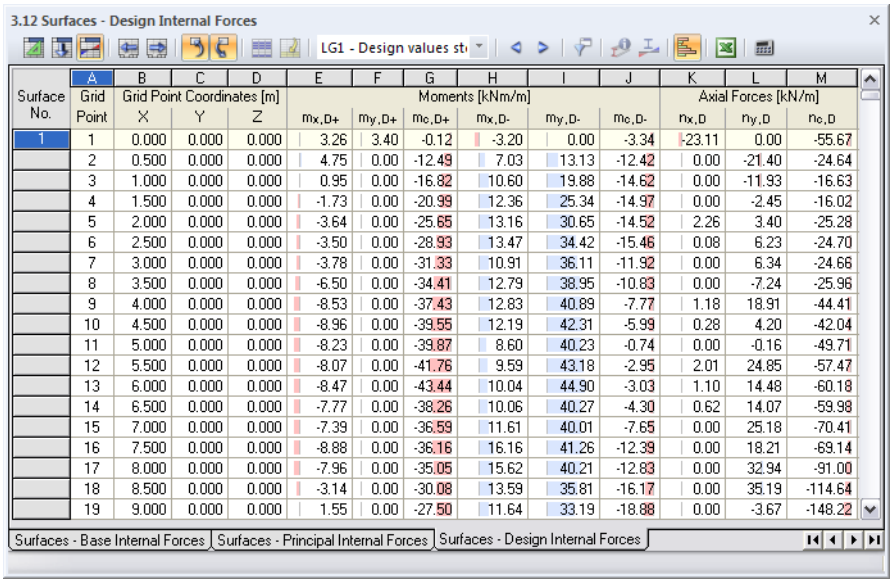


Figura 9.35: Navegador *Resultados*: Superficies → Esfuerzos internos de cálculo



3.12 Surfaces - Design Internal Forces

LG1 - Design values st

Surface No.	Grid Point	Grid Point Coordinates [m] X	Y	Z	Moments [kNm/m] $m_{x,D+}$	$m_{y,D+}$	$m_{c,D+}$	$m_{x,D-}$	$m_{y,D-}$	$m_{c,D-}$	Axial Forces [kN/m] $n_{x,D}$	$n_{y,D}$	$n_{c,D}$
1	1	0.000	0.000	0.000	3.26	3.40	-0.12	-3.20	0.00	-3.34	-23.11	0.00	-55.67
	2	0.500	0.000	0.000	4.75	0.00	-12.49	7.03	13.13	-12.42	0.00	-21.40	-24.64
	3	1.000	0.000	0.000	0.95	0.00	-16.82	10.60	19.88	-14.62	0.00	-11.93	-16.63
	4	1.500	0.000	0.000	-1.73	0.00	-20.99	12.36	25.34	-14.97	0.00	-2.45	-16.02
	5	2.000	0.000	0.000	-3.64	0.00	-25.65	13.16	30.65	-14.52	2.26	3.40	-25.28
	6	2.500	0.000	0.000	-3.50	0.00	-28.93	13.47	34.42	-15.46	0.08	6.23	-24.70
	7	3.000	0.000	0.000	-3.78	0.00	-31.33	10.91	36.11	-11.92	0.00	6.34	-24.66
	8	3.500	0.000	0.000	-6.50	0.00	-34.41	12.79	38.95	-10.83	0.00	-7.24	-25.96
	9	4.000	0.000	0.000	-8.53	0.00	-37.43	12.83	40.89	-7.77	1.18	18.91	-44.41
	10	4.500	0.000	0.000	-8.96	0.00	-39.55	12.19	42.31	-5.99	0.28	4.20	-42.04
	11	5.000	0.000	0.000	-8.23	0.00	-39.87	8.60	40.23	-0.74	0.00	-0.16	-49.71
	12	5.500	0.000	0.000	-8.07	0.00	-41.76	9.59	43.18	-2.95	2.01	24.85	-57.47
	13	6.000	0.000	0.000	-8.47	0.00	-43.44	10.04	44.90	-3.03	1.10	14.48	-60.18
	14	6.500	0.000	0.000	-7.77	0.00	-38.26	10.06	40.27	-4.30	0.62	14.07	-59.98
	15	7.000	0.000	0.000	-7.39	0.00	-36.59	11.61	40.01	-7.65	0.00	25.18	-70.41
	16	7.500	0.000	0.000	-8.88	0.00	-36.16	16.16	41.26	-12.39	0.00	18.21	-69.14
	17	8.000	0.000	0.000	-7.96	0.00	-35.05	15.62	40.21	-12.83	0.00	32.94	-91.00
	18	8.500	0.000	0.000	-3.14	0.00	-30.08	13.59	35.81	-16.17	0.00	35.19	-114.64
	19	9.000	0.000	0.000	1.55	0.00	-27.50	11.64	33.19	-18.88	0.00	-3.67	-148.22

Surfaces - Base Internal Forces | Surfaces - Principal Internal Forces | Surfaces - Design Internal Forces

Figura 9.36: Tabla 3.12 *Superficies – Esfuerzos internos de cálculo*

Los esfuerzos internos de cálculo se enumeran por superficies de acuerdo con sus puntos de rejilla.

Punto de rejilla

En esta columna se enumeran los números de los puntos de rejilla para cada superficie en orden ascendente. Para más información sobre los puntos de rejilla ver capítulo 9.9 en la página 286.

Coordenadas de puntos de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de rejilla en el sistema de coordenadas globales X,Y,Z.

Momentos / Esfuerzos axiles

Los momentos y esfuerzos axiles de cálculo mostrados en esta tabla en rojo se basan en la aproximación que aparece en la DIN V ENV 1992-1-1, apéndices 2, A 2.8 y A 2.9. Puede ser útil para los usuarios que no poseen el módulo de cálculo RF-CONCRETE, de manera que puedan llevar a cabo el cálculo de hormigón armado manualmente. Como RF-CONCRETE está basado en la teoría de BAUMANN, este módulo adicional no utiliza los esfuerzos internos de esta tabla.

A este respecto, tenga en cuenta que los momentos y esfuerzos axiles de cálculo no se deben combinar. Tal como se explica en DIN V ENV 1992-1-1, apéndice 2.8, los momentos se refieren sólo a armaduras de losas. Los esfuerzos axiles, sin embargo, se basan en el cálculo de muros, descrito en el apéndice 2.9.

Los esfuerzos internos de cálculo tienen los siguientes significados:

$m_{x,D+}$	Momento de cálculo en la dirección del eje local x en el lado positivo de la superficie (es decir, el lado en la dirección del eje positivo z) $m_x + \lvert m_{xy} \rvert$ para $m_x \le m_y$ y $m_x \ge -\lvert m_{xy} \rvert$ para $m_x > m_y$ y $m_y \ge -\lvert m_{xy} \rvert$ 0 para $m_x \le m_y$ y $m_x < -\lvert m_{xy} \rvert$ $m_x + \frac{m_{xy}^2}{\lvert m_y \rvert}$ para $m_x > m_y$ y $m_y < -\lvert m_{xy} \rvert$
$m_{y,D+}$	Momento de cálculo en la dirección del eje local y en el lado positivo de la superficie (es decir, el lado en la dirección del eje positivo z) $m_y + \lvert m_{xy} \rvert$ para $m_x \le m_y$ y $m_x \ge -\lvert m_{xy} \rvert$ para $m_x > m_y$ y $m_y \ge -\lvert m_{xy} \rvert$ $m_y + \frac{m_{xy}^2}{\lvert m_x \rvert}$ para $m_x \le m_y$ y $m_x < -\lvert m_{xy} \rvert$ 0 para $m_x > m_y$ y $m_x < -\lvert m_{xy} \rvert$
$m_{c,D+}$	Momento de cálculo para cálculo de tensiones del hormigón en la cara positiva de la superficie $-2 \cdot \lvert m_{xy} \rvert$ para $m_x \le m_y$ y $m_x \ge -\lvert m_{xy} \rvert$ para $m_x > m_y$ y $m_y \ge -\lvert m_{xy} \rvert$ $m_x - \frac{m_{xy}^2}{\lvert m_x \rvert}$ para $m_x \le m_y$ y $m_x < -\lvert m_{xy} \rvert$ $m_y - \frac{m_{xy}^2}{\lvert m_y \rvert}$ para $m_x > m_y$ y $m_x < -\lvert m_{xy} \rvert$
$m_{x,D-}$	Momento de cálculo en la dirección del eje x en la cara negativa de la superficie $-m_x + \lvert m_{xy} \rvert$ para $m_x \le m_y$ y $m_y \le \lvert m_{xy} \rvert$ para $m_x > m_y$ y $m_x \le \lvert m_{xy} \rvert$ $-m_x + \frac{m_{xy}^2}{\lvert m_y \rvert}$ para $m_x \le m_y$ y $m_y > \lvert m_{xy} \rvert$ 0 para $m_x > m_y$ y $m_x > \lvert m_{xy} \rvert$

$m_{y,D-}$	Momento de cálculo en la dirección del eje local y en la cara negativa de la superficie $-m_y + \lvert m_{xy} \rvert$ para $mx \le my$ y $m_y \le \lvert m_{xy} \rvert$ para $mx > my$ y $mx \le \lvert mxy \rvert$ 0 para $m_x \le m_y$ y $m_y > \lvert m_{xy} \rvert$ $-m_y + \frac{m_{xy}^2}{\lvert m_x \rvert}$ para $m_x > m_y$ y $m_x > \lvert m_{xy} \rvert$
$m_{c,D-}$	Momento de cálculo para el cálculo de tensiones del hormigón en la cara negativa de la superficie $-2 \cdot \lvert m_{xy} \rvert$ para $m_x \le m_y$ y $m_y \le \lvert m_{xy} \rvert$ para $m_x > m_y$ y $m_x \le \lvert m_{xy} \rvert$ $-m_y - \frac{m_{xy}^2}{\lvert m_y \rvert}$ para $m_x \le m_y$ y $m_y > \lvert m_{xy} \rvert$ $-m_x - \frac{m_{xy}^2}{\lvert m_x \rvert}$ para $m_x > m_y$ y $m_x > \lvert m_{xy} \rvert$
$n_{x,D}$	Esfuerzo de cálculo en la dirección del eje local x $n_x + \lvert n_{xy} \rvert$ para $n_x \le n_y$ y $n_x \ge -\lvert n_{xy} \rvert$ para $n_x > n_y$ y $n_y \ge -\lvert n_{xy} \rvert$ 0 para $n_x \le n_y$ y $n_x < -\lvert n_{xy} \rvert$ $n_x + \frac{n_{xy}^2}{\lvert n_y \rvert}$ para $n_x > n_y$ y $n_y < -\lvert n_{xy} \rvert$
$n_{y,D}$	Esfuerzo de cálculo en la dirección del eje local y $n_y + \lvert n_{xy} \rvert$ para $n_x \le n_y$ y $n_x \ge -\lvert n_{xy} \rvert$ para $n_x > n_y$ y $n_y \ge -\lvert n_{xy} \rvert$ $n_y + \frac{n_{xy}^2}{\lvert n_x \rvert}$ para $n_x \le n_y$ y $n_x < -\lvert n_{xy} \rvert$ 0 para $n_x > n_y$ y $n_y < -\lvert n_{xy} \rvert$
$n_{c,D}$	Esfuerzo de cálculo para el cálculo de tensiones del hormigón $-2 \cdot \lvert n_{xy} \rvert$ para $n_x \le n_y$ y $n_x \ge -\lvert n_{xy} \rvert$ para $n_x > n_y$ y $n_y \ge -\lvert n_{xy} \rvert$ $-\lvert n_x \rvert - \frac{n_{xy}^2}{\lvert n_x \rvert}$ para $n_x \le n_y$ y $n_x < -\lvert n_{xy} \rvert$ $-\lvert n_y \rvert - \frac{n_{xy}^2}{\lvert n_y \rvert}$ para $n_x > n_y$ y $n_y < -\lvert n_{xy} \rvert$

Tabla 9.7: Esfuerzos internos de cálculo

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

9.13 Superficies – Tensiones fundamentales

Para establecer las tensiones fundamentales gráficamente, seleccione *Superficies* y luego *Tensiones* en el navegador *Resultados*. En la tabla 3.13, son enumeradas las tensiones fundamentales de las superficies.

Las tensiones de las superficies están disponibles si se dispone de licencia para el módulo adicional RF-STEEL.

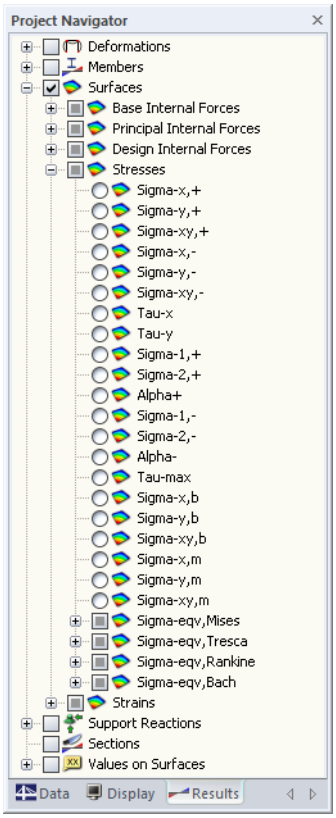
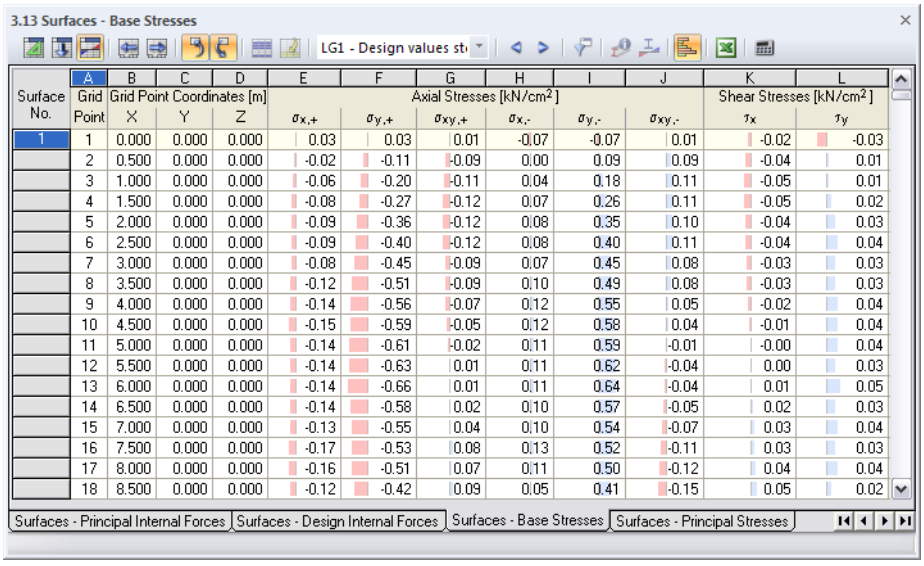


Figura 9.37: Navegador *Resultados*: Superficies → Tensiones



Surface No.	Grid Point	X	Y	Z	σx,+	σy,+	σxy,+	σx,-	σy,-	σxy,-	τx	τy
		Grid Point Coordinates [m]			Axial Stresses [kN/cm²]						Shear Stresses [kN/cm²]	
1	1	0.000	0.000	0.000	0.03	0.03	0.01	-0.07	-0.07	0.01	-0.02	-0.03
	2	0.500	0.000	0.000	-0.02	-0.11	-0.09	0.00	0.09	0.09	-0.04	0.01
	3	1.000	0.000	0.000	-0.06	-0.20	-0.11	0.04	0.18	0.11	-0.05	0.01
	4	1.500	0.000	0.000	-0.08	-0.27	-0.12	0.07	0.26	0.11	-0.05	0.02
	5	2.000	0.000	0.000	-0.09	-0.36	-0.12	0.08	0.35	0.10	-0.04	0.03
	6	2.500	0.000	0.000	-0.09	-0.40	-0.12	0.08	0.40	0.11	-0.04	0.04
	7	3.000	0.000	0.000	-0.08	-0.45	-0.09	0.07	0.45	0.08	-0.03	0.03
	8	3.500	0.000	0.000	-0.12	-0.51	-0.09	0.10	0.49	0.08	-0.03	0.03
	9	4.000	0.000	0.000	-0.14	-0.56	-0.07	0.12	0.55	0.05	-0.02	0.04
	10	4.500	0.000	0.000	-0.15	-0.59	-0.05	0.12	0.58	0.04	-0.01	0.04
	11	5.000	0.000	0.000	-0.14	-0.61	-0.02	0.11	0.59	-0.01	-0.00	0.04
	12	5.500	0.000	0.000	-0.14	-0.63	0.01	0.11	0.62	-0.04	0.00	0.03
	13	6.000	0.000	0.000	-0.14	-0.66	0.01	0.11	0.64	-0.04	0.01	0.05
	14	6.500	0.000	0.000	-0.14	-0.58	0.02	0.10	0.57	-0.05	0.02	0.03
	15	7.000	0.000	0.000	-0.13	-0.55	0.04	0.10	0.54	-0.07	0.03	0.04
	16	7.500	0.000	0.000	-0.17	-0.53	0.08	0.13	0.52	-0.11	0.03	0.03
	17	8.000	0.000	0.000	-0.16	-0.51	0.07	0.11	0.50	-0.12	0.04	0.04
	18	8.500	0.000	0.000	-0.12	-0.42	0.09	0.05	0.41	-0.15	0.05	0.02

Figura 9.38: Tabla 3.13 *Superficies – Tensiones fundamentales*

Las tensiones fundamentales se enumeran por superficies de acuerdo con sus puntos de rejilla.

Punto de rejilla

En esta columna se enumeran los puntos de rejilla para cada superficie en orden ascendente. Para más información sobre puntos de rejilla ver capítulo 9.9 en la página 286.

Coordenadas de puntos de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de rejilla en el sistema de coordenadas global X,Y,Z.

Tensiones fundamentales

Las tensiones están relacionadas con las direcciones de los ejes locales de las superficies. Para superficies curvas están referidas a los ejes de los elementos de EF (ver figura 9.30, página 289).

Las tensiones fundamentales tienen los siguientes significados:

$\sigma_{x,+}$	Tensiones en la dirección del eje local x en la cara positiva de la superficie (lo que significa que la cara está en el sentido positivo del eje de superficie z) $\sigma_{x,+} = \frac{n_x}{h} + \frac{6 \cdot m_x}{h^2}$ h: espesor de la superficie
σ_{y+}	Tensiones en la dirección del eje local y en la cara positiva de la superficie (lo que significa que la cara está en el sentido positivo del eje de superficie z) $\sigma_{y,+} = \frac{n_y}{h} + \frac{6 \cdot m_y}{h^2}$
$\sigma_{xy,+}$	Tensión de torsión en la cara positiva de la superficie $\sigma_{xy,+} = \frac{n_{xy}}{h} + \frac{6 \cdot m_{xy}}{h^2}$
$\sigma_{x,-}$	Tensión en el sentido positivo del eje x en la cara negativa de la superficie $\sigma_{x,-} = \frac{n_x}{h} - \frac{6 \cdot m_x}{h^2}$
$\sigma_{y,-}$	Tensión en la dirección del eje local y en la cara negativa de la superficie $\sigma_{y,-} = \frac{n_y}{h} - \frac{6 \cdot m_y}{h^2}$
$\sigma_{xy,-}$	Tensión de torsión en la cara negativa de la superficie $\sigma_{xy,-} = \frac{n_{xy}}{h} - \frac{6 \cdot m_{xy}}{h^2}$
τ_x	Tensión tangencial ortogonal a la superficie en la dirección del eje x $\frac{3 \cdot v_x}{2 \cdot h}$ h: espesor de la superficie
τ_y	Tensión tangencial ortogonal a la superficie en la dirección del eje y $\frac{3 \cdot v_y}{2 \cdot h}$

Tabla 9.8: Tensiones fundamentales



Las columnas de la tabla son resaltadas con barras rojas y azules, escaladas entre los valores extremos de las correspondientes tensiones. Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

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

9.14 Superficies – Tensiones principales

Para establecer las tensiones fundamentales gráficamente, seleccione *Superficies* y luego *Tensiones* en el navegador *Resultados* (ver figura 9.37, página 297). En la tabla 3.14, son enumeradas las tensiones fundamentales de las superficies.

Las tensiones fundamentales de las superficies están disponibles si se dispone de licencia para el módulo adicional RF-STEEL.

3.14 Surfaces - Principal Stresses

LG1 - Design values st

Surface No.	Grid Point	Grid Point Coordinates [m] X	Y	Z	Principal Stresses [kN/cm²] $\sigma_{1,+}$	$\sigma_{2,+}$	α_+ [°]	$\sigma_{1,-}$	$\sigma_{2,-}$	α_- [°]	τ_{max}
1	1	0.000	0.000	0.000	0.04	0.02	46.71	-0.06	-0.08	41.75	0.04
	2	0.500	0.000	0.000	0.03	-0.17	-32.19	0.15	-0.06	58.35	0.04
	3	1.000	0.000	0.000	0.01	-0.26	-29.14	0.24	-0.02	61.57	0.05
	4	1.500	0.000	0.000	-0.02	-0.33	-25.03	0.31	0.02	65.97	0.05
	5	2.000	0.000	0.000	-0.05	-0.40	-20.67	0.38	0.05	71.02	0.05
	6	2.500	0.000	0.000	-0.05	-0.45	-19.07	0.43	0.05	72.66	0.06
	7	3.000	0.000	0.000	-0.06	-0.48	-13.60	0.47	0.05	78.27	0.05
	8	3.500	0.000	0.000	-0.10	-0.53	-12.01	0.51	0.09	79.55	0.04
	9	4.000	0.000	0.000	-0.13	-0.57	-9.31	0.56	0.12	83.79	0.04
	10	4.500	0.000	0.000	-0.14	-0.60	-6.96	0.59	0.12	85.65	0.04
	11	5.000	0.000	0.000	-0.14	-0.61	-2.15	0.59	0.11	-89.22	0.04
	12	5.500	0.000	0.000	-0.14	-0.63	0.89	0.63	0.10	-86.00	0.03
	13	6.000	0.000	0.000	-0.14	-0.66	0.83	0.65	0.11	-85.99	0.05
	14	6.500	0.000	0.000	-0.13	-0.58	2.38	0.57	0.10	-84.27	0.04
	15	7.000	0.000	0.000	-0.13	-0.55	5.45	0.55	0.09	-80.58	0.05
	16	7.500	0.000	0.000	-0.16	-0.55	11.54	0.55	0.10	-75.51	0.04
	17	8.000	0.000	0.000	-0.15	-0.53	11.58	0.54	0.08	-74.42	0.05
	18	8.500	0.000	0.000	-0.09	-0.45	15.70	0.46	-0.01	-70.21	0.06

Surfaces - Design Internal Forces | Surfaces - Base Stresses | Surfaces - Principal Stresses | Surfaces - Equivalent Stresses

Figura 9.39: Tabla3.14 *Superficies – Tensiones principales*

Las tensiones principales se enumeran por superficies de acuerdo con sus puntos de rejilla.

Puntos de rejilla

En esta columna se enumeran los puntos de rejilla para cada superficie en orden ascendente. Para más información sobre puntos de rejilla ver capítulo 9.9 en la página 286.

Coordenadas de puntos de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de rejilla en el sistema de coordenadas globales X,Y,Z.

Tensiones principales

Las tensiones fundamentales descritas en el capítulo 9.13 están referidas al sistema de coordenadas x,y,z. Las tensiones principales representan los valores extremos en cada elemento de la superficie. Los ejes principales 1 (valor máximo) y 2 (valor mínimo) se disponen ortogonalmente.

Las direcciones de los ejes principales **Alpha** pueden ser mostrados como trayectorias (ver figura 9.34, página 292).

Las tensiones principales tienen los siguientes significados:

$\sigma_{1,+}$	Tensión en la dirección del eje principal 1 en la cara positiva de la superficie (es decir, en el sentido positivo del eje de superficie z) $\sigma_{1,+} = \frac{1}{2}\left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,+}^2}\right)$
σ_{2+}	Tensión en la dirección del eje principal 2 en la cara positiva de la superficie (es decir, en el sentido positivo del eje de superficie) z) $\sigma_{2,+} = \frac{1}{2}\left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} - \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,+}^2}\right)$
α_{+}	Ángulo entre el eje local x (o y) y el eje principal 1 (ó 2) para tensiones en la cara positiva de la superficie $\alpha_{+} = \frac{1}{2}\left(\arctan\left(\frac{2 \cdot \sigma_{xy,+}}{\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+}}\right)\right)$
$\sigma_{1,-}$	Tensión en la dirección del eje principal 1 en la cara negativa de la superficie $\sigma_{1,-} = \frac{1}{2}\left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,-}^2}\right)$
$\sigma_{2,-}$	Tensión en la dirección del eje principal 2 en la cara negativa de la superficie $\sigma_{2,-} = \frac{1}{2}\left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} - \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,-}^2}\right)$
α_{-}	Ángulo entre el eje local x (o y) y el eje principal 1 (ó 2) para tensiones en la cara negativa de la superficie $\alpha_{-} = \frac{1}{2}\left(\arctan\left(\frac{2 \cdot \sigma_{xy,+}}{\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-}}\right)\right)$
τ_{max}	Máxima tensión tangencial perpendicular a la superficie $\tau_{max} = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2}$

Tabla 9.9: Tensiones principales

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

9.15 Superficies – Tensiones equivalentes

Para establecer tensiones equivalentes gráficamente, seleccione *Superficies* y luego *Tensiones* en el navegador *Resultados* (ver figura 9.37, página 297). En la tabla 3.15 las tensiones equivalentes de las superficies se muestran numéricamente.

Las tensiones principales de las superficies están disponibles si se dispone de licencia para el módulo adicional RF-STEEL.

3.15 Surfaces - Equivalent Stresses

LG1 - Design values st

Surface No.	Grid Point	Grid Point Coordinates [m] X	Y	Z	Equivalent Stresses von Mises [kN/cm²] σeqv,+	σeqv,-	σeqv,m
1	1	0.000	0.000	0.000	0.04	0.07	0.03
	2	0.500	0.000	0.000	0.19	0.19	0.01
	3	1.000	0.000	0.000	0.26	0.25	0.01
	4	1.500	0.000	0.000	0.32	0.30	0.01
	5	2.000	0.000	0.000	0.38	0.36	0.01
	6	2.500	0.000	0.000	0.42	0.41	0.01
	7	3.000	0.000	0.000	0.45	0.45	0.01
	8	3.500	0.000	0.000	0.49	0.47	0.01
	9	4.000	0.000	0.000	0.51	0.51	0.02
	10	4.500	0.000	0.000	0.54	0.54	0.02
	11	5.000	0.000	0.000	0.55	0.54	0.02
	12	5.500	0.000	0.000	0.57	0.58	0.03
	13	6.000	0.000	0.000	0.60	0.60	0.03
	14	6.500	0.000	0.000	0.52	0.53	0.03
	15	7.000	0.000	0.000	0.50	0.51	0.03
	16	7.500	0.000	0.000	0.49	0.51	0.04
	17	8.000	0.000	0.000	0.47	0.50	0.05
	18	8.500	0.000	0.000	0.41	0.47	0.06

Surfaces - Base Stresses | Surfaces - Principal Stresses | Surfaces - Equivalent Stresses

Figura 9.40: Tabla 3.15 *Superficies – Tensiones equivalentes*

Las tensiones equivalentes se enumeran por superficies de acuerdo con sus puntos de rejilla.

Punto de rejilla

En esta columna se enumeran los puntos de rejilla para cada superficie en orden ascendente. Para más información sobre puntos de rejilla ver capítulo 9.9 en la página 286.

Coordenadas de puntos de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de rejilla en el sistema de coordenadas globales X,Y,Z.

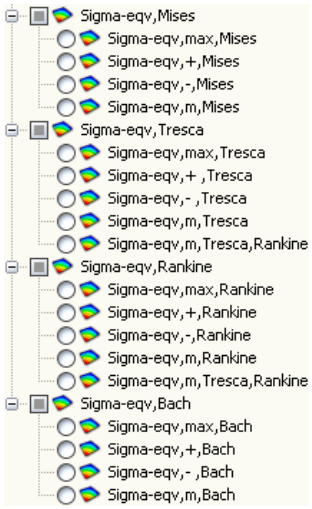
Tensiones equivalentes

Las tensiones equivalentes, de acuerdo con VON MISES, para el estado plano de tensiones tienen los siguientes significados:

$\sigma_{eqv,+}$	Tensión equivalente en la cara positiva de la superficie (es decir, la cara en el sentido positivo del eje de superficie z) $\sigma_{v,+} = \sqrt{\sigma_{x,+}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,+} \cdot \sigma_{y,+} + 3 \cdot \sigma_{xy,+}^2}$
$\sigma_{eqv,-}$	Tensión equivalente en la cara negativa de la superficie $\sigma_{v,-} = \sqrt{\sigma_{x,-}^2 + \sigma_{y,-}^2 - \sigma_{x,-} \cdot \sigma_{y,-} + 3 \cdot \sigma_{xy,-}^2}$

$\sigma_{eqv,m}$	Tensión equivalente de membrana como el mayor valor absoluto de $\sigma_{v,m} = \frac{\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m}}{2}\right)^2 + \sigma_{xy,m}^2}$ or $\sigma_{v,m} = \frac{\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m}}{2}\right)^2 + \sigma_{xy,m}^2}$ or $\sigma_{v,m} = \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,m}^2}$ donde $\sigma_{x,m} = \frac{n_x}{h}$ $\sigma_{y,m} = \frac{n_y}{h}$ h: espesor de la superficie $\sigma_{xy,m} = \frac{n_{xy}}{h}$

Tabla 9.10: Tensiones equivalentes de acuerdo con VON MISES



Criterio de tensiones

En el navegador *Resultados* se pueden seleccionar criterios adicionales para las tensiones equivalentes:

- TRESCA
- RANKINE
- BACH

Estas tensiones equivalentes son determinadas de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$\sigma_{eqv,max,Tresca}$	Tensión equivalente máxima en la cara positiva y negativa de la superficie
$\sigma_{eqv,+,Tresca}$	Tensión equivalente en la cara positiva de la superficie $\sigma_{v,+} = \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,+}^2}$
$\sigma_{eqv,-,Tresca}$	Tensión equivalente en la cara negativa de la superficie $\sigma_{v,-} = \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,-}^2}$
$\sigma_{eqv,m,Tresca}$	Tensión de membrana equivalente $\sigma_{v,m} = \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,m}^2}$
$\sigma_{eqv,m,Tresca,Rankine}$	Tensión de membrana equivalente máxima de acuerdo con TRESCA o RANKINE

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

$\sigma_{eqv,max,Rankine}$	Máxima tensión equivalente en la cara positiva y negativa de la superficie
$\sigma_{eqv,+,Rankine}$	Mayor valor absoluto de tensión equivalente en la cara positiva de la superficie $\sigma = \frac{1}{2}\left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+}\right) \pm \frac{1}{2}\sqrt{\left(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+}\right)^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,+}{}^2}$
$\sigma_{eqv,\square,Rankine}$	Mayor valor absoluto de tensión equivalente en la cara negativa de la superficie $\sigma = \frac{1}{2}\left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-}\right) \pm \frac{1}{2}\sqrt{\left(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-}\right)^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,-}{}^2}$
$\sigma_{eqv,m,Rankine}$	Mayor valor absoluto de tensión de membrana equivalente $\sigma_m = \frac{1}{2}\left(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}\right) \pm \frac{1}{2}\sqrt{\left(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m}\right)^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,m}{}^2}$
$\sigma_{eqv,m,Tresca,Rankine}$	Máxima tensión de membrana equivalente de acuerdo con TRESCA o RANKINE

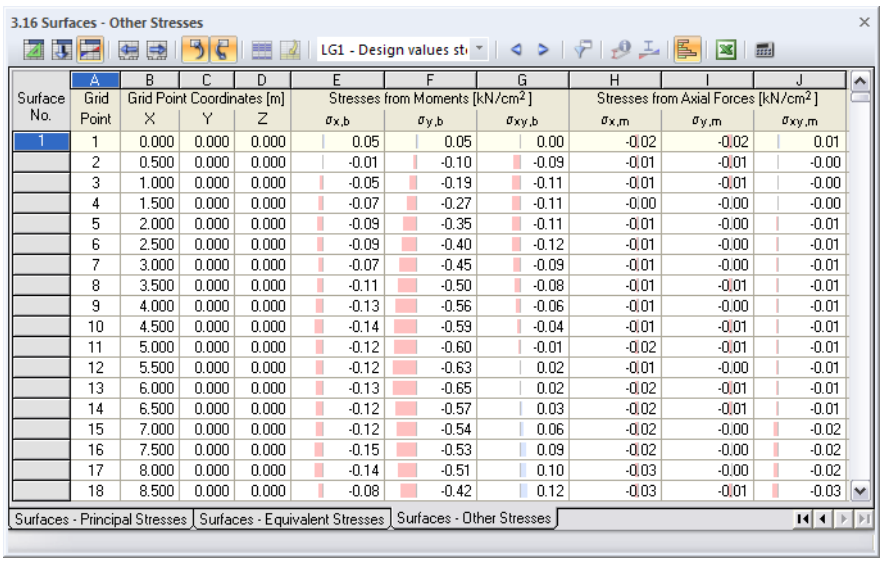
$\sigma_{eqv,max,Bach}$	Máxima tensión equivalente en la cara positiva y negativa de la superficie
$\sigma_{eqv,+,Bach}$	Mayor valor absoluto de tensión equivalente en la cara positiva de la superficie $\sigma_{v,+} = \frac{1-\mu}{2}\left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+}\right) \pm \frac{1+\mu}{2}\sqrt{\left(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+}\right)^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,+}{}^2}$ con μ : Coeficiente de Poisson (ver capítulo 5.3, página 104)
$\sigma_{eqv,-,Bach}$	Mayor valor absoluto de tensión equivalente en la cara negativa de la superficie $\sigma_{v,+} = \frac{1-\mu}{2}\left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-}\right) \pm \frac{1+\mu}{2}\sqrt{\left(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-}\right)^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,-}{}^2}$
$\sigma_{eqv,m,Bach}$	Mayor valor absoluto de tensión de membrana equivalente $\sigma_{v,m} = \frac{1-\mu}{2}\left(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}\right) \pm \frac{1+\mu}{2}\sqrt{\left(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m}\right)^2 + 4 \cdot \sigma_{xy,m}{}^2}$

Tabla 9.11: Tensiones equivalentes de acuerdo con TRESCA, RANKINE y BACH

9.16 Superficies – Otras tensiones

Para establecer gráficamente las componentes de las tensiones debido a los momentos flectores y esfuerzos de membrana, seleccione *Superficies* y luego *Tensiones* en el navegador *Resultados* (ver figura 9.37, página 297). En la tabla 3.16 estas tensiones se muestran numéricamente.

Las tensiones de las superficies están disponibles si se dispone de licencia para el módulo adicional RF-STEEL.



Surface No.	Grid Point	Grid Point Coordinates [m] X	Y	Z	Stresses from Moments [kN/cm²] $\sigma_{x,b}$	$\sigma_{y,b}$	$\sigma_{xy,b}$	Stresses from Axial Forces [kN/cm²] $\sigma_{x,m}$	$\sigma_{y,m}$	$\sigma_{xy,m}$
1	1	0.000	0.000	0.000	0.05	0.05	0.00	-0.02	-0.02	0.01
	2	0.500	0.000	0.000	-0.01	-0.10	-0.09	-0.01	-0.01	-0.00
	3	1.000	0.000	0.000	-0.05	-0.19	-0.11	-0.01	-0.01	-0.00
	4	1.500	0.000	0.000	-0.07	-0.27	-0.11	-0.00	-0.00	-0.00
	5	2.000	0.000	0.000	-0.09	-0.35	-0.11	-0.01	-0.00	-0.01
	6	2.500	0.000	0.000	-0.09	-0.40	-0.12	-0.01	-0.00	-0.01
	7	3.000	0.000	0.000	-0.07	-0.45	-0.09	-0.01	-0.00	-0.01
	8	3.500	0.000	0.000	-0.11	-0.50	-0.08	-0.01	-0.01	-0.01
	9	4.000	0.000	0.000	-0.13	-0.56	-0.06	-0.01	-0.00	-0.01
	10	4.500	0.000	0.000	-0.14	-0.59	-0.04	-0.01	-0.01	-0.01
	11	5.000	0.000	0.000	-0.12	-0.60	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01
	12	5.500	0.000	0.000	-0.12	-0.63	0.02	-0.01	-0.00	-0.01
	13	6.000	0.000	0.000	-0.13	-0.65	0.02	-0.02	-0.01	-0.01
	14	6.500	0.000	0.000	-0.12	-0.57	0.03	-0.02	-0.01	-0.01
	15	7.000	0.000	0.000	-0.12	-0.54	0.06	-0.02	-0.00	-0.02
	16	7.500	0.000	0.000	-0.15	-0.53	0.09	-0.02	-0.00	-0.02
	17	8.000	0.000	0.000	-0.14	-0.51	0.10	-0.03	-0.00	-0.02
	18	8.500	0.000	0.000	-0.08	-0.42	0.12	-0.03	-0.01	-0.03

Surfaces - Principal Stresses | Surfaces - Equivalent Stresses | Surfaces - Other Stresses

Figura 9.41: Tabla 3.16 *Superficies – Otras tensiones*

Las tensiones se enumeran por superficies de acuerdo con los puntos de rejilla.

Puntos de rejilla

En esta columna se enumeran los puntos de rejilla para cada superficie en orden ascendente. Para más información sobre puntos de rejilla ver capítulo 9.9 en la página 286.

Coordenadas de puntos de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de rejilla en el sistema de coordenadas globales X,Y,Z.

Tensiones de momentos / Esfuerzos axiles

Las tensiones están relacionadas con las direcciones de los ejes de superficie locales. Para superficies curvas se refieren a los ejes de los elementos de EF (ver figura 9.30, página 289).

Las tensiones tienen los siguientes significados:

$\sigma_{x,b}$	Tensiones debidas al momento flector m_x $\sigma_{x,b} = \frac{6 \cdot m_x}{h^2}$ h: espesor de la superficie
$\sigma_{y,b}$	Tensiones debidas al momento flector m_y $\sigma_{y,b} = \frac{6 \cdot m_y}{h^2}$

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

$\alpha_{xy,b}$	Tensiones debidas al momento torsor m_{xy} $\sigma_{xy,b} = \frac{6 \cdot m_{xy}}{h^2}$
$\sigma_{x,m}$	Tensión de membrana debida al esfuerzo axial n_x $\sigma_{x,m} = \frac{n_x}{h}$ h: espesor de la superficie
$\sigma_{y,m}$	Tensión de membrana debida al esfuerzo axial n_y $\sigma_{y,m} = \frac{n_y}{h}$
$\alpha_{xy,m}$	Tensión de membrana debida al flujo cortante n_{xy} $\sigma_{xy,m} = \frac{n_{xy}}{h}$

Tabla 9.12: Otras tensiones

9.17 Superficies – Tensiones de contacto

Si se modelaron apoyos elásticos en superficies en la estructura (ver capítulo 5.9, página 133), las tensiones de contacto ("tensiones de contacto del suelo") de las superficies se muestran numéricamente en la tabla 3.17. Para establecer las tensiones de contacto gráficamente, seleccione *Superficies* y luego *Tensiones de contacto* en el navegador *Resultados*.

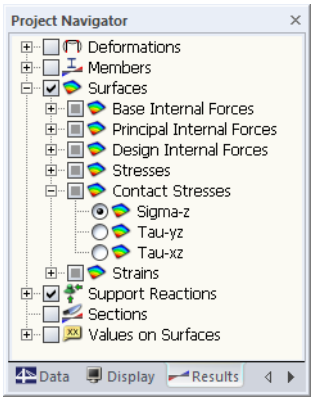
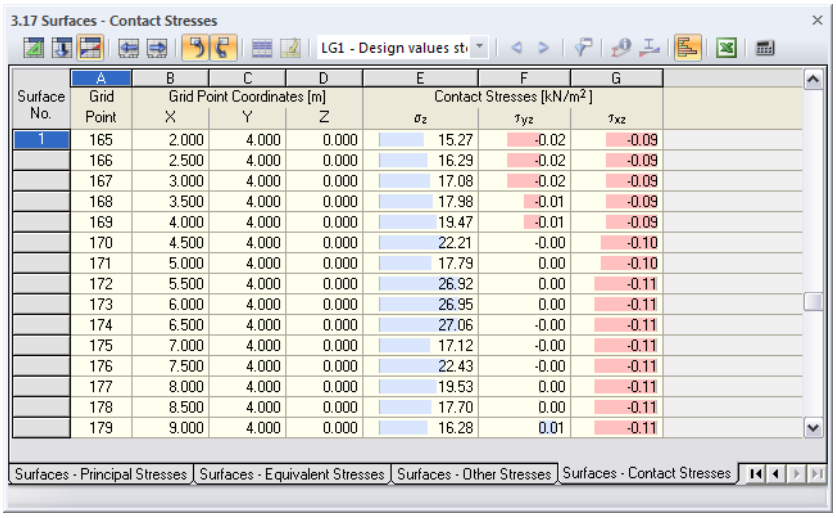


Figura 9.42: Navegador *Resultados*: Superficies → Tensiones de contacto



Surface No.	Grid Point	Grid Point Coordinates [m] X	Y	Z	Contact Stresses [kN/m²] σ_z	τ_{yz}	τ_{xz}
1	165	2.000	4.000	0.000	15.27	-0.02	-0.09
	166	2.500	4.000	0.000	16.29	-0.02	-0.09
	167	3.000	4.000	0.000	17.08	-0.02	-0.09
	168	3.500	4.000	0.000	17.98	-0.01	-0.09
	169	4.000	4.000	0.000	19.47	-0.01	-0.09
	170	4.500	4.000	0.000	22.21	-0.00	-0.10
	171	5.000	4.000	0.000	17.79	0.00	-0.10
	172	5.500	4.000	0.000	26.92	0.00	-0.11
	173	6.000	4.000	0.000	26.95	0.00	-0.11
	174	6.500	4.000	0.000	27.06	-0.00	-0.11
	175	7.000	4.000	0.000	17.12	-0.00	-0.11
	176	7.500	4.000	0.000	22.43	-0.00	-0.11
	177	8.000	4.000	0.000	19.53	0.00	-0.11
	178	8.500	4.000	0.000	17.70	0.00	-0.11
	179	9.000	4.000	0.000	16.28	0.01	-0.11

Figura 9.43: Tabla 3.17 *Superficies – Tensiones de contacto*

Las tensiones son enumeradas por superficies de acuerdo con sus puntos de rejilla.

Punto de rejilla

En esta columna se enumeran los puntos de rejilla para cada superficie en orden ascendente. Para más información sobre puntos de rejilla ver capítulo 9.9 en la página 286.

Coordenadas de puntos de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de rejilla en el sistema de coordenadas global X,Y,Z.

Tensiones de contacto

Las tensiones están relacionadas con las direcciones de los ejes de superficie locales. Para superficies curvas están referidas a los elementos de EF (ver figura 9.30, página 289).

Para losas 2D, sólo se muestra la columna de la tabla σ_z.

Las tensiones de contacto tienen los siguientes significados:

σ_z	Tensiones de contacto (“presión del suelo”) en el sentido positivo del eje de superficie z $\sigma_z = \mu \cdot (\sigma_x + \sigma_y)$
τ_{xz}	Tensión tangencial de un apoyo elástico en superficie $\tau_{xz} = \frac{3 \cdot v_x}{2 \cdot h}$ h: espesor de superficie
τ_{yz}	Tensión tangencial de un apoyo elástico en superficie $\tau_{yz} = \frac{3 \cdot v_y}{2 \cdot h}$

Tabla 9.13: Tensiones de contacto



Las columnas de la tabla son resaltadas con barras rojas y azules, escaladas entre los valores extremos de las correspondientes tensiones. Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Las tensiones de contacto positivas se muestran en azul y las negativas en rojo. La tabla muestra las tensiones como esfuerzos por superficie que son transferidas en la cimentación. De este modo, en relación a los signos la tabla no muestra las reacciones de la parte de la cimentación. Si el eje de superficie local *z* está orientado hacia abajo se trata de una tensión positiva σ_z. Los signos se definen en concordancia con el eje de superficie z (ver figura 5.55, página 120). Para estructuras 3D la orientación del eje z se puede cambiar rápidamente: haga clic con el botón secundario del ratón en la superficie y seleccione *Invertir sistema de ejes locales* en el menú contextual. Tenga en cuenta que una ineficacia definida cambiará el sentido de la acción.

9.18 Sólidos - Deformaciones

Para establecer las deformaciones de los sólidos gráficamente, seleccione *Sólidos* en el navegador *Resultados* (ver figura 9.24, página 285). En la tabla 3.18, se muestran gráficamente las deformaciones de las superficies de contorno.

3.18 Solids - Deformations

LC1 - Self-weight

Solid No.	Surface No.	Grid Point	Grid Point Coordinates [m] X	Y	Z	Displacements [mm] |u|	uX	uY	uZ	Rotations [mrad] φX	φY	φZ
151	1402	1	10.169	0.120	0.800	0.3	0.0	0.0	0.3	-0.4	0.1	0.1
	1403	1	10.169	0.000	0.800	0.3	0.0	0.0	0.3	-0.4	-0.3	0.1
	1404	1	10.169	0.000	0.800	0.3	0.0	0.0	0.3	-0.4	-0.3	0.1
	1406	1	10.169	0.200	0.800	0.2	0.0	0.0	0.2	-0.3	0.4	0.1
	1407	1	10.379	0.000	0.800	0.3	0.0	0.0	0.3	-0.5	0.0	0.0
	1408	1	10.579	0.000	0.800	0.3	0.0	0.0	0.3	-0.6	0.2	-0.1
	1409	1	10.579	0.120	0.800	0.2	0.0	0.0	0.2	-0.7	-0.1	0.0
	1410	1	10.379	0.200	0.800	0.2	0.0	0.0	0.2	-0.5	0.0	0.1
	1442	1	10.169	0.000	0.800	0.3	0.0	0.0	0.3	-0.4	-0.3	0.1
	1443	1	10.169	0.000	0.875	0.3	0.0	0.1	0.3	-0.6	0.0	0.1
152	1438	1	10.169	4.800	0.800	0.3	0.0	-0.0	0.3	-0.6	-0.0	-0.2
	1439	1	10.169	4.800	0.875	0.3	0.0	0.0	0.3	-0.5	0.1	-0.0
	1455	1	10.169	4.800	0.800	0.3	0.0	-0.0	0.3	-0.6	-0.0	-0.2
	1457	1	10.579	4.800	0.800	0.3	0.0	-0.0	0.3	-0.6	-0.0	0.0
	1458	1	10.169	4.800	0.800	0.3	0.0	-0.0	0.3	-0.6	-0.0	-0.2

Surfaces - Other Stresses | Surfaces - Contact Stresses | Solids - Deformations | Solids - Stresses

Figura 9.44: Tabla 3.18 *Sólidos - Deformaciones*

Los desplazamientos y los giros se enumeran por superficies de acuerdo con sus puntos de rejilla.

Punto de rejilla

En esta columna se enumeran los puntos de rejilla para cada superficie en orden ascendente. Para más información sobre puntos de rejilla ver capítulo 9.9 en la página 286.

Coordenadas de puntos de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de rejilla en el sistema de coordenadas globales X,Y,Z.

Desplazamientos / Giros

Las deformaciones tienen los siguientes significados:

$\|u\|$	Desplazamiento total absoluto (no disponible para combinaciones de carga)
u_X	Desplazamiento del sólido en la dirección del eje global X
u_Y	Desplazamiento del sólido en la dirección del eje global Y
u_Z	Desplazamiento del sólido en la dirección del eje global Z
φ_X	Giro del sólido alrededor del eje global X

φ_Y	Giro del sólido alrededor del eje global Y
φ_Z	Giro del sólido alrededor del eje global Z

Tabla 9.14: Deformaciones del sólido

Las columnas de la tabla son resaltadas con barras rojas o azules, escaladas entre los valores extremos de las correspondientes deformaciones. Las deformaciones positivas (en el sentido positivo o en el sentido de las agujas del reloj sobre el correspondiente eje global) son representadas por barras azules, las deformaciones negativas son representadas por barras rojas.

Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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

9.19 Sólidos - Tensiones

Para establecer las tensiones en los sólidos gráficamente, seleccione Sólidos en el navegador Resultados. En la tabla 3.19, se muestran gráficamente las tensiones en los sólidos.

Los valores de los resultados en las tablas se refieren a los puntos de rejilla de las superficies de contorno. Esto significa las tensiones que encuentran dentro del sólido no aparecen en la lista. Sin embargo, los resultados gráficos permiten evaluar las tensiones en los nudos de la malla de EF interiores, con la condición de que se hayan generado nudos de EF dentro del sólido.

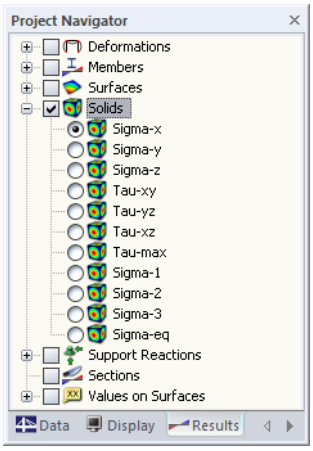
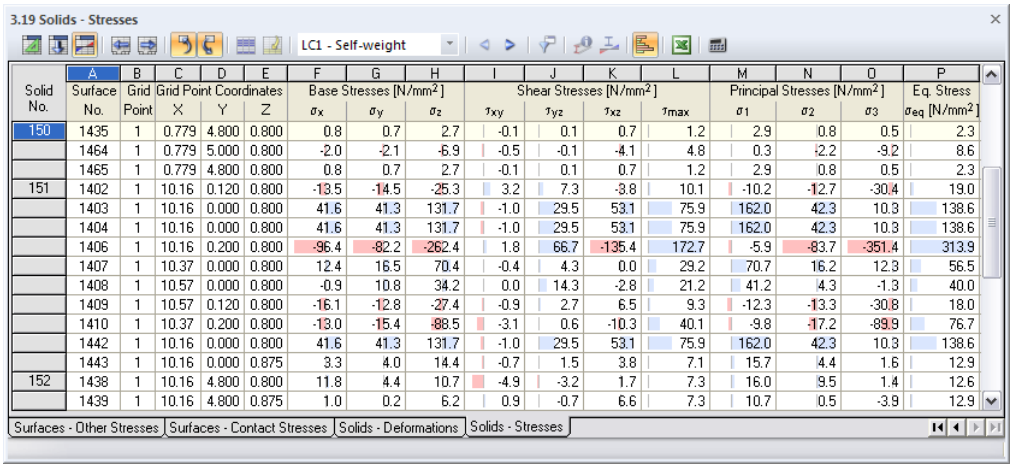


Figura 9.45: Navegador *Resultados*: Sólidos



Solid No.	Surface No.	Grid Point	X	Y	Z	σx	σy	σz	τxy	τyz	τxz	τmax	σ1	σ2	σ3	σeq [N/mm²]
			Grid Point Coordinates			Base Stresses [N/mm²]			Shear Stresses [N/mm²]				Principal Stresses [N/mm²]			Eq. Stress
150	1435	1	0.779	4.800	0.800	0.8	0.7	2.7	-0.1	0.1	0.7	1.2	2.9	0.8	0.5	2.3
	1464	1	0.779	5.000	0.800	-2.0	-2.1	-6.9	-0.5	-0.1	-4.1	4.8	0.3	-2.2	-9.2	8.6
	1465	1	0.779	4.800	0.800	0.8	0.7	2.7	-0.1	0.1	0.7	1.2	2.9	0.8	0.5	2.3
151	1402	1	10.16	0.120	0.800	-13.5	-14.5	-25.3	3.2	7.3	-3.8	10.1	-10.2	-12.7	-30.4	19.0
	1403	1	10.16	0.000	0.800	41.6	41.3	131.7	-1.0	29.5	53.1	75.9	162.0	42.3	10.3	138.6
	1404	1	10.16	0.000	0.800	41.6	41.3	131.7	-1.0	29.5	53.1	75.9	162.0	42.3	10.3	138.6
	1406	1	10.16	0.200	0.800	-96.4	-82.2	-262.4	1.8	66.7	-135.4	172.7	-5.9	-83.7	-351.4	313.9
	1407	1	10.37	0.000	0.800	12.4	16.5	70.4	-0.4	4.3	0.0	29.2	70.7	16.2	12.3	56.5
	1408	1	10.57	0.000	0.800	-0.9	10.8	34.2	0.0	14.3	-2.8	21.2	41.2	4.3	-1.3	40.0
	1409	1	10.57	0.120	0.800	-16.1	-12.8	-27.4	-0.9	2.7	6.5	9.3	-12.3	-13.3	-30.8	18.0
	1410	1	10.37	0.200	0.800	-13.0	-15.4	-88.5	-3.1	0.6	-10.3	40.1	-9.8	-17.2	-89.9	76.7
	1442	1	10.16	0.000	0.800	41.6	41.3	131.7	-1.0	29.5	53.1	75.9	162.0	42.3	10.3	138.6
	1443	1	10.16	0.000	0.875	3.3	4.0	14.4	-0.7	1.5	3.8	7.1	15.7	4.4	1.6	12.9
152	1438	1	10.16	4.800	0.800	11.8	4.4	10.7	-4.9	-3.2	1.7	7.3	16.0	9.5	1.4	12.6
	1439	1	10.16	4.800	0.875	1.0	0.2	6.2	0.9	-0.7	6.6	7.3	10.7	0.5	-3.9	12.9

Figura 9.46: Tabla 3.19 *Sólidos - Tensiones*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Las tensiones de los sólidos se enumeran por superficies de acuerdo con sus puntos de rejilla.

Punto de rejilla

En esta columna se enumeran los puntos de rejilla para cada superficie en orden ascendente. Para más información sobre puntos de rejilla ver capítulo 9.9 en la página 286.

Coordenadas de puntos de rejilla

En estas tres columnas de la tabla se muestran las coordenadas de cada punto de rejilla en el sistema de coordenadas globales X,Y,Z.

Tensiones fundamentales / Tensiones tangenciales / Tensiones principales / Tensiones equivalentes

Al contrario que las tensiones en las superficies, las tensiones en los sólidos no pueden ser descritas por ecuaciones fundamentales. Las *Tensiones fundamentales* σ_x, σ_y y σ_z , así como las *Tensiones tangenciales* τ_{xy}, τ_{yz} y τ_{xz} son determinadas directamente por el motor de cálculo.

Si un cubo con las longitudes laterales d_x, d_y y d_z se corta de un cuerpo con cargas multiaxiales, las tensiones para cada superficie cúbica se pueden dividir en esfuerzos axiles y cortantes. Si no se consideran los esfuerzos espaciales ni las diferencias de tensiones en superficies paralelas, la condición de tensiones en el sistema de coordenadas locales de este cubo puede ser definida por nueve componentes de tensión.

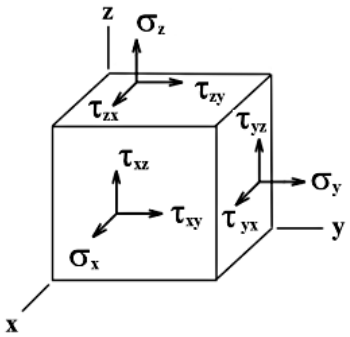


Figura 9.47: Elementos sólidos con componentes de tensión

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 9.1: Matriz del tensor de tensiones

Las *Tensiones principales* σ_1, σ_2 y σ_3 son el resultado de los valores propios del tensor, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\det(S - \sigma E) = 0$$

con E: matriz unitaria 3x3

Ecuación 9.2: Tensiones principales

La *Tensión equivalente* σ_{eq} , de acuerdo con VON MISES, se puede expresar mediante las siguientes ecuaciones homogéneas:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right]}$$

Ecuación 9.3: Tensión equivalente debida a las tensiones principales

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x{}^2 + \sigma_y{}^2 + \sigma_z{}^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_x\sigma_z - \sigma_y\sigma_z + 3 \cdot \left(\tau_{xy}{}^2 + \tau_{xz}{}^2 + \tau_{yz}{}^2 \right)}$$

Ecuación 9.4: Tensión equivalente debida a las tensiones fundamentales



Las columnas de la tabla son resaltadas con barras rojas y azules, escaladas entre los valores extremos de las correspondientes tensiones. Para activar y desactivar las barras de colores

seleccione **Ver** en el menú **Tabla,** y luego haga clic en **Escalas de colores**

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

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

10. Evaluación de resultados

10.1 Resultados disponibles

Después del cálculo, existen numerosas opciones para evaluar los resultados.

En el menú **Resultados** seleccione **Resultados disponibles**

para abrir un cuadro de diálogo que muestra todos los casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga.

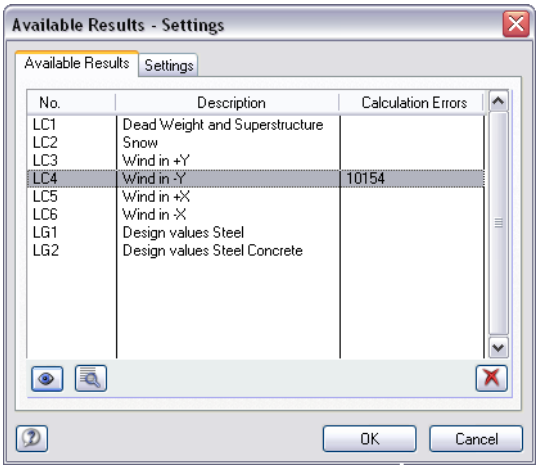


Figura 10.1: Cuadro de diálogo *Resultados disponibles*



Utilice la lista para comprobar si se calcularon todas las acciones de carga definidas. Cualquier causa que haya originado un problema durante el cálculo, aparece en la columna de la tabla *Errores de cálculo* . Para ver los errores de cálculo de un caso de carga particular, seleccione el caso de carga y luego haga clic en el botón [Detalles] que se muestra a la izquierda.



En este cuadro de diálogo, se puede seleccionar un resultado particular para mostrarlo en el gráfico. Utilice el botón [Mostrar] que aparece a la izquierda o haga doble clic en la entrada. Los resultados que no sean necesarios, pueden ser eliminados mediante el botón [X].



En el segundo registro *Configuración,* puede definir si los resultados para *Superficies ortótropas* con tipos de definición *Rígido* o *Acoplamiento* se visualizan o se encuentran ocultos.



También se puede seleccionar el caso, grupo o combinación de carga para la visualización de resultados en la lista de casos de carga de la barra de herramientas principal o en la barra de herramientas de la tabla de resultados. Los gráficos y las tablas se actualizan automáticamente si está activada la sincronización de la selección (ver capítulo 12.3.4, página 424).

10.2 Selección de resultados



Utilice el navegador *Resultados* para mostrar las deformaciones, esfuerzos internos, tensiones y/o reacciones en los apoyos, así como las secciones,

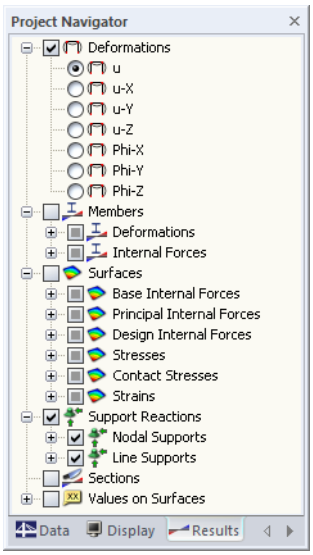


Figura 10.2: El navegador *Resultados*

También puede seleccionarlos en la barra de herramientas *Resultados*.



Figura 10.3: Botones en la barra de herramientas *Resultados*



Para activar y desactivar la visualización de los resultados gráficos, utilice el botón de la barra de herramientas [Resultados activados/desactivados] mostrado a la izquierda. Para visualizar los valores resultantes, utilice el botón de la barra de herramientas [Mostrar valores resultantes] a la derecha.

En caso de que se visualicen los resultados de una combinación de carga, el navegador *Resultados* muestra la entrada del navegador adicional *Combinaciones de carga*.

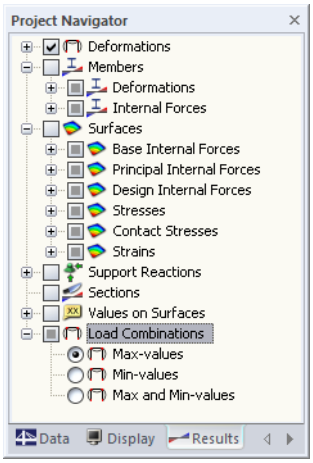


Figura 10.4: Navegador *Resultados* con combinación de carga

Ahí se puede seleccionar de entre tres acciones que influencian la visualización de los resultados gráficos para deformaciones, esfuerzos internos y esfuerzos en el apoyo de la misma manera. Se pueden establecer *Valores máx.* u *Valores mín.* por separado. Para mostrar ambos envoltorios de todos los valores extremos al mismo tiempo, seleccione *Valores max. y mín.*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

10.3 Visualización de resultados

La representación de los resultados se establece en el navegador *Mostrar*.

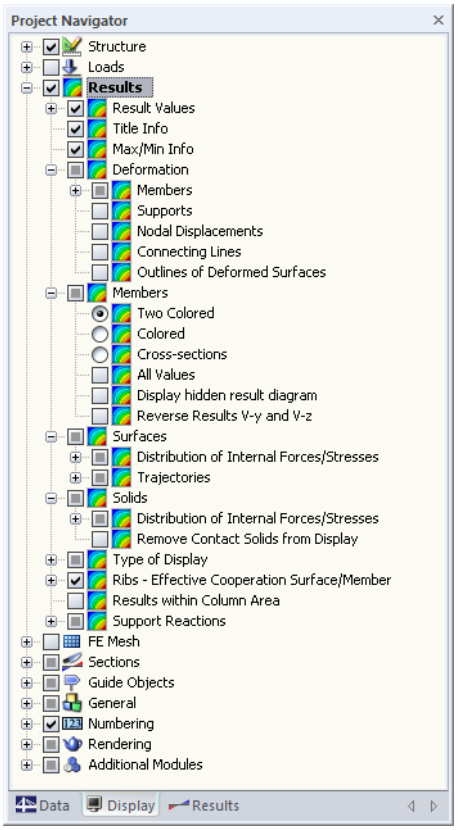


Figura 10.5: El navegador *Mostrar*: Resultados

Resultados de barra

Los esfuerzos internos de las barras se muestran en *Dos colores* de forma predeterminada. Los esfuerzos internos positivos se representan por líneas azul claro, y los negativos por líneas rojas. Las deformaciones en barras se muestran de forma predeterminada con *Líneas* de un sólo color.

La entrada en el campo de entrada *Número de divisiones para los resultados de las barras* del registro *Opciones* , en el cuadro de diálogo *Parámetros de cálculo* (ver figura 8.18, página 260) determina el diagrama de resultados gráficos. Si se introduce un valor de división *10,* la longitud de la barra más larga en el modelo será dividida por 10. Por medio de esta división de longitud, los diagramas de resultados gráficos son determinados en los puntos de división para cada barra.

Si los esfuerzos internos de las barras se muestran *Coloreados,* los colores de las líneas serán asignados de acuerdo con la paleta de colores del panel de control. Para detalles de cómo ajustar esta paleta de colores ver capítulo 4.4.6 en la página 79.

Los esfuerzos internos pueden ser establecidos en *Secciones*. Por lo que será mostrada una imagen fotorealista de las barras en la que se muestran los diagramas de coordenadas en color de los esfuerzos internos en las barras renderizadas.

De la misma forma, se puede visualizar la *Deformación* como *Secciones* (renderizado 3D de secciones deformadas) o como *Secciones coloreadas* (renderizado de secciones deformadas con colores) (ver figura 10.6).

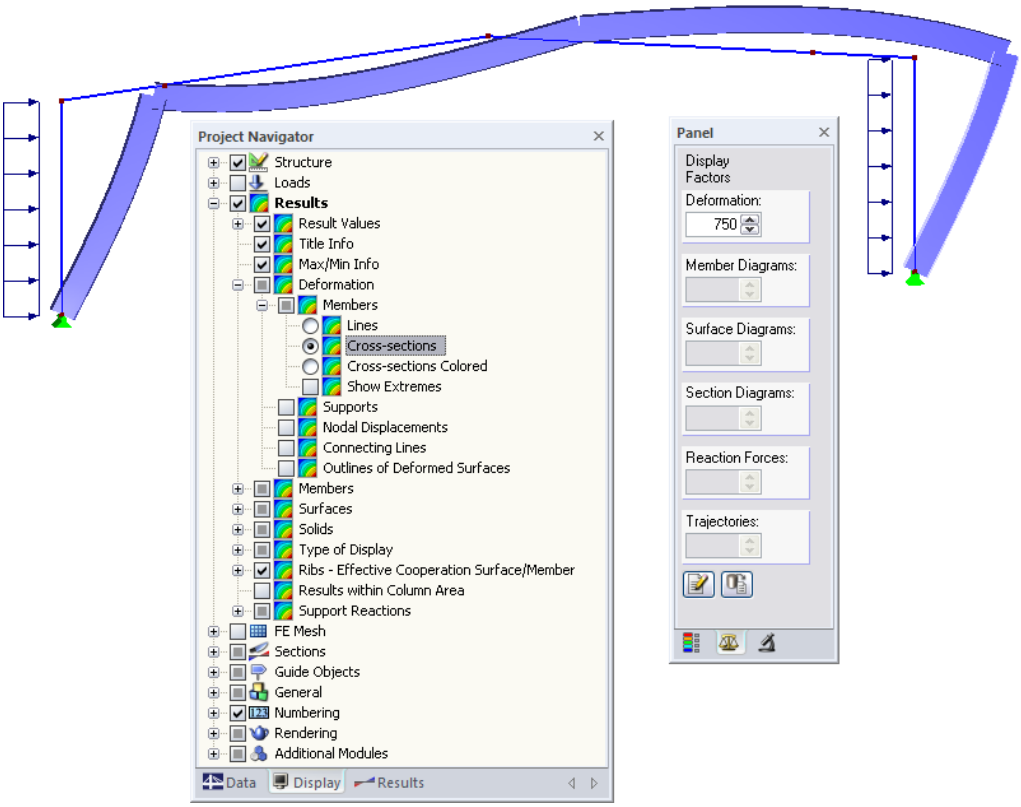


Figura 10.6: Imágenes de escala de deformaciones en barras en el renderizado 3D

Resultados de superficies y sólidos

Los resultados de superficies y sólidos, son mostrados de forma predeterminada como *Isobandas*. En el panel de control (ver capítulo 4.4.6, página 79), pueden ser asignados los colores individualmente.

En el navegador *Mostrar,* seleccione *Resultados* y luego *Tipo de visualización* para establecer diferentes opciones de visualización para resultados de superficies y sólidos.

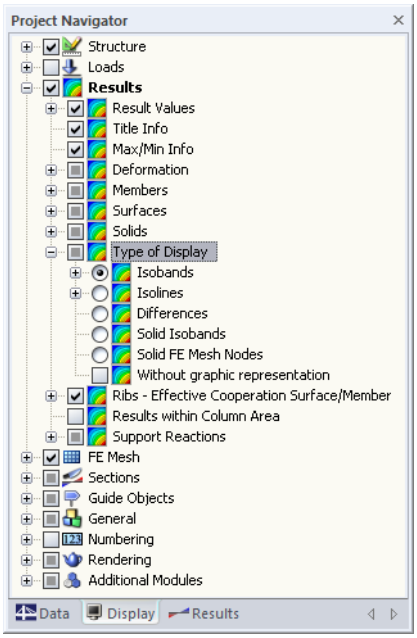


Figura 10.7: Navegador *Mostrar*: Resultados → Tipo de visualización

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Los resultados de superficies y sólidos pueden ser mostrados como *Isobandas* e *Isolíneas*. Las isolíneas pueden ser ventajosas para los informes. La opción *Sin representación gráfica* permite una salida de sólo valores resultantes: se ocultan las isobandas e isolíneas, por lo que los valores en los nudos de la rejilla o en la malla de EF pueden ser impresos sin el fondo en color.

El tipo de visualización *Diferencias* está disponible cuando se muestran las tensiones. Muestra los cambios entre los elementos finitos, lo que permite revisar la malla de EF. En caso de diferencias significativas entre elementos de EF adyacentes, se aconseja un refinamiento de la malla de EF para esas zonas.



Tensiones en sólidos

Si se han modelizado algunos sólidos para la estructura, se puede seleccionar la opción *Nudos de malla de EF en sólidos,* lo que permite la evaluación de las tensiones dentro del sólido. Para esta representación de resultados, la malla de EF ha debido de ser suficientemente refinada. Los colores de los nudos de EF son asignados de acuerdo con la paleta de colores del panel de control. Si se han activado los *Valores* en los puntos de la malla de EF en el navegador *Resultados,* se lleva a cabo una evaluación muy detallada de las tensiones para los sólidos.



Se puede controlar el factor de escala de la visualización de resultados para deformaciones y esfuerzos internos por medio de la configuración en el registro *Coeficientes de visualización* del panel de control. El registro *Filtro* de este panel, se utiliza para seleccionar las barras, superficies o sólidos cuyos resultados han de ser mostrados. Para información más detallada ver capítulo 4.4.6, página 79.

10.4 Valor de visualización



La visualización de los valores se establece en el navegador *Resultados*. Seleccione *Valores en superficies* y luego *Valores* para ajustar la representación numérica de los resultados en el gráfico.

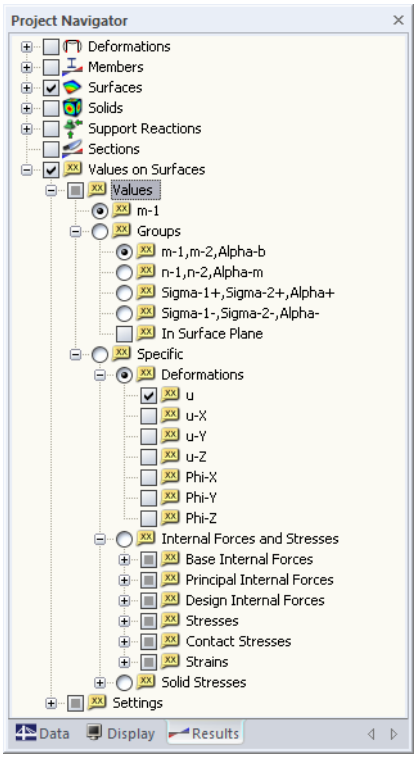


Figura 10.8: Navegador *Resultados*: Valores en superficies → Valores

Los dos primeros campos de selección (en la figura superior: *m-1* y *Grupos*), se utilizan para definir las deformaciones, esfuerzos internos o tensiones que se deben mostrar. Si la casilla superior está marcada, los valores de los resultados de la deformación actual, esfuerzo interno o tensión son mostrados.

Para resultados de superficie, se puede utilizar el cuadro de selección *Grupos* para visualizar dos valores resultantes por localización. Se preseleccionan cuatro valores de grupo. Por ejemplo, si el primer grupo está seleccionado, los valores de los momentos m_1 y m_2 se muestran simultáneamente. Los valores resultantes se organizan en relación al ángulo α_b.

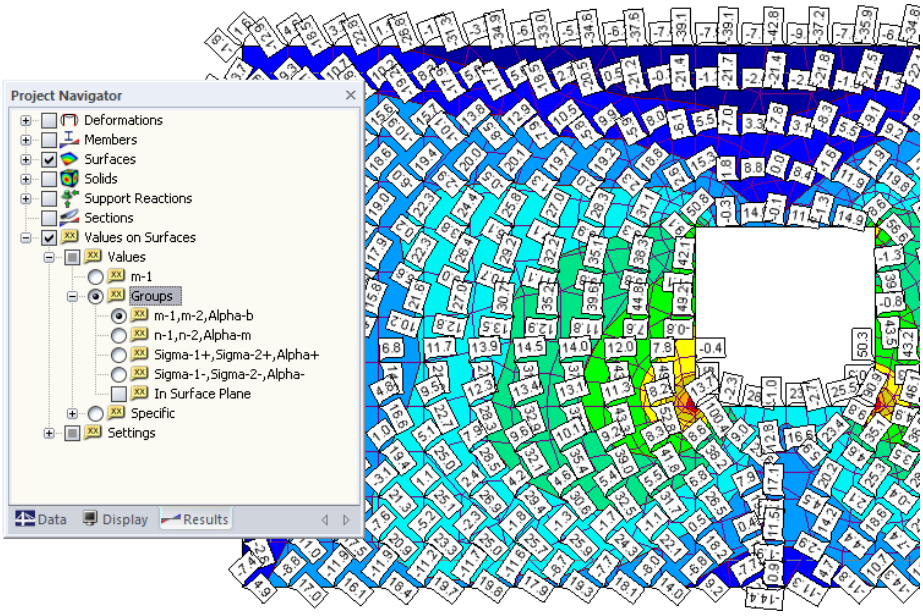
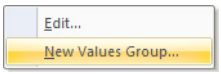


Figura 10.9: Grupo de valores de los principales momentos en el gráfico



También es posible crear grupos definidos por el usuario. Haga clic con el botón auxiliar del ratón en *Grupos* en el navegador *Resultados,* para abrir el menú contextual mostrado a la izquierda. Seleccione *Nuevos grupo de valores* para abrir el siguiente cuadro de diálogo.

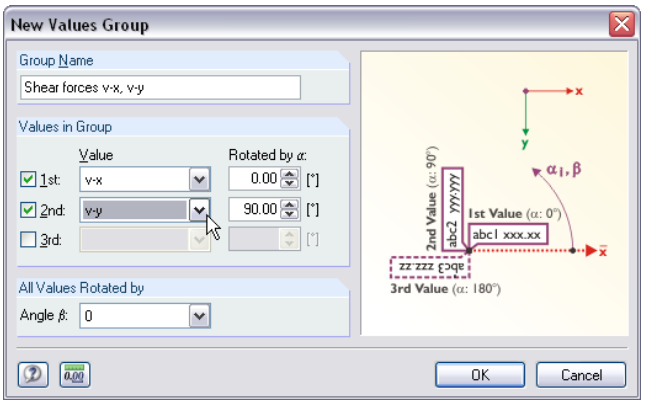
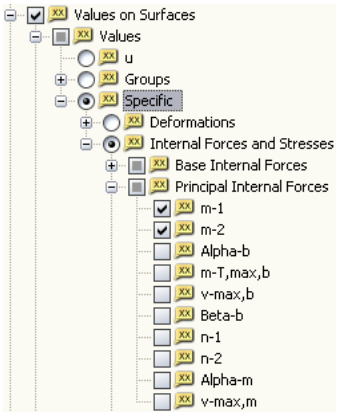


Figura 10.10: Cuadro de diálogo *Nuevos valores de grupo*



Primero, defina el *Nombre del grupo* que será mostrado luego como un detalle en el navegador. En la sección del diálogo *Valores en el grupo,* seleccione los tipos de resultados relevantes de las listas *Valor 1º, 2º y 3º*. El giro de los valores mostrados se define individualmente en el campo de entrada *Todos los valores girados por α.*

Para vistas isométricas, puede seleccionar *En el plano de la superficie* en el navegador *Resultados,* para dibujar los valores directamente en las superficies. Por lo demás, los valores resultantes de los grupos se muestran en el plano de monitor, el cual puede acarrear una vista un poco deformada.

Se puede utilizar el campo de selección *Específico* para determinar qué valores resultantes (deformaciones, esfuerzos internos, tensiones) se deben mostrar, independientemente de que el tipo de resultado esté activo para los resultados gráficos. De esta forma, puede visualizar, por ejemplo, las deformaciones de la superficie gráficamente y los valores de los esfuerzos principales m_1 y m_2 al mismo tiempo como se muestra a la izquierda.

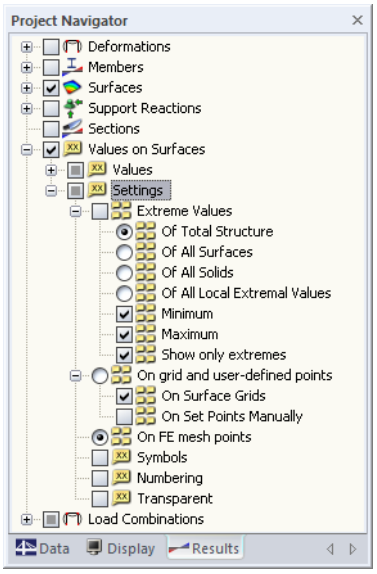
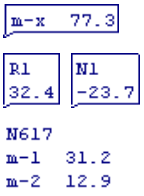


Figura 10.11: Navegador *Resultados*: Valores en superficies → Configuración

Las opciones de visualización enumeradas entre la *Configuración*, controlan las posiciones de salida de los valores resultantes y su representación. Si se selecciona *Valores extremos,* sólo son mostrados los valores resultantes máximo y mínimo, dependiendo de la configuración.

Adicionalmente, los valores pueden ser visualizados o bien en *En la rejilla y en los puntos definidos por el usuario* o *En los puntos de la malla de EF*. Sea cuidadoso cuando utilice esta última opción, porque la lectura de todos los valores resultantes de EF puede tomarse algún tiempo para estructuras grandes.



Las tres últimas casillas de verificación enumeradas en *Configuración,* controlan el tipo y extensión del etiquetado.

- Los *Símbolos* del tipo de resultado (u, m_x, σ_z etc.) pueden ser agregados.
- La *Numeración* de los puntos de rejilla de los nudos de la malla de EF (*R1*, *N1* etc.) pueden ser agregados.
- Los valores pueden ser mostrados con la opción *Transparente*, lo que implica sin marco ni fondo.

Valores de resultados definidos por el usuario

Valores de rejilla

Al igual que los puntos de rejilla representan una propiedad de la superficie correspondiente, su numeración y disposición pueden ser modificadas en el registro *Rejilla* del cuadro de diálogo *Editar superficie*. La salida tabulada se basa en la rejilla de resultados para superficies. En el gráfico, sin embargo, ambos valores del nudo de EF, así como los puntos de la rejilla, pueden ser visualizados.

Para más información sobre puntos de rejilla ver capítulo 9.9 en la página 286.

Valores gráficos



Para establecer valores resultantes en posiciones definidas por el usuario en el gráfico de resultados, seleccione **Establecer valores resultantes manualmente** en el menú **Resultados** o utilice el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda.



Figura 10.12: Función *Establecer valores resultantes manualmente* en la barra de herramientas *Resultados*

Cuando mueve el ratón sobre una superficie, los valores resultantes de la posición actual del puntero del ratón son indicados. Los valores resultantes pueden ser establecidos haciendo clic con el ratón sobre cualquier posición de la superficie.

Para eliminar un valor definido por el usuario, selecciónelo haciendo clic con el ratón y presione la tecla [Eliminar] en su teclado. Para la selección múltiple, mantenga pulsada la tecla [Ctrl] o dibuje una ventana sobre los valores que deben ser seleccionados.

Para abrir el menú contextual para los valores resultantes, haga clic con el botón secundario del ratón en un valor resultante.

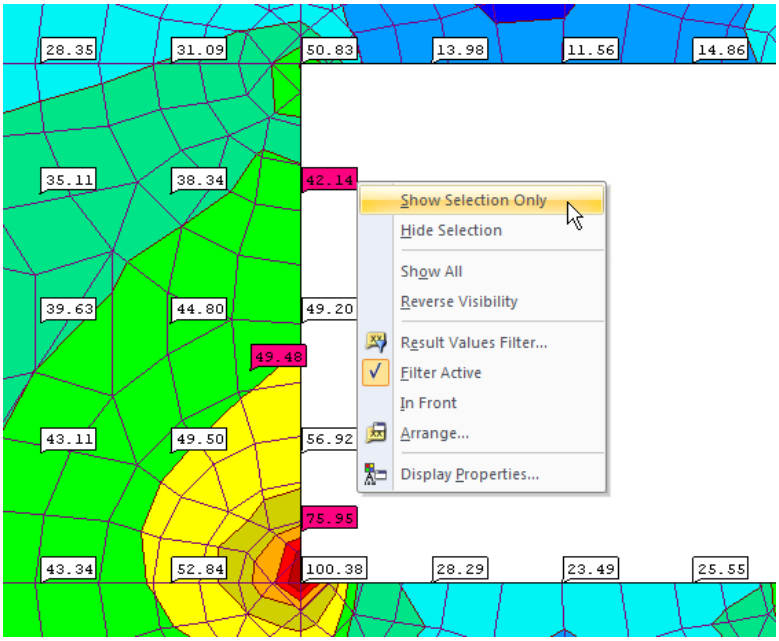


Figura 10.13: Menú contextual *Valores resultantes*

Este menú contextual incluye varias opciones de filtros. Utilice estas opciones para encontrar rápidamente qué valores resultantes son significativos para la evaluación gráfica.



La función *Filtro de valores resultantes* permite un control directo de los valores resultantes. Seleccione esta función para abrir un cuadro de diálogo donde se pueden definir los parámetros apropiados del filtro.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

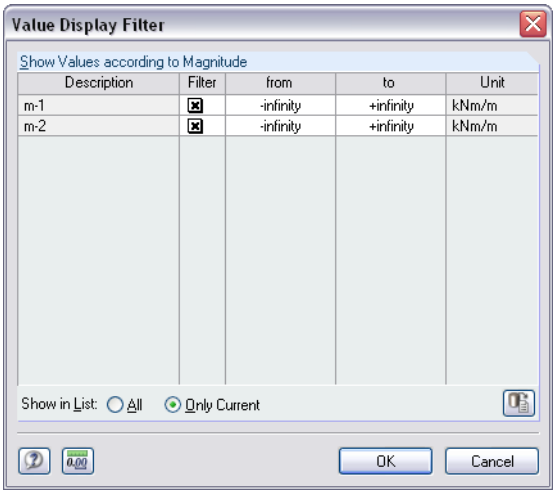


Figura 10.14: Cuadro de diálogo *Filtro de visualización de valores*

En la sección del diálogo *Mostrar valores de acuerdo con su magnitud* puede definir valores límite para los valores resultantes en las columnas de la tabla *desde* y *hasta*. Los valores que están fuera de estos rangos no serán mostrados en los gráficos más tarde.

Información sobre el objeto



Para resultados de barras y superficies, hay una función de salida especial disponible.

Seleccione **Información sobre el objeto** en el menú **Herramientas**

O utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda. Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

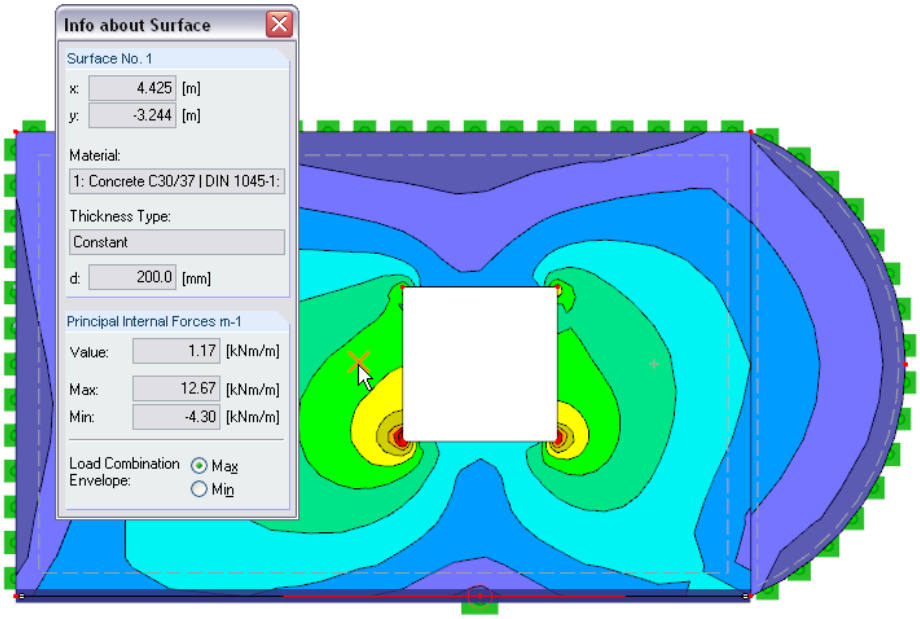


Figura 10.15: Cuadro de diálogo *Información sobre la superficie*

Adicionalmente a los datos del objeto (como material, espesores, secciones etc.), los valores de la deformación, esfuerzos internos o tensiones de la posición del puntero actual serán mostradas en la ventana *Información* cuando mueva el puntero a través de una superficie o de una barra.



Para evaluar los resultados de la superficie active la visualización para el modelo de sólido/línea utilizando el botón que se muestra a la izquierda.

10.5 Diagramas de resultados

Si se quiere ver la distribución de los resultados para un objeto específico (sección, barra, conjunto de barras, línea, apoyo lineal) en detalle, utilice los diagramas de resultados. Primero, seleccione el objeto o varios objetos (selección múltiple) en el gráfico. Luego seleccione

Diagramas de resultados en las secciones seleccionadas / Barras / Conjuntos de barras / Líneas / Apoyos lineales en el menú **Resultados**



o utilice el menú contextual del objeto correspondiente. Para barras y conjuntos de barras también está disponible el botón que se muestra a la izquierda.

Se abre una nueva ventana que muestra la distribución de resultados en el objeto seleccionado.

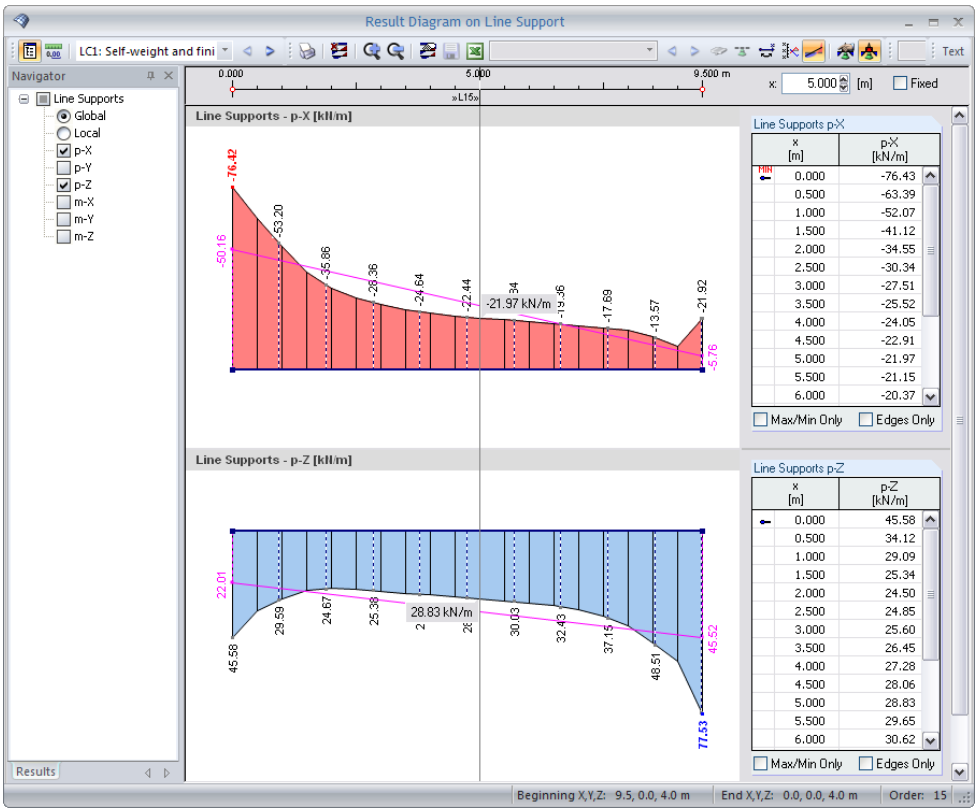
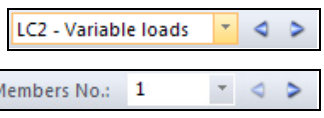


Figura 10.16: Cuadro de diálogo *Diagrama de resultados en el apoyo lineal*





En el navegador *Resultados* se define la deformación, esfuerzo interno, tensión o esfuerzo en el apoyo que se quiere mostrar en el diagrama. Utilice la lista en la barra de herramientas para elegir un caso de carga particular, grupo de carga o combinación de carga.

Para diagramas de resultados, los números de las barras seleccionadas se enumeran en la esquina superior derecha de la ventana. También es posible introducir los números de las barras manualmente en los campos de entrada *Barras núm.* Así se puede extender, reducir o cambiar completamente la selección.

Cuando se mueve el ratón a lo largo de la línea seleccionada o barra en el diagrama de resultados, se muestran los valores de resultados que se "mueven" en la posición x actual. La posición x se refiere al inicio de línea o barra, y está indicado en la esquina superior derecha de la ventana. También es posible introducir una posición específica manualmente en el campo de entrada. La casilla de verificación *Fijo* ancla el puntero a la posición x definida.

En la sección derecha de la ventana se enumeran los valores resultantes. Estos valores representan los resultados para los nudos exteriores, así como para la posición de los valores extremos y para los puntos de división. El último se corresponde con aquellos en los nudos de la malla de EF o los puntos de división que resultan de la configuración en el registro *Opciones* del cuadro de diálogo *Pará-*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

metros de cálculo. Para líneas pertenecientes a dos superficies, se muestran los resultados de superficies en ambas caras.

Los botones de la barra de herramientas *Operaciones de usuario* permiten una evaluación de resultados detallada y específica. Las opciones de suavizado son especialmente útiles para apoyos lineales o secciones.



Figura 10.17: Barra de herramientas flotante *Operaciones de usuario*

Los botones tienen los siguientes significados:

Botón	Función
	Imprimir los diagramas de resultados
	Eliminar todos los diagramas de resultados mostrados
	Alargar los diagramas de resultados
	Reducir los diagramas de resultados
	Activar los parámetros de control mostrados en la figura 10.18
	Guardar diagramas de resultados suavizados
	Abrir el cuadro de diálogo *Exportar tabla* (ver figura 12.101, página 427)
	Mostrar los resultados de barra con o sin componentes de nervios
	Diagrama de resultados en el área del soporte
	Invertir la dirección x de la línea o de la barra
	Activar o desactivar las ordenadas con los valores máximos y mínimos
	Activar o desactivar la visualización de valores promedio
	Abrir un cuadro de diálogo con la configuración para las zonas de suavizado (ver figura 10.29)
	Activar o desactivar la visualización de zonas de suavizado

Tabla 10.1: Botones de la barra de herramientas *Operaciones de usuario*



Utilice el botón [Configuración del diagrama de resultados] mostrado a la izquierda para abrir el siguiente cuadro de diálogo, que ofrece varias opciones para ajustar la ventana de *Diagrama de resultados*.

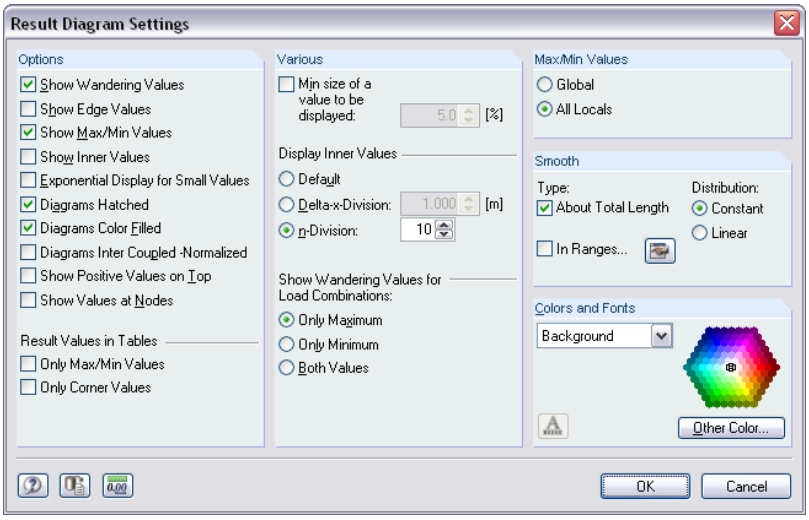


Figura 10.18: Cuadro de diálogo *Configuración de diagramas de resultados*

10.6 Secciones

Se puede crear cualquier sección definida por el usuario en la estructura, permitiendo una evaluación específica de los resultados. Para generar una nueva sección

seleccione **Sección** en el menú **Insertar**

o utilice el correspondiente menú contextual en el navegador *Datos*.

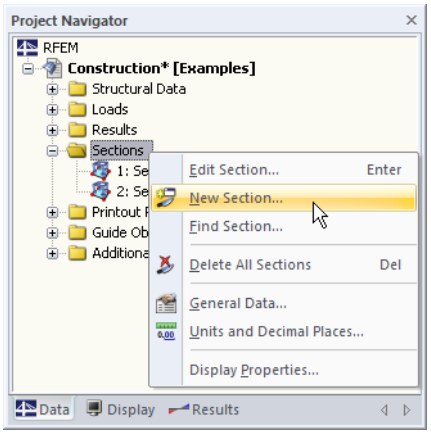


Figura 10.19: Navegador *Datos*: menú contextual *Secciones*

Se abre el siguiente cuadro de diálogo en el cual se pueden definir los parámetros de la sección.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

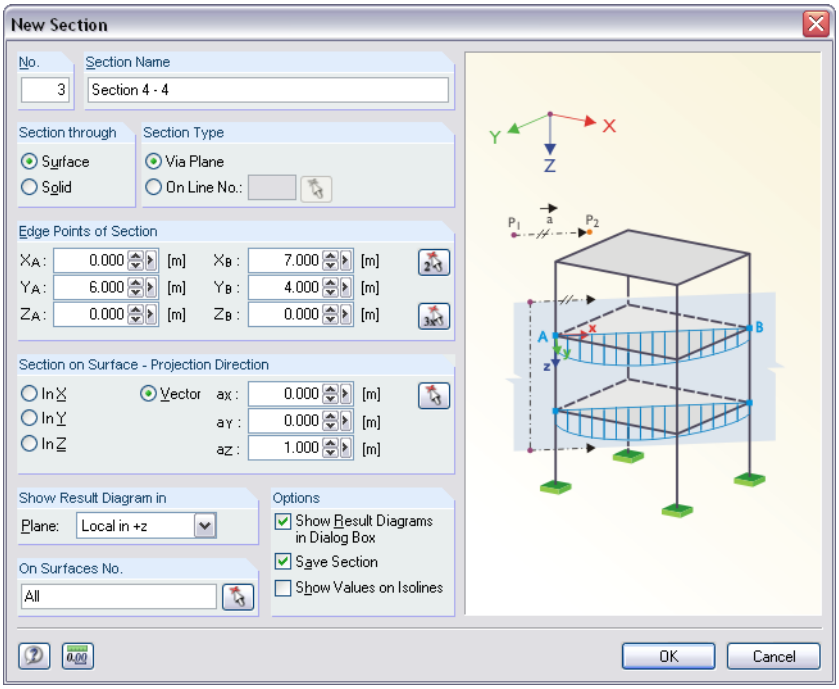


Figura 10.20: Cuadro de diálogo *Nueva sección*

Además del *Núm.* de la sección, debe introducir el *Nombre de la sección,* lo que permite una asignación rápida durante la evaluación. Todas las secciones definidas por el usuario son definidas debajo de *Secciones* en el navegador *Datos* y pueden ser ajustadas consecuentemente.

En la sección del diálogo *Sección a través,* se determina si la sección se debe crear para una *Superficie* o un *Sólido*. Dependiendo de los parámetros las secciones del diálogo *Tipo de sección* y *Dirección de la proyección* varían incluyendo sus correspondientes gráficos.

Para crear una sección a través de una superficie como un plano que descansa sobre la estructura, seleccione *Tipo de sección por plano*. También es posible crear una sección en una línea particular en el modelo seleccionando *En línea núm.:*. Si desea crear una sección a través del sólido, puede seleccionar *Sobre línea de sección en el cuadro de diálogo* para generar una línea de intersección a través del sólido. Alternativamente, se puede crear la sección *Sobre superficies de contorno de sólido en gráficos,* así el resultado de la línea de la intersección de las superficies de contorno del sólido se dibujan como desarrollos. Las opciones de entrada del siguiente cuadro de diálogo dependen del tipo de sección seleccionado.



Los *Puntos límite de la sección* se especifican por las coordenadas globales X,Y,Z del punto A y B. Se pueden definir también gráficamente utilizando los botones [Seleccionar] mostrados a la izquierda. Si fuera necesario, el plano de trabajo actual se debe ajustar para seleccionar puntos libres.

Empezando desde el punto A y B, se "dibujan" dos líneas rectas en la *Dirección de proyección*. Si estas líneas intersectan con una superficie o un sólido contenido en la lista *En las superficies núm.* o *En los sólidos núm*. La distribución resultante se mostrará en la línea de conexión entre los puntos de intersección. Si varias superficies se intersectan por el plano de proyección, se mostrarán los resultados para cada superficie individual.



Además de las tres direcciones de proyección *X*, *Y*, *Z*, también es posible definir un vector. Para la definición del vector utilice el botón [Seleccionar] para seleccionar dos puntos en el gráfico.

La sección del diálogo *Mostrar diagrama de resultados en* define el plano de la superficie para la cual se muestra el diagrama de resultados de la sección. Esta configuración, sólo afecta a la visualización de la sección en el gráfico de resultados de RFEM (ver figura 10.22, página 325), pero es irrelevante para el cuadro de diálogo de resultados que se muestra en la figura 10.21.



En la sección del diálogo *En las superficies núm.* o *En los sólidos núm.* se pueden seleccionar las superficies y sólidos cuyos diagramas de resultados se deben incluir en la sección del gráfico. Esta selección puede ser útil si el plano de selección se interseca con varias superficies.

Utilice las casillas de verificación en la sección del diálogo *Opciones* para determinar si los diagramas de resultados se muestran como un cuadro de diálogo (ver figura 10.21) y si se quiere guardar la sección. La opción *Mostrar valores en isolíneas* sólo afecta a la visualización de la sección en el gráfico de resultados: las isolíneas se pueden marcar automáticamente con valores.

Cuando se complete la entrada del diálogo, haga clic en [Aceptar]. En la mayor parte de los casos, aparecerá el siguiente cuadro de diálogo *Diagrama de resultados*.

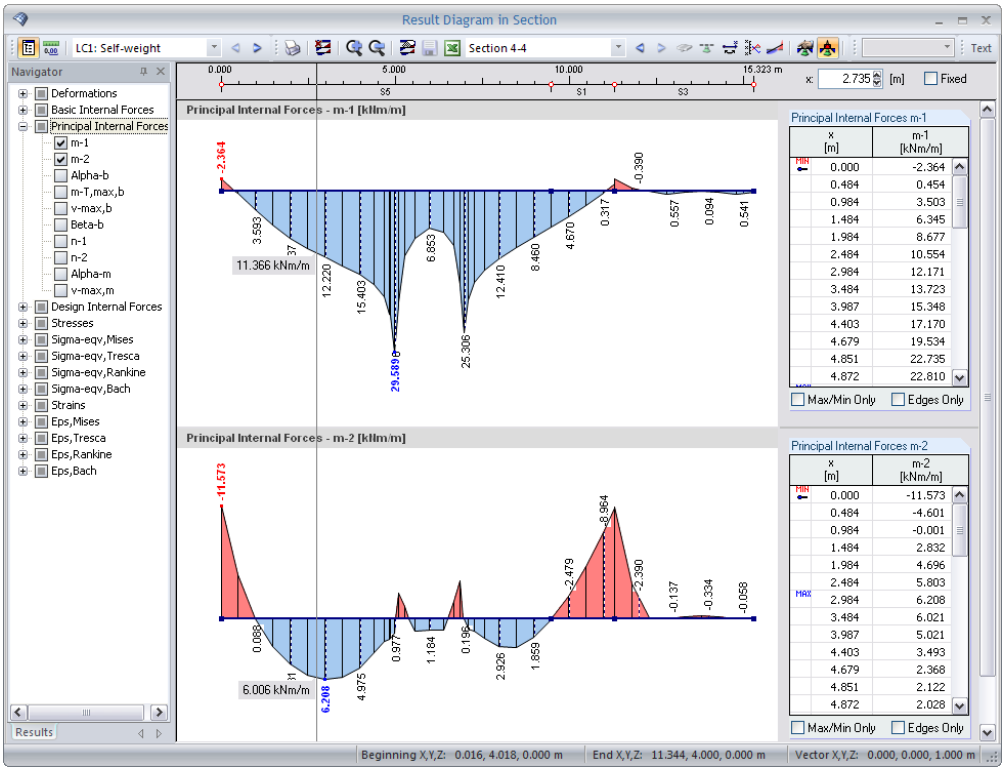


Figura 10.21: Cuadro de diálogo *Diagrama de resultados en la sección*

Cuando se mueve el ratón a lo largo del diagrama de resultados de la sección, se muestran los valores de resultados que se "mueven" en la posición x actual. La posición x se refiere al inicio de la sección, y está indicado en la esquina superior derecha de la ventana. También es posible introducir una posición específica manualmente en el campo de entrada. La casilla de verificación *Fijo* ancla el puntero a la posición x definida. Utilice la lista en la barra de herramientas para elegir una sección particular.

Las funciones y los botones se describen en detalle en el capítulo previo 10.5.



Para mostrar u ocultar las secciones en el gráfico de RFEM 4, utilice el navegador *Mostrar* o el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. La siguiente figura muestra una sección a través de un plano y un superficie curva, ambas cortadas por el mismo plano de la sección. Para esta visualización gráfica, debe seleccionar en el navegador *Mostrar* en *Secciones* la opción de *Diagramas de resultados rellenos*.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

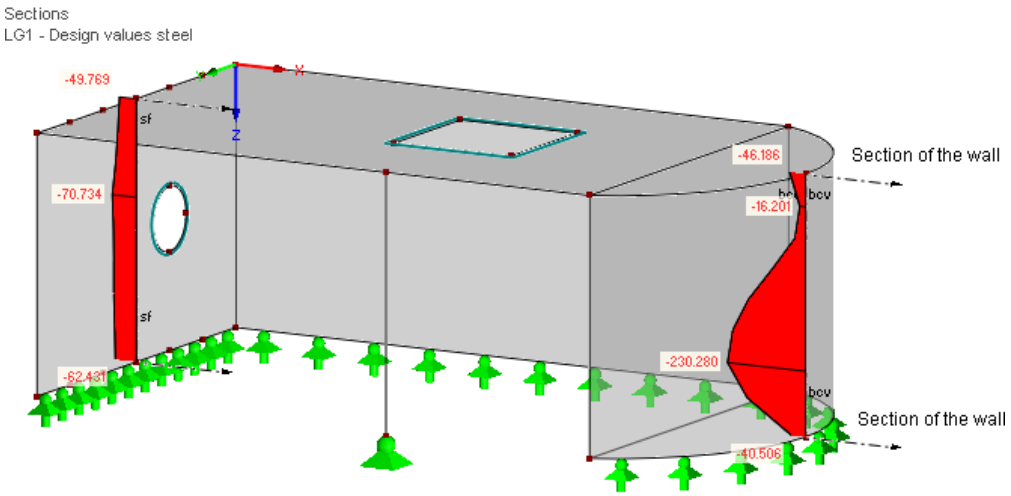


Figura 10.22: Visualización de secciones en el gráfico de RFEM 4

10.7 Suavizar resultados

Se determinan los resultados para cada nudo de malla de EF. Normalmente una distribución continua de los esfuerzos internos es preferible para los gráficos. Para este propósito, es necesario suavizar los resultados.

Las siguientes opciones de suavización para superficies y sólidos están disponibles:

- Constante en elementos
- No continua
- Continua en superficies/sólidos
- Totalmente continua

Además, es posible definir zonas de suavizado para los diagramas de resultados.

Los diferentes tipos de suavización de resultados se pueden establecer en el navegador *Mostrar*.

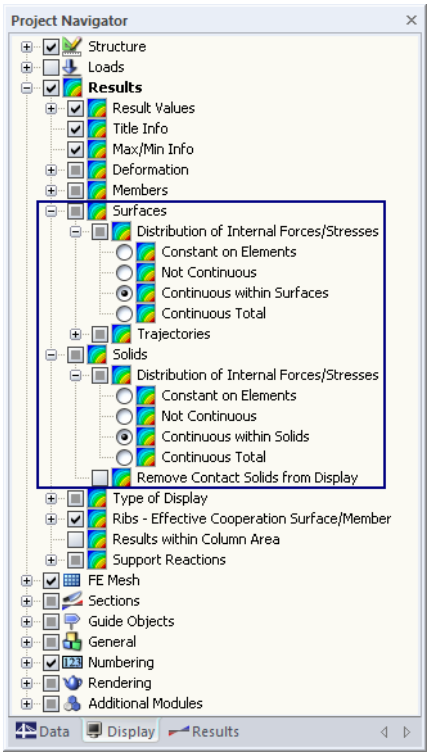


Figura 10.23: Navegador *Mostrar*: Resultados → Superficies o sólidos → Distribución de esfuerzos/tensiones internas

Ejemplo

Un ejemplo simple muestra los efectos de estas cuatro opciones de suavización: una superficie de acero con dimensiones 3.00 m x 3.00 m y espesor de 3.0 cm se fija con dos líneas opuestas con apoyos articulados fijos. La superficie de acero consiste en dos superficies adyacentes con propiedades idénticas (ver figura 10.24). Sólo existe una diferencia: el eje local z de la superficie más pequeña (derecha) está orientado en la dirección opuesta, es decir, hacia arriba.

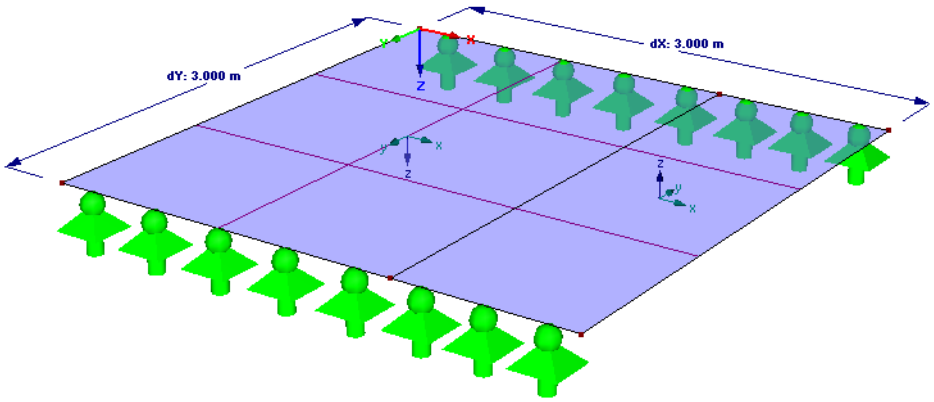


Figura 10.24: Estructura - modelada con dos superficies

El tamaño de la malla de EF ha sido generosamente establecido en 1.00 m. Este tamaño de los elementos no puede proveer resultados apropiados. Se ha utilizado únicamente para ilustrar los efectos de suavizado.

La superficie de acero sólo se carga con el propio peso.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Distribución de esfuerzos internos *Constante en los elementos*

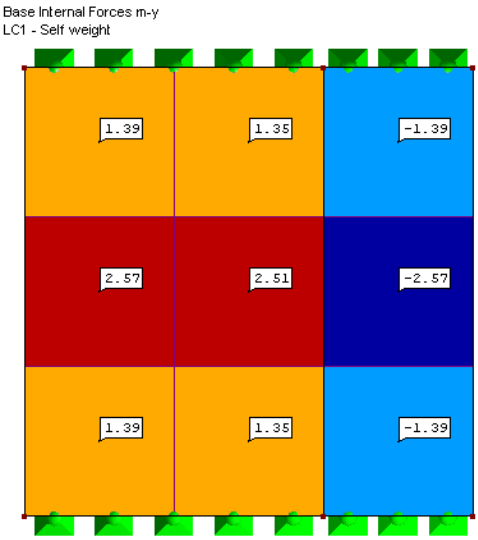


Figura 10.25: Distribución de esfuerzos internos *Constante en los elementos* (navegador *Mostrar*), valores *En los puntos de la malla de EF* (navegador *Resultados*)

Los valores de los nudos de EF son promediados, y la distribución dentro de cada elemento finito es constante. Este tipo de resultado se recomienda para modelos de materiales plásticos (ver capítulo 5.3, página 107).

Distribución de esfuerzos internos *No continua*

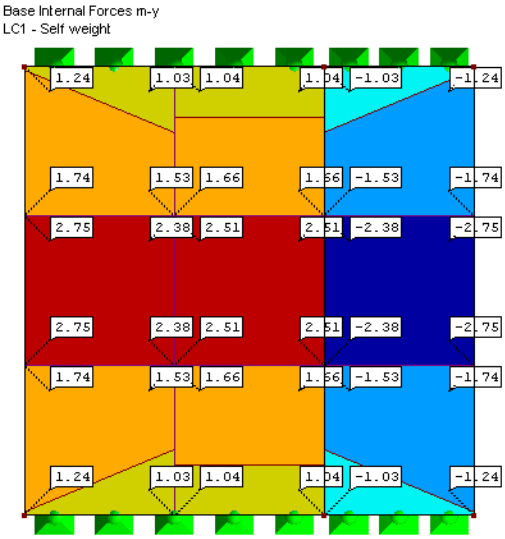


Figura 10.26: Distribución de esfuerzos internos *No continua*, valores *En los puntos dela malla de EF*

La visualización muestra estos valores de nudos de EF que resultan de los desplazamientos y giros de cada elemento individual. Por lo tanto, se muestran varios valores diferentes para cada nudo de EF. Una pequeña línea de puntos en el valor del nudo, indica el elemento para el cuál está asignado el valor.

Para la visualización gráfica, se define un plano por los valores de esquina de cada elemento. Los resultados de los elementos adyacentes no se tienen en cuenta. Esto nos lleva a una distribución discontinua.

Distribución de esfuerzos internos *Continua en superficies/sólidos*

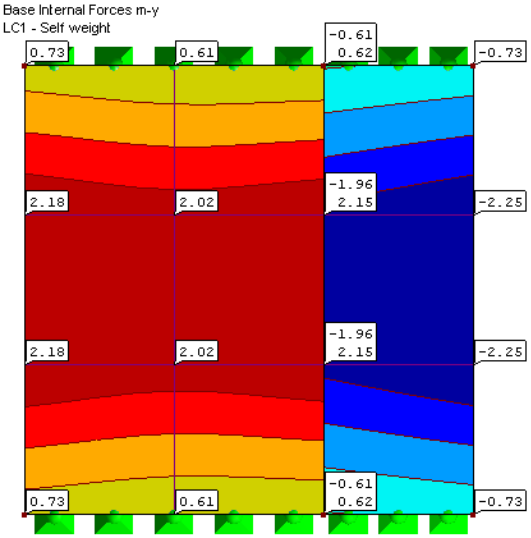


Figura 10.27: Distribución de esfuerzos internos *Continua en superficies*, valores *En puntos de la malla de EF*

Para esta visualización de resultados, los valores de los nudos de EF son promediados. El promedio se detiene en los contornos de las superficies, lo que puede resultar en discontinuidades entre superficies adyacentes. Sin embargo, es absolutamente correcto en este ejemplo. En la línea de contorno se muestran dos valores de nudo de EF diferentes.

En la mayor parte de los casos, esta opción predeterminada proporciona los mejores resultados gráficos.

Distribución de esfuerzos internos *Totalmente continua*

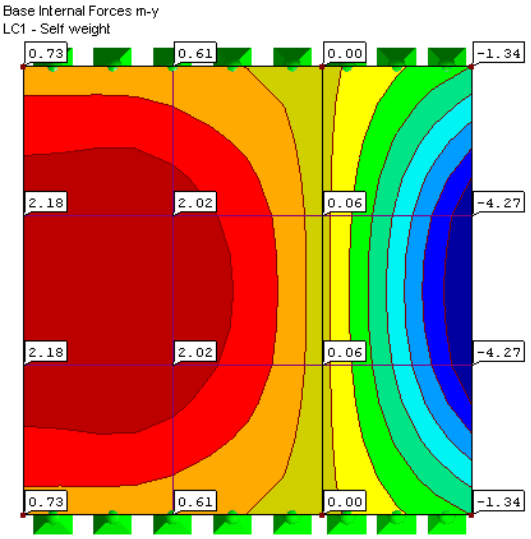


Figura 10.28: Distribución de esfuerzos internos *Totalmente continua*, valores *En los puntos de la malla de EF*

Los valores promedio son determinados considerando los valores de EF más allá del contorno de la superficie. Esto conduce a una distribución continua entre superficies adyacentes, lo cual no es correcto en nuestro ejemplo.

Se deben cumplir los siguientes requisitos para aplicar esta visualización de resultados correctamente:

- La orientación del sistema de coordenadas locales de la superficie es congruente.
- Sólo concurren dos superficies.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

- Las superficies descansan sobre un único plano.
- No se ha definido ninguna articulación lineal para la línea común.

Si una de estas condiciones no se cumple, se mostrará una distribución incorrecta de los resultados.

Zonas de suavización en el cuadro de diálogo *Diagrama de resultados*



Para los diagramas de resultados que se van a preparar con propósitos ingenieriles, se pueden crear zonas de suavizado. Para editar las zonas de suavizado, utilice el botón que se muestra a la izquierda. Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

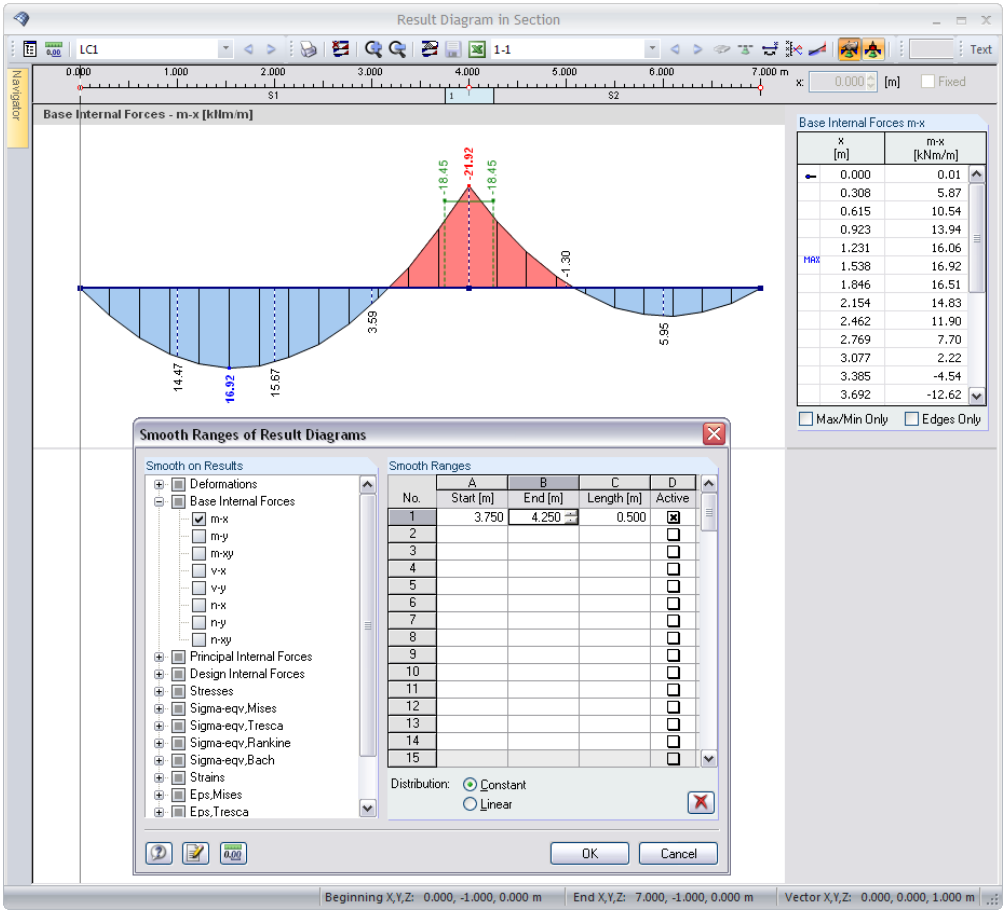


Figura 10.29: Cuadro de diálogo *Zonas de suavizado de los diagramas de resultados*

En la sección del diálogo *Suavización en resultados,* se determinan las deformaciones, esfuerzos internos o tensiones para las cuales se debe aplicar el suavizado. Las zonas de suavización se definen en la sección del diálogo a la derecha. Los valores se introducen en los campos de entrada interactivos para *Inicio, Fin* y *Longitud*. Cada zona de suavización se puede establecer por separado como *Activa*. Se puede determinar si la *Distribución* para las zonas de suavizado es *Constante* (como se muestra en la figura anterior) o *Lineal*.

10.8 Vista de ventanas múltiples



Varias ventanas con diferentes deformaciones, esfuerzos internos o tensiones, se pueden visualizar conjuntamente en la pantalla. Para acceder a esta opción,

seleccione **Organizar ventana de resultados** en el menú **Resultados**

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

Se abre un cuadro de diálogo que muestra un árbol del navegador donde se pueden marcar los diferentes tipos de selección.

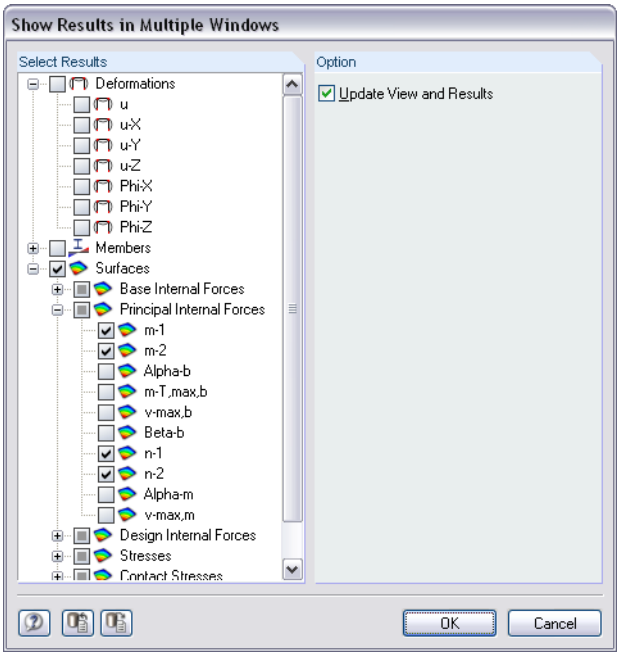


Figura 10.30: Cuadro de diálogo *Mostrar resultados en múltiples ventanas*

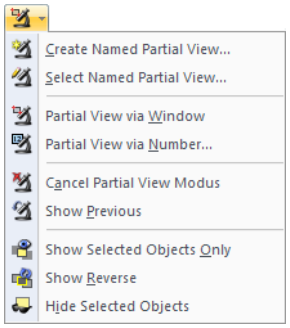
La vista de ventanas múltiples también se puede utilizar para el informe (ver capítulo 0, página 366).

10.9 Filtro de resultados

Para una mejor vista general al evaluar los resultados de grandes estructuras, existen varias opciones de filtrado. Estas funciones son también ventajosas para la siguiente documentación de los resultados.

Vistas parciales

Utilice vistas parciales para dividir la estructura en componentes gráficos. Por ejemplo, se pueden resumir todas las superficies de un plano o todos los soportes de una planta en una vista parcial.



Para acceder a varias funciones de vista parcial,

seleccione **Vista parcial** en el menú **Ver**

o utilice el correspondiente botón de la barra de herramientas.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

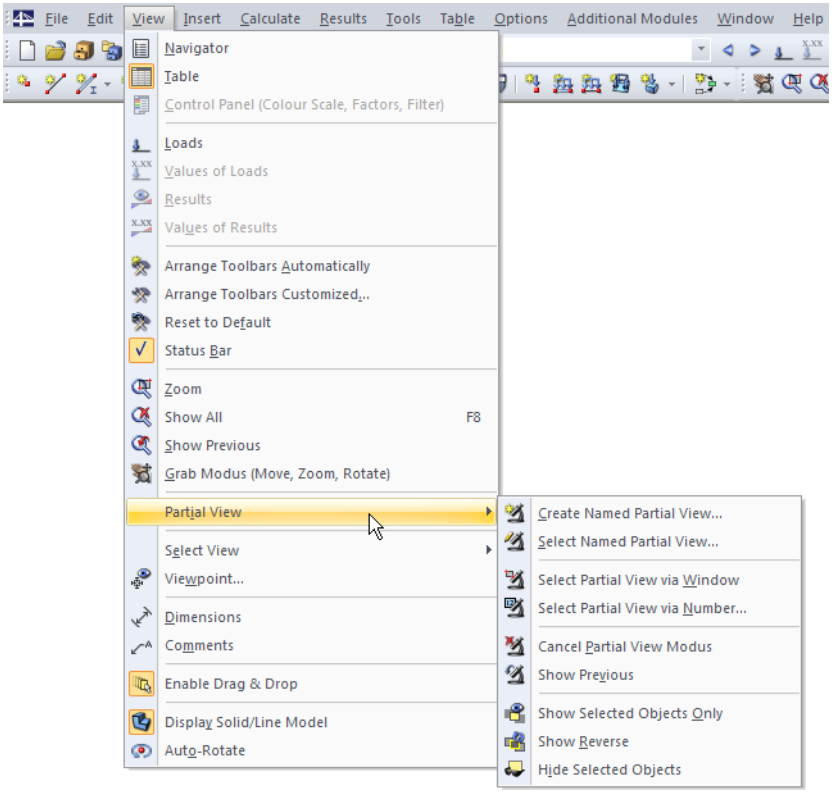


Figura 10.31: Menú *Ver→ Vista Parcial*

Crear vista parcial designada



Si se seleccionaron ciertos objetos en el gráfico, se pueden guardar como *Vista parcial*.

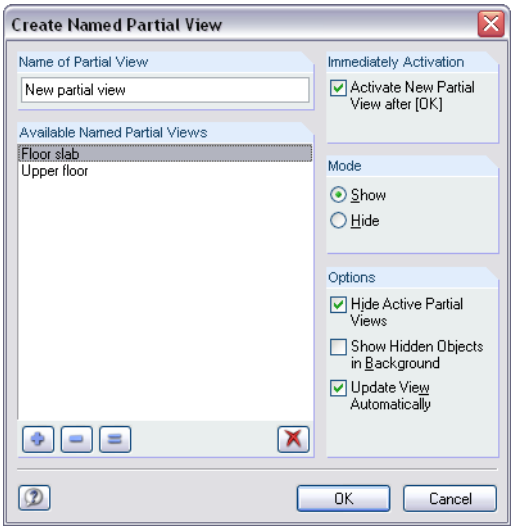


Figura 10.32: Cuadro de diálogo *Crear nueva vista parcial designada*

En el cuadro de diálogo mostrado arriba introduzca el *Nombre de la vista parcial*. Haga clic en [Aceptar] para guardar el grupo de objetos para un próximo uso.

Las vistas parciales definidas por el usuario se gestionan en el navegador *Mostrar*, donde pueden ser activadas y desactivadas.

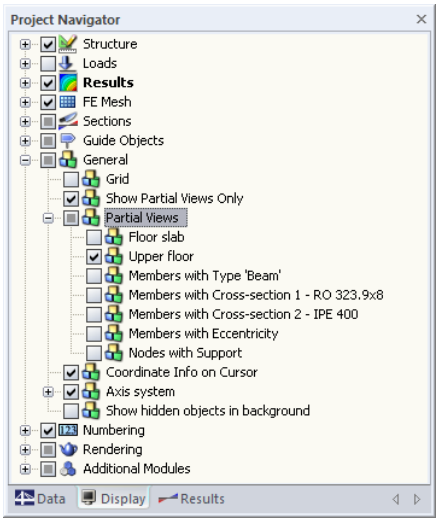


Figura 10.33: Navegador *Mostrar*: *General* → *Vistas parciales*

La siguiente función del menú puede ser útil para la selección de objetos: sitúe el puntero en **Seleccionar** en el menú **Edición**, y luego seleccione **Especial**. Se puede definir una configuración detallada para la selección en un cuadro de diálogo separado (ver capítulo 0, página 372).

Agregar objetos a vistas parciales existentes



Si se quieren agregar objetos a vistas parciales posteriormente, se recomienda el siguiente procedimiento: salga del modo de vista parcial y seleccione los objetos que se desean agregar. Luego abra de nuevo el cuadro de diálogo *Crear vista parcial designada*.



En la sección del diálogo *Vistas parciales designadas disponibles*, seleccione la vista parcial deseada. Haga clic en el botón [+] para agregar la selección a una vista parcial ya existente. Si se marca la opción *Activar nueva vista parcial después de [Aceptar]*, los cambios en la vista parcial se actualizarán automáticamente.



De la misma forma, se pueden eliminar objetos de las vistas parciales utilizando el botón [-].

Seleccionar la vista parcial designada



En este cuadro de diálogo se enumeran todas las vistas parciales definidas. RFEM crea vistas parciales que organiza por secciones, tipos de barras, conjuntos de barras y nudos en apoyos.

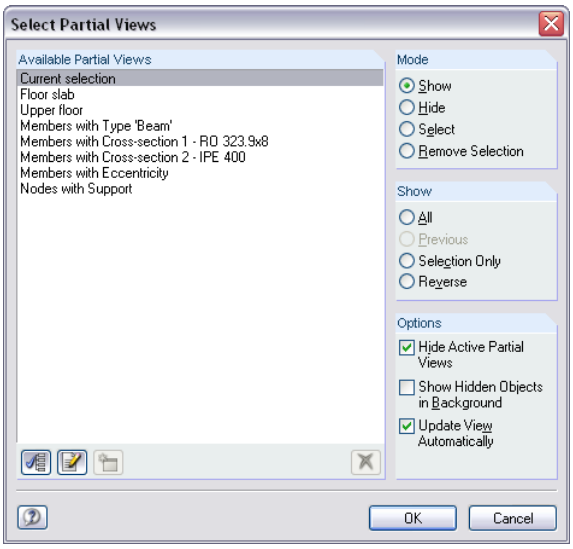


Figura 10.34: Cuadro de diálogo *Seleccionar vistas parciales*

Vista parcial por ventana



Las vistas parciales también se pueden crear trazando una ventana con el cursor del ratón.

Si se crea la ventana de izquierda a derecha, la vista parcial contiene sólo los objetos contenidos totalmente dentro de la ventana de selección. Si se crea de derecha a izquierda la vista parcial también contendrá aquellos objetos que están parcialmente dentro de la ventana.

Vista parcial por número



En este cuadro de diálogo se pueden definir los números de los *Nudos*, *Líneas*, *Barras*, *Superficies* o *Sólidos* que se deben incluir en la vista parcial.

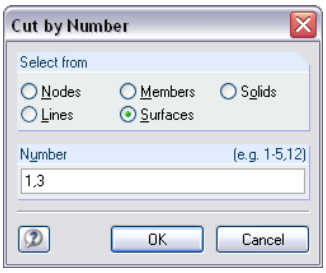


Figura 10.35: Cuadro de diálogo *Cortar por número*

Cancelar el modo de vista parcial



Utilice esta función para restaurar la vista de todos los objetos.

Todos los tipos de vista parcial permiten una visualización de fondo de los objetos ocultados con menos intensidad. La intensidad se define en el registro *Gráficos* en el cuadro de diálogo *Opciones del programa* (ver figura 10.40, página 336). Esta opción de visualización no está disponible en los cuadros de diálogo de vistas parciales descritos (ver figura 10.32 y figura 10.34), pero pueden ser activados en el navegador *Mostrar*. Utilice la correspondiente opción para activar o desactivar los objetos con fondo transparente.

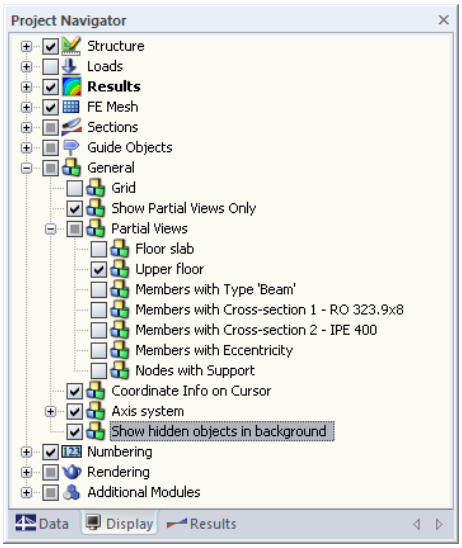
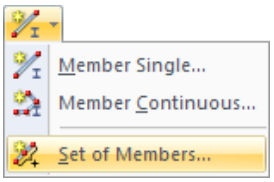


Figura 10.36: Navegador *Mostrar*: Opción general → Mostrar objetos ocultos en el fondo

Conjuntos de barras



Los conjuntos de barras son o bien barras continuas o grupos de barras. La diferencia entre estos dos tipos de objetos se explica en el capítulo 5.21, página 177.

La visualización de barras continuas y grupos de cargas también puede facilitar la evaluación de los resultados. Los conjuntos de barras en sí mismos representan una “vista parcial”, como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, los conjuntos de barras y grupos de barras están disponibles en la lista de vistas parciales que se muestra en la figura 10.34 en la página 332.

Funciones de filtrado

Las opciones de agrupación mostradas arriba, se refieren a los objetos de la estructura. Además también es posible utilizar esfuerzos internos, deformaciones o tensiones como criterio de selección.

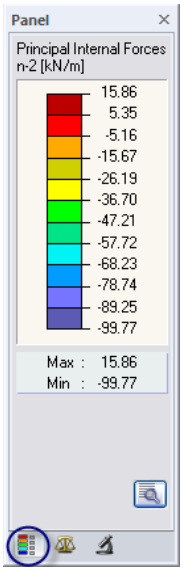
Filtrar resultados



Para filtrar esfuerzos internos, deformaciones o tensiones, se debe mostrar el panel de control. Si el panel no está activo,

seleccione **Panel de control (Escala de colores, Coeficientes, Filtro)** en el menú **Ver**

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



Registro Panel - *Paleta de colores*

Los detalles del panel de control se pueden encontrar en el capítulo 4.4.6 en la página 79. La configuración del filtro para los resultados se define en el registro de la paleta de colores, la cual está disponible para los resultados de isobanda e isolínea de superficies y sólidos. Así, como este registro no está disponible para la vista de dos colores de esfuerzos internos en barras, primero se debe seleccionar la opción de visualización *Coloreado* o *Secciones* en el navegador *Mostrar*.

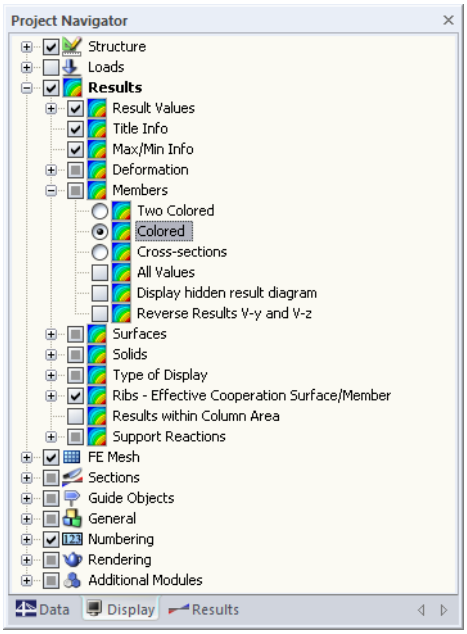


Figura 10.37: Navegador *Resultados*: Resultados → Barras → Coloreado

Si se ve una visualización de resultados coloreada, en el panel se puede definir el que sólo se muestren los esfuerzos especificados detalladamente en el gráfico, por ejemplo, momentos en la barra que exceden un valor particular o esfuerzos internos fundamentales o superficies en el intervalo ±15 kNm (ver figura 4.17 en la página 81).

En el siguiente ejemplo sólo las fuerzas de contacto entre 100 kN/m² y 170 kN/m² son visualizadas. Como también hay resultados de barras disponibles en el modelo estructural, la casilla de verificación *Superficies* ha sido activada en el panel de control. La paleta de colores se ha modificado de forma que una sóla zona de color cubra 10 kN/m². Además, no se muestra ninguno de los resultados en los elementos de superficie con apoyos elásticos que no cumplen esta condición.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

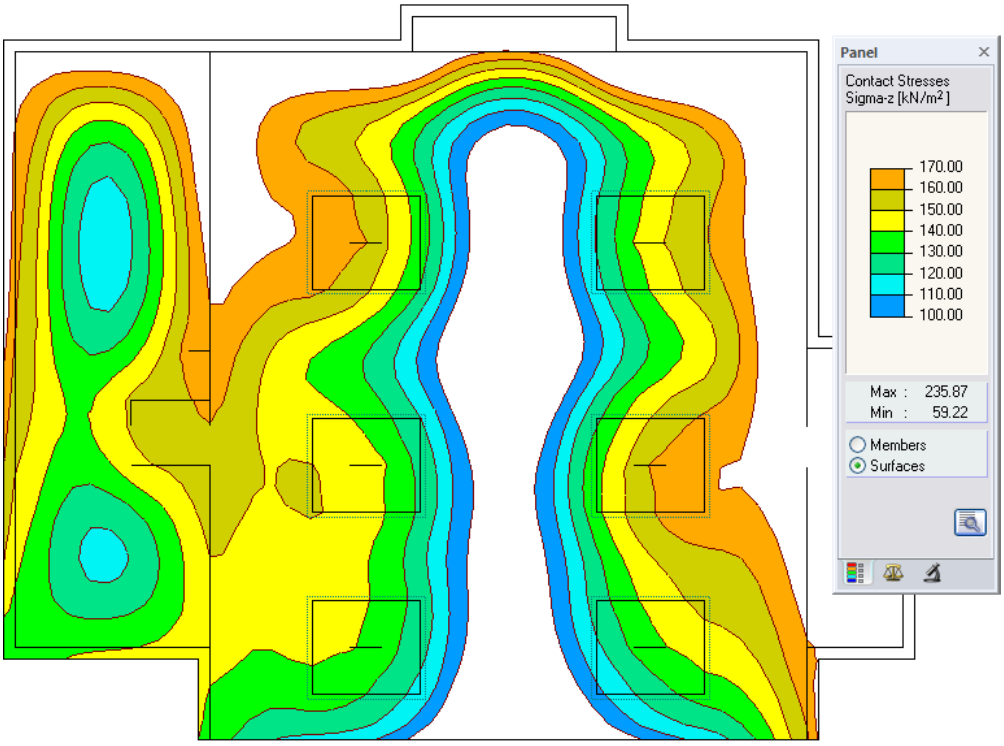


Figura 10.38: Filtrar tensiones de contacto con una paleta de colores ajustada

Filtrar barras/superficies/sólidos

En el registro *Filtro* del panel de control se pueden definir los números de las barras, superficies o sólidos cuya distribución de resultados se debe mostrar exclusivamente en el gráfico. Para más información detallada ver el capítulo 4.4.6, página 82.

A diferencia de la función de vista parcial, la estructura se muestra al completo en el gráfico. La siguiente figura muestra los momentos flectores en las losas de forjado de la estructura. Los muros se muestran en el modelo, pero sin esfuerzos internos.

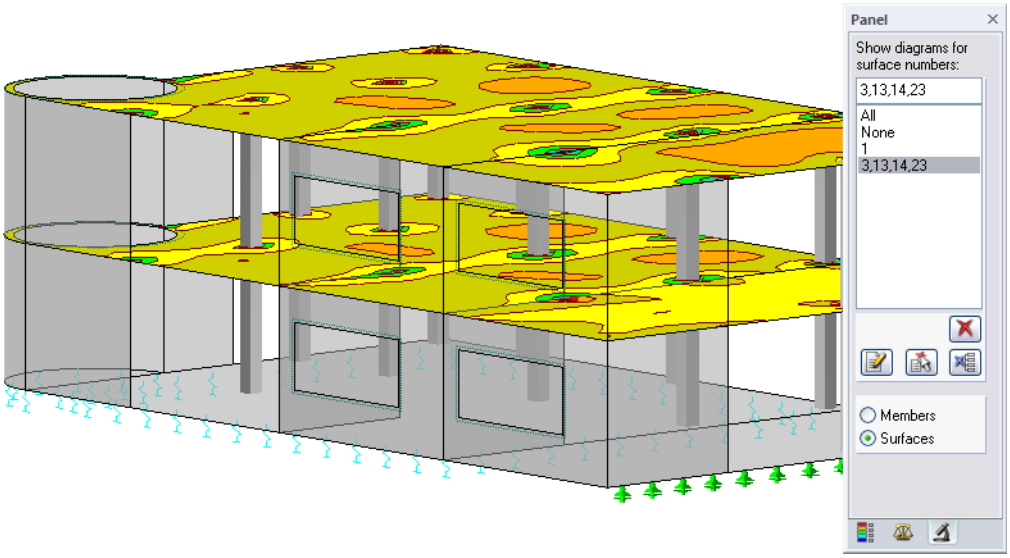


Figura 10.39: Filtrar superficies: momentos flectores de losas de forjado

10.10 Animación de deformaciones



Las deformaciones no sólo se pueden ver en su estado final. También es posible visualizar el proceso completo de las deformaciones mostrándolo como una secuencia en movimiento en el gráfico.



Para activar esta función

seleccione **Animación** en el menú **Resultados**

o utilice el botón de la barra de herramientas que se muestra a la izquierda. Para cerrar la vista de animación haga clic en el botón de nuevo. También se puede utilizar la tecla [Esc].



Para definir la configuración del proceso de animación, utilice el cuadro de diálogo *Opciones del programa*. Seleccione **Opciones del programa** en el menú **Opciones,** y luego abra el registro del diálogo *Gráficos*.

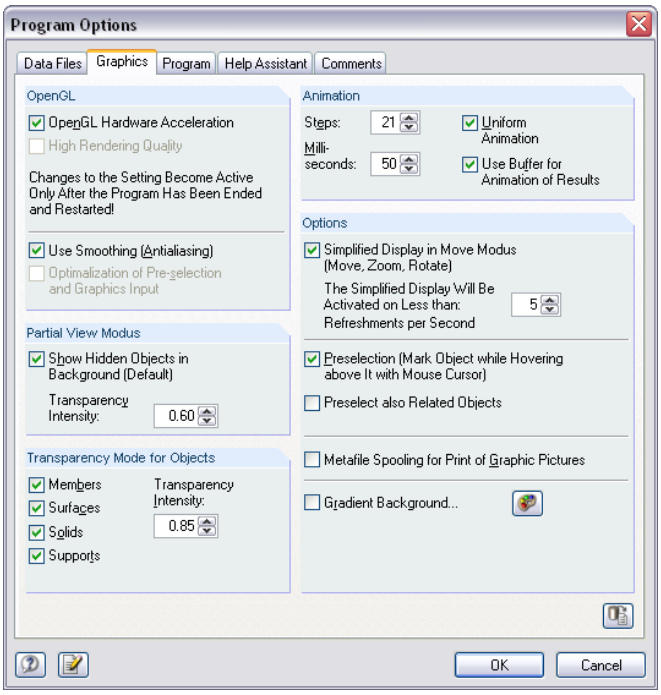


Figura 10.40: Cuadro de diálogo *Opciones del programa*, registro *Gráficos*



La animación de las deformaciones se puede guardar como un archivo de vídeo. Establezca el gráfico animado apropiadamente en la visualización y luego seleccione

Crear archivo de vídeo en el menú **Herramientas**.

Antes de que se abra el siguiente cuadro de diálogo tiene que aparecer un mensaje acerca de la configuración de OpenGL.

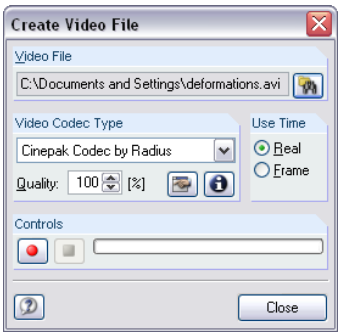


Figura 10.41: Cuadro de diálogo *Crear un archivo de vídeo*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

En este cuadro de diálogo se pueden definir varias configuraciones para la creación de un archivo de vídeo.



El botón rojo [Grabar] inicia la grabación, y el botón azul [Detener] la termina. Después de grabar el vídeo, se puede almacenar el archivo del vídeo.

11. Informe

11.1 Informe

Normalmente los datos de entrada y de salida de RFEM 4 no serán enviados directamente a la impresora. Primero se genera un así llamado “Informe” a partir de los datos que puede ser complementado con los gráficos, explicaciones, escaneados y otros elementos. En este informe impreso también se puede definir qué datos de los cálculos han de ser incluidos en la impresión final.

Para cada estructura se pueden crear varios informes de impresión. Si la estructura es muy extensiva, es mejor dividir los datos en varios informes más pequeños. Por ejemplo, crear sólo un informe para datos de entrada, otro para esfuerzos de apoyo y otro para resultados de las superficies. Al dividir los datos, se pueden evitar retrasos.

En principio también es posible crear diferentes informes de impresión para una sola estructura de RFEM. Dependiendo de los datos requeridos, el ingeniero de testeo y el de cálculo pueden recibir informes diferentes.

Sólo puede enviar un informe si una Impresora predeterminada ha sido instalada en Windows. El controlador de la impresora es usado mediante la vista previa en el informe.

11.1.1 Crear o abrir un informe



Para crear un nuevo informe

Seleccione **Abrir informe** en el menú **Archivo**

o bien utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda. También puede usar el menú contextual de la correspondiente entrada de datos en el navegador *Datos*.

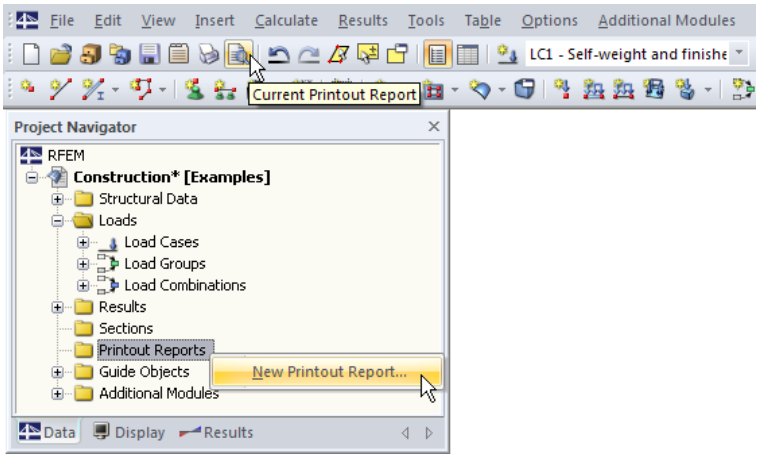


Figura 11.1: Botón y menú contextual *Nuevo informe*

Se abre el siguiente cuadro de diálogo:

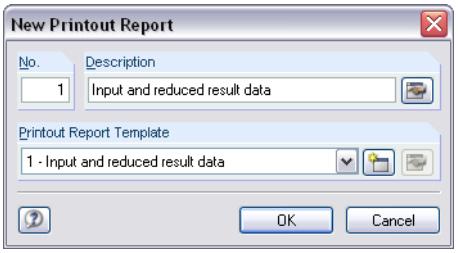


Figura 11.2: Cuadro de diálogo *Nuevo informe*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

El número de informe es automáticamente preseleccionado por el programa pero no puede ser modificado en el campo de entrada *Núm.*. En el campo de entrada *Descripción,* se puede introducir un nombre para el informe que facilita la selección en las listas más tarde. Esta descripción no será impresa.

Desde la lista de la sección del diálogo *Plantilla de informe* se puede seleccionar una plantilla de informe. Para más información detallada o plantillas de informe ver capítulo 11.1.7, página 355.

Los botones en este cuadro de diálogo están reservados para las siguientes funciones:

	Crear una nueva plantilla de informe.
	Editar la selección del informe (ver capítulo 11.1.3, página 342).

Tabla 11.1: Botones en el cuadro de diálogo *Nuevo Informe*

Cuando un Informe ya ha sido definido y se selecciona la opción **Abrir informe** en el menú **Archivo,** se muestra el siguiente cuadro de diálogo.

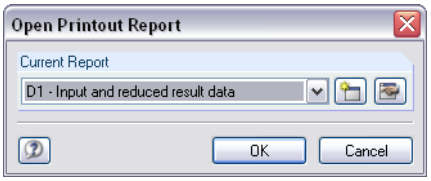


Figura 11.3: Cuadro de diálogo *Abrir Informe*

Puede seleccionar el informe importante de la lista. Los botones de este cuadro de diálogo están reservados para las siguientes funciones:

	Crear un nuevo informe
	Editar la selección del informe (ver capítulo 11.1.3, página 342).

Tabla 11.2: Botones en el cuadro de diálogo A*brir informe*

11.1.2 Trabajar en el informe

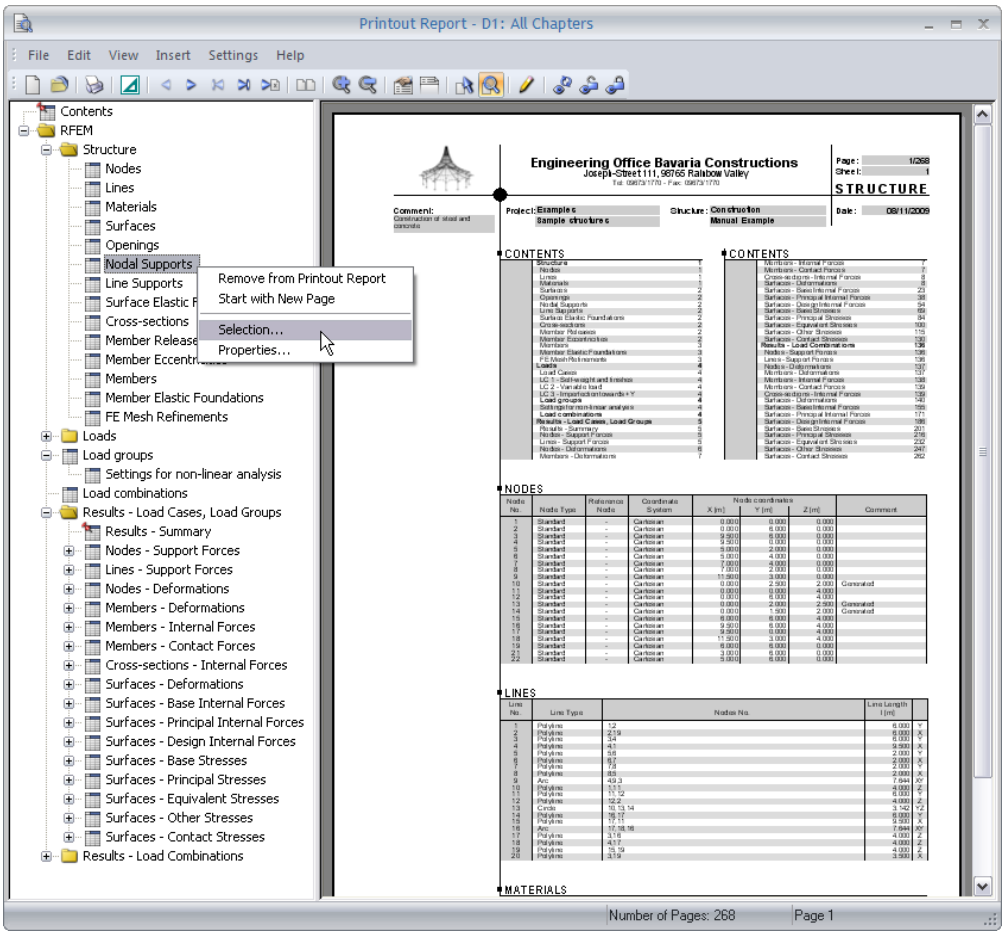


Figura 11.4: Informe con menú contextual

Cuando se ha creado el informe, el navegador del informe aparece a la izquierda. A la derecha se presenta una vista previa de la impresión.

Los capítulos individuales del informe se pueden mover a cualquier lugar en el navegador mediante la opción arrastrar y soltar.

El menú contextual ofrece opciones adicionales para ajustar el informe. Como es usual para las aplicaciones de Windows, son posibles selecciones múltiples utilizando la tecla [Ctrl] o [Mayús.].

Eliminar del informe

El capítulo seleccionado será eliminado. Si quiere volver a insertarlo utilice la selección global (Menú *Edición* → *Selección global*).

Empezar con una nueva página



El capítulo seleccionado se inicia en una página nueva. Se marca con una chincheta roja en el navegador.
(capítulo *Resultados – Resumen* mostrado en la figura superior).

Selección

El cuadro de diálogo para la selección global que se abre se describe en detalle en las siguientes páginas. El capítulo será seleccionado como predeterminado.

Propiedades

Las propiedades generales de un capítulo pueden ser modificadas como se muestra en la siguiente figura.



Figura 11.5: Cuadro de diálogo *Propiedades*

En este cuadro de diálogo se puede cambiar el *Título* del capítulo e introducir una *Explicación adicional* que será mostrada en el margen izquierdo del informe posteriormente. Este texto adicional se puede ocultar, así como las imágenes informativas (bocetos de secciones, direcciones de carga etc.).

Navegar en el informe

La forma más sencilla de saltar a una página específica del informe es seleccionando el capítulo relevante en el navegador.

En el menú **Ver,** hay cuatro funciones adicionales disponibles a las que se pueden acceder mediante los botones enumerados a continuación.

	Ir a la página anterior en la vista previa de páginas
	Ir a la página siguiente
	Ir a la primera página en la vista previa de páginas
	Ir a la última página
	Introducir el número de la página que ha de ser mostrada en la vista previa de páginas
	Elegir entre la vista de una cara o dos en la vista previa de páginas
	Acercar
	Alejar
	Modo de selección: Seleccionar y editar un capítulo mediante un clic de ratón
	Modo de zoom: Acercar el capítulo seleccionado mediante un clic de ratón
	Dibujar de nuevo la vista del informe

Tabla 11.3: Botones de navegación en la barra de herramientas del informe

11.1.3 Definir los contenidos del informe



En la selección global se seleccionan los capítulos que ha de contener el informe. Para abrir el cuadro de diálogo para la selección global

seleccione **Selección global** en el menú **Edición**

o utilice le menú de la barra de herramientas mostrado a la izquierda. También puede usar el menú contextual del detalle del navegador *Contenidos*.

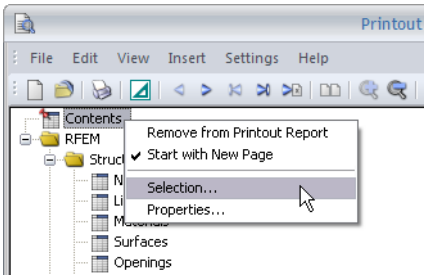


Figura 11.6: Abrir la selección global mediante el menú contextual *Contenido*.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

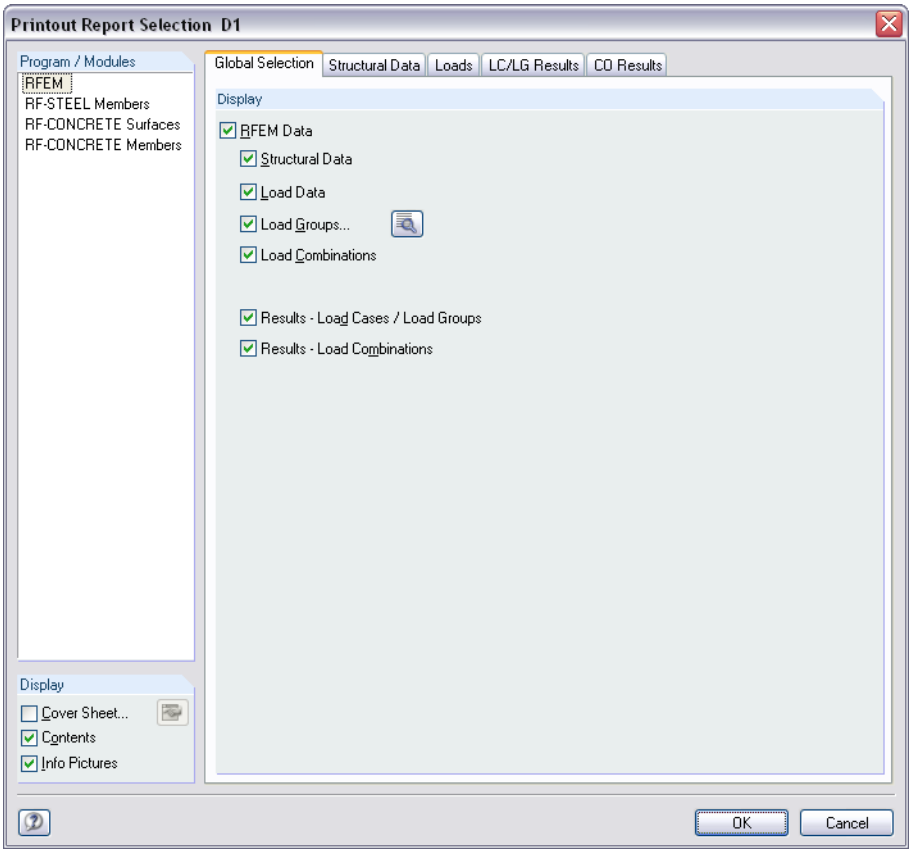


Figura 11.7: Cuadro de diálogo *Selección de informe*, registro *Selección global*

La lista en la sección del diálogo *Programa / Módulos* muestra todos los módulos en los que las entradas han sido llevadas a cabo. Cuando se selecciona un programa en esta lista los capítulos que han de ser impresos, pueden ser seleccionados en el registro de la derecha.

En el registro *Selección global* se determinan los capítulos principales para el informe. Si se desactiva la casilla de verificación el correspondiente detalle del registro desaparece.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

11.1.3.1 Seleccionar datos estructurales

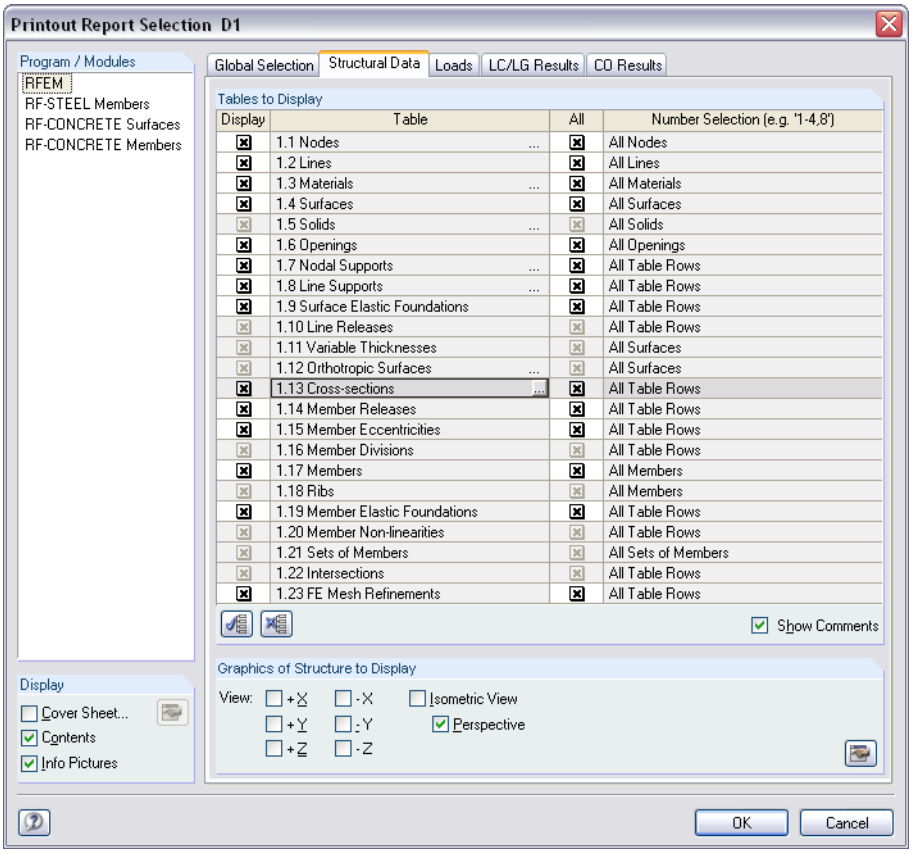


Figura 11.8: Cuadro de diálogo *Seleccionar informe*, registro Datos estructurales



En la columna *Visualización* en la sección del diálogo *Tablas para mostrar* controla si un capítulo se incluye en el informe. Algunas tablas contienen subcapítulos. Si se hace clic, por ejemplo, en el campo de la tabla *1.13 Secciones*, el botón [...] queda disponible y se puede abrir otro cuadro de diálogo en el que se pueden definir las secciones para las cuales los detalles de secciones han de ser incluidos en el Informe. Sin embargo, si se quiere definir el tipo y extender estos detalles de secciones utilice el botón [Información] en la esquina derecha del cuadro de diálogo.



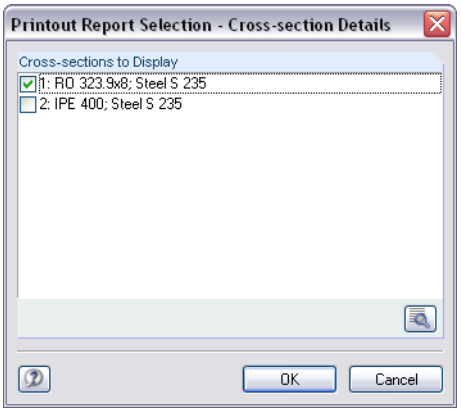


Figura 11.9: Cuadro de diálogo *Selección de informe para impresión – Detalles de secciones*

El Informe se fundamenta en las tablas de entrada explicadas en el capítulo 5. La tercera columna *Todos* controla si todas las filas de la tabla están incluidas en la impresión. Si se desactiva la casilla de verificación se pueden introducir los números de filas de la tabla específicas en la columna final *Selección de número*.



De nuevo, se recomienda utilizar el botón [...] al final del campo de entrada para la selección en esta columna de la tabla porque de esta forma es más sencillo seleccionar nudos, líneas, superficies, barras, conjuntos de barras, aberturas y sólidos en el gráfico de RFEM. Para los objetos restantes se muestra una lista de filas de la tabla para la selección.



En la sección del diálogo *Gráficos de la estructura para mostrar* debajo de la tabla, es posible importar gráficos predeterminados en el informe. Existen siete vistas disponibles. Para cada una de las vistas se puede además activar la *Perspectiva* espacial. Utilice el botón [Editar] para preseleccionar el tamaño en general de estos gráficos.

La opción para incluir gráficos manualmente en el Informe (capítulo 0, página 351) todavía puede usarse independientemente de configuración de este cuadro de dialogo.

11.1.3.2 Seleccionar datos de carga

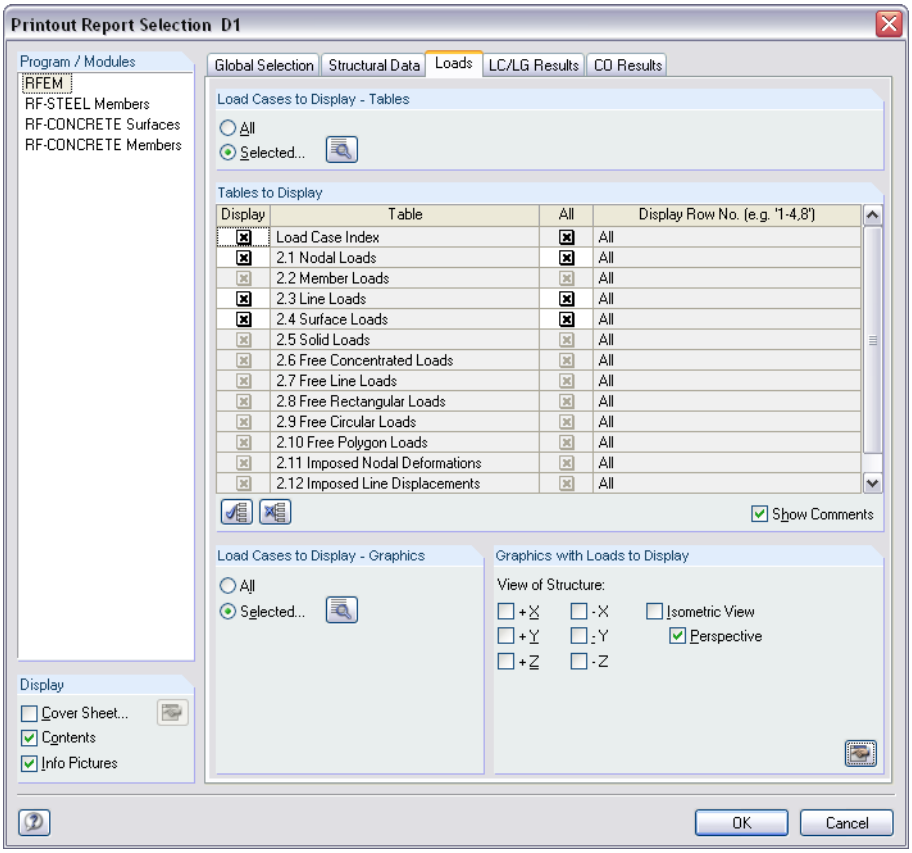


Figura 11.10: Cuadro de diálogo *Selección del Informe*, registro *Cargas*

Seleccione las tablas de la misma forma que se describe para la selección de los datos estructurales.



En el registro *Cargas*, se encuentran disponibles dos opciones adicionales. En la sección del diálogo *Casos de carga para mostrar – Tablas* se puede determinar si los datos de entrada de *Todos* o sólo de algunos casos de carga *Seleccionados* han de ser incluidos en el Informe. Si selecciona Seleccionados, haga clic en el botón mostrado a la izquierda para definir los casos de carga relevantes.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

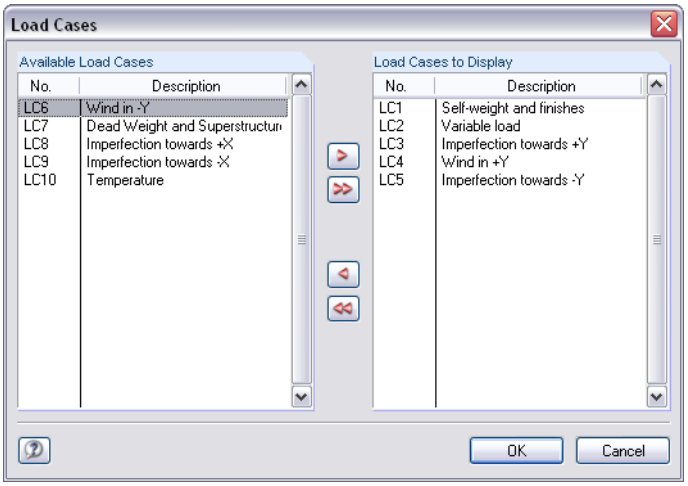


Figura 11.11: Selección de casos de carga

En la sección del diálogo *Casos de carga para mostrar – Gráficos* en la esquina inferior izquierda del cuadro de diálogo, esta opción está también disponible para gráficos predeterminados.

11.1.3.3 Seleccionar datos de resultados

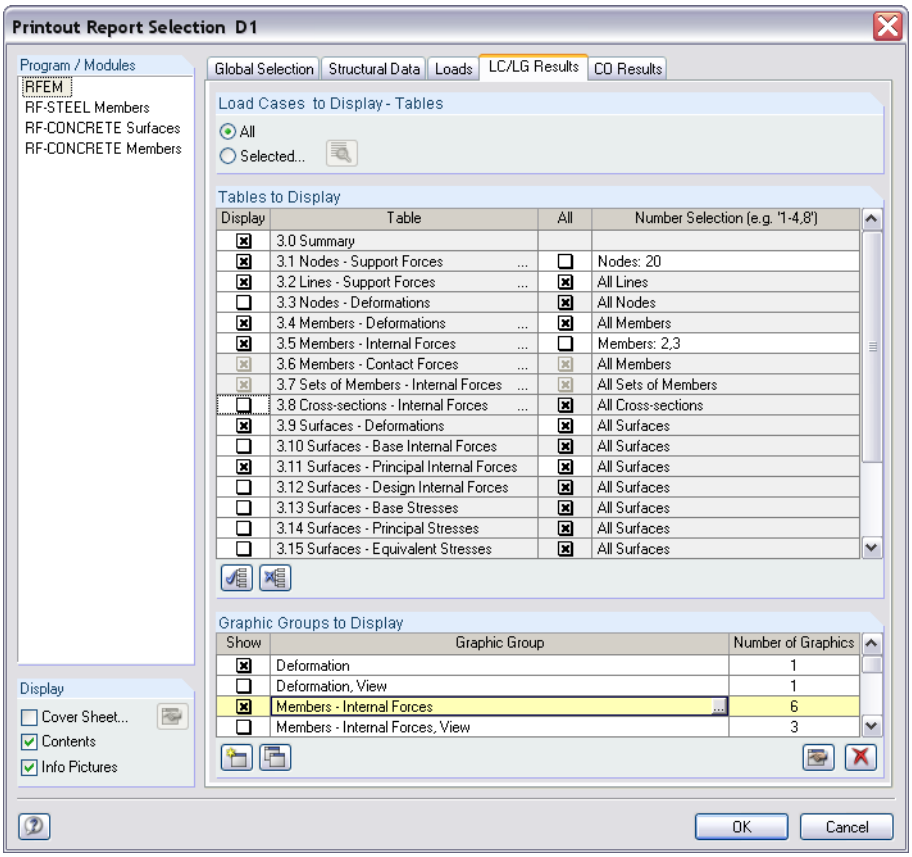


Figura 11.12: Cuadro de diálogo *Selección de informe*, registro Resultados *CC/GC*

Están disponibles dos registros para la selección de los datos de los resultados que son normalmente más extensivos. En el registro *Resultados CC/GC*, se pueden seleccionar los resultados de casos de carga y de grupos de carga. En el registro *Resultados CO*, se define la impresión de los resultados de combinaciones de carga.

La selección de los datos de resultados es similar a la selección de los datos de carga (ver capítulo anterior). Seleccione la opción *Seleccionado* para restringir la impresión de los resultados de casos de carga o grupos de carga particulares. En la sección del diálogo *Tablas para mostrar* se pueden seleccionar las tablas y las filas de tablas como se describe en el capítulo 11.1.3.1. En la columna *Selección de número* se puede utilizar el botón [...] para seleccionar los objetos gráficamente.

En la columna *Tabla* algunas filas de la tabla muestran tres puntos al final de la línea. Estos puntos indican el botón [...] que puede ser activado haciendo clic en la fila de la tabla. Utilice este botón para abrir otro cuadro de diálogo con criterios adicionales de selección, por ejemplo para esfuerzos internos de barras.

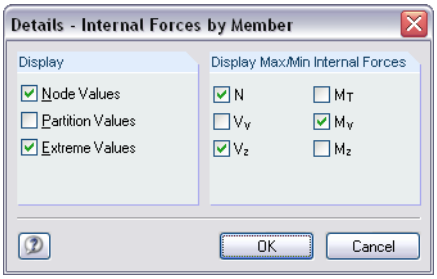


Figura 11.13: Cuadro de diálogo *Detalles – Esfuerzos internos de barras*

Los resultados pueden ser enumerados para cada barra en las siguientes posiciones:

- Nudo inicial y final
- Puntos de partición de acuerdo a la división de barra definida (capítulo 5.16, pág.158)
- Valores extremos de resultados (capítulo 9.5 página 278).

Se puede reducir la extensión del informe significativamente restringiendo los resultados en el registro Resultados CC/GC (figura 11.12) para elegir aquellos resultados que son esenciales para la documentación.

De forma similar a la selección de datos estructurales y de carga, se pueden incluir gráficos predeterminados en el informe. Sin embargo, en este caso la selección es un poco más compleja. En la sección del diálogo *Grupos de gráficos para mostrar* se muestra una lista ordenada de gráficos predeterminados guardados. Utilice las casillas de verificación en la columna *Mostrar* para determinar si los grupos gráficos contenidos en la lista que están contenidos en el informe.

Algunos grupos gráficos han sido ya predefinidos y otros grupos aún se pueden agregar. Los botones en la sección del diálogo *Grupos gráficos para mostrar* tienen los siguientes significados:

	Crear un nuevo grupo gráfico que aparezca inmediatamente al final de la lista. Puede ser nombrado de nuevo y sus propiedades pueden ser editadas mediante el botón [...].
	Copiar en la lista el grupo gráfico seleccionado.
	Borrar el grupo gráfico seleccionado en la lista.

Tabla 11.4: Botones de la sección del diálogo *Grupos gráficos para mostrar*

Utilice el botón [...] en la columna *Grupo gráfico* para editar la definición del grupo seleccionado. Este botón aparece en cuanto se hace clic en el campo de esta columna (figura 11.12, página 345).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

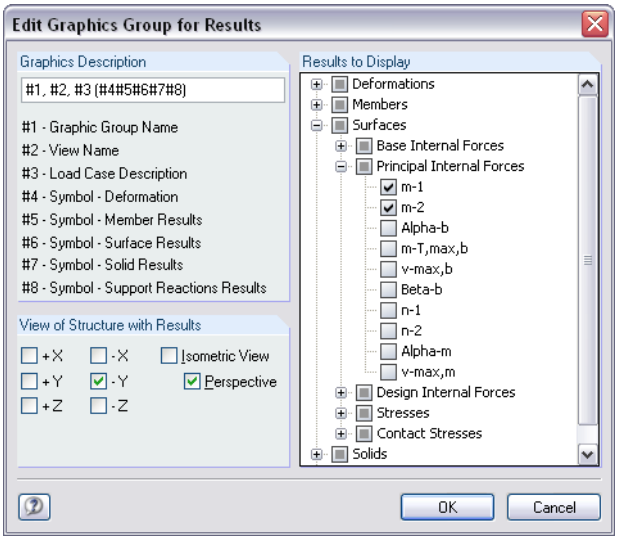


Figura 11.14: Cuadro de diálogo *Editar grupo de gráficos para resultados*

En el campo de entrada *Descripción gráfica* se define el encabezado del gráfico. Además de un texto definitivo que pueda ser arbitrariamente seleccionado, el encabezado también puede contener algunos elementos dinámicos. Con el elemento 3#, por ejemplo, se inserta el nombre del caso de carga en el encabezado.

En la sección del diálogo *Vista de la estructura con resultados*, se puede definir la vista gráfica.

En la sección del diálogo *Resultados para mostrar* se pueden seleccionar las deformaciones, esfuerzos internos o reacciones de apoyo relevantes de la estructura en árbol.

Cuando utiliza grupos gráficos, se recomienda siempre revisar la columna final *Número de gráficos*. Un pequeño error en la selección puede involucrar una multitud de gráficos, lo cual ralentizará enormemente el informe.

Los grupos gráficos se crean de forma global. Esto significa que un grupo gráfico definido por el usuario estará inmediatamente disponible para todas las demás estructuras en RFEM 4.

11.1.3.4 Seleccionar datos de módulos adicionales

Los datos de los módulos adicionales se cubren también mediante el informe global de RFEM. Pueden ser administrados en un único informe junto con los datos de RFEM 4 o en informes separados. Para estructuras grandes con muchos casos de diseño, se recomienda dividir el informe en varios informes lo que permite informes más claros y organizados, y un trabajo más rápido.

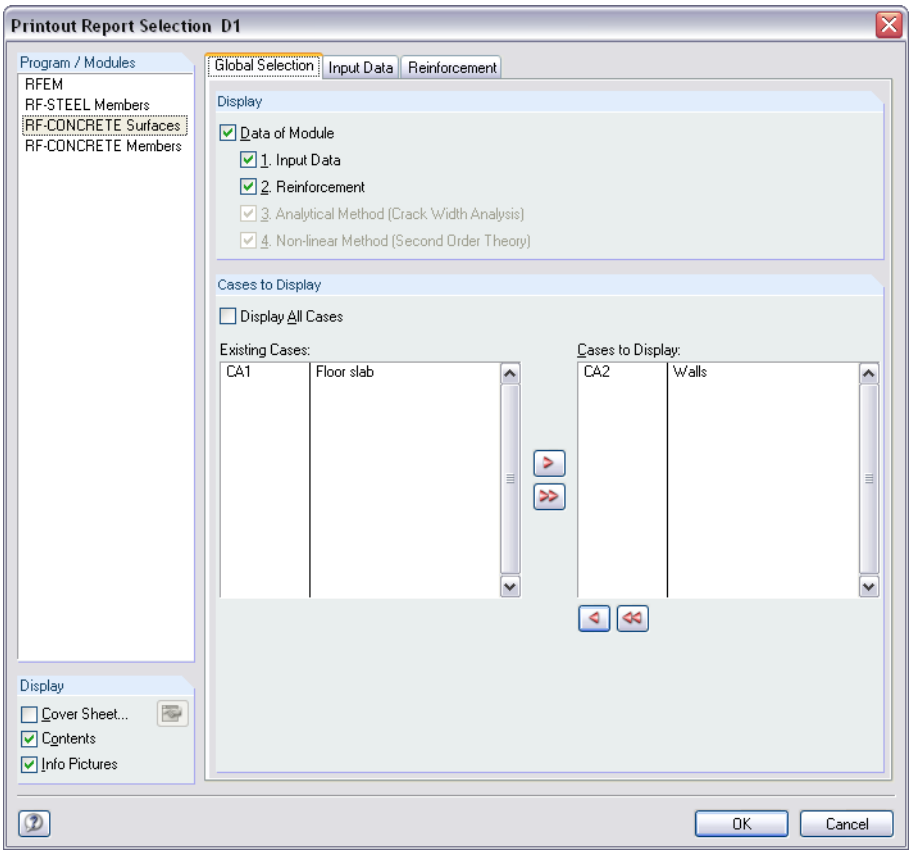


Figura 11.15: Cuadro de diálogo *Selección de Informe*, registro *Selección global* del módulo adicional **RF-CONCRETE Surfaces**

La lista de la sección del diálogo *Programa / Módulos* muestra todos los módulos adicionales en los que se han llevado a cabo entradas. Cuando se selecciona un módulo en esta lista, los capítulos que han de ser impresos pueden ser seleccionados en los registros de la derecha.

En el registro *Selección global* se determinan los capítulos principales para los datos de los módulos adicionales. Si se desactiva la casilla de verificación, desaparece el correspondiente registro de detalle.



En la sección del diálogo *Casos para mostrar*, la opción *Mostrar todos los casos* está ya preseleccionada. Si se quiere incluir sólo algunos casos particulares de diseño en el informe, desmarque la casilla de verificación. Entonces ya se podrán mover los casos no requeridos de las lista *Casos a mostrar* a la lista *Casos existentes*.

La selección en los registros de detalle para los *Datos de entrada* y *Resultados* es similar a la selección ya descrita en el capítulo 11.1.3.1 *Seleccionar datos estructurales* y 11.1.3.3 *Seleccionar datos de resultados.*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

11.1.4 Ajustar encabezado de informe



Durante la instalación, RFEM 4 ya crea un encabezado de impresión desde los datos del cliente. Para cambiar los datos del informe

seleccione **Encabezado** en el menú **Configuración**

o utilice el botón en la barra de herramientas del informe mostrado a la izquierda.

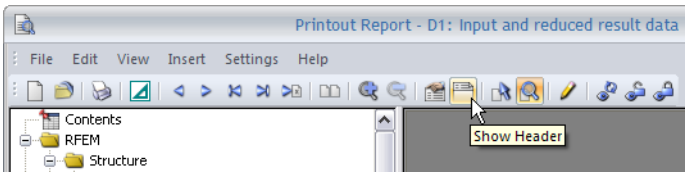


Figura 11.16: Botón *Mostrar encabezado*

En el siguiente cuadro de diálogo se puede definir la configuración para el encabezado del informe.

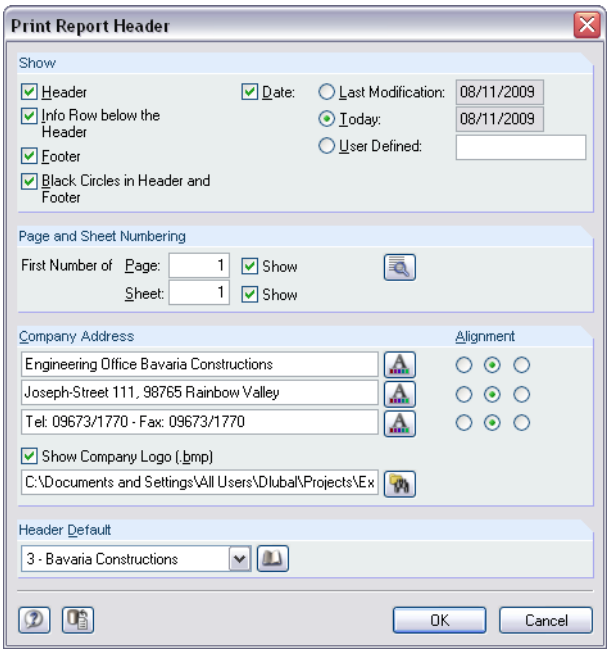


Figura 11.17: Cuadro de diálogo *Encabezado de Informe*

En la sección del diálogo *Mostrar*, se seleccionan los elementos del encabezado del informe, que representa el diseño de la página, que tendría que ser mostrado en general. Además, se puede definir la *Configuración* de datos.

La opción *Nota al pie del encabezado* incluye el proyecto general y datos estructurales junto con la fecha. La descripción del proyecto se rellena en el Administrador de proyectos entre los datos generales del proyecto y puede ser editado ahí (ver capítulo 13.1.6, página 478). La descripción de la estructura aplicada puede ser editada en los datos generales de la estructura (ver capítulo 13.2, página 485).

El *Pie de página* puede ser activado y desactivado así como los círculos negros en el punto de intersección de la línea de contorno y la línea de encabezado y de pie de página.

La numeración puede ser ajustada en la sección del diálogo *Numeración de página y hoja*. Si la *Página* y la *Hoja* tienen el mismo número de inicio y la casilla de verificación *Mostrar* está marcada, no existe diferencia en la numeración. Pero si se quiere asignar, por ejemplo, todas las páginas a una hoja, utilice el botón [Configuración para numeración] mostrado a la izquierda. Se abre un cuadro de diálogo en el que se pueden definir configuraciones detalladas de numeración.

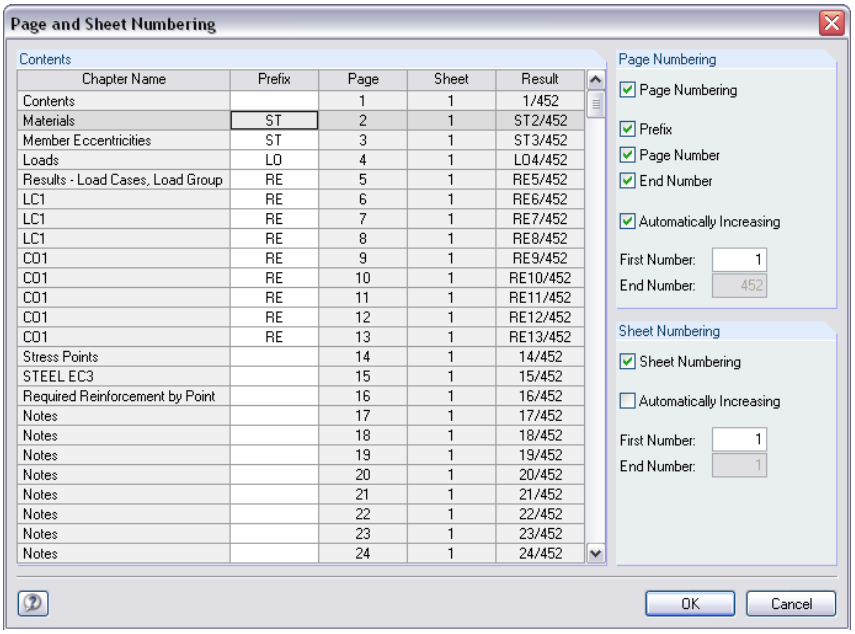


Figura 11.18: Cuadro de diálogo *Numeración de página y hoja*

En este cuadro de diálogo se puede determinar si la *Numeración de página* se utiliza con un *Prefijo*. Este prefijo ha de ser una abreviación que se define por capítulos e indica, por ejemplo, que todas las páginas incluyen datos estructurales mediante “ES” antes del número de la página. En este cuadro de diálogo también se puede determinar si el *Número final* se incluye (por ejemplo "Página: ES3/20").

Utilice las dos casillas de verificación de la opción *Incremento automático* para definir una numeración continua. Además se puede introducir el *Primer número* de la página y numeración de hojas. En la columna de la tabla *Resultado* aparecen dinámicamente los resultados de la configuración de numeración.



La sección del diálogo *Dirección de la empresa* en el cuadro de diálogo *Encabezado de informe* (ver figura 11.17) contiene los datos del cliente que pueden ser editados. Existen tres campos de entrada disponibles que se corresponden con las tres líneas en el encabezado del Informe. Para cada línea se puede cambiar la fuente y el tamaño de la fuente utilizando el botón [A] mostrado a la izquierda. Incluso el alineamiento de estas líneas puede ser definido por separado.



En el área izquierda del encabezado se puede incluir un logotipo de la compañía que será integrado como un gráfico. Este gráfico ha de estar disponible como un archivo bitmap. Se puede utilizar por ejemplo MS Paint para guardar una imagen como archivo *.bmp.



Para guardar el encabezado del informe haga clic en el botón [Establecer encabezado como predeterminado] al final del cuadro de diálogo. El cuadro de diálogo *Nombre de plantilla de encabezado* se abre para poder introducir una descripción. Este encabezado de informe será entonces un parámetro predeterminado seleccionado en la lista.



Para guardar o administrar los diferentes encabezados de informe utilice el botón [Biblioteca de encabezados] mostrado a la izquierda. Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

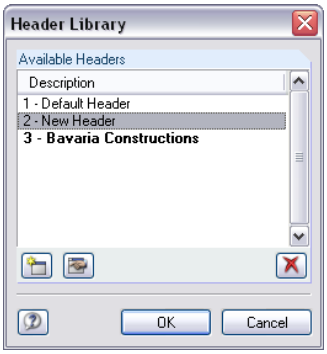


Figura 11.19: Cuadro de diálogo *Biblioteca de encabezados*

En este cuadro de diálogo se pueden crear, editar o eliminar plantillas de encabezados para informes de impresión. Los botones tienen los siguientes significados:

	Crear un nuevo encabezado. Se abre un cuadro adicional para la entrada de datos.
	Editar las propiedades del encabezado seleccionado
	Borrar el encabezado seleccionado en la lista

Tabla 11.5: Botones del cuadro de diálogo *Biblioteca de encabezados*



Si varios encabezados están disponibles, se puede seleccionar un encabezado en la sección del diálogo *Encabezado predeterminado* y aplicar este encabezado a los informes de impresión de las siguientes estructuras de RFEM 4 haciendo clic en el botón [Establecer encabezado como predeterminado].



Los encabezados se guardan en el archivo **DlubalProtocolConfig.cfg** en el archivo principal de datos de las aplicaciones Dlubal (por ejemplo C:\Documentos y configuración\Todos los usuarios\Datos de programa\Dlubal\ Stammdat). Este archivo está protegido contra escritura pero aún así se recomienda una copia de seguridad.

11.1.5 Insertar gráficos de RFEM



Cada imagen mostrada en el gráfico de RFEM 4 puede ser importada en el Informe. Además es posible incluir los diagramas de resultados de las secciones así como los detalles de las secciones en el informe impreso utilizando el botón [Imprimir] en la correspondiente ventana.

Para imprimir el gráfico actual de RFEM

seleccione **Imprimir** en el menú **Archivo**

o utilice el botón de la barra de herramientas.

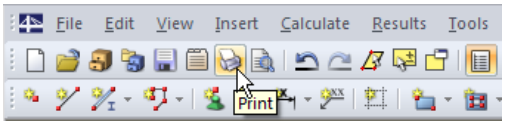


Figura 11.20: Botón *Imprimir* en la barra de herramientas de la ventana principal

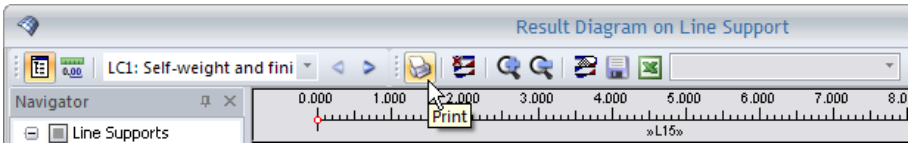


Figura 11.21: Botón *Imprimir* en la barra de herramientas de la ventana de *Diagrama de resultados*

Se abre el siguiente cuadro de diálogo:

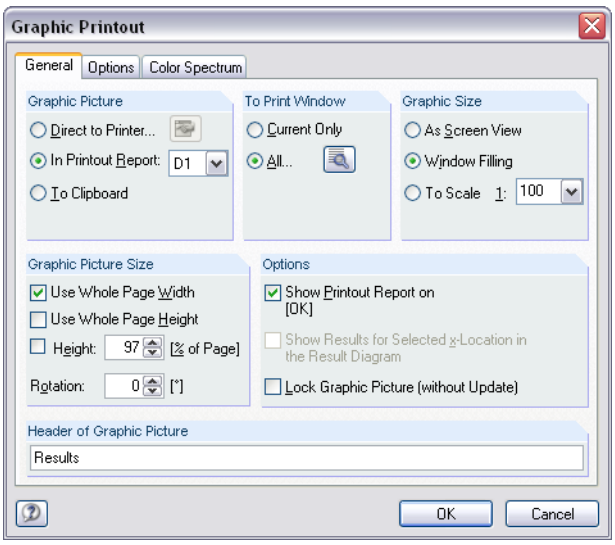


Figura 11.22: Cuadro de diálogo *Gráfico de impresión*, registro *General*

En la sección del diálogo *Imagen gráfica*, se ha de seleccionar la opción *En el informe*. Si están disponibles varios informes de impresión, se puede seleccionar el número del informe de destino en el campo de selección de la derecha.

Cuando se hace clic en [Aceptar] normalmente se abre el informe. En algunos casos no se deja esto, por ejemplo cuando se quieren imprimir varios gráficos uno después de otro en el informe. Se puede evitar que se abra el informe desmarcando la casilla de verificación *Mostrar Informe al [Aceptar]* en la sección del diálogo *Opciones*.

Generalmente se generan gráficos dinámicos. Esto significa que las imágenes en el informe se actualizan automáticamente de acuerdo con los cambios en los resultados de la estructura. Sin embargo, si se encuentra problemas de ejecución debidos a la gran cantidad de imágenes en el informe se puede detener la actualización dinámica marcando la casilla de verificación *Bloquear imagen gráfica (sin actualizar)* en la sección del diálogo *Opciones*..

Es posible desbloquear el gráfico en el informe más tarde. Haga clic derecho en la correspondiente entrada gráfica en el navegador del informe para abrir su menú (figura 11.4, página 340). Seleccione *Propiedades* para acceder al cuadro de diálogo *Impresión gráfica*. Alternativamente, seleccione el gráfico en el navegador del informe y

seleccione **Propiedades de capítulo** en el menú **Edición**.

Otra alternativa para crear gráficos estáticos o dinámicos es utilizar los botones de bloqueo en el informe. Se reservan para las siguientes funciones:

	Todos los gráficos serán actualizados.
	Todos los gráficos serán desbloqueados y pueden ser actualizados dinámicamente.
	Todos los gráficos serán bloqueados y serán fijados definitivamente en el informe.

Tabla 11.6: Botones gráficos en el informe

Las funciones que restantes del cuadro de diálogo *Impresión gráfica* se explican en detalle en el capítulo 11.2, página 365.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

11.1.6 Insertar gráficos y textos

Existen diferentes opciones disponibles para insertar cualquier tipo de gráficos y textos en el informe de RFEM.

11.1.6.1 Insertar gráficos

Si se quiere añadir una imagen que no es un gráfico de RFEM 4, se necesita abrir el correspondiente archivo de imagen en un editor de imágenes (por ejemplo MS Paint). Luego copiar la imagen en el portapapeles usando [Ctrl] + [C] en el teclado.

Para insertar le gráfico en el Informe

seleccione **Imagen del portapapeles** en el menú **Insertar**.

Antes de ser insertada, introduzca un nombre para el capítulo.

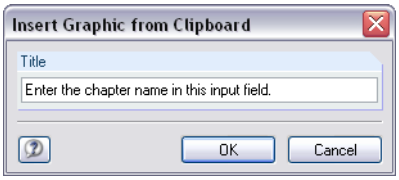


Figura 11.23: Cuadro de diálogo *Insertar gráfico desde el portapapeles*

El gráfico aparecerá como un simple capítulo individual en el informe.

11.1.6.2 Insertar textos

Se pueden agregar también al informe pequeñas notas definidas por el usuario. Para abrir el cuadro de diálogo para insertar textos,

seleccione **Texto** en el menú **Insertar**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

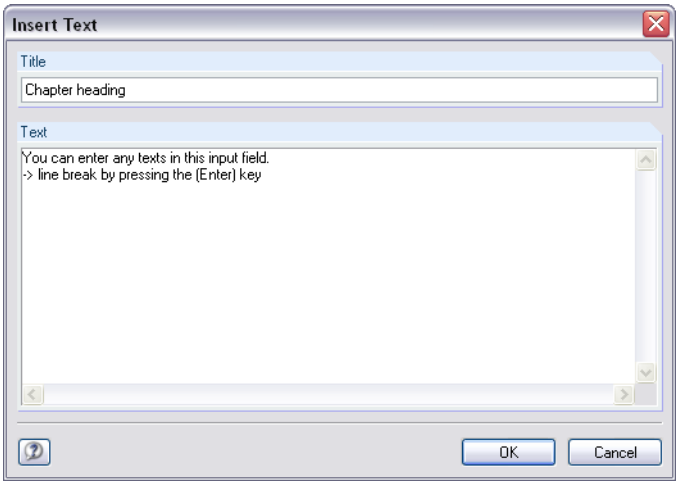


Figura 11.24: Cuadro de diálogo *Insertar texto*

Introduzca un *Título* y *Texto*. Haga clic en [Aceptar] para insertar el capítulo al final del informe. Luego se puede utilizar la función arrastrar y soltar para mover el capítulo a una posición adecuada en el informe.



Para modificar el texto en el modo de selección (tabla 11.3, página 341) más adelante, haga doble clic en el texto. Alternativamente haga clic en el encabezado y luego seleccione *Propiedades* en el menú contextual.

11.1.6.3 Insertar texto desde archivos de texto

Gracias a la posibilidad de importar cualquier tipo de archivos de texto en el informe se pueden almacenar textos recurrentes en un archivo y reutilizarlos para los informes.

También se puede utilizar esta función para integrar análisis de otros programas de diseño en el informe, siempre que estos archivos estén disponibles en archivos de texto ASCII.

Para insertar archivos de texto,

Seleccione el **archivo ASCII** en el menú **Insertar** del Informe**.**

Aparece el cuadro de dialogo de Windows *Abrir* en el que se puede seleccionar el archivo. Antes de que el contenido del archivo sea importado al informe, se abre el siguiente cuadro de diálogo.

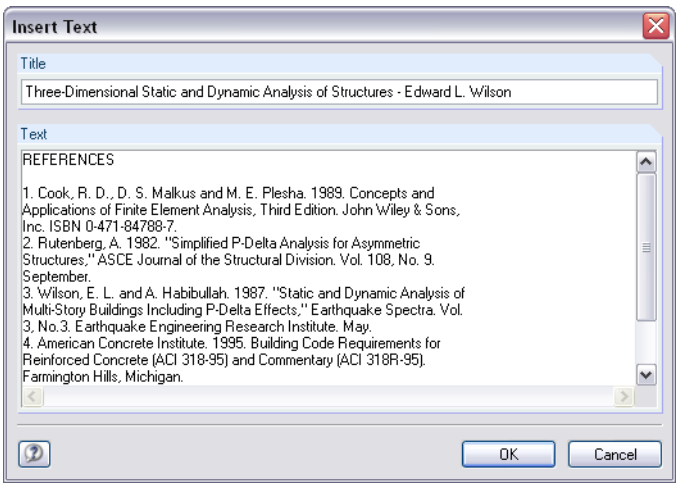


Figura 11.25: Cuadro de diálogo *Insertar texto*

En este cuadro de diálogo se puede ajustar el texto y definir un *Título* para el capítulo.

Haga clic en [Aceptar] para insertar el texto al final del informe. Luego se puede utilizar la función arrastrar y soltar para moverlo a un lugar apropiado dentro del informe.



Se puede modificar el texto en el modo selección (tabla 11.3) haciendo doble clic.

11.1.6.4 Insertar textos de archivos RTF

La opción insertar descrita en el capítulo 11.1.6.3 se utiliza para insertar textos recurrentes en el informe. Sin embargo los archivos ASCII no tienen formato de texto.

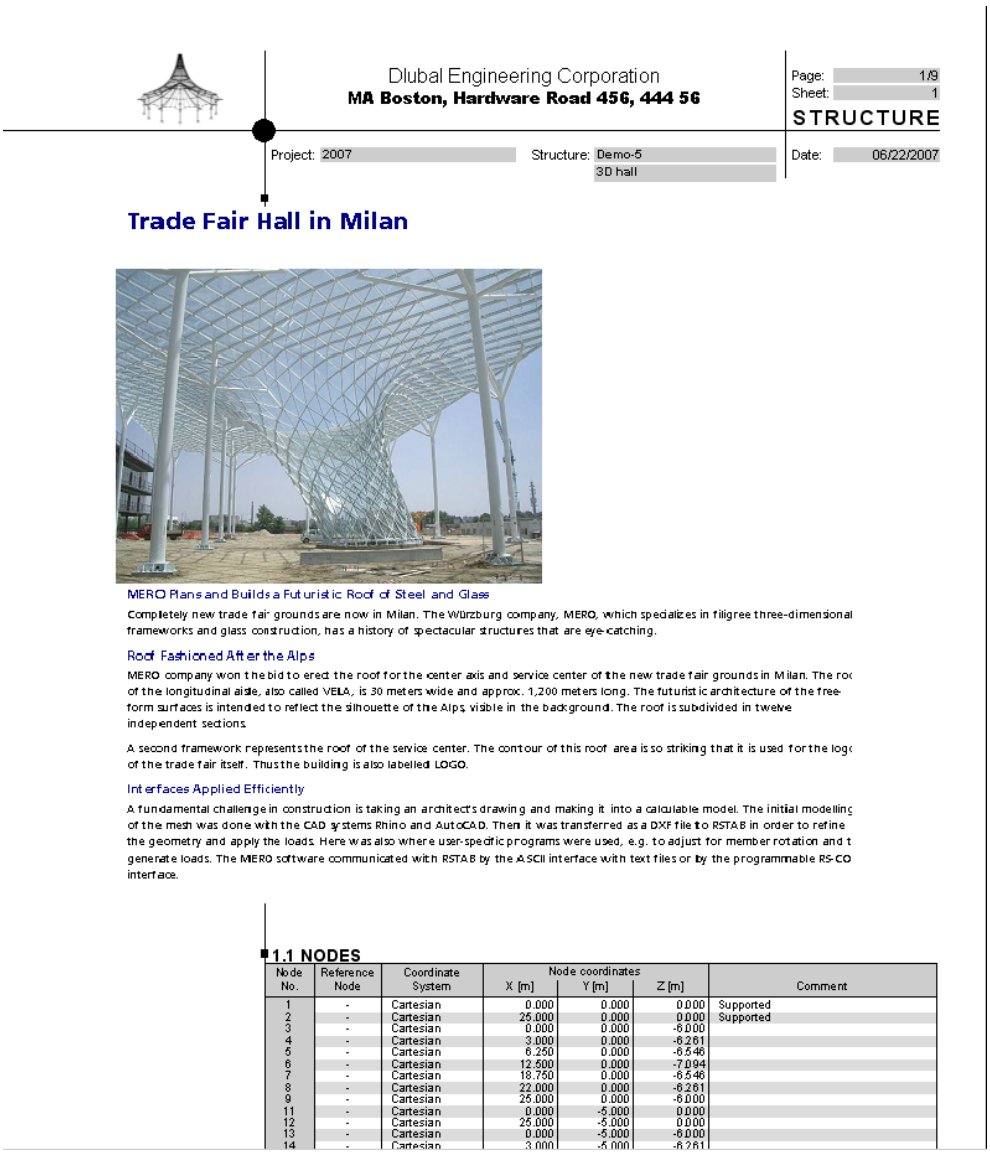
El importar archivos RTF permite integrar textos con formato incluyendo gráficos embebidos en el informe. Para usar la función de impresión

selecciones **Archivo RTF** en el menú **Insertar**.

Primero se abre el cuadro de diálogo de Windows *Abrir* en el que se puede seleccionar el archivo. Antes de ser insertado introduzca también el nombre del archivo.

Haga clic [Aceptar] para insertar el capítulo al final del informe. Luego se puede utilizar la función arrastrar y soltar para moverlo a un lugar apropiado en el informe.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



Dlubal Engineering Corporation
MA Boston, Hardware Road 456, 444 56

Page: 1/9
Sheet: 1
STRUCTURE

Project: 2007 Structure: Demo-5 3D hall Date: 06/22/2007

Trade Fair Hall in Milan

MERO Plans and Builds a Futuristic Roof of Steel and Glass

Completely new trade fair grounds are now in Milan. The Würzburg company, MERO, which specializes in filigree three-dimensional frameworks and glass construction, has a history of spectacular structures that are eye-catching.

Roof Fashioned After the Alps

MERO company won the bid to erect the roof for the center axis and service center of the new trade fair grounds in Milan. The roo of the longitudinal aisle, also called VELA, is 30 meters wide and approx. 1,200 meters long. The futuristic architecture of the free-form surfaces is intended to reflect the silhouette of the Alps, visible in the background. The roof is subdivided in twelve independent sections.

A second framework represents the roof of the service center. The contour of this roof area is so striking that it is used for the logo of the trade fair itself. Thus the building is also labelled LOGO.

Interfaces Applied Efficiently

A fundamental challenge in construction is taking an architect's drawing and making it into a calculable model. The initial modelling of the mesh was done with the CAD systems Rhino and AutoCAD. Then it was transferred as a DXF file to RSTAB in order to refine the geometry and apply the loads. Here was also where user-specific programs were used, e.g. to adjust for member rotation and t generate loads. The MERO software communicated with RSTAB by the ASCII interface with text files or by the programmable RS-CO interface.

1.1 NODES

Node No.	Reference Node	Coordinate System	Node coordinates X [m]	Y [m]	Z [m]	Comment
1	-	Cartesian	0.000	0.000	0.000	Supported
2	-	Cartesian	25.000	0.000	0.000	Supported
3	-	Cartesian	0.000	0.000	-6.000	
4	-	Cartesian	3.000	0.000	-6.261	
5	-	Cartesian	6.250	0.000	-6.546	
6	-	Cartesian	12.500	0.000	-7.094	
7	-	Cartesian	18.750	0.000	-6.546	
8	-	Cartesian	22.000	0.000	-6.261	
9	-	Cartesian	25.000	0.000	-6.000	
11	-	Cartesian	0.000	-5.000	0.000	
12	-	Cartesian	25.000	-5.000	0.000	
13	-	Cartesian	0.000	-5.000	-6.000	
14	-	Cartesian	3.000	-5.000	-6.261	

Figura 11.26: Archivo de impresión con un archivo RTF insertado

11.1.7 Modelo de informe

La selección descrita en el capítulo 11.1.3 consume mucho tiempo de trabajo. Sin embargo, se puede guardar la selección incluyendo los gráficos como modelo del informe para reutilizarla más adelante con otras estructuras. Gracias a estos modelos la creación de informes de impresión se vuelve mucho más eficiente.

Incluso un informe existente puede ser creado de nuevo después basándose en esa plantilla.

11.1.7.1 Crear un nuevo modelo

Para definir un modelo nuevo,

seleccione **Modelo de informe** en el menú **Configuración** del informe y luego haga clic en **Nuevo** o bien

seleccione **Modelo de informe** en el menú **Configuración** del informe, y luego haga clic en **Nuevo desde el informe actual.**

Nuevo

Al principio se abre el cuadro de diálogo descrito en el capítulo 11.1.3, página 342.

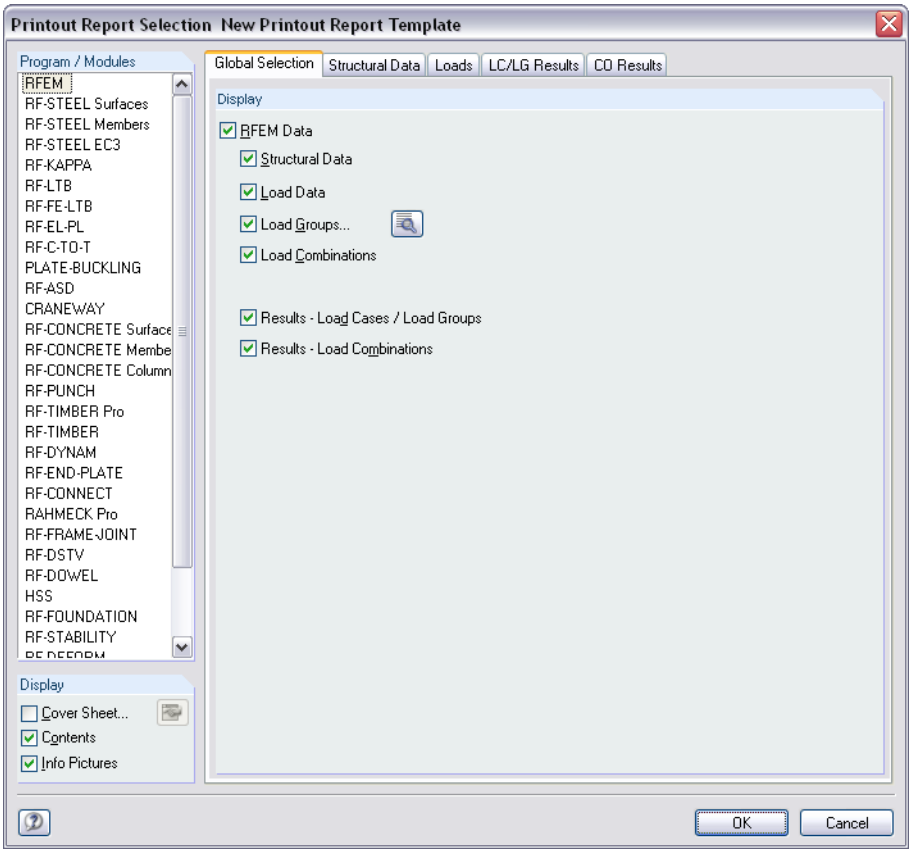


Figura 11.27: Cuadro de diálogo *Selección de informe Nuevo modelo de informe*

Los capítulos que han de ser impresos se pueden ser seleccionar en los registros individuales. Después de confirmar el cuadro de diálogo haciendo clic en [Aceptar], se abre otro cuadro de diálogo en que se puede definir una *Descripción* para el nuevo modelo del informe.

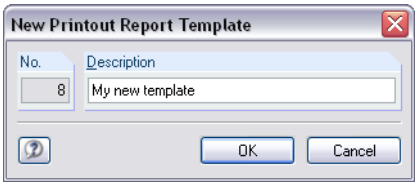


Figura 11.28: Cuadro de diálogo *Nuevo modelo de informe*

Nuevo desde informe actual

Si se selecciona esta opción la selección del informe actual se utiliza para el nuevo modelo. Se abre un cuadro de diálogo (figura 11.28) donde se introduce la *Descripción* del nuevo modelo de informe.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

11.1.7.2 Aplicar modelo

Si ya se ha abierto un informe, se puede aplicar la selección de un modelo específico al informe actual.

Seleccione **Modelo de informe** en el menú **Configuración** y luego haga clic en **Seleccionar**.

El siguiente cuadro de diálogo se abre si se quiere seleccionar un modelo de la lista *Plantillas de informe disponibles.*

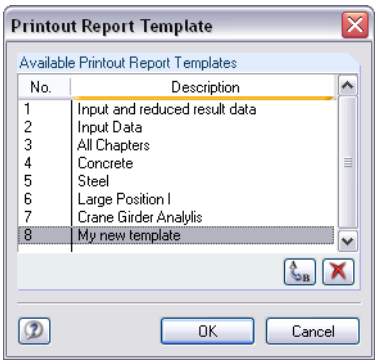


Figura 11.29: Cuadro de diálogo *Plantilla de Informe*

Después de confirmar el cuadro de diálogo y la siguiente cuestión de seguridad, se sobrescribirá la selección actual será sobre el modelo.

Si se crea un nuevo informe, se puede seleccionar una plantilla de la lista *Modelo de informe* para aplicar configuraciones específicas a un nuevo informe.

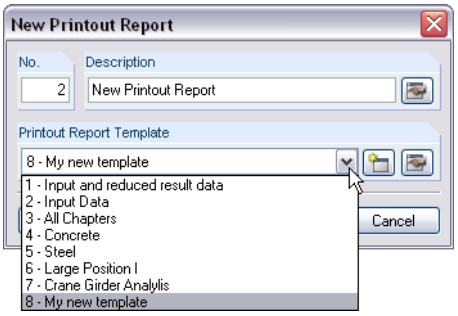


Figura 11.30: Cuadro de diálogo *Nuevo informe* con la lista de modelos

Los detalles sobre los botones de este cuadro de diálogo se pueden encontrar en la tabla 11.7.

11.1.7.3 Administrar modelos

La administración de los modelos se lleva a cabo en el cuadro de diálogo *Modelo de Informe*. Para abrir este cuadro de diálogo,

seleccione **Modelo de informe** en el menú **Configuración**, y luego haga clic en **Seleccionar.**

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 11.29. Los botones están reservados para las siguientes funciones que pueden ser aplicadas únicamente a plantillas definidas por el usuario.

	Cambiar el nombre del modelo seleccionado.
	Borrar el modelo seleccionado.

Tabla 11.7: Botones en el cuadro de diálogo *Modelo de informe.*



Antes de instalar una actualización se recomienda guardar los modelos de informe. Estos modelos se guardan en el archivo **RfemProtocolConfig.cfg** en el archivo de datos principal de RFEM (prede-

terminado como *C:\Documentos y configuración\Todos los usuarios\Datos de programa\Dlubal\RFEM4\Stammdat*).

11.1.8 Ajustar diseño

El diseño de un informe puede ser ajustado con respecto a sus fuentes y colores de fuente, configuración de márgenes y diseño de tablas.

Para abrir el cuadro de diálogo *Configuración de la página*,

seleccionar **Configuración de la página** en el menú **Edición**.

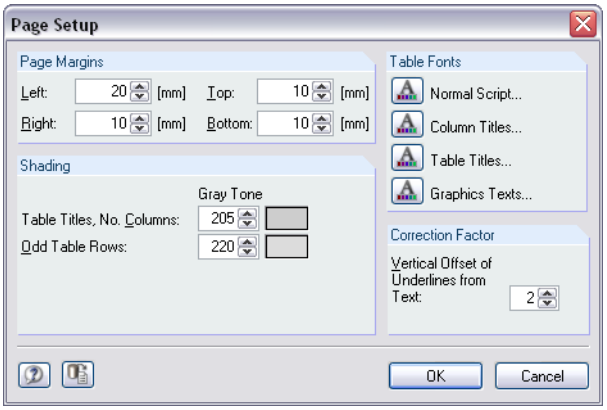


Figura 11.31: Cuadro de diálogo *Configurar página*



Las fuentes predeterminadas de los contenidos de las tablas y encabezados de las tablas son relativamente pequeñas. Ha de tener cuidado con cambiar la configuración predeterminada **Arial 8**. Las fuentes mayores no siempre se ajustan a las columnas.



La configuración de diseño también se aplica a los informes de los módulos adicionales de RFEM.

11.1.9 Crear portada

Para añadir una hoja de portada al Informe abra el cuadro de diálogo para introducir los datos de la hoja de portada.

Seleccione **Mostrar portada** en el menú **Edición**.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

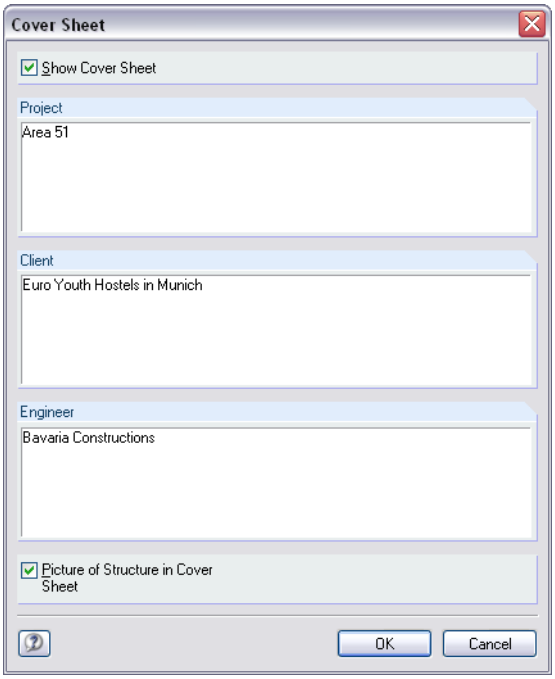


Figura 11.32: Cuadro de diálogo *Hoja de portada*

Después de introducir todos los datos, haga clic en [Aceptar] para crear la portada para el informe.

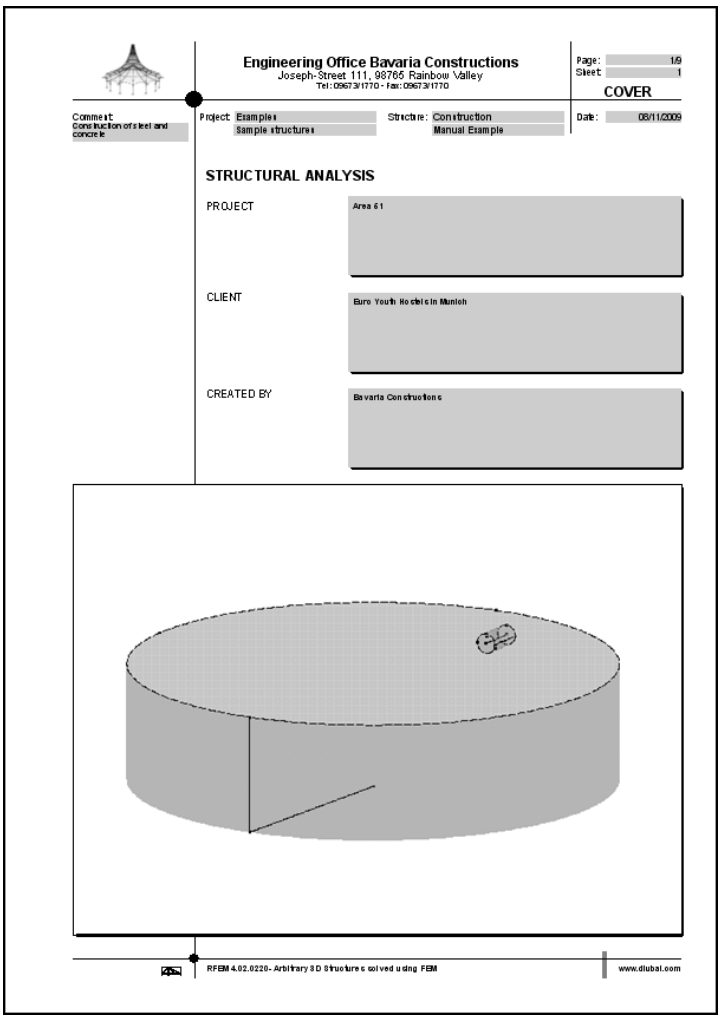


Figura 11.33: Hoja de portada en el informe

Los contenidos de la hoja de portada pueden ser modificados posteriormente en el modo selección (tabla 11.3, página 341) haciendo doble clic. Alternativamente también, haciendo doble clic en la hoja de portada en el navegador del informe y seleccionando *Propiedades* en el menú contextual.

11.1.10 Imprimir Informe

Para iniciar el proceso de impresión,

seleccione **Imprimir** en el menú **Archivo**

o utilice el botón de la barra de herramientas del informe mostrado a la izquierda.

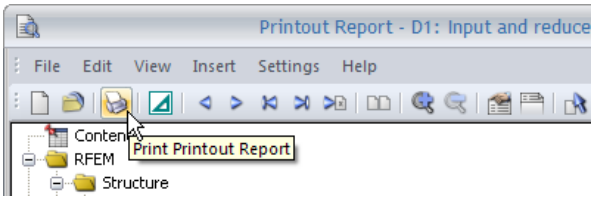


Figura 11.34: Botón *Imprimir informe*

Se abre el cuadro de diálogo predeterminado para la impresora en Windows en el que se puede seleccionar la impresora y determinar las páginas que han de ser impresas.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

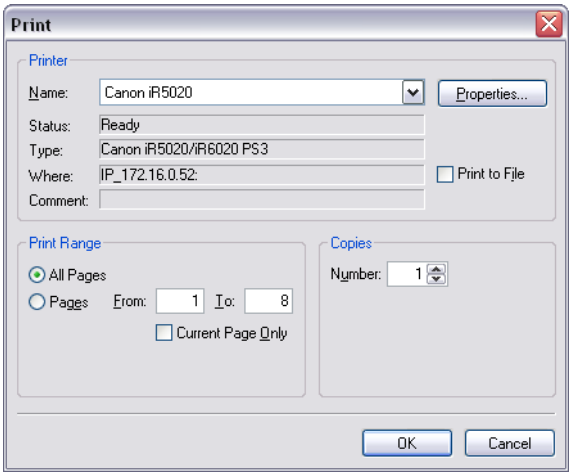


Figura 11.35: Cuadro de diálogo *Imprimir*

Si no se elige la impresora predeterminada, los saltos de página y la numeración en el papel puede ser diferentes de la vista previa.

Si se selecciona la opción *Imprimir en archivo*, se puede crear un archivo de impresión de formato PRN que puede ser enviado a la impresora mediante el comando **copiar**.

11.1.11 Exportar Informe

El Informe puede ser exportado como un RTF. También es posible exportarlo directamente a *BauText*.

RFEM 4 no permite exportar directamente a archivos ASCII. Como alternativa se puede utilizar la función de la Tabla importar/exportar en las tablas de entrada y salida. (ver cap. 12.3.6, pág. 426).

Exportar un RTF

El formato RTF puede ser leído por todos los programas habituales de procesamiento de textos. El informe será exportado junto con los gráficos.

Para empezar a exportar el documento RTF,

seleccione **Exportar a archivo RTF o BauText** en el menú **Archivo**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

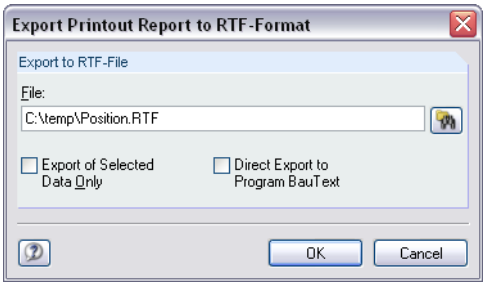


Figura 11.36: Cuadro de diálogo *Exportar Informe en formato RTF*

En este cuadro de diálogo se ha de definir la ruta y el nombre del archivo RTF. Si la casilla de verificación *Exportar sólo los datos seleccionados* está marcada, sólo se exportarán los capítulos seleccionados en el navegador del informe en vez del informe entero.

Exportar a BauText

BauText de la empresa VEIT CHRISTOPH es un programa de procesamiento de textos con extras específicos para cálculos estructurales.



Para exportar directamente a *BauText*,

seleccione **Exportar a archivo RTF o BauText** en el menú **Archivo**

o utilice el botón[Exportar a BauText] en la barra de herramientas mostrada a la izquierda.

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 11.36 en el que se puede marcar la casilla de verificación para *Exportar directamente al programa BauText*. No es necesario introducir un nombre al archivo pero *BauText* ha de estar ya activo en el fondo. Para iniciar el módulo de importar de *BauText*, haga clic en [Aceptar].

Exportar en PDF

RFEM 4 no permite exportar directamente el informe a un documento PDF. Sin embargo, si se ha instalado Adobe Acrobat® o un producto similar estará disponible una impresora virtual en el cuadro de diálogo *Imprimir* con el fin de crear el documento PDF.

Para la creación de archivos en PDF también se pueden utilizar varias freeware como *Ghostscript* o *Win2PDF*. Además una impresora que puede imprimir PostScript ha de estar instalada, por ejemplo HP Color LaserJet 5/5M PS. Cuando se ha establecido la impresora para imprimir el archivo de datos, es posible generar un archivo PostScript de cualquier informe. El archivo PostScript puede convertirse en un archivo PDF mediante *GhostScript*.

11.1.12 Configuración de idioma

El idioma en el informe puede ser establecido independientemente del idioma empleado en la interface de usuario de RFEM. De esta forma se puede crear un informe en alemán con la versión española de RFEM y viceversa.

Cambiar el idioma para el informe

Para cambiar el idioma al informe

seleccione **Idioma** en el menú **Configuración.**

En el siguiente cuadro de diálogo se puede elegir los siguientes idiomas de la lista.



Figura 11.37: Cuadro de diálogo *Idiomas*

Los siguientes idiomas están actualmente disponibles:

- Alemán
- Inglés
- Francés
- Italiano
- Español
- Ruso
- Checo
- Polaco
- Húngaro
- Eslovaco

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

- Portugués

Añadir un idioma a la lista

Las expresiones utilizadas en el informe se almacenan en cadenas de caracteres. Por lo que añadir nuevos idiomas es relativamente sencillo.

Para abrir el cuadro de diálogo *Idiomas*,

Seleccione **Idioma** en el menú **Configuración.**

Los siguientes botones descritos a continuación quedan disponibles.



Crear nuevo idioma

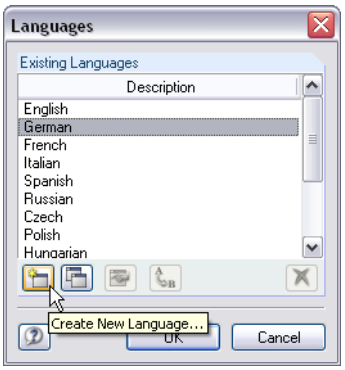


Figura 11.38: Cuadro de diálogo *Idiomas*, botón *Crear nuevo idioma*

En el siguiente cuadro de diálogo introduzca un *Nombre* para el nuevo idioma. Luego seleccione un *Grupo de idiomas* de la lista para que las fuentes puedan ser interpretadas correctamente.



Figura 11.39: 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 de *Idiomas existentes*.

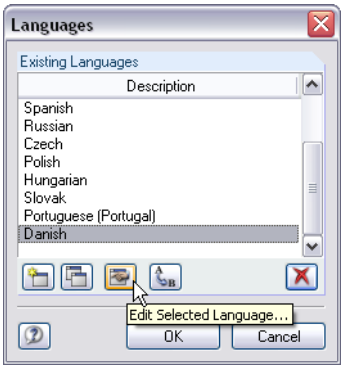


Figura 11.40: Cuadro de diálogo *Idiomas*, botón *Editar idiomas seleccionados*



Utilice el botón [Edición] para abrir un cuadro de diálogo en el que se pueden definir las cadenas para el nuevo idioma.

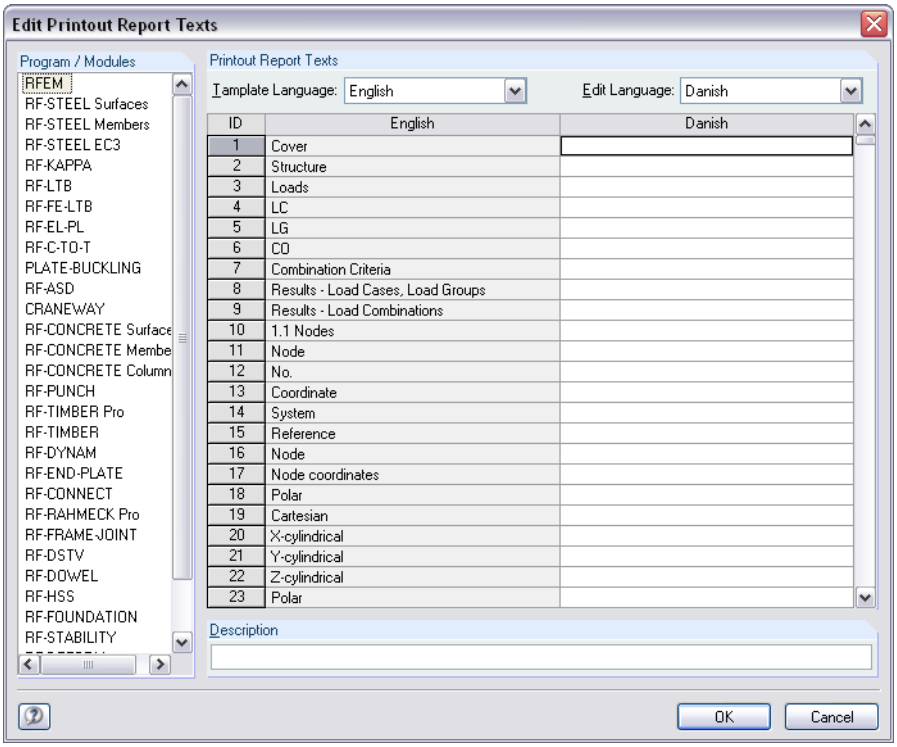


Figura 11.41: Cuadro de diálogo *Editar textos del informe*

Sólo pueden ser editados los idiomas definidos por el usuario.



Copiar un idioma

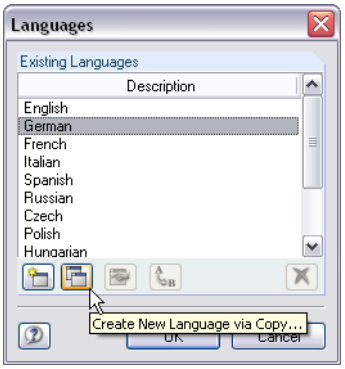


Figura 11.42: Cuadro de diálogo *Idiomas*, botón *Crear nuevo idioma mediante copia*

Esta función es parecida a la de creación de un nuevo idioma, pero en este caso no se crea una columna de idioma "vacía" (figura 11.41, columna *Danés*) sino que los términos del idioma seleccionado ya están preestablecidos.

Cambiar el nombre o borrar un idioma seleccionado




Utilice los dos botones restantes del cuadro de diálogo *Idiomas* mostrados a la izquierda para cambiar el nombre o borrar un idioma. Estas funciones están sólo disponibles para idiomas definidos por el usuario.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

11.2 Impresión gráfica directa

Es posible imprimir cada imagen mostrada en el gráfico de la ventana de RFEM inmediatamente. No es necesario integrarla en el informe primero (capítulo 0, página 351). Incluso los diagramas de resultado de las secciones, barras, líneas y apoyos lineales así como los detalles de las secciones pueden ser enviadas directamente a la impresora utilizando el botón [Imprimir] en la correspondiente ventana.



Para imprimir directamente el gráfico mostrado actualmente,

seleccione **Imprimir** en el menú **Archivo**

o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

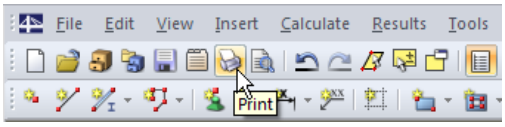


Figura 11.43: Botón *Imprimir* en la barra de herramientas de la ventana principal

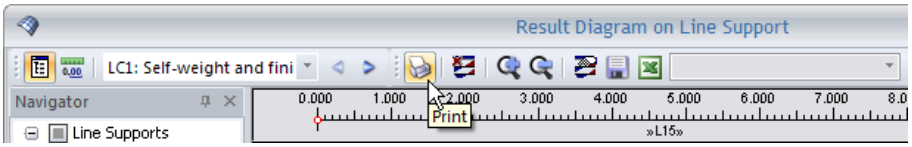


Figura 11.44: Botón *Imprimir* en la barra de herramientas de la ventana del *Diagrama de resultados*

Se abre un cuadro de diálogo con dos o tres registros. Los registros individuales se describen en detalle en los siguientes capítulos.

11.2.1 Registro *General*

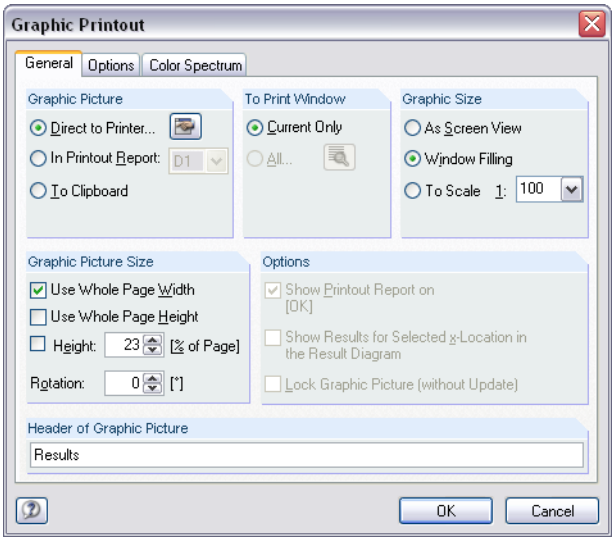


Figura 11.45: Cuadro de diálogo *Impresión gráfica*, registro *General*

Imagen gráfica

Para la salida de imágenes, se pueden seleccionar estas tres opciones:

- Directo a la impresora
- En el Informe (ver capítulo 0, página 351)
- Al portapapeles

Cuando se copia el gráfico en el portapapeles, la imagen queda disponible para otros programas. Así se puede importar el gráfico donde se quiera seleccionando **Insertar** en el menú **Edición**.



Para la impresión directa, utilice la opción *Directo a la impresora*. Es posible ajustar el encabezado del informe directamente mediante el botón [Editar el encabezado del informe] que abre el cuadro de diálogo *Imprimir encabezado del informe*. Los detalles de este cuadro de diálogo pueden ser encontrados en el capítulo 11.1.4 en la página 349.

Imprimir la ventana

En RFEM se pueden mostrar varias ventanas gráficas al mismo tiempo (capítulo 10.8, página 330). Cuando se imprimen vistas múltiples tenga en cuenta que sólo los gráficos de una misma estructura pueden ser impresos al mismo tiempo.

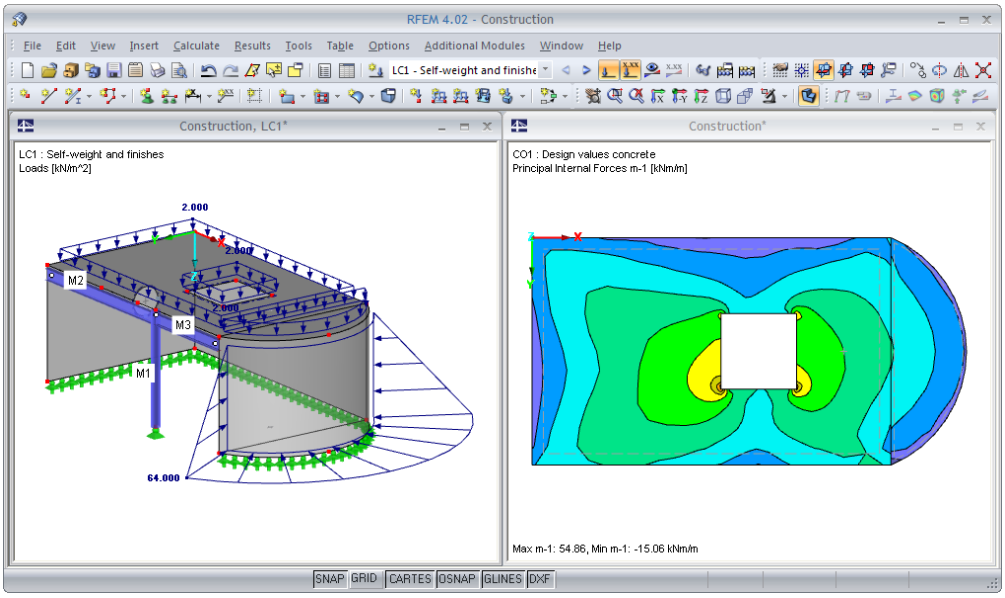


Figura 11.46: Dos ventanas en mosaico vertical

La sección del diálogo *Imprimir ventana* se utiliza para configuración de ventanas múltiples en la impresión. Seleccione *Sólo la actual* para imprimir el gráfico de la ventana actualmente activa por ejemplo la ventana derecha en la (figura 11.46).



Seleccione *Todas* para activar la opción [Editar disposición de la ventana]. Utilice este botón para definir la disposición de los gráficos en el papel. Haga clic en el botón para abrir el siguiente cuadro de diálogo el cual ofrece varias opciones de configuración.

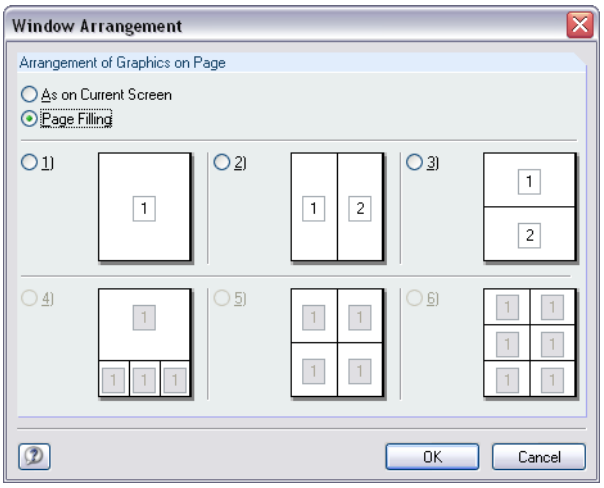


Figura 11.47: Cuadro de diálogo *Disposición de ventana*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Seleccione *Como en la pantalla actual* para disponer las ventanas en la hoja de acuerdo a los tamaños mostrados en el monitor. La imagen en la página al igual que en la visualización normalmente es más ancha que alta. Seleccione *Rellenar página* para usar el tamaño total de la página para la visualización de la ventana.

Tamaño del gráfico

Este cuadro de diálogo define la escala de la imagen del gráfico en el papel.

Si se quiere utilizar el mismo tamaño de imagen que se muestra en el monitor, seleccione *Como la vista de la pantalla*. Utilice esta opción para imprimir zonas ampliadas o visualizaciones especiales.

Seleccione *Pantalla completa* para imprimir la estructura entera en el papel. El ángulo de vista actual se utiliza para representar toda la estructura en el *Tamaño de la imagen gráfica* definido (ver siguiente sección del diálogo).

Seleccione la tercera opción *A la escala* para imprimir el gráfico a la escala que se defina. De nuevo se utiliza el ángulo de vista actual. No se puede utilizar una vista en perspectiva para la impresión a escala.

Tamaño de imagen gráfica

Esta sección del diálogo define el tamaño del gráfico en el papel.

Seleccione *Usar todo el ancho de la página* para utilizar el margen más allá de la línea de separación para el gráfico.

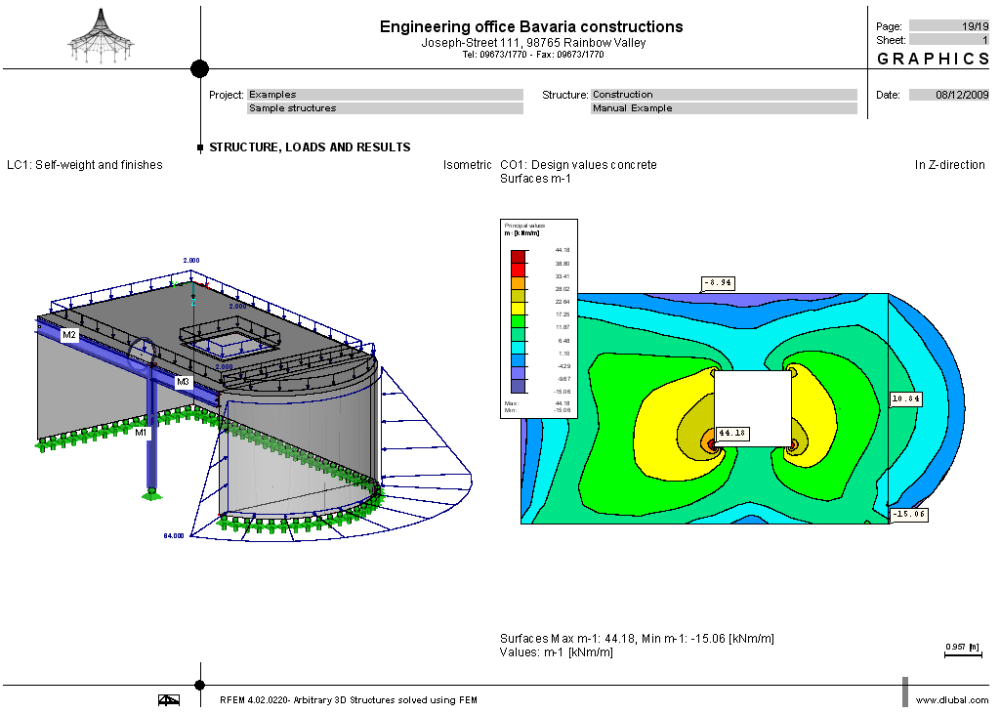


Figura 11.48: Impresión gráfica en formato panorámico con las opciones *Todas* y *Usar todo el ancho de la página*

Cuando no se utiliza el tamaño total del gráfico en la dirección vertical, la *Altura* del área gráfica puede ser definida como un porcentaje de la página.

En el campo de entrada *Giro* se puede definir un ángulo de rotación por el cual el gráfico será girado para la impresión.

Opciones

Cuando se imprimen los diagramas de resultados directamente la casilla de verificación para *Mostrar resultados para la posición seleccionada x en el diagrama de resultados* está activada. Seleccione esta opción para controlar los valores de salida mostrados en la posición del puntero del ratón.

Encabezado de la imagen gráfica

Cuando se abre el cuadro de diálogo de impresión, está preseleccionado un título para los resultados. Este título puede ser cambiado en su campo de entrada.

11.2.2 Registro *Opciones*

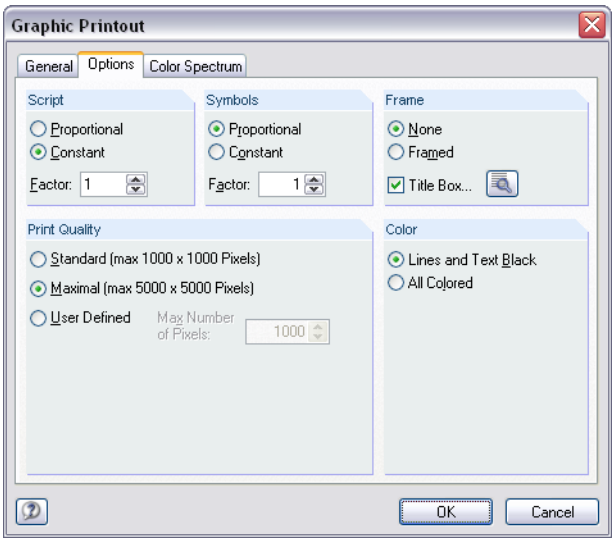


Figura 11.49: Cuadro de diálogo *Impresión gráfica*, registro *Opciones*

Script / símbolos

Normalmente la configuración predeterminada en estas dos secciones del diálogo no necesita ser modificada. Sólo en algunos casos por ejemplo para plotters de gran formato se necesitan algunas modificaciones.

El tamaño de las fuentes y de los símbolos gráficos (nudos, apoyos, líneas etc.) depende del driver de la impresora. Si los resultados impresos no son satisfactorios se pueden definir factores de escala por separado para *Script* y *Símbolos*

Marco

Un marco puede ser opcionalmente impreso alrededor del gráfico.



Además es posible añadir un *Cuadro de título* a la imagen impresa. Haga clic en el botón [Editar configuración de cuadro de título] mostrado a la izquierda para abrir un cuadro de diálogo donde se puede editar el diseño y definir los contenidos del cuadro de título.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

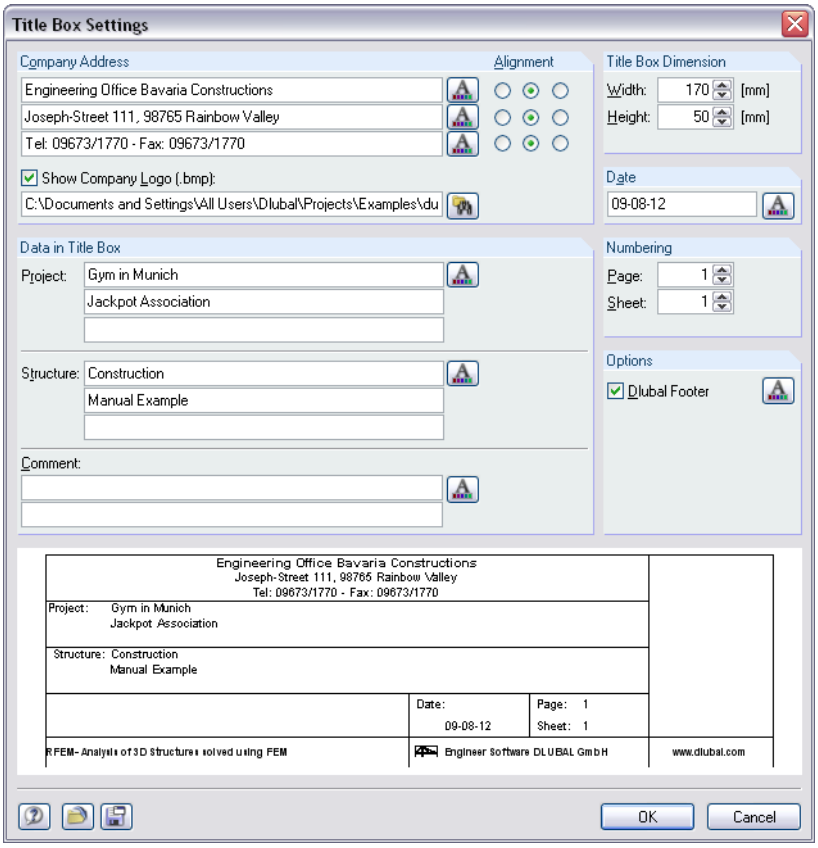


Figura 11.50: Cuadro de diálogo *Configuración de cuadro de título*

En la sección inferior de este cuadro de diálogo se muestra una vista previa del cuadro de título.

Calidad de impresión

Las modificaciones de esta sección del diálogo sólo son requeridas en casos excepcionales. Seleccione *Estándar* para imprimir el gráfico como un archivo de mapa de bits de tamaño *1000 x 1000 pixeles*. El tamaño máximo 5000 x 5000 pixeles junto con una profundidad de color de 32 bits produce una cantidad de datos de unos 100 MB. Se ha de tener cuidado al seleccionar esta resolución ya que puede causar problemas a algunos drivers de impresoras.

Color

Si se imprime directamente en una impresora monocromo se pueden imprimir en blanco y negro en vez de en escala de grises para mejorar la legibilidad. Tenga en cuenta que algunos elementos, por ejemplo isobandas o símbolos de apoyo, no se ven afectados por este parámetro y aparecerán coloreados en la impresión.

La conversión de los diagramas de resultados coloreados a escala de grises siempre es administrada por el driver de la impresora. Por lo que la configuración correspondiente no puede ser modificada desde RFEM.

11.2.3 Registro *Paleta de colores*

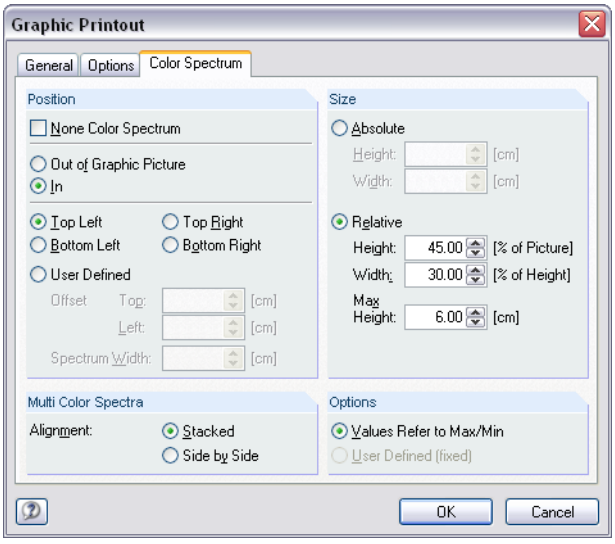


Figura 11.51: Cuadro de diálogo *Impresión gráfica*, registro *Paleta de colores*

Este registro está solo disponible cuando se muestran los resultados en una visualización multicolor (ver capítulo 10.3, página 313).

Posición

El espectro de colores del panel de control se imprime de forma predeterminada. Si no se quiere imprimir la paleta de colores, marque la casilla de verificación *Sin paleta de colores*.

Si se quiere que el espectro de colores se superponga a parte de la imagen, seleccione *Dentro*. Seleccione *Fuera de la imagen gráfica* para separar una raya de la ventana gráfica para utilizarla sólo para el espectro de colores. En este caso es posible definir el *Ancho del espectro* debajo de la sección del diálogo.

Si el espectro de colores se encuentra dentro de la imagen gráfica se puede definir exactamente su posición: el espectro puede ser situado en una de las cuatro esquinas del gráfico o en una posición *Definida por el usuario*.

Tamaño

En esta sección del diálogo el tamaño del espectro de colores puede ser especificado como *Absoluto* o *Relativo* al tamaño de la página.

Espectros multicolores

Los resultados de barras y de superficies pueden ser mostrados simultáneamente en el gráfico. El espectro de colores relevante se puede definir en el panel de control (figura 10.38, página 335). En la hoja, sin embargo, se muestran dos espectros de colores. La administración puede definirse en esta sección del diálogo.

Opciones

La asignación de colores a los valores puede ser definida por el usuario en el gráfico de RFEM (ver capítulo 4.4.6, página 79).

En esta sección del diálogo, se puede determinar si la paleta de colores predeterminada se refiere a los valores extremos (máx./mín.) o se utiliza la paleta de colores definida por el usuario para la impresión. No estará disponible ninguna actualización dinámica posteriormente.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

12. Herramientas

Este capítulo describe las diferentes funciones para la entrada en el gráfico y en las tablas. Incluyen opciones para editar los objetos seleccionados, funciones de CAD para diseñar nuevos elementos estructurales, operaciones para las tablas y opciones para entrada de datos parametrizados. Al final de este capítulo se incluye una pequeña lista de la estructura del programa y de los generadores de cargas.

12.1 Editar objetos

Utilice las opciones gráficas de edición para modificar los objetos que han sido definidos previamente seleccionados en el gráfico. Los objetos seleccionados se pueden editar con:

- mover
- copiar
- girar
- simetría
- proyectar
- estirar
- extruir
- modificar pendiente.

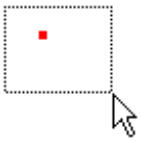
Por contraste, con las funciones de CAD descritas en el capítulo 0 no se requiere una selección previa. Estas funciones facilitan el diseño de nuevos objetos.

12.1.1 Selección gráfica

Mediante la **selección** de objetos se determina qué objetos se quieren editar luego. Por ejemplo nudos, líneas, superficies, sólidos, barras, apoyos o refinamientos de malla de EF son considerados objetos. Pero también es posible seleccionar cargas y objetos auxiliares (líneas de cota, comentarios) gráficamente.

Seleccione los objetos mediante un clic del ratón. El objeto seleccionado será resaltado en otro color en el gráfico. Sólo los objetos que hayan sido marcados en último lugar quedan seleccionados. Para seleccionar varios objetos mantenga la tecla [Ctrl] mientras hace clic en los objetos.

Selección con ventana



Utilice la selección de ventana para seleccionar varios objetos en un único paso. Haga clic con el botón izquierdo del ratón y dibuje una ventana a través de los objetos relevantes. Si se abre la ventana de izquierda a derecha, se seleccionan todos los objetos que están completamente dentro de la ventana. Si se abre de derecha a izquierda, se seleccionan aquellos objetos que incluso están parcialmente fuera de la ventana.



Para evitar desplazamientos no intencionados de las superficies cuando se seleccionan las correspondientes líneas o nudos mediante la selección de ventana, mantenga pulsada la tecla [Alt].

Selección con romboide



En la vista isométrica puede ocurrir que sea difícil seleccionar un objeto con una ventana rectangular. En estos casos se recomienda utilizar la función *Selección con romboide*.

Seleccione **Seleccionar** en el menú **Edición**, y luego haga clic en **Romboide**

o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

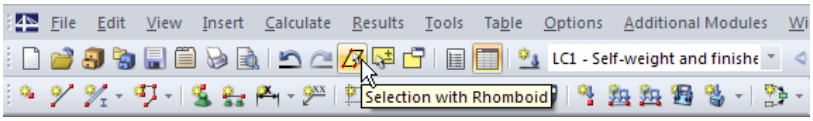


Figura 12.1: Botón *Selección con romboide*

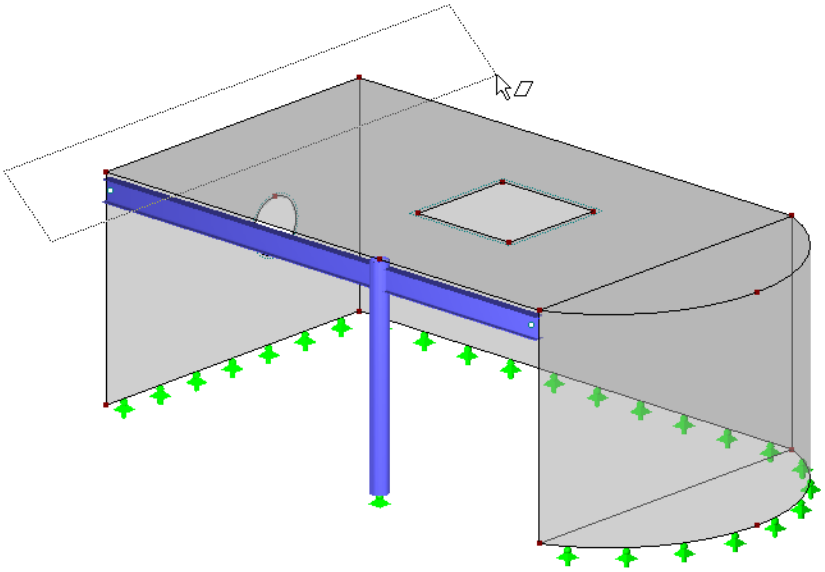


Figura 12.2: Seleccionar mediante romboide

Selección en el plano



Para seleccionar objetos que reposan sobre un plano (por ejemplo superficies de tejados), utilice la función *Selección en el plano*.

Seleccione **Seleccionar** en el menú **Edición,** y luego haga clic **En el plano**.

Se abre el siguiente cuadro de diálogo donde se puede definir la configuración para la selección.

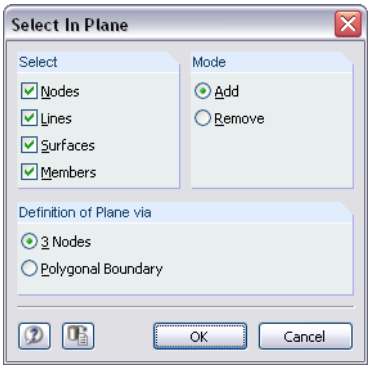


Figura 12.3: Cuadro de diálogo *Selección En el plano*

Se puede definir el plano o bien haciendo clic en *3 nudos* en el gráfico o dibujando un *Contorno poligonal* libre en el plano de trabajo. También es posible dibujar una línea continua por medio de nudos.

12.1.2 Selección especial

Esta función se utiliza para seleccionar objetos de acuerdo a criterios específicos. Además, los objetos seleccionados pueden ser agregados o eliminados de una selección ya existente.



Para utilizar la selección especial,

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

seleccione **Seleccionar** en el menú **Edición** y luego haga clic en **Especial** o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

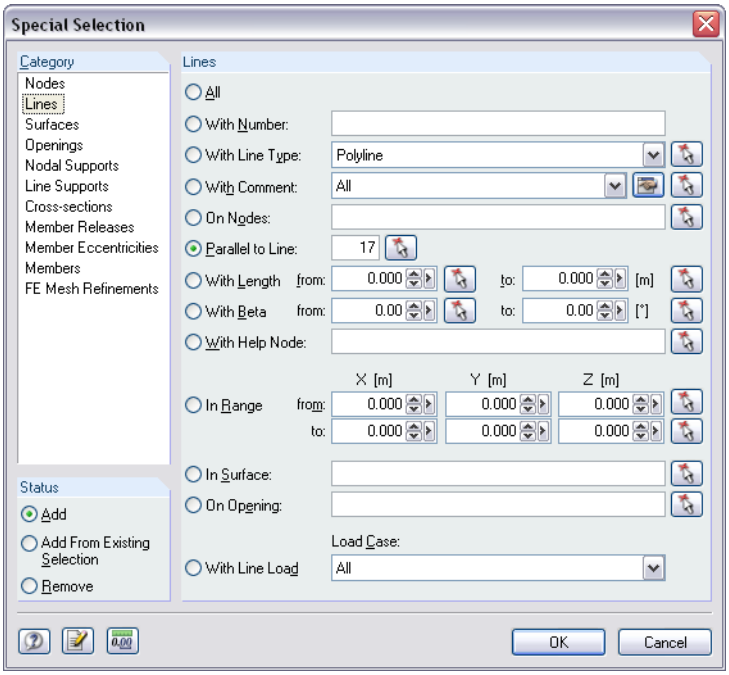


Figura 12.4: Cuadro de diálogo *Selección especial*

En la sección del diálogo *Categoría*, aparecen enumerados todos los objetos. La parte derecha del cuadro de diálogo cambia dependiendo del objeto que se haya seleccionado. En la parte derecha, se puede elegir un criterio de selección normalmente especificado en detalle mediante datos adicionales.

Ejemplo: Seleccionar todas las superficies paralelas a la losa del forjado.

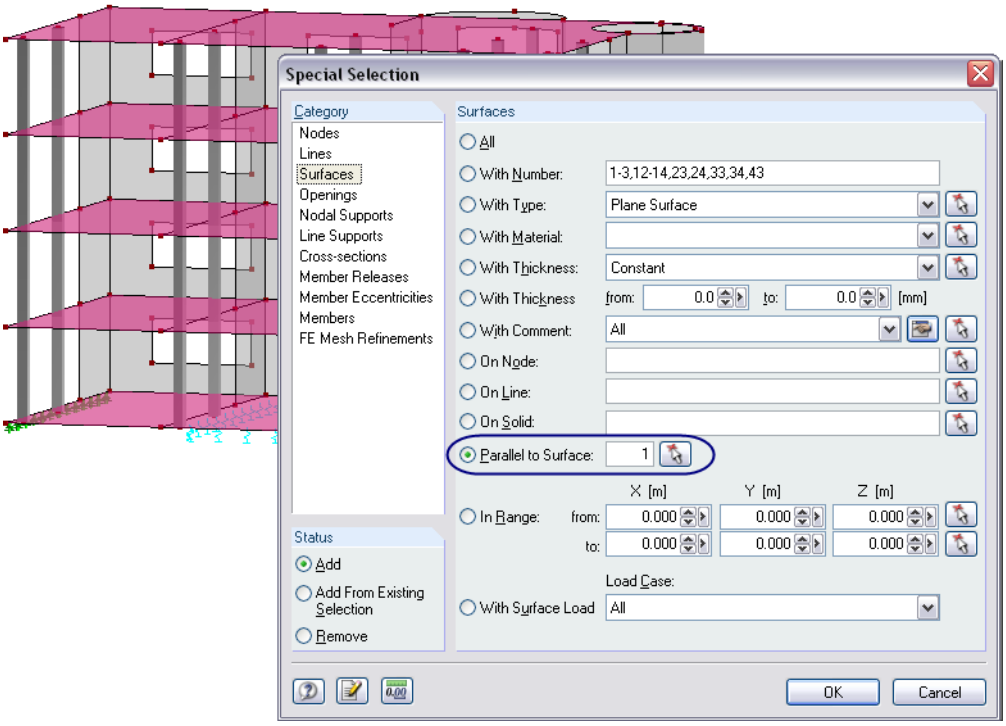


Figura 12.5: Cuadro de diálogo *Selección especial*: Seleccionar superficies paralelas



En el cuadro de diálogo se puede utilizar también el botón [Seleccionar] para definir la superficie de plantilla gráficamente.

Después de confirmar el cuadro de dialogo, la losa del suelo así como las demás superficies del suelo quedan seleccionadas.

12.1.3 Mover y copiar



Para mover o copiar objetos seleccionados,

seleccione **Mover/Copiar** en el menú **Edición**

o utilice el menú contextual del objeto correspondiente. También se puede utilizar la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

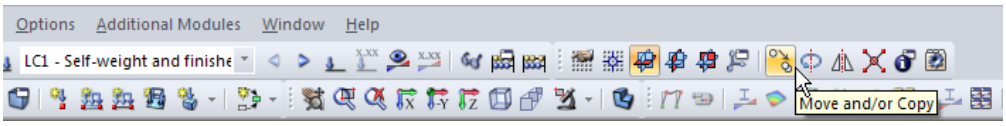
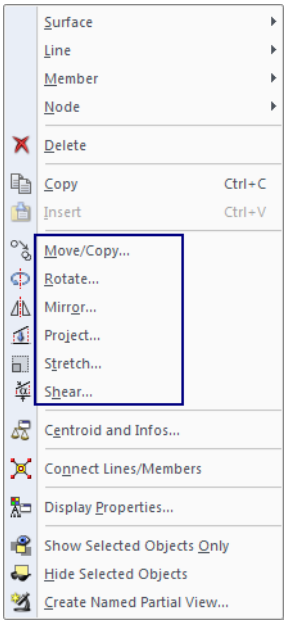


Figura 12.6: Botón *Mover y/o copiar*

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:



Menú contextual de los objetos seleccionados

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

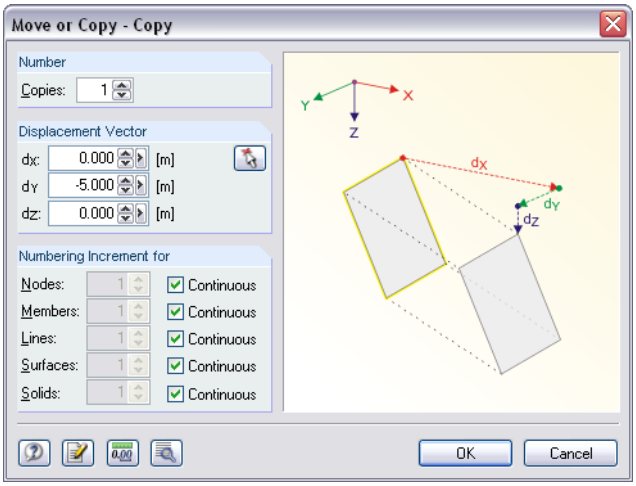


Figura 12.7: Cuadro de diálogo *Mover o copiar - Copiar*

Cuando se establece el *Número* de *Copias* en *0*, los objetos seleccionados serán movidos. De la otra manera, el número introducido de copias será creado.



El *Vector desplazamiento* puede ser definido numéricamente por medio de las coordenadas d_X, d_Y y d_Z. Alternativamente se puede utilizar el botón [Seleccionar] para definir el vector en el gráfico haciendo clic en los dos puntos de la rejilla o en nudos uno después de otro. Entonces los datos definidos aparecen en el cuadro de diálogo y pueden ser editados de ser necesario.

Cuando se crean copias se puede influir en la numeración de los nuevos nudos, barras, líneas, superficies y sólidos en la sección del diálogo *Incremento de la numeración para*.



Haga clic en el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo con opciones de utilidad.

Configuración de detalle

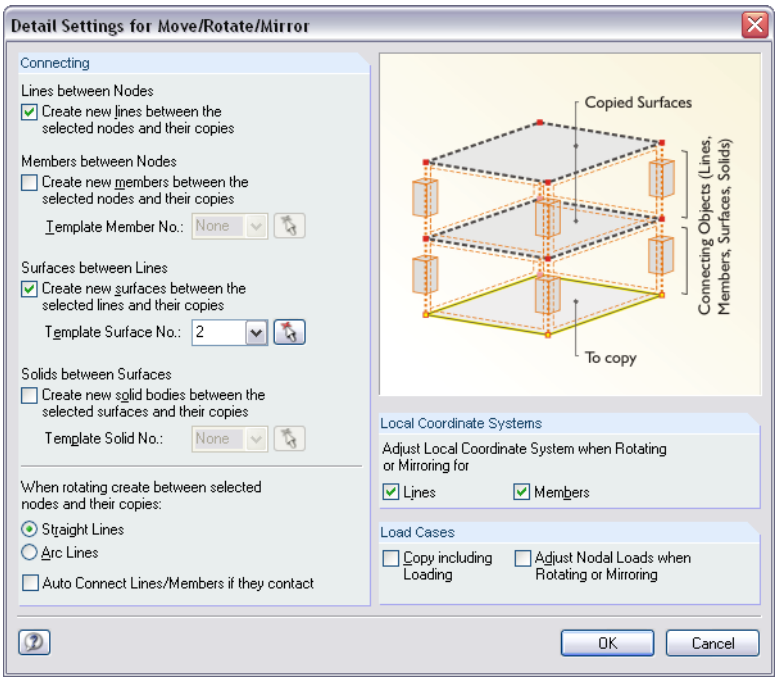


Figura 12.8: Cuadro de diálogo *Configuración de detalle para Mover/Girar/Simetría*

Unión

Se pueden crear nuevas *Líneas* y *Barras* entre los nudos seleccionados y sus copias. Adicionalmente es posible crear *Superficies* y *Sólidos* entre las líneas seleccionadas o superficies y sus copias.

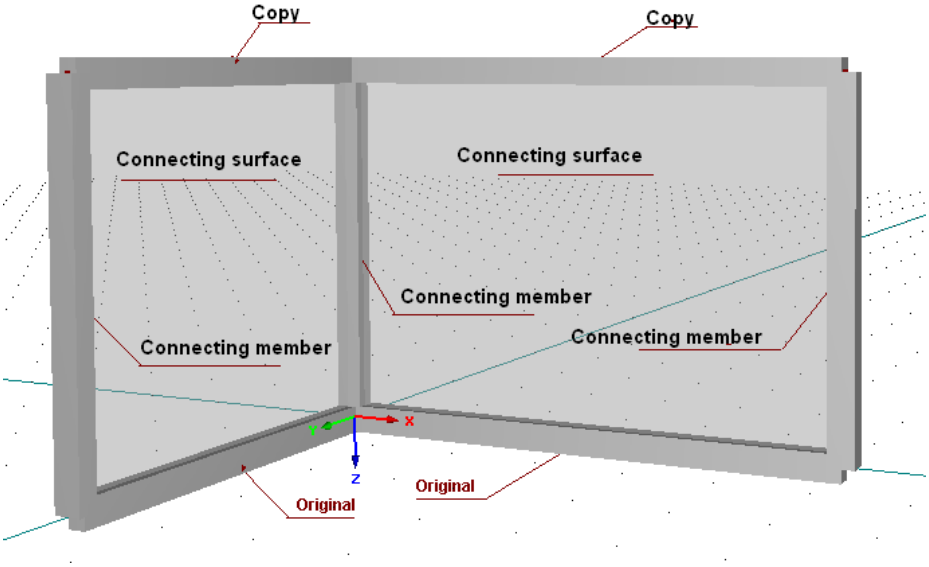


Figura 12.9: Copia con barras unidas y superficies unidas



Si se define una *Barra modelo*, *Superficie modelo* o *Sólido modelo*, sus propiedades se utilizan para los objetos conectados.

El cuadro de diálogo *Configuración de detalle* también está disponible para objetos girados o con simetría.

Sistema de coordenadas local

En esta sección del diálogo se puede ajustar el sistema local de coordenadas de línea y barra cuando se gira o se hace simetría de un objeto.



El ajuste automático de los ejes locales es especialmente importante al hacer simetría de los objetos. Cuando se gira una barra vertical esta función puede también ser útil para que el eje y de la barra sea paralelo al eje Y global (capítulo 5.7, página 125).

Del mismo modo, se puede utilizar esta función para ajustar conexiones excéntricas que son definidas en la dirección de los ejes globales X, Y, Z.

Casos de carga

Si se selecciona *Copiar incluyendo la carga* para que las cargas que actúan sobre los objetos seleccionados sean transferidas a las copias también tenga en cuenta que las cargas de todos los casos de carga serán copiadas, no sólo las cargas del caso de carga seleccionado en ese momento.

Las cargas de nudo sólo pueden ser definidas en la dirección de los ejes globales X,Y,Z. Seleccione *Ajustar las cargas de nudo al girar o en la simetría* para controlar la dirección de la carga cuando se editan las superficies y barras. Si se ha marcado la casilla de verificación, RFEM 4 convertirá las cargas en cargas locales puntuales en la nueva posición (figura 12.10). Se ha de tener en cuenta que estas cargas de nudo han de ser seleccionadas antes de girar o aplicar la simetría a los objetos. Si no se desmarca la casilla de verificación, se mantendrá la dirección global de la carga.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

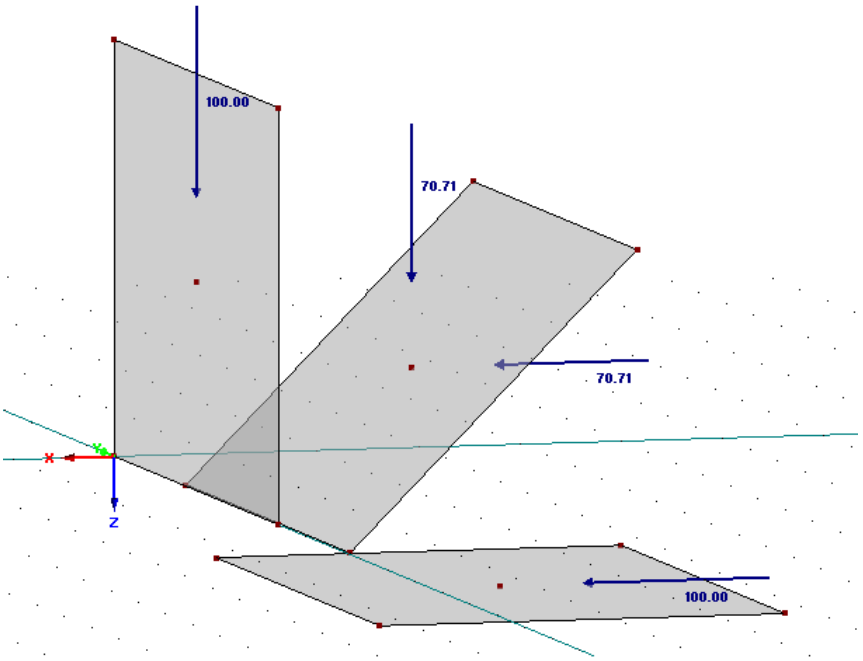


Figura 12.10: Cargas de nudo ajustadas cuando se giran dos copias 45°

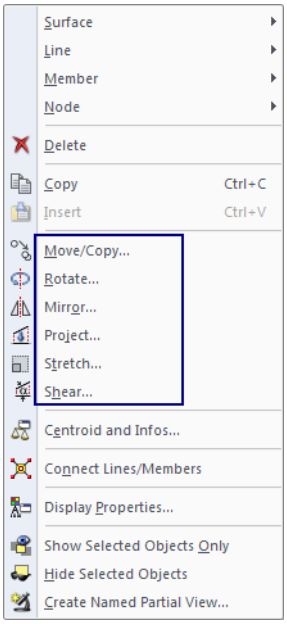
12.1.4 Girar



Para girar objetos seleccionados sobre un eje particular,

seleccione **Girar** en el menú **Edición**

o utilice el menú contextual del objeto correspondiente. También se puede utilizar el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.



Menú contextual de los objetos seleccionados

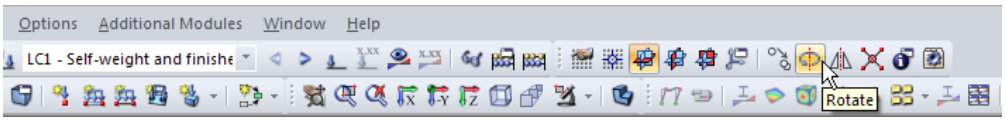


Figura 12.11: Botón *Girar*

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

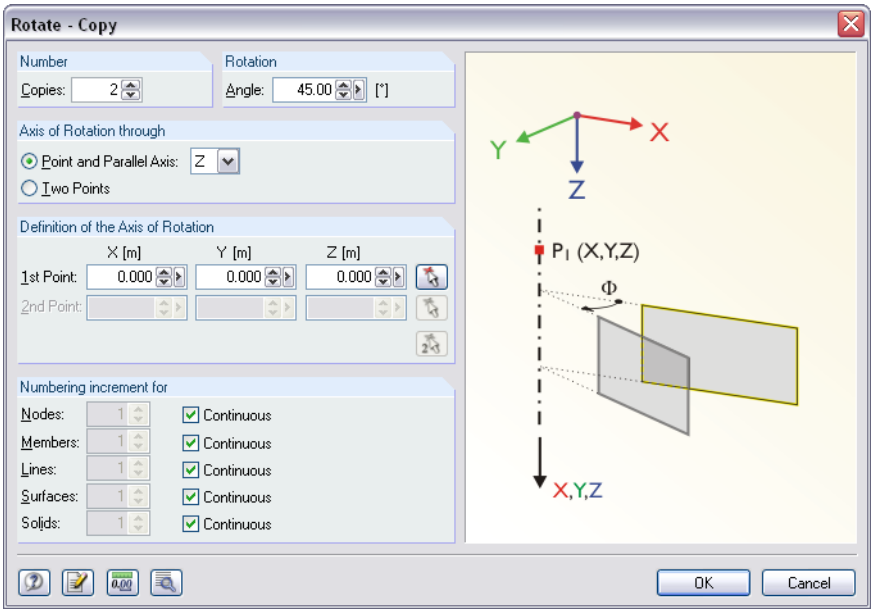


Figura 12.12: Cuadro de diálogo *Girar*

Cuando se establece el *Número* de *Copias* en ***0***, los objetos seleccionados son girados. Si no, se crea el número de copias introducido.

En la sección del diálogo *Giro*, se define el ángulo de giro. Este ángulo se refiere al sistema de coordenadas orientado en el sentido horario.

Existen dos opciones para definir el *Eje de giro:*



- El eje de giro va paralelo a un eje del sistema de ejes global X,Y,Z. En este caso, seleccione la primera opción y luego seleccione el eje de la lista. Además, se han de definir las coordenadas en la sección del diálogo *Definición del eje de giro* donde se especifica un punto que reposa sobre los ejes de giro.
- El eje de giro se define en cualquier lugar del plano de trabajo. En este caso, seleccione la segunda opción. Además, se han de definir las coordenadas en la sección del diálogo *Definición del eje de giro* en donde se especifica dos puntos que descansan sobre el eje de giro.

Cuando se crean copias, se puede intervenir en la numeración de los nuevos objetos en la sección del diálogo *Incremento de la numeración para*.



Haga clic en el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo con opciones útiles. Este cuadro de diálogo se describe el capítulo 12.1.3 en la página 374.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

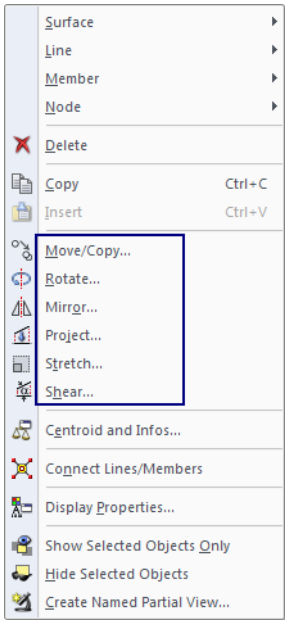
12.1.5 Simetría



Para hacer una simetría de los objetos seleccionados,

seleccione **Simetría** en el menú **Edición**

o utilice el menú contextual del objeto correspondiente. También puede utilizar el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.



Menú contextual de los objetos seleccionados

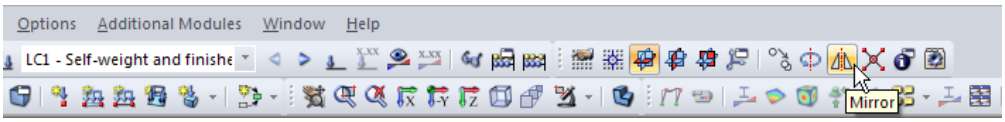


Figura 12.13: Botón *Simetría*

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

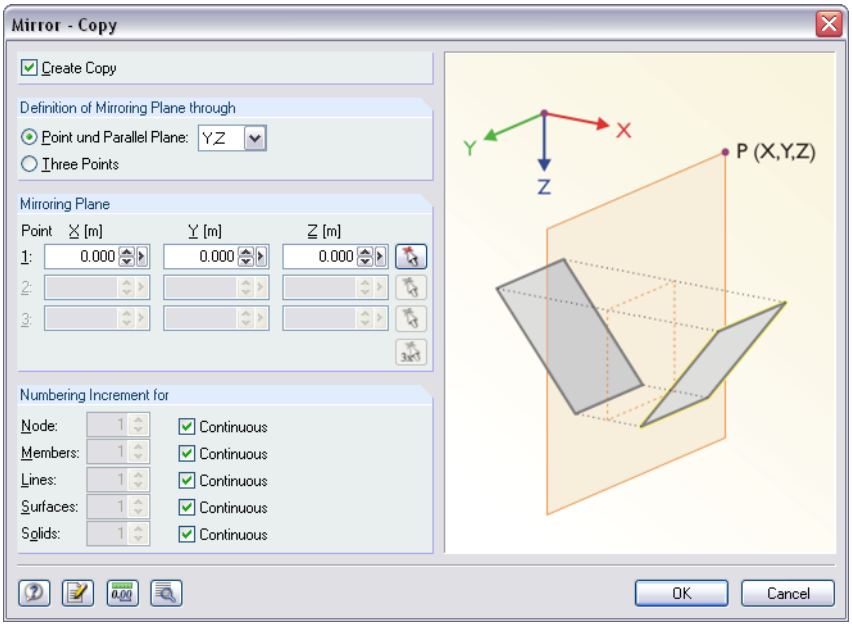


Figura 12.14: Cuadro de diálogo *Simetría - Copia*

Para mantener el objeto original seleccione *Crear copia*.

Existen dos opciones para crear el *Plano de simetría*:

- El plano de simetría va paralelo a un plano definido por los ejes del sistema de ejes globales X,Y,Z. En este caso seleccione, la primera opción y luego seleccione el plano de la lista. Además, se han de definir las coordenadas en la sección *Plano de simetría* en donde se especifica un punto perteneciente al plano.



- El plano de simetría se define en cualquier lugar del plano de trabajo. En este caso seleccione la segunda opción. Además, se han de definir las coordenadas en la sección del diálogo *Plano de simetría* en donde se especifican tres puntos pertenecientes al plano.

Cuando se crea una copia, se puede influenciar la numeración de los nuevos objetos en la sección del diálogo *Incremento de la numeración para*.



Haga clic en el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo con opciones de utilidad. Este cuadro de diálogo se describe el capítulo 12.1.3 en la página 374.

12.1.6 Proyectar

Utilice esta opción para proyectar los objetos seleccionados en un plano.

Ejemplo: una barra que ha de ser proyectada en la dirección del plano YZ.

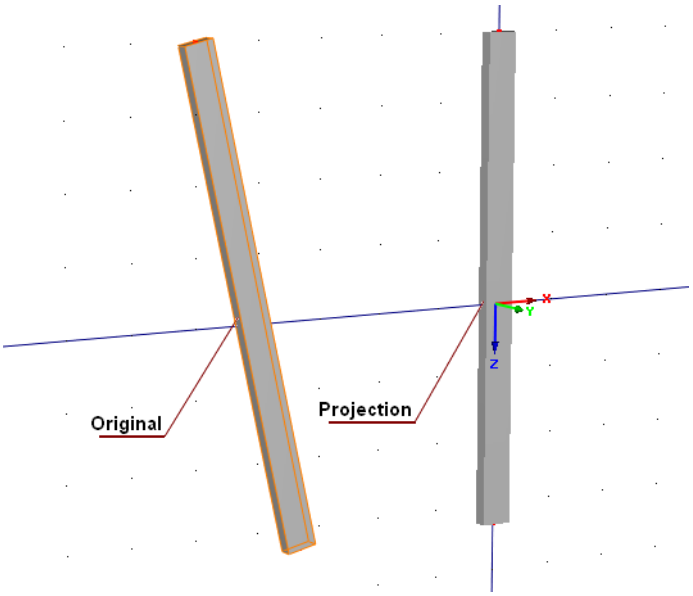


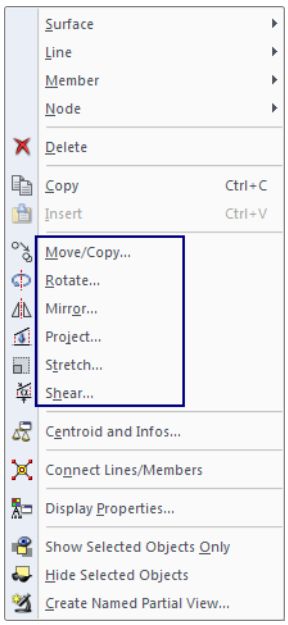
Figura 12.15: Barra original y copia proyectada en el plano YZ



Para abrir un cuadro de diálogo para introducir los parámetros de proyección,

seleccione **Proyecto** en el menú **Edición**

o utilice el menú contextual de los objetos seleccionados.



Menú contextual de los objetos seleccionados

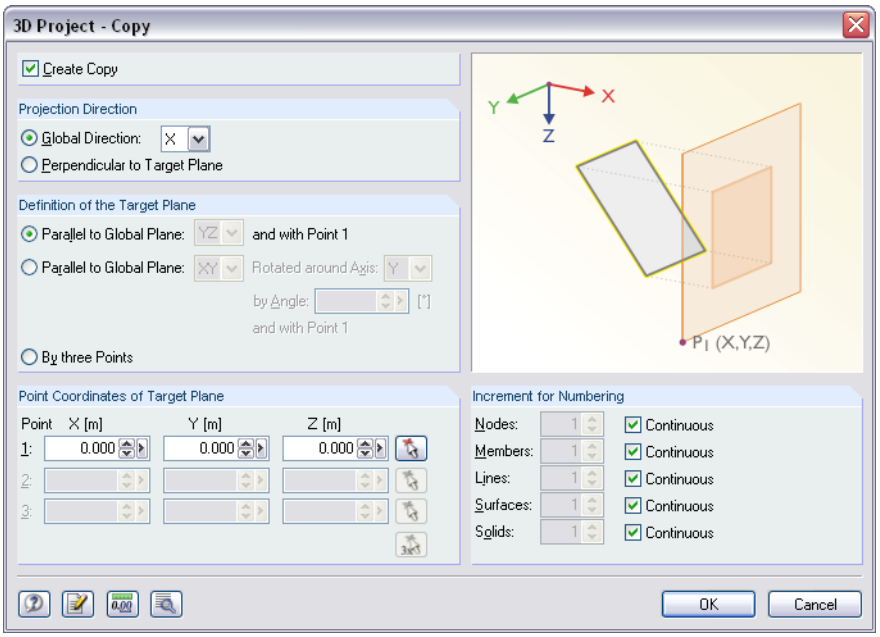


Figura 12.16: Cuadro de diálogo *Proyección 3D - Copia*

Para mantener el objeto original seleccione *Crear copia*.

En la sección del diálogo *Dirección de proyección* se puede decidir si los objetos son proyectados en la dirección de un eje (X, Y o Z) o perpendicular a un plano de destino.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Existen tres opciones para definir el *Plano de destino*:



- El plano de destino está paralelo a un plano definido por los ejes del sistema de ejes global X,Y,Z, sin embargo este caso seleccione la primera opción y luego seleccione el plano de la lista. Además, se han de definir las coordenadas en la sección del diálogo *Indicar las coordenadas del plano de destino* en donde se especifica un punto que descansa dentro del plano.
- El plano de destino está paralelo a un plano que es definido por los ejes del sistema global de ejes X,Y,Z, pero sin embargo está girado sobre uno de los ejes. En este caso, seleccione la segunda opción. Luego seleccione el plano relevante, el eje de giro y el ángulo de giro de la lista. Además, se han de definir las coordenadas en la sección del diálogo *Indicar las coordenadas del plano de destino* en donde se especifica un punto que descansa dentro del plano.
- El plano de destino es definido libremente en el plano de trabajo. En este caso seleccione la tercera opción. Además, se han de definir las coordenadas en la sección del diálogo *Indicar las coordenadas del plano de destino* en donde se especifican los tres puntos que definen el plano.

Cuando se crea una copia, se puede influenciar la numeración de los nuevos objetos en la sección del diálogo *Incremento para la numeración*.



Haga clic en el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo con opciones útiles. Este cuadro de diálogo se describe el capítulo 12.1.3 en la página 374.

12.1.7 Estirar

Utilice esta opción para estirar objetos seleccionados desde un punto de inicio.

Ejemplo: Se ha de estirar una superficie cuadrangular uniformemente con un factor de 2 empezando en el origen global en las tres direcciones globales.

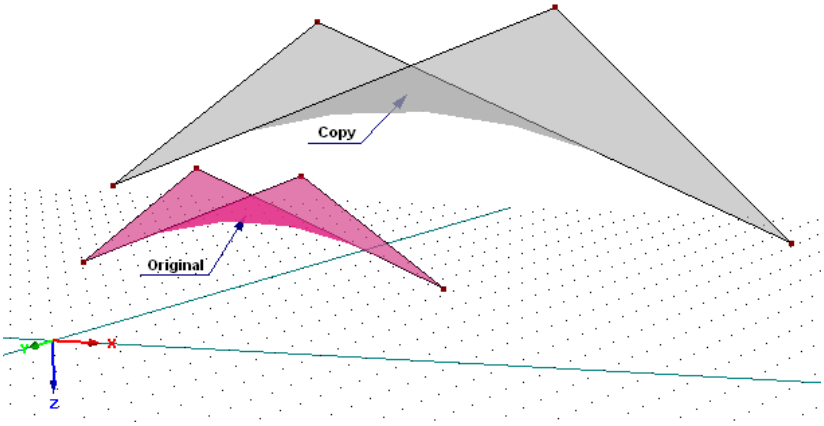
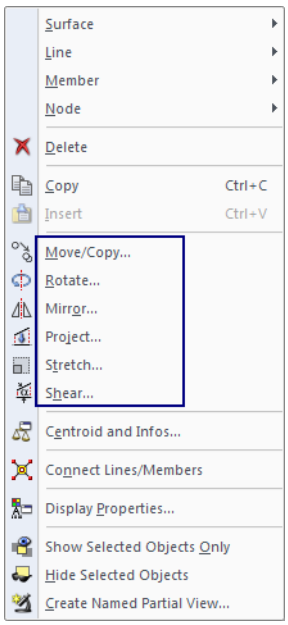


Figura 12.17: Superficie original y copia alargada



Menú contextual de los objetos seleccionados



Para abrir el cuadro de diálogo para introducir los parámetros de alargamiento,

seleccione **Estirar** en el menú **Edición**

o utilice el menú contextual de los objetos seleccionados.

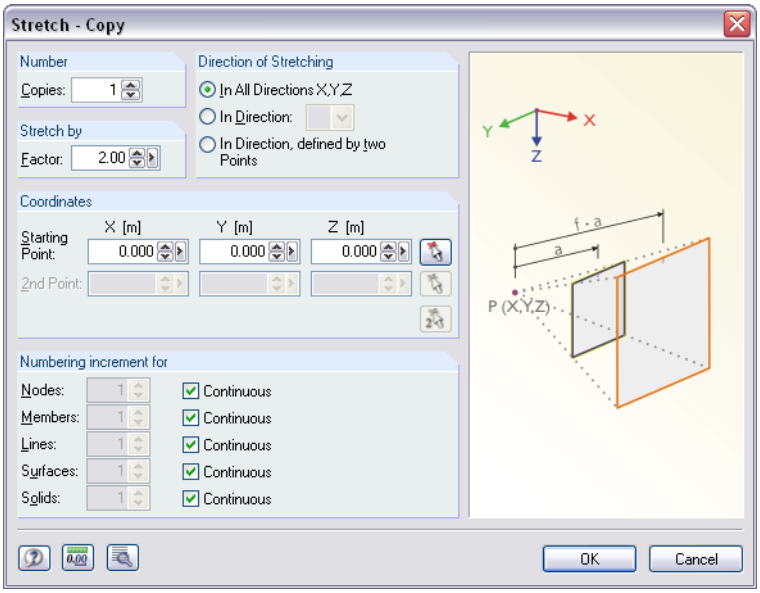


Figura 12.18: Cuadro de diálogo *Estirar - Copia*

Cuando se establece el *Número* de *Copias* en ***0***, los objetos seleccionados son alargados. Si no, se crea el número de copias introducido.

En la sección del diálogo *Estirar por*, se define el factor de escala f (ver gráfico en el cuadro de diálogo).

En la sección del diálogo *Dirección de estiramiento,* se define la dirección de escalado. Se pueden seleccionar las siguientes tres opciones:

En todas las direcciones X,Y,Z	Todas las coordenadas (X, Y, Z) de los objetos seleccionados serán escalados en relación al punto de inicio definido en la sección del diálogo *Coordenadas*.
En la dirección: X / Y / Z	Sólo las coordenadas de los objetos en el eje global que ha establecido en esta opción serán escaladas en relación al punto de inicio definido en la sección del diálogo *Coordenadas*.
En la dirección definida por dos puntos	En la sección del diálogo *Coordenadas*, defina un vector mediante dos puntos que indique la dirección del escalado.

Tabla 12.1: Sección del diálogo *Dirección de estiramiento*

Cuando se crea una copia se puede influenciar la numeración de los nuevos objetos en la sección del diálogo *Incremento para la numeración.*

Haga clic en el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo con opciones útiles. Este cuadro de diálogo se describe el capítulo 12.1.3 en la página 374.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

12.1.8 Modificar pendiente

Utilice esta función para girar los objetos seleccionados alrededor de un eje específico mientras sólo las coordenadas de una dirección son ajustadas. La función *Modificar pendiente* es útil para las estructuras de tejados cuya inclinación ha de ser modificada posteriormente.

Ejemplo: La inclinación de la viga superior de una cercha definida en el plano XZ ha de ser incrementada 15º. La modificación de pendiente es llevada a cabo sobre el eje Y en la dirección Z. Sólo se ajustarán las coordenadas Z de los nudos de la viga, no las coordenadas X (como en un giro).

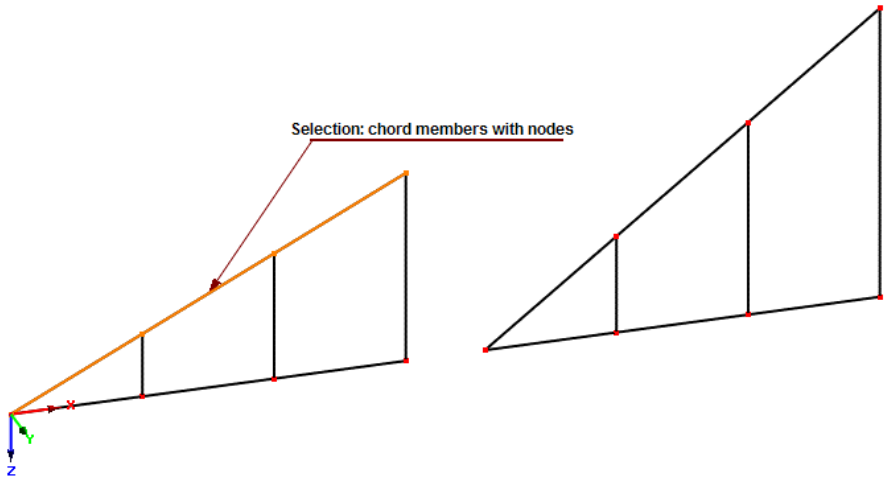


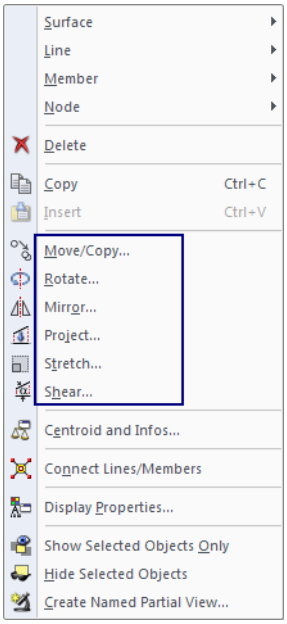
Figura 12.19: Original (izquierda) y resultado de modificar pendiente (derecha)

Se ha de tener en cuenta que los nudos de este ejemplo son seleccionados además de las barras. La figura debajo muestra el correspondiente cuadro de diálogo de entrada.

Para abrir el cuadro de diálogo para introducir los parámetros de Modificar pendiente,

seleccione **Modificar pendiente** en el menú **Edición**

o utilice el menú contextual de los objetos seleccionados.



Menú contextual de los objetos seleccionados

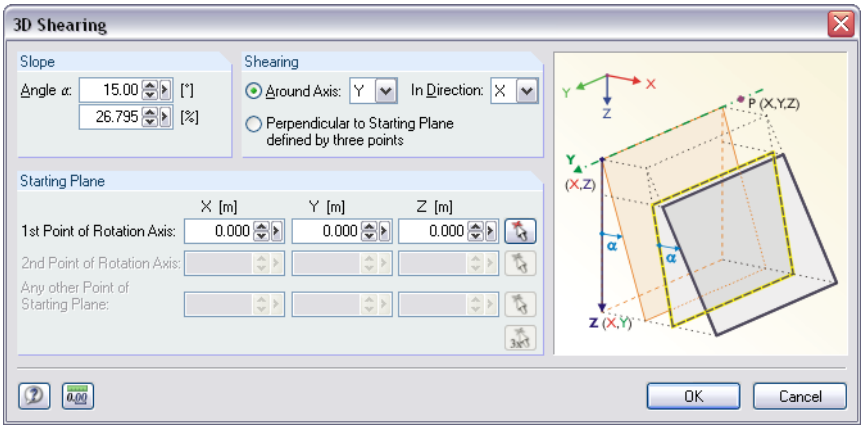


Figura 12.20: Cuadro de diálogo *Modificar pendiente 3D*

Primero defina el ángulo en la sección del diálogo *Pendiente*. Se puede introducir el valor en [º] o [%].

Hay dos opciones para definir los parámetros en la sección de diálogo *Modificar pendiente:*

- El eje de giro es paralelo a un plano definido por los ejes del sistema de ejes global X,Y,Z. En este caso seleccione *Sobre el eje* y luego seleccione el eje de giro de la lista. En la lista *En la dirección* seleccione el eje global aplicable para el ajustamiento de las coordenadas del nudo. Además, se ha de definir el punto de giro en la sección del diálogo *Plano inicial.*
- El eje de giro se define en cualquier lugar del plano de trabajo. En este caso, seleccione la segunda opción. Además, se han de definir los puntos del eje de giro en la sección del diálogo *Plano inicial*. Tambien, se ha de determinar un tercer punto para definir el plano. También se pueden seleccionar los puntos gráficamente usando el botón [Seleccionar] a la izquierda.

12.1.9 Generar superficies desde barras

Pudiera ser necesario examinar ciertas áreas de la estructura en más detalle (por ejemplo la evaluación en los apoyos o para analizar las uniones de una celosía como modelo de superficie). Sería posible, por supuesto, modelar una sección por superficies manualmente, sin embargo, sería una labor un tanto compleja. Para estos casos de cálculo, RFEM 4 incluye una función para dividir un elemento de barra 1D en elementos de superficies 2D.

Esta función está sólo disponible cuando el tipo de estructura ha sido definido como 3D en el cuadro de diálogo *Datos* generales (figura 13.23, página 485).

Para dividir una barra seleccionada previamente,

sitúe el puntero en **Generar superficies desde barras** en el menú **Herramientas** y luego seleccione **Generar.**

Esta función también está disponible en el menú contextual. Haga clic derecho en la barra para abrir el menú contextual.

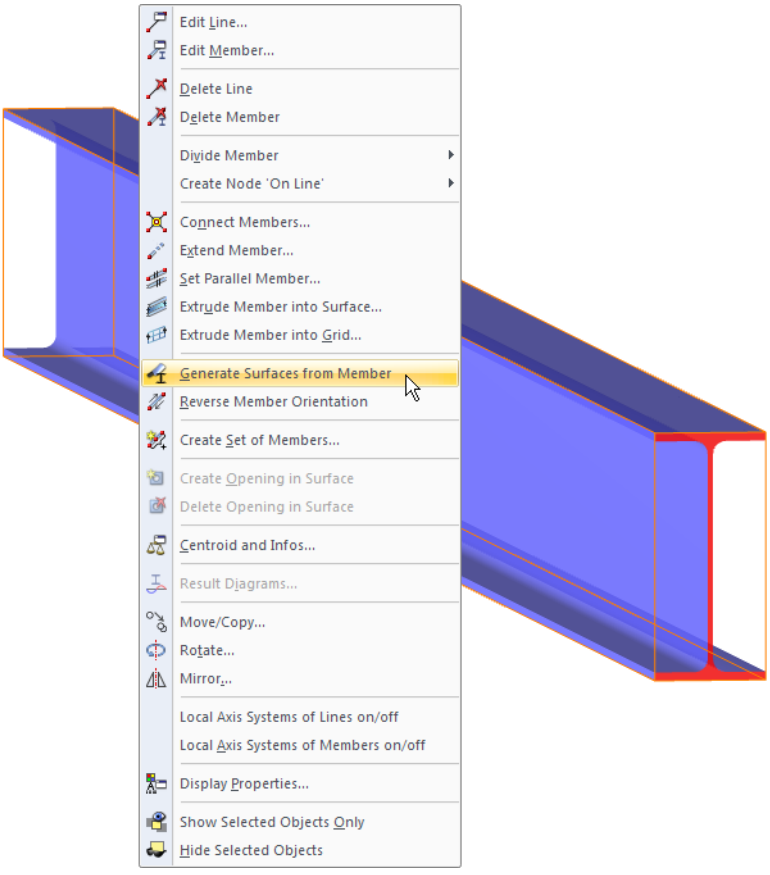


Figura 12.21: Menú contextual de la barra

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Los datos de la barra no se perderán: se creará además una barra ficticia en el eje del centroide. Este eje contiene todos los datos de la barra pero no será considerada en los cálculos.

La función *Generar superficies desde barras* incluye configuraciones adicionales. Para acceder a estas opciones adicionales,

Sitúe el puntero en **Generar superficies desde barras** en el menú **Herramientas** y luego seleccione **Configuración**.

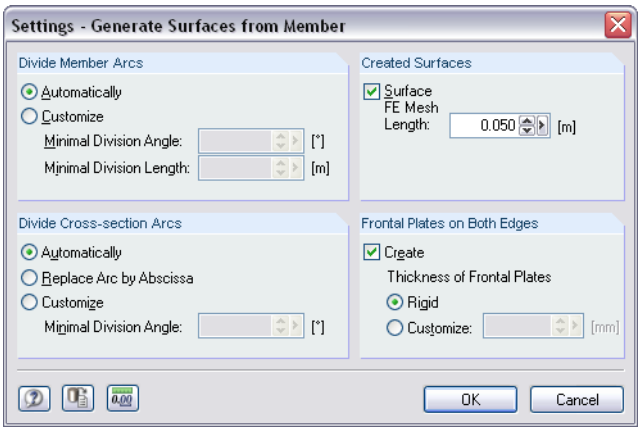


Figura 12.22: Cuadro de diálogo *Configuración – Generar superficies desde barras*

Utilice la sección del diálogo *Dividir los arcos de la barra* para determinar cuántas veces está dividida una barra definida sobre una línea curva. Si selecciona la configuración predeterminada, se creará una línea continua en bruto. Para refinamientos se puede reducir el *Ángulo de división* así como la *Longitud de división*.

La configuración en la sección del diálogo *Dividir arcos de la sección* afecta a la división de superficies curvas como barras del tipo de la sección "Tubo". La división puede ser refinada mediante un *Ángulo de división* definido por el usuario.

En la sección del diálogo *Superficies creadas* se puede definir el refinamiento de la malla de EF para las superficies generadas (capítulo 5.23, página 182).

Además, es posible crear *Placas frontales* en ambos extremos de la barra. Si se generan espesores *Rígidos* de las placas frontales, se pueden ajustar sus propiedades editando las superficies (capítulo 5.12, página 141).

12.2 Herramientas CAD

Las herramientas CAD facilitan la entrada gráfica de los objetos, por ejemplo mediante planos de trabajo, opciones de forzar cursor, líneas auxiliares y sistemas de coordenadas definidos por el usuario. Este capítulo también describe como dividir las líneas, establecer comentarios o cambiar la numeración.

12.2.1 Planos de trabajo

A pesar de que la estructura se define en el espacio, sólo pueden ser mostradas dos dimensiones en la pantalla. Por tanto, una coordenada siempre ha de ser "fija". El plano de trabajo define el plano en el que se pueden situar los nudos cuando se hace clic en la ventana gráfica.

Los ejes de coordenadas del plano de trabajo establecido actualmente se muestran como dos líneas ortogonales verdes. El punto de intersección de estas dos líneas se denomina "Origen del plano de trabajo".

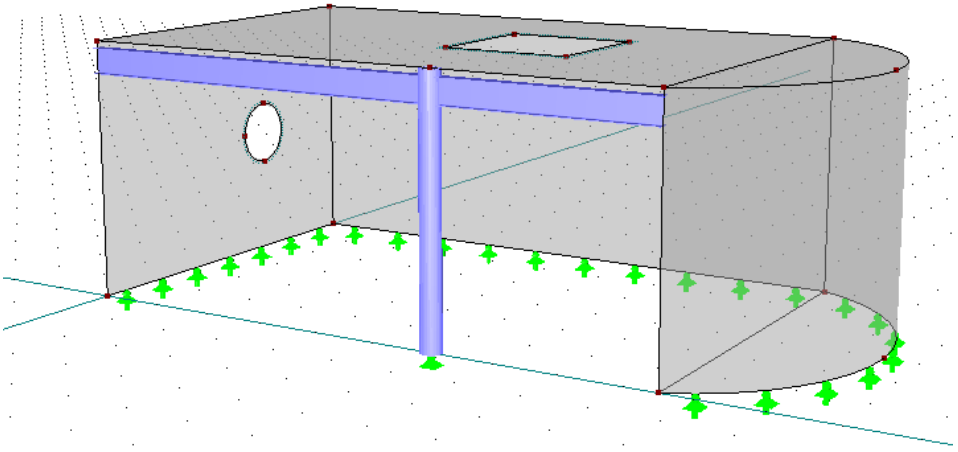


Figura 12.23: Visualización gráfica del plano de trabajo

Normalmente, el plano de trabajo es paralelo a uno de los planos globales XY, YZ o XZ que es definido por ambos ejes del sistema de coordenadas global. Si quiere utilizar un nuevo plano de inclinación se ha de crear un nuevo sistema de coordenadas (ver capítulo 12.2.4, página 393).



Para abrir el cuadro de diálogo *Plano de trabajo* para definir el plano de trabajo,

seleccione **Plano de trabajo, rejilla/forzar cursor, referencia a objeto, líneas auxiliares** en el menú **Herramientas**

o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

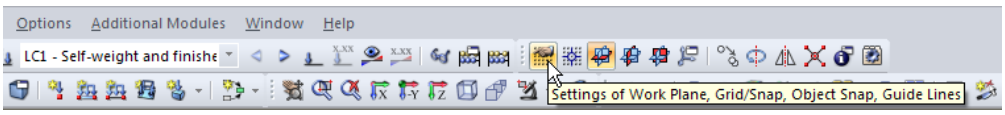


Figura 12.24: Botón *Configuración del plano de trabajo*

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 12.27 en la página 388.

El plano de trabajo puede ser paralelo a uno de los planos globales siguientes.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

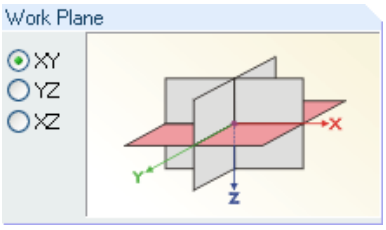
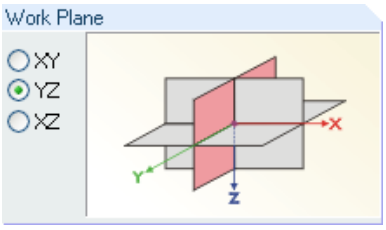
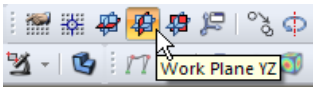
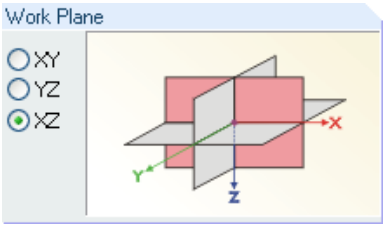
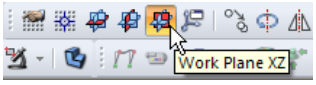
Plano	Selección en el cuadro de diálogo *Plano de trabajo*	Selección en la barra de herramientas
XY		
YZ		
XZ		

Tabla 12.2: Selección del plano de trabajo





Además, se puede definir el *Origen* del *Plano de trabajo* (figura 12.27). Para seleccionar un nudo en el gráfico, utilice el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda. Para definir un nuevo nudo utilice el botón [Crear nuevo nudo] también mostrado a la izquierda.

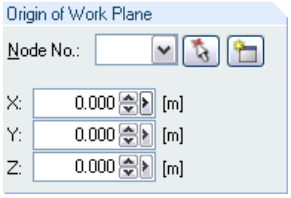


Figura 12.25: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo*, sección del diálogo *Origen del plano de trabajo*



También se puede utilizar el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda para definir el origen gráficamente.

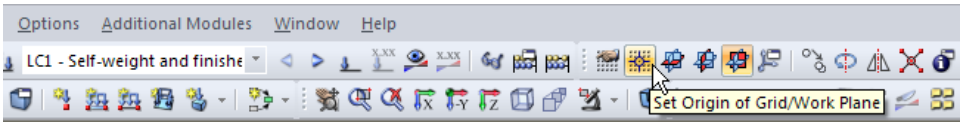


Figura 12.26: Botón *Definir el origen de rejilla/plano de trabajo*

12.2.2 Rejilla

Los puntos de la rejilla son mostrados en el plano de trabajo para facilitar la entrada gráfica. Cuando se establecen los nudos gráficamente, el puntero es forzado a uno de esos puntos.



Las propiedades de los puntos de la rejilla están también definidas en el cuadro de diálogo del *Plano de trabajo*. Para ajustar la configuración de la rejilla,

seleccione **Plano de trabajo, rejilla/forzar cursor, referencia a objeto, líneas auxiliares** en el menú **Herramientas**

o utilice el botón mostrado a la izquierda (ver figura 12.24, página 386).

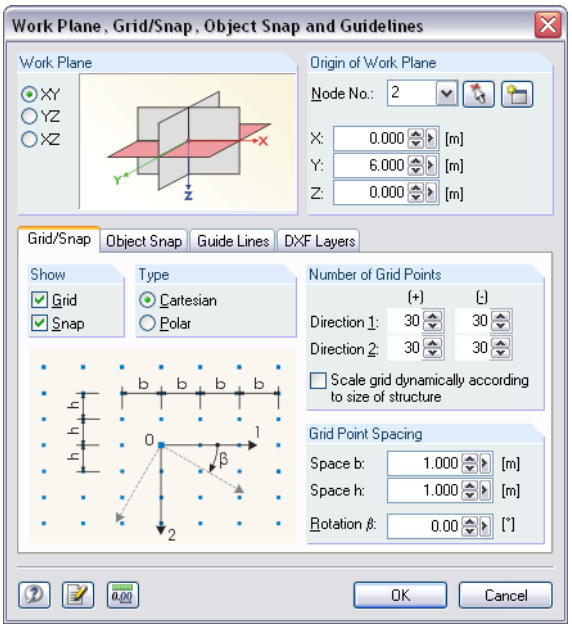


Figura 12.27: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo, rejilla/forzar cursor, referencia a objeto y líneas auxiliares*

La configuración de la rejilla se muestra en el registro *Rejilla/forzar cursor*.

Mostrar

Para mostrar la rejilla en el gráfico seleccione *Rejilla*. Para activar la función forzar cursor marque la casilla de verificación para *Forzar cursor*. Ambas funciones pueden ser establecidas independientemente, la función forzar cursor para los puntos de la rejilla puede ser efectiva aun cuando los puntos de la rejilla están ocultos.

SNAP GRID

Para activar y desactivar las dos opciones rápidamente se pueden utilizar los botones [FORZC] and [REJILLA] en la barra de estado.

Tipo

Los puntos de la rejilla pueden ser organizados en el sistema de coordenadas cartesiano o polar. Dependiendo de la selección, las siguientes secciones del cuadro de diálogo van cambiando.

CARTES

Alternativamente se puede seleccionar el sistema de coordenadas mediante los botones [CARTES], [POLAR] o [ORTHO] en la barra de estado.

Número de puntos de rejilla

Para una rejilla cartesiana, se pueden definir el número de puntos de la rejilla en ambas direcciones por separado.

Para una rejilla polar, se puede especificar el número de círculos de rejilla concéntricos.

Si se selecciona la opción *Escalar la rejilla dinámicamente de acuerdo al tamaño de la estructura*, la rejilla será ajustada automáticamente a las dimensiones de la estructura. Esto significa que un número suficiente de puntos de la rejilla siempre estarán disponibles alrededor de la estructura. Sin embargo, el número de puntos de la rejilla será recalculado después de cada una de las entradas lo que puede ralentizar la velocidad a la que se crea el gráfico.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Separación entre puntos de la rejilla

Para la rejilla cartesiana, se puede definir el espaciado de los puntos de la rejilla en la dirección 1 y 2 por separado.

Para la rejilla polar se puede definir el espaciado radial *r* de los círculos concéntricos de la rejilla. El ángulo α define la separación de los puntos de la rejilla en cada círculo.

Tanto la rejilla Cartesiana como la polar pueden ser giradas sobre el ángulo de giro β.

12.2.3 Referencia a objetos

La referencia a objetos facilita el diseño de forma similar a las aplicaciones de CAD en la definición de líneas. Aparte de los nudos de los extremos de una línea, existen varios puntos de referencia a objetos a lo largo de la línea pueden ser activados.



La configuración de la referencia a objetos también se define en el cuadro de diálogo *Plano de trabajo*. Para abrir este cuadro de diálogo,

seleccione **Plano de trabajo, rejilla/forzar cursor, referencia a objeto, líneas auxiliares** en el menú **Herramientas**

o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

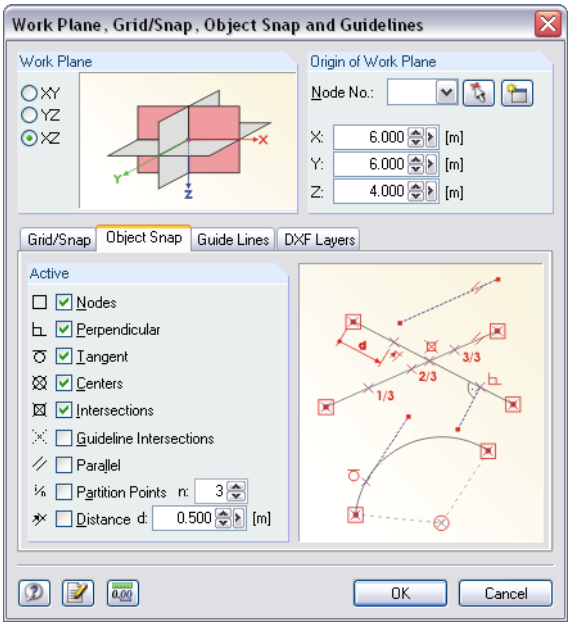


Figura 12.28: Cuadro de diálogo *Plano de trabajo, rejilla/forzar cursor, referencia a objeto y líneas auxiliares*

Las varias funciones de referencia a objetos pueden ser especificadas en el registro *Referencia a objetos*.



Si se quieren utilizar las funciones de la referencia a objetos, el botón [REFERENT] ha de estar activado en la barra de estado.

Nudos

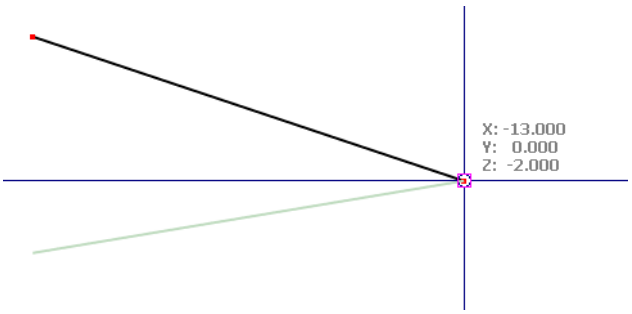


Figura 12.29: Referencia a objeto de un nudo



Cuando se definen líneas nuevas, los nudos existentes serán capturados. Los puntos de referencia a objetos se representan con el cuadrado mostrado a la izquierda.

Perpendicular

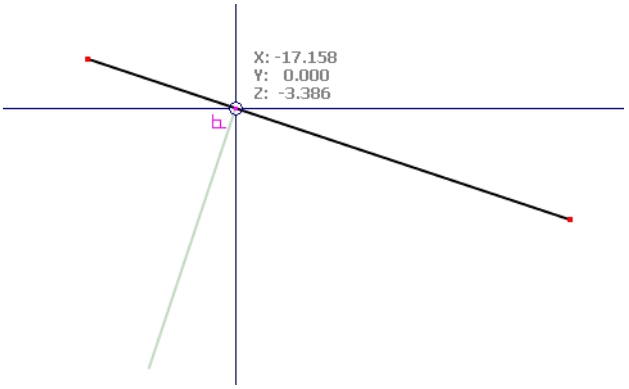


Figura 12.30: Conectar una línea perpendicularmente



Cuando se mueve el cursor cerca de un punto que crea la perpendicularidad de una líne existente al dibujar una línea, será referenciado. El punto de referencia a objetos se representa con el símbolo "perpendicular" mostrado a la izquierda.

Tangente

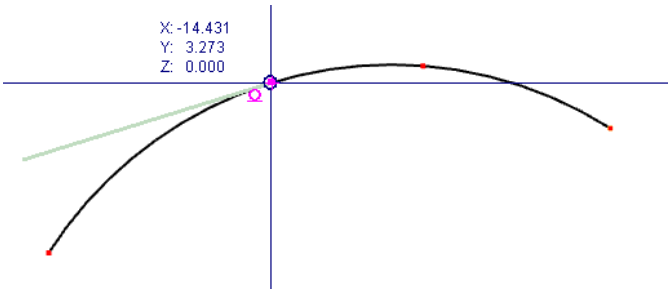


Figura 12.31: Conectando una tangente con su arco



Utilice esta función para conectar una línea tangente con un arco. Cuando se mueve el puntero cerca del punto de contacto con la tangente, se quedan referenciados. El punto de referencia a objeto es representado con el símbolo de tangente mostrado a la izquierda.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Centros

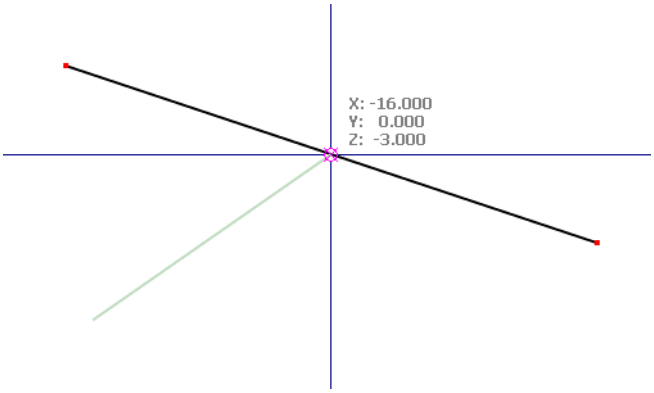


Figura 12.32: Conectando una línea con un centro



Cuando se mueve el puntero cerca del centro (en medio) de una línea existente queda referenciado. El punto de referencia a objetos se simboliza con el símbolo de centro mostrado a la izquierda.

Intersecciones

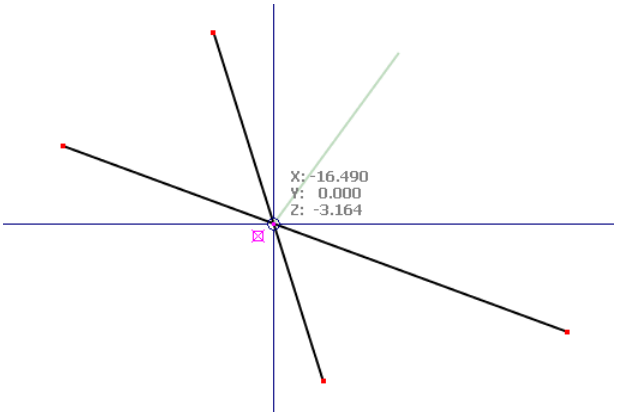


Figura 12.33: Referencia a objeto de líneas en un punto de intersección



El puntero queda referenciado al punto de intersección de dos líneas que se cruzan y que no tienen un nudo común. El punto de referencia a objetos se simboliza con el símbolo de intersección mostrado a la izquierda.

Intersecciones de líneas auxiliares

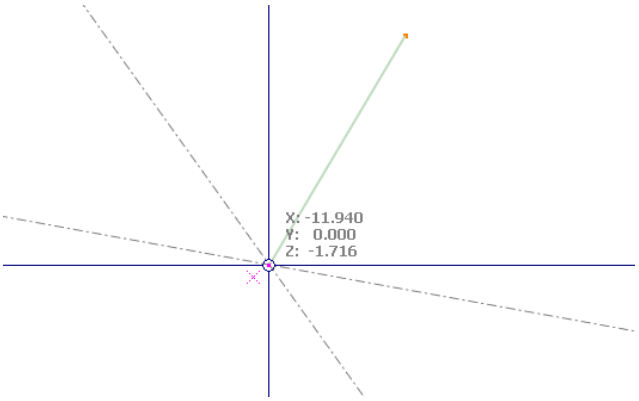


Figura 12.34: Líneas auxiliares referenciadas al punto de intersección



Cuando se mueve el puntero cerca del punto de intersección de dos líneas auxiliares (capítulo 12.2.3, página 389) queda referenciado. El punto de referencia a objetos se representa con el símbolo de intersección mostrado a la izquierda.

Paralelo

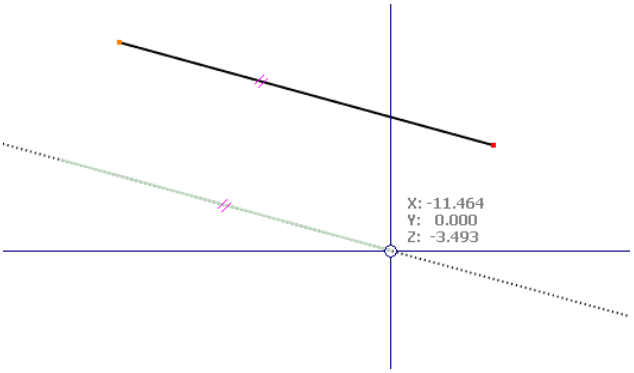


Figura 12.35: Referencia a objetos de una línea paralela



Utilice esta función para definir líneas paralelas. En primer lugar, defina el nudo de inicio de la nueva línea y luego desplace el ratón sobre una línea de plantilla. Si se mueve el ratón cerca de un nudo final posible de la nueva línea para que sea paralelo a la línea de plantilla, aparecerá el símbolo "paralelo" en ambas líneas.

Puntos de partición

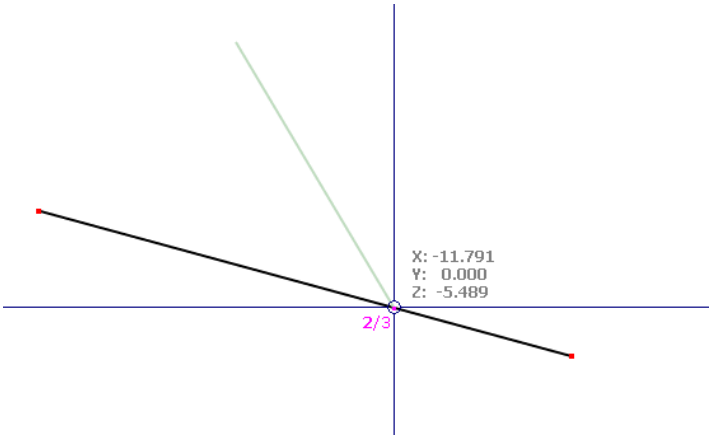


Figura 12.36: Referencia a objetos de una línea a un punto de partición (ejemplo: 2/3)



Se puede introducir el número de divisiones de línea *n*. Cuando se mueve el puntero sobre una línea, será referenciado a los correspondientes puntos de partición. Sobre el puntero se muestra la partición como la fracción de la longitud de la línea.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Distancia

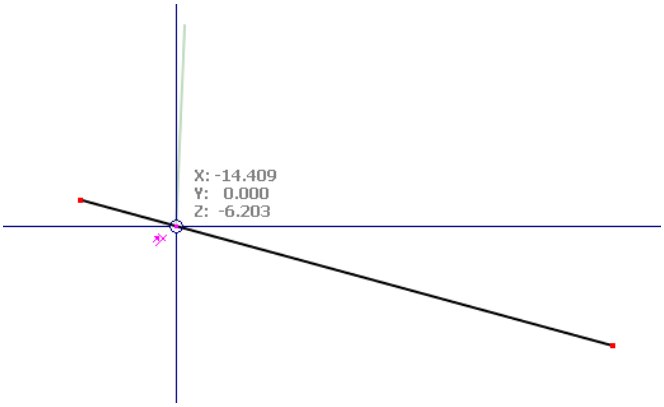


Figura 12.37: Conectar una línea a una distancia definida



Para la separación de las divisiones de línea se puede introducir una distancia *d*. Cuando se mueve el puntero sobre una línea será referenciado con respecto a la distancia al nudo inicial y final. El punto de referencia a objetos se representa con el símbolo de distancia mostrado a la izquierda.

12.2.4 Sistemas de coordenadas

Los sistemas de coordenadas descritos abajo facilitan la entrada de partes de la estructura inclinadas. No tienen ninguna incidencia sobre los sistemas de ejes de las líneas, superficies, barras, etc.



Para abrir el cuadro de diálogo para definir un sistema de coordenadas,

selecciones **Sistema de coordenadas** en el menú **Herramientas**

o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

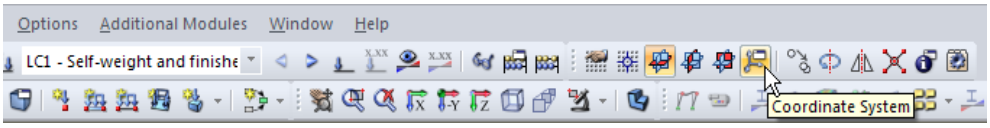


Figura 12.38: Botón *Sistema de coordenadas*

Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

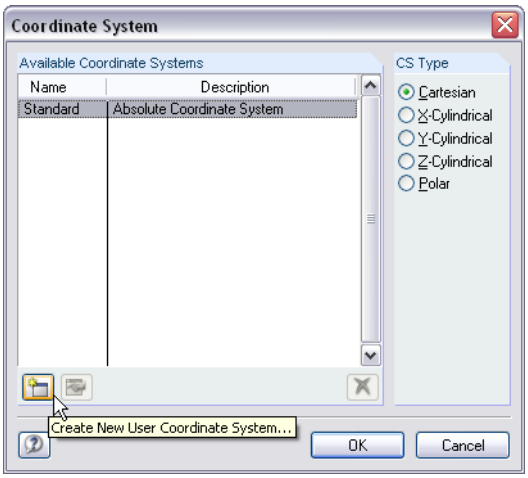


Figura 12.39: Cuadro de diálogo *Sistema de coordenadas*

Tanto el sistema de coordenadas *Estándar* referido a los ejes globales X,Y,Z como el origen están predefinidos.

Crear un nuevo sistema de coordenadas



Haga clic en el botón [Crear nuevo sistema de coordenadas del usuario] mostrado en la figura 12.39 para abrir el siguiente cuadro de diálogo.

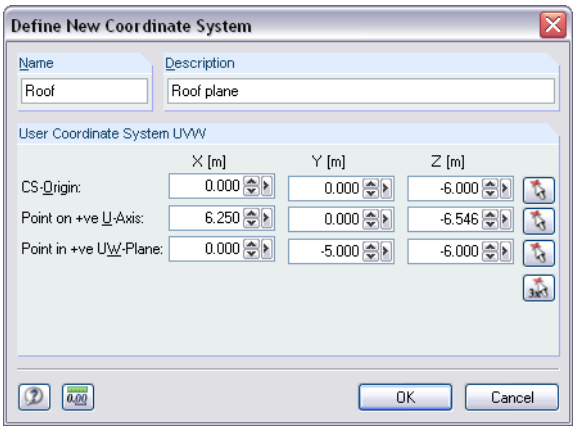


Figura 12.40: Cuadro de diálogo *Definir nuevo sistema de coordenadas*



Introduzca un *Nombre* y una *Descripción* para el nuevo sistema de coordenadas. En la sección del diálogo *Sistema de coordenadas del usuario UVW*, se puede definir ahora cualquier plano especificando tres puntos. Estos puntos pueden ser introducidos manualmente o seleccionados en el gráfico.

Las coordenadas del *Origen del SC* representan el origen del nuevo sistema de coordenadas. Estas coordenadas junto con las coordenadas del *Punto en el eje +U* definen el primer eje llamado eje U en el sistema de coordenadas del usuario. A continuación, el plano será definido mediante las coordenadas *Punto en el plano +UW* que determina la posición de los ejes V y W.

Editar o borrar un sistema de coordenadas

Sólo pueden ser editados o borrados los sistemas de coordenadas definidos por el usuario. Para editar o borrar un sistema de coordenadas utilice los siguientes botones disponibles en el cuadro de diálogo *Sistema de coordenadas*.

	Modificar el sistema de coordenadas seleccionado
	Borrar el sistema de coordenadas seleccionado

Tabla 12.3: Botones en el cuadro de diálogo *Sistema de coordenadas*

Ejemplo: Se quiere crear un nuevo sistema de coordenadas en una unión de una celosía que está definida en la dirección del plano diagonal del tejado. El origen se establece en el nudo de esquina 1. Se selecciona el nudo 8 del final de la diagonal como punto del eje +U y el nudo de apoyo 2 como punto del plano +UW.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

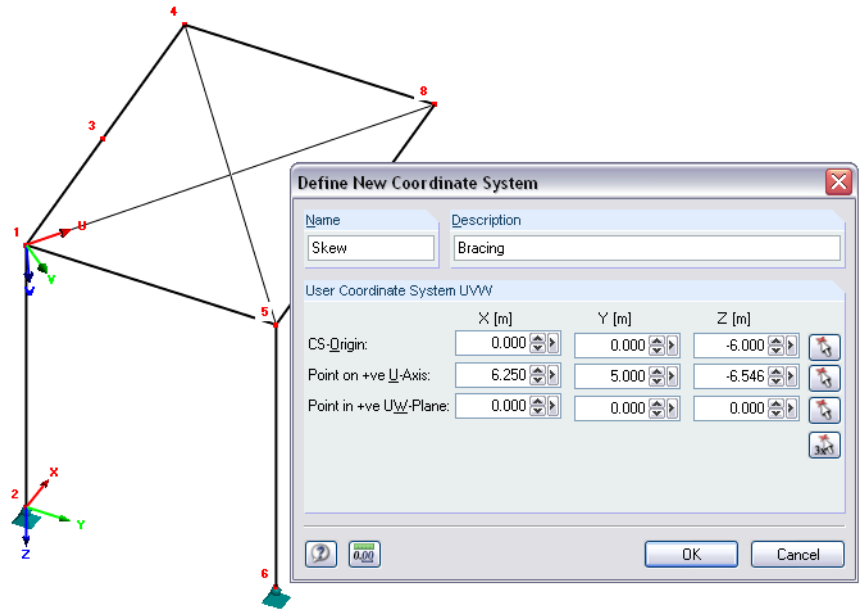


Figura 12.41: Sistema de coordenadas **UVW** definido por el usuario en una unión de celosía.

Ahora la rejilla se refiere a los planos UV, VW y UW en los cuales se pueden definir nuevos objetos (capítulo 12.2.1, página 386).

12.2.5 Dividir líneas y barras

Para dividir líneas y barras haga clic derecho sobre la línea o barra correspondiente y seleccione *Dividir línea* o *Dividir barra* en el menú contextual.

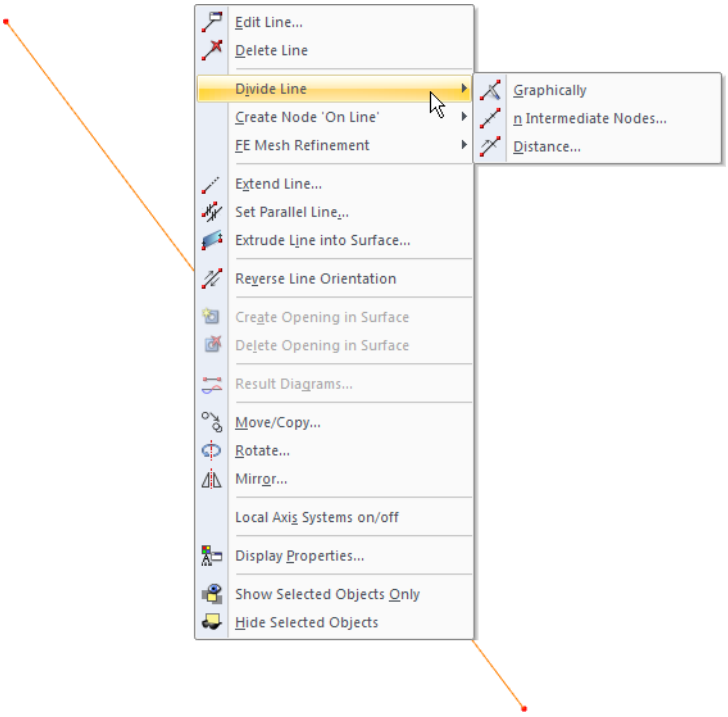


Figura 12.42: Menú contextual *Dividir línea*

Se puede seleccionar entre tres opciones de división.

Gráficamente

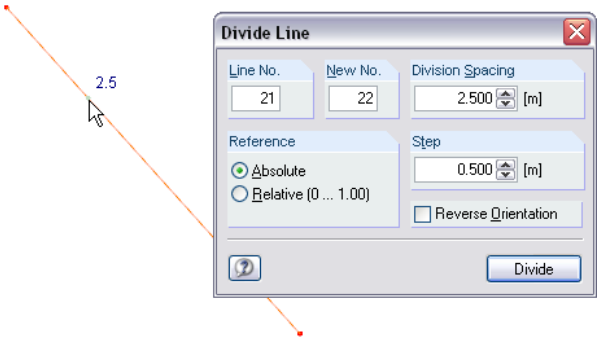


Figura 12.43: Cuadro de diálogo *Dividir línea*

Se abre el cuadro de diálogo *Dividir líneas*. Cuando se mueve el puntero a lo largo de la línea será referenciado en la línea de acuerdo a la separación especificada en la sección del diálogo *Intervalo*. Para definir el punto de división en el gráfico haga clic en un punto de la línea de referencia. La separación de la división *Referencia* puede ser definida en distancias absolutas o relativas a la longitud total.

Se puede introducir la *Separación de división* directamente también. Primero defina la línea que se ha de dividir en el campo de entrada *Línea núm.*. Luego introduzca el número de la nueva línea en el campo de entrada *Nuevo núm.*. Si la división de separación ha de estar referida al final de la línea, se puede cambiar la orientación de la línea rápidamente marcando la casilla *Invertir orientación*.

n Nudos intermedios

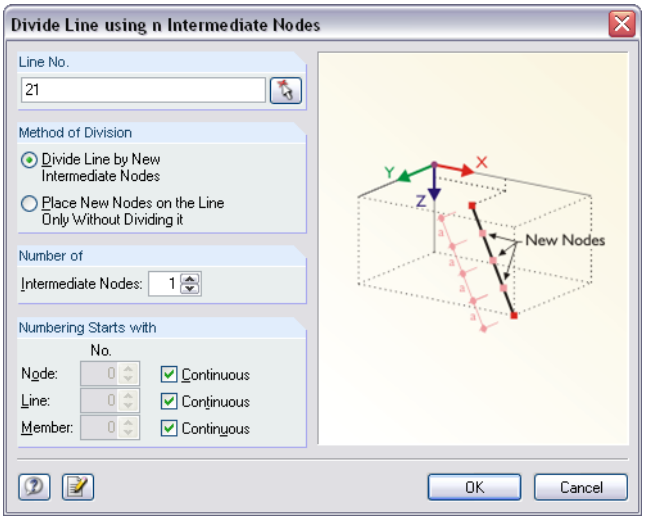


Figura 12.44. Cuadro de diálogo *Dividir la línea con n nudos intermedios*

Utilice esta función para dividir la línea equitativamente en varias partes. En la sección del diálogo *Número de* se puede definir el número de *Nudos intermedios* para la división de la línea.

En la sección del diálogo *Método de división*, se puede decidir si se quiere dividir la línea en líneas "reales" mediante *Nuevos nudos intermedios* o mantener la línea mientras son creados *Nudos en la línea* equidistantes. Normalmente se utiliza la división real. Sin embargo, si la trayectoria de la línea es modificada, al dividir una línea B-Spline se ha de seleccionar la segunda opción.

En la sección del diálogo *La numeración comienza con* se puede influir en la numeración de los nuevos nudos, líneas y barras.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Distancia

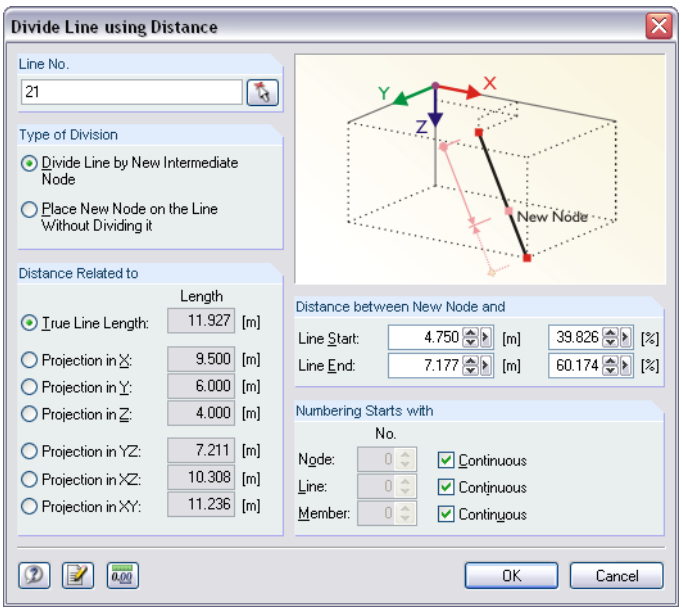


Figura 12.45: Cuadro de diálogo *Dividir línea mediante Distancia*

Utilice esta función para generar un nudo de división en un punto particular de la línea. Se puede dividir la línea en líneas "reales" mediante *Nuevos nudos intermedios* o mantener la línea mientras son creados *Nudos en la línea* equidistantes.

En la sección del diálogo *Distancia relativa a*, se define la referencia de la distancia definida. La distancia puede estar referida a la longitud real de la línea (caso habitual) o a una proyección.

En la sección del diálogo *Distancia entre el nuevo nudo y*, se puede relacionar la distancia del nuevo nudo con el nudo inicial o final de la línea. También es posible la entrada relativa [%]. Los cuatro campos de entrada de esta sección son interactivos.



Para introducir la distancia, se ha de conocer la orientación de la línea o de la barra. La orientación de los sistemas de ejes de las líneas y barras pueden ser activados o desactivados por medio del menú contextual o el navegador *Mostrar* (figura 5.20, página 95 y figura 5.109, página 164).

En la sección del diálogo *La numeración comienza con* se puede influir en la numeración de los nuevos nudos, líneas y barras.

12.2.6 Conectar líneas y barras

Utilice esta función para conectar líneas que se intersectan pero que no tienen un nudo común.

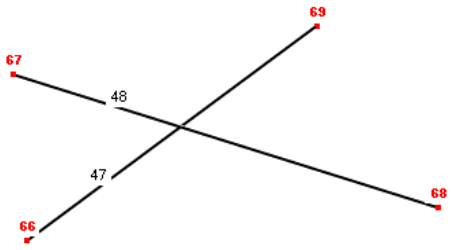


Figura 12.46: Original: intersección, líneas no conectadas

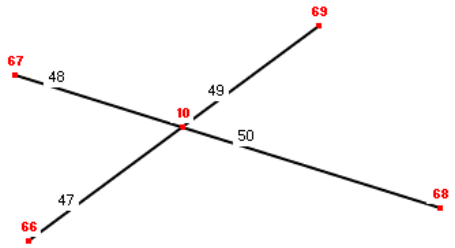


Figura 12.47: Resultado: líneas conectadas



Para aplicar la función conectar,

seleccione **Conectar líneas/barras** en el menú **Herramientas**

o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

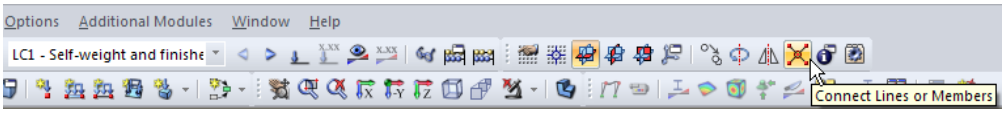


Figura 12.48: Botón *Conectar líneas o barras*

En la ventana gráfica dibuje una ventana a través del área en la que se encuentran las líneas o barras que han de ser conectadas.

También se puede utilizar esta función para determinar el punto de intersección de una línea con una superficie.

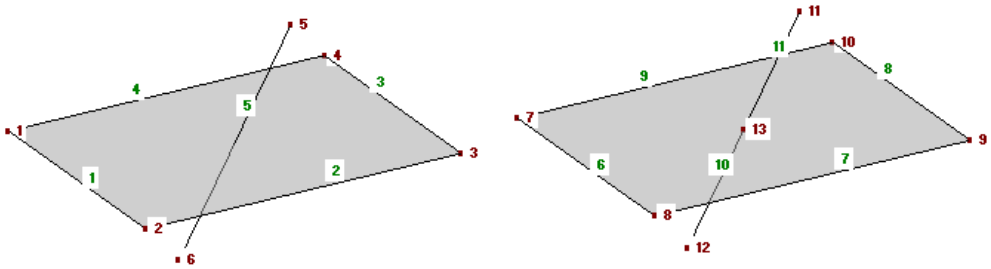


Figura 12.49: Crear un punto de intersección entre una línea y una barra: original (izquierda) y copia con resultado (derecha)

Cuando se definen líneas o barras esta función predeterminada está activada. Los nudos de conexión, sin embargo, sólo son creados cuando las líneas/barras son conectadas a otras líneas/barras lo que significan que terminan en cualquier punto del objeto correspondiente. Cuando se definen diagonales de cruce no se generan nudos de conexión.

En el cuadro de diálogo *Nueva línea* o *Nueva barra,* se puede utilizar el botón *[Detalles]* para determinar si las nuevas líneas o barras han de ser conectadas automáticamente al ser generadas.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

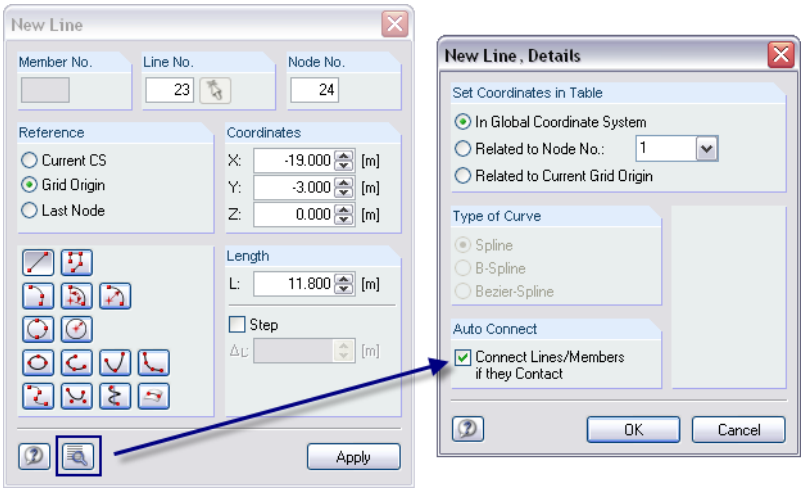
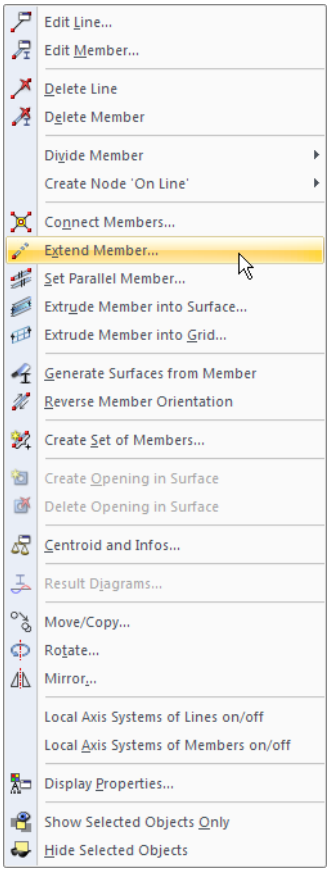


Figura 12.50: Cuadro de diálogo *Nueva línea, Detalles*

12.2.7 Alargar líneas y barras



Menú contextual de la barra

Utilice esta función para ajustar la longitud de una línea (o barra) o para alargar la línea hasta alcanzar otra línea.

Para acceder a la función para editar utilice el menú contextual (figura 12.42, página 395) o el menú contextual mostrado a la izquierda.

Se abre el cuadro de diálogo *Alargar línea* o *Alargar barra*.

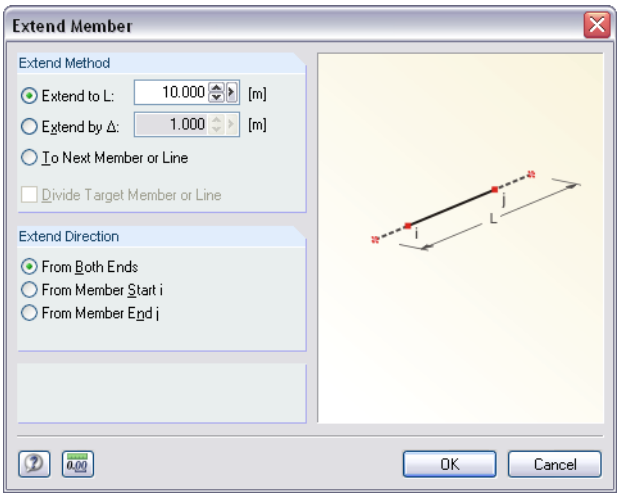


Figura 12.51: Cuadro de diálogo *Alargar barra*

La sección del diálogo *Método de alargamiento* incluye tres opciones. Seleccione *Alargar hasta L* para alargar la longitud total de la barra hasta un tamaño determinado por el campo de entrada a la derecha. Seleccione *Alargar por* Δ para extender un lado de la barra o ambos lados por un valor específico (o acortar si el valor del campo de entrada es negativo). Seleccione *Hasta la próxima barra o línea* para alargarla línea hasta la próxima línea que tiene intersección con la línea recta extendida de la barra. Si se marca la casilla de verificación para *Dividir línea o barra objetivo*, las líneas o las barras serán conectadas automáticamente.

En la sección del diálogo *Dirección de alargamiento*, se define el punto de inicio de la extensión. Seleccione *Desde ambos extremos* para ajustar ambos lados: la longitud total está referida al centro de la barra. También es posible alargar ambos lados de la barra por un valor particular o hasta alcanzar las líneas adyacentes. Alternativamente, se pueden utilizar las opciones *Desde el inicio de barra i* y *Desde el final de barra j* para ajustar sólo un lado.

La línea o la orientación de barra puede ser establecida en el navegador *Mostrar* (ver figura 5.20 en la página 95).

12.2.8 Unir barras

Al contrario que la conexión de barras, esta función no necesita un punto de intersección común. Las barras libres situadas a cierta distancia de una barra seleccionada pueden ser unidas a los nudos de la barra seleccionada. Si la unión ha de ser aplicada a la prolongación de la barra, se recomienda utilizar la función *Alargar barra* (ver capítulo previo 12.2.7, página 399).



Para aplicar la función unión,

seleccione **Unir barras** en el menú **Herramientas.**

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

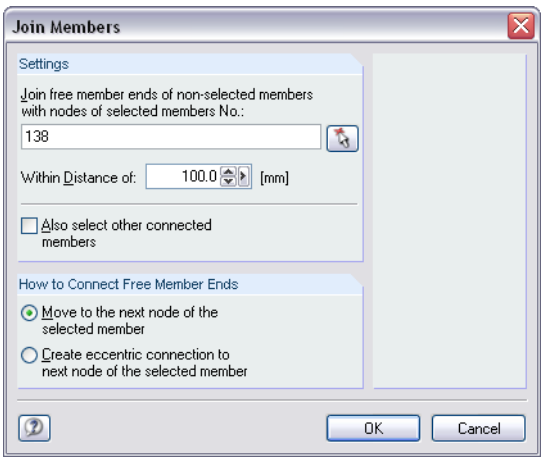


Figura 12.52: Cuadro de diálogo *Unir barras*



En la sección del diálogo *Configuración*, introduzca el número de la barra a la cual han de ser unidas las barras libres. Se pueden seleccionar la barra gráficamenete también. En el campo de entrada *Distancia inferior a*, se define la circunferencia en la cual se han de encontrar las barras libres. Si se marca la casilla de verificación *También seleccionar otras barras conectadas* todas las barras conectadas con una barra ya seleccionada también se incluyen en la selección.

En la sección del diálogo *Modo de unión de extremos de barras libres* se determina cómo serán unidos los extremos de las barras libres a la barra seleccionada: se pueden o bien moverlos hasta los nudos de la barra seleccionada o conectarlos mediante uniones excéntricas.

12.2.9 Empalmar esquinas



Las esquinas y vértices modelados en la estructura pueden modelarse con efectos singulares. Para abrir el cuadro de diálogo para modelar esquinas redondeadas más realistas,

seleccione **Empalmar** o **Achaflanar** en el menú **Herramientas**.

No es necesario seleccionar ambas líneas previamente. Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

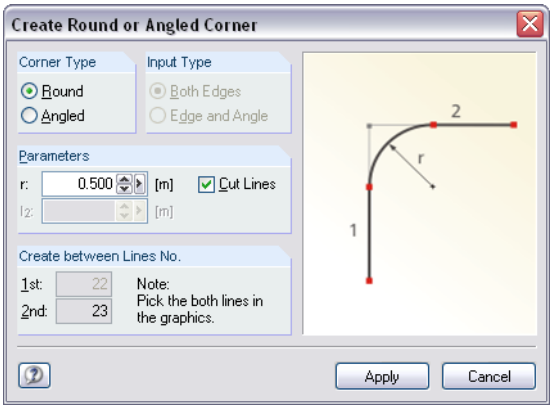


Figura 12.53: Cuadro de diálogo *Crear esquina redondeada o achaflanada*

En la sección del diálogo *Tipo de esquina* se determina si la esquina ha de ser Empalmada o *Achaflanada*. Dependiendo de la configuración introduzca el radio del empalme *r* o defina la reducción por las longitudes l_1 y l_2 en la sección del diálogo *Parámetros*.

Luego seleccione ambas líneas en el gráfico mediante un clic de ratón. En la sección del diálogo *Crear entre las líneas núm.*, se puede revisar el número de las líneas.

Si la casilla de verificación *Cortar líneas* está marcada, se creará un nuevo arco o una nueva línea recta en la esquina. El nudo de esquina original será eliminado.

12.2.10 Extruir superficies

Utilice las extrusiones para crear objetos espaciales a partir de superficies lineales.

Para aplicar las funciones de extrusión,

seleccione **Extrusión** en el menú **Herramientas**.

También se puede utilizar el menú contextual de la correspondiente superficie.

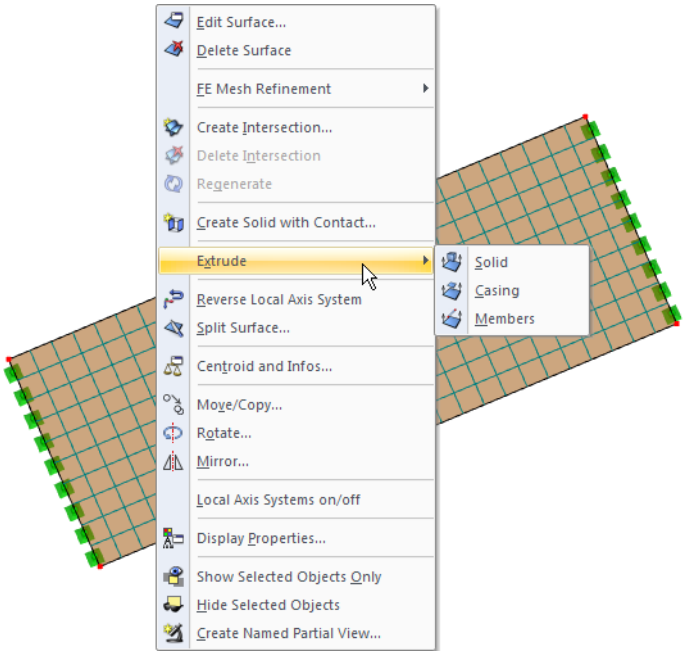


Figura 12.54: Menú contextual de superficie

Para crear objetos extruidos por el desplazamiento de la superficie paralela en el área de trabajo, seleccione una de las siguientes opciones en el menú contextual.

- *Sólido*: Se creará un sólido 3D (ver capítulo 5.5, página 121).
- *Envoltura*: Sólo se crean las superficies que envuelven al objeto espacial.
- *Barras*: Las barras serán creadas en las líneas de unión entre los nudos y sus copias. Se puede copiar opcionalmente la superficie de base.

Los parámetros que dependen de la selección se definen en un cuadro de diálogo. La *Distancia h* puede ser introducida directamente o determinada haciendo clic en el gráfico.

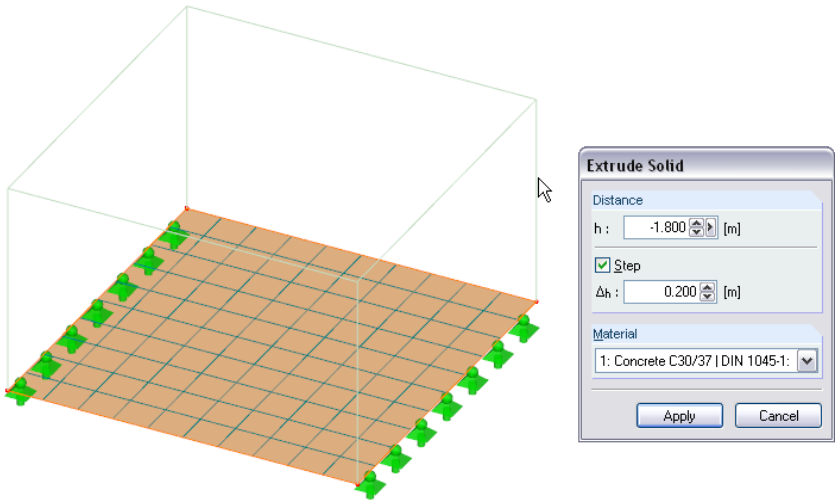


Figura 12.55: Cuadro de diálogo *Extruir sólido*

12.2.11 Acotar

Es posible agregar cotas definidas por el usuario a la estructura.



Para aplicar las funciones de acotación,

seleccione **Acotaciones** en el menú **Insertar**

o utilice el correspondiente botón de la barra de herramientas.

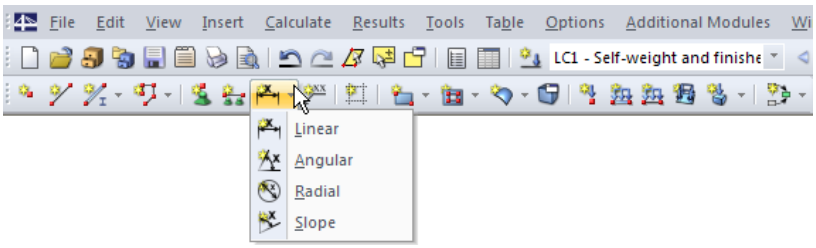


Figura 12.56: Botones *Nueva acotación*

Las siguientes opciones de acotación pueden ser seleccionadas.

Acotación	Objetos acotados
Lineal	Longitudes entre nudos
Angular	Ángulos entre tres nudos o dos líneas
Radial	Diámetros o radio de círculos y arcos
Pendiente	Ángulo de inclinación entre una línea y un plano

Tabla 12.4: Opciones de acotación

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Se abre el cuadro de diálogo *Nueva acotación*. La apariencia del cuadro de diálogo depende de la selección.

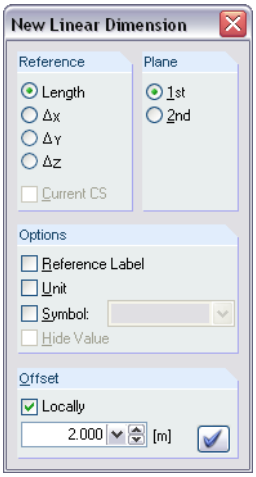


Figura 12.57: Cuadro de diálogo *Nueva acotación lineal*

Utilice el puntero marcado con el símbolo de selección para elegir los dos nudos que representan los puntos de referencia de la línea de cota. En la sección del diálogo *Referencia*, se puede seleccionar la longitud real o una proyección en la dirección de uno de los ejes globales.

En la sección del diálogo *Plano* se puede definir el plano en el que se muestra la cota. Mueva el puntero en el gráfico para ver cómo la configuración influye en la visualización de la línea de cota.

Utilice las cuatro configuraciones debajo para definir la información que se mostrará junto con los valores. Si selecciona *Símbolo*, se puede introducir directamente un símbolo de acotación o seleccionarlo de una lista. Utilice *Ocultar valor* para desactivar el valor medido y que sólo aparezca el símbolo.



La *Desviación* determina la distancia entre la línea de cota al primer nudo seleccionado. También es posible definir la *Desviación* gráficamente utilizando el puntero. Para definir definitivamente la línea de cota, haga clic en el gráfico o utilice el botón [Establecer dimensión] mostrado a la izquierda.



Puede ser establecido una acotación en cadena con la misma *Desviación* haciendo clic en los nudos uno después de otro y determinando después la desviación.

Para establecer la visualización de las líneas de cota utilice el navegador *Mostrar* o el menú contextual general en la ventana de trabajo.

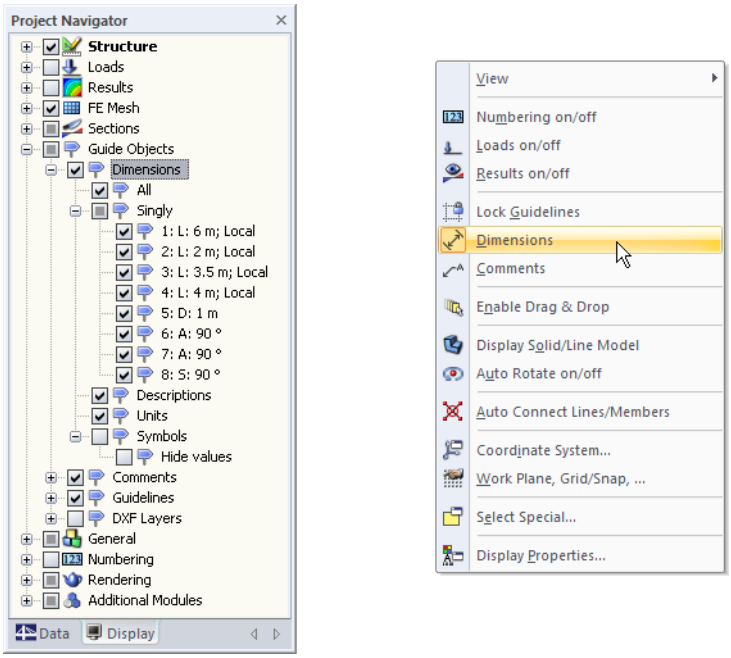


Figura 12.58: Navegador *Mostrar* (Objetos guía → acotaciones) y el menú contextual general

Cuando la geometría estructural sea modificada, las acotaciones serán ajustadas automáticamente.

Para abrir el cuadro de diálogo *Editar acotación*, haga doble clic en la correspondiente acotación. De esta forma se puede ajustar posteriormente la desviación. Sin embargo, si la cota ha de esta referida a otros nudos o líneas, borre la acotación primero y vuelva a definirla correctamente.

12.2.12 Comentarioss

Existen dos clases de comentarios: se pueden insertar comentarios de texto en el gráfico o en los campos de comentarios de los cuadros de diálogo y de las tablas (capítulo 12.6.3, página 468). Este capítulo describe los comentarios en la ventana de trabajo gráfica.

Utilizando la función forzar cursor se pueden asignar los comentarios en relación a los nudos así como al centro de líneas y de barras. También pueden ser colocados en cualquier parte del plano de trabajo.

Para abrir el cuadro de diálogo de definición de los comentarios,

seleccione **Comentarios** en el menú **Insertar**

o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.



Figura 12.59: Botón *Nuevo comentario*

Aparece el cuadro de diálogo *Nuevo comentario*.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

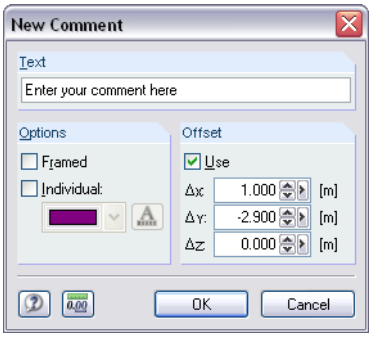


Figura 12.60: Cuadro de diálogo *Nuevo comentario*

En la sección del diálogo *Texto* introduzca el texto para el comentario. La apariencia con respecto al color y a la fuente puede ser editada en la sección del diálogo *Opciones*. Además, el comentario puede ser *Enmarcado*.

Si la casilla de verificación *Usar* en la sección del diálogo *Desviación* está marcada, el comentario será dispuesto a la distancia especificada del objeto seleccionado. La distancia también puede ser determinada en la ventana de trabajo gráfica: primero haga clic en el objeto que ha de ser descrito con un comentario y luego defina la distancia mediante otro clic de ratón.

Para establecer la visualización de los comentarios utilice el navegador *Mostrar* o el menú contextual general en la ventana de trabajo.

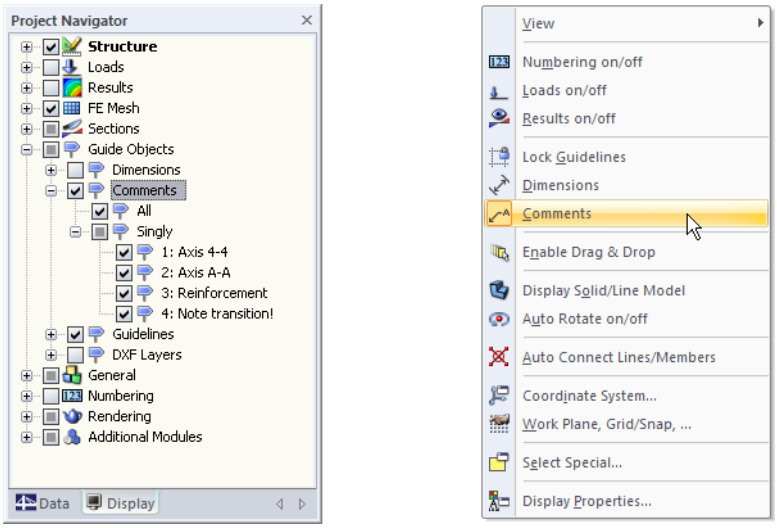


Figura 12.61: Navegador *Mostrar* (Objetos guía → Comentarios) y menú contextual general

Cuando se modifique la geometría estructural, los comentarios serán ajustados automáticamente.

Los textos de los comentarios pueden ser editados posteriormente haciendo doble clic sobre el correspondiente comentario en el gráfico o en la correspondiente entrada de datos del navegador *Datos*.

12.2.13 Líneas auxiliares

Utilice líneas auxiliares para establecer una rejilla de ejes y filas debajo del área de trabajo gráfica. Los puntos de intersección de las líneas auxiliares representan puntos de referencia a objetos para la entrada gráfica de datos. Asegúrese que la función forzar cursor para *Intersección de líneas auxiliares* ha sido seleccionada en el registro referencia a objetos del cuadro de diálogo *Plano de trabajo* (ver capítulo 12.2.3, página 389).

No es necesario que las líneas auxiliares sean paralelas al sistema de coordenadas global X,Y,Z. Los ángulos pueden ser especificados arbitrariamente. Incluso se puede definir una disposición polar de las líneas auxiliares. Las distancias entre las líneas auxiliares no hace falta que sean equidistantes.

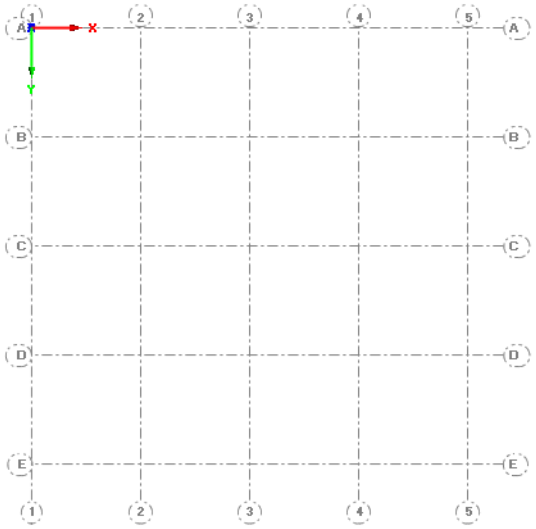


Figura 12.62: Rejilla de líneas auxiliares

Crear líneas auxiliares

Diálogo de entrada

Para abrir el cuadro de diálogo para crear una nueva línea,

sitúen el puntero sobre **Líneas auxiliares** en el menú **Insertar**, y marque **Cuadro de diálogo**

o utilice el menú contextual en el navegador *Datos*.

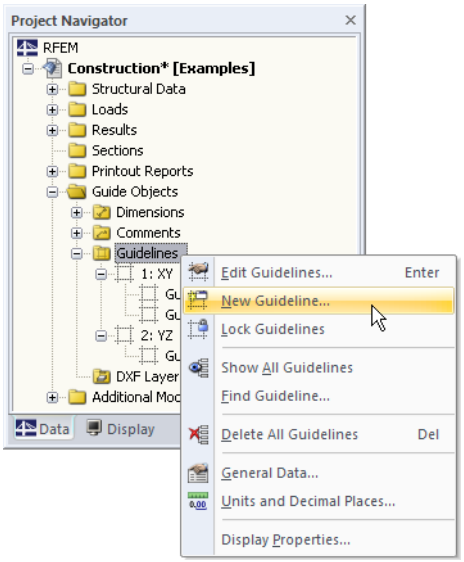


Figura 12.63: Menú contextual *Líneas auxiliares* en el navegador *Datos*

Se abre el siguiente cuadro de diálogo:

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

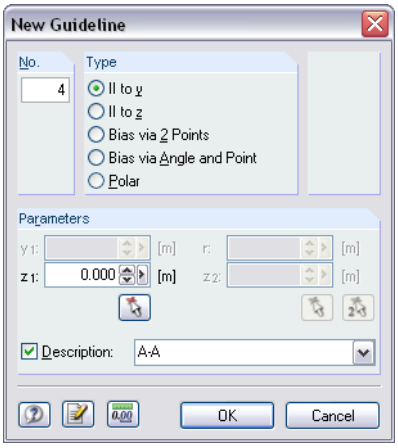


Figura 12.64: Cuadro de diálogo *Nueva línea auxiliar*

El número *Núm.* de la línea auxiliar es asignado por el programa. Una línea auxiliar puede ser definida de formas diferentes. En la sección del diálogo *Tipo*, seleccione el tipo de línea auxiliar que desea utilizar.

Tipo	**Explicación**
II a y ó II a z (lo que significa paralelo a un eje del plano de trabajo)	En la sección del diálogo *Parámetros*, la distancia z_1 al eje y o la distancia y_1 al eje z ha de ser especificada.
Mediante 2 puntos	En la sección del diálogo *Parámetros* se han de especificar las coordenadas de dos puntos que defina la línea auxiliar.
Mediante ángulo y punto	En la sección del diálogo *Parámetros* se han de especificar las coordenadas de un punto y el ángulo de giro.
Polar	En la sección del diálogo *Parámetros* se han de especificar el punto central y el radio para la línea auxiliar circular.

Tabla 12.5: Tipos de líneas auxiliares

En caso que la casilla de verificación *Descripción* está marcada, se puede introducir la descripción para la línea auxiliar en el campo de entrada. También se puede seleccionar una descripción de la lista.

Entrada gráfica de datos



Para definir una línea auxiliar gráficamente,

- sitúen el puntero en **Líneas auxiliares** en el menú **Insertar** y luego selecciónelas **gráficamente**
- utilice el botón [Nueva línea auxiliar] mostrado a la izquierda o
- haga clic en un eje del plano de trabajo para desplazarlo en una dirección paralela.

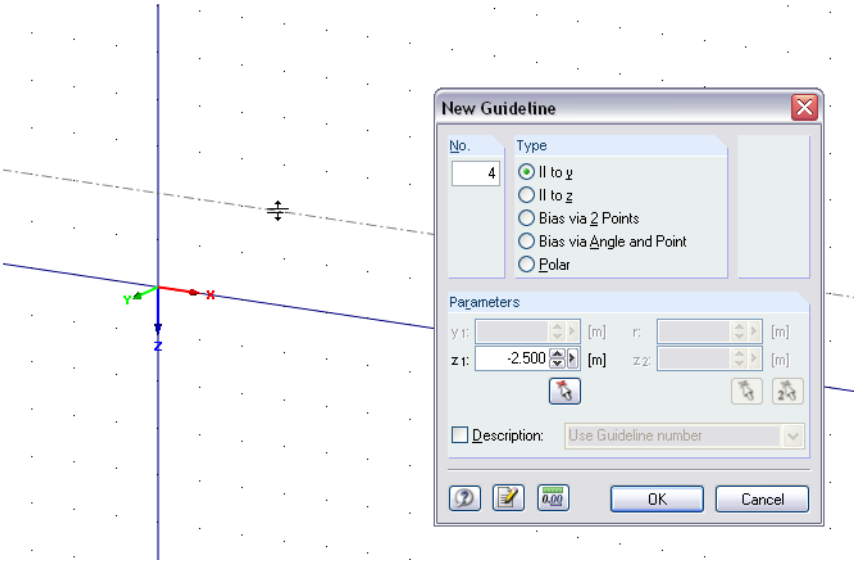


Figura 12.65: Crear líneas auxiliares gráficamente

El cuadro de diálogo es idéntico al anterior.

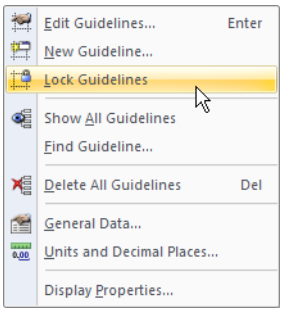
Editar y borrar líneas auxiliares

Para abrir el cuadro de diálogo para editar líneas auxiliares, haga doble clic en la correspondiente línea auxiliar en el gráfico o en la correspondiente entrada en el navegador *Datos*.

Si una línea auxiliar no puede ser seleccionada en el gráfico, está bloqueada (ver debajo). Para desbloquear la línea auxiliar haga clic en un espacio vacío de la ventana de trabajo y desactive el botón Bloquear líneas auxiliares en el menú contextual general.

Para borrar una línea auxiliar en el gráfico o en el navegador *Datos*, haga clic derecho en la línea o en la entrada y seleccione *Borrar línea auxiliar* o *Borrar* en el menú contextual.

Bloquear líneas auxiliares



Cuando las líneas auxiliares están bloqueadas, no pueden ser seleccionadas editadas o movidas. 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 todas las líneas auxiliares desbloqueadas,

- haga clic con el botón auxiliar del ratón sobre una línea auxiliar y seleccione *Bloquear líneas auxiliares* en el menú contextual o
- sitúe el cursor en **Líneas auxiliares** en el menú **Edición** y luego seleccione **Bloquear** o
- haga clic con el botón auxiliar del ratón en *Líneas auxiliares* en el navegador y seleccione *Bloquear líneas auxiliares en el menú contextual*.

Copiar y mover líneas auxiliares

Las líneas auxiliares representan objetos gráficos normales por lo que todas las opciones de edición comunes pueden ser utilizadas.

Para mover o copiar una línea auxiliar, selecciónela primero. A continuación se puede aplicar la función descrita en el capítulo 12.1.3 en la página 374.

Mostrar líneas auxiliares

Para establecer la visualización de las líneas auxiliares utilice el navegador *Mostrar*.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

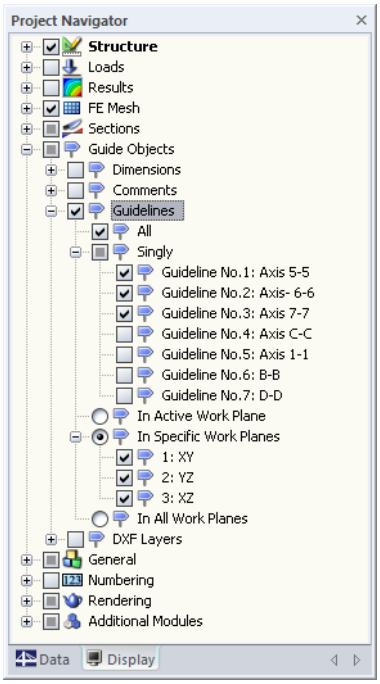


Figura 12.66: Configuración de líneas auxiliares en el navegador *Datos*

12.2.14 Capas DXF

Las capas DXF se utilizan para simplificar el modelado. Estas capas pueden ser sustentadas en la ventana de trabajo para introducir objetos gráficamente. En contraste con importar DXF (ver capítulo 13.5.2.2, página 497) que provee un modelo ya convertido en nudos y líneas, las capas DXF representan una forma de hojas transparentes para modelado específico.

S posible utilizar varias capas DXF para una estructura.

Crear capas DXF



Para abrir el cuadro de diálogo para crear una capa DXF,

seleccione **Capa DXF** en el menú **Insertar**

o utilice el menú contextual en el navegador *Datos*.

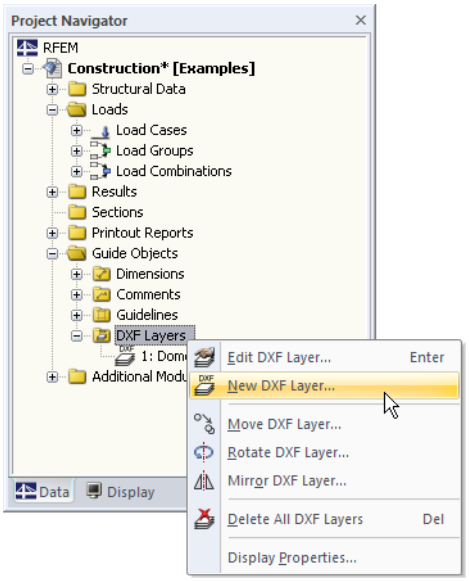


Figura 12.67: Menú contextual *Capas DXF Layers* en el navegador *Datos*

Se abre el cuadro de diálogo *Abrir* de Windows en el que se introduce el nombre y el directorio del archivo DXF.

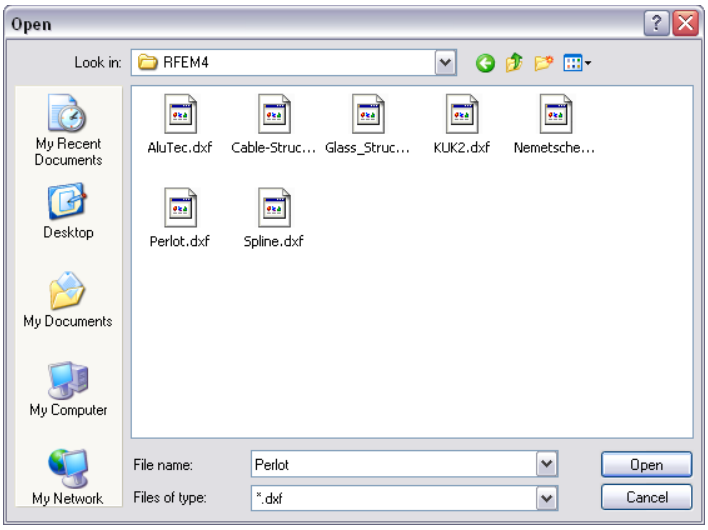


Figura 12.68: Cuadro de diálogo *Abrir*

Para abrir el cuadro de diálogo *Capa DXF Layer* haga clic en [Abrir].

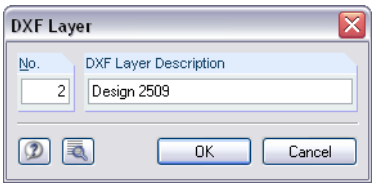


Figura 12.69: Cuadro de diálogo *Capa DXF*

El número de la capa DXF es asignado automáticamente por el programa. En la sección del diálogo *Descripción de Capa DXF*, se puede introducir un nombre para facilitar la asignación posteriormente.



Utilice el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo con el fin de definir funciones adicionales para la entrada de DXF. Los detalles de este cuadro de diálogo se pueden encontrar en el capítulo 13.5.2.2, figura 13.42 en la página 498.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Haga clic en [Aceptar] para confirmar el cuadro de diálogo. La capa DXF será importada y representada en gris en el fondo del área de trabajo gráfico. En este modelo de líneas grises ahora se pueden definir nudos, líneas y barras.

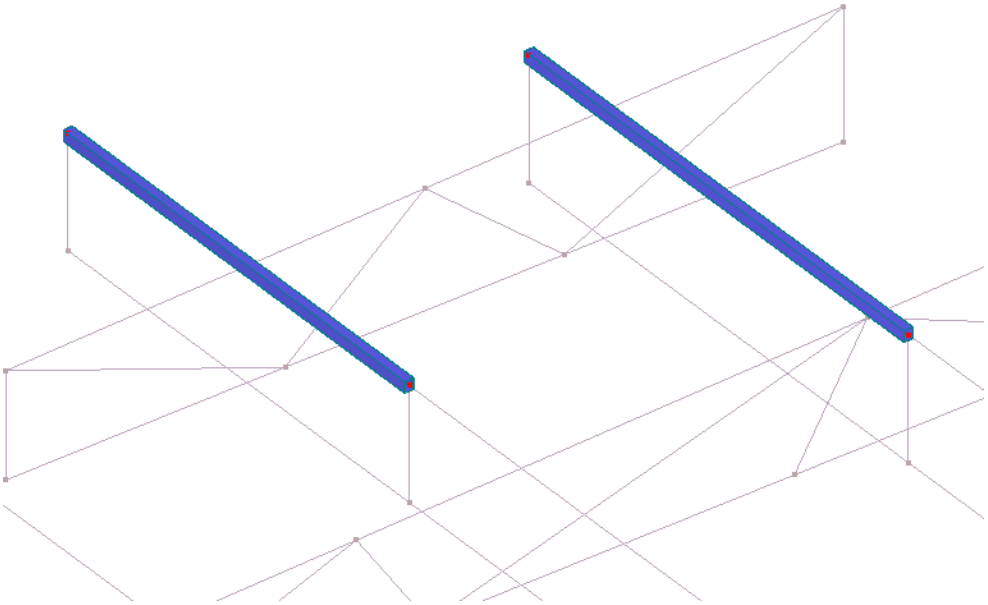


Figura 12.70: Definir barras utilizando una capa DXF



Asegúrese que la función referencia a objetos está activada para capas DXF con el fin de definir objetos en los puntos disponibles de la capa DXF. Para activar la referencia a objetos para puntos DXF, utilice el botón [DXF] en medio de la barra de estado.

Editar y borrar capas DXF

Para abrir el cuadro de diálogo para editar una capa DXF haga doble clic en la correspondiente entrada en el navegador *Datos* (ver figura 12.67, página 410). Se abre un cuadro de diálogo en el que se puede cambiar la *Descripción de capa DXF*. Alternativamente se puede utilizar el registro Capas DXF en el cuadro de diálogo *Plano de trabajo* (capítulo 12.2.1 página 386).

Para borrar una capa DXF también se puede utilizar el navegador *Datos*.

Para mover copiar o realizar una simetría de una capa DXF, seleccione la capa primero. Luego aplique la función descrita en el capítulo 12.1.3 en la página 374.

Mostrar capas DXF

El mostrar las capas DXF se establece en el navegador Mostrar.

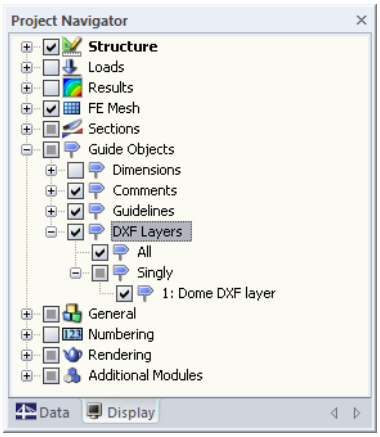


Figura 12.71: Configuración de capas DXF en el navegador *Mostrar*

12.2.15 Cambiar numeración

Una numeración regular y estructurada resulta eficaz y útil para el modelado estructural y para las revisiones. Sin embargo, la entrada gráfica de datos y sus posteriores modificaciones pueden reorganizar la numeración.

Se pueden elegir tres opciones para reajustar el orden de la numeración posteriormente. Para utilizar estas opciones,

seleccione **Cambiar numeración** en el menú **Herramientas.**

Cuando se vuelven a enumerar objetos no es necesario prestar atención a las cargas asignadas. Serán transferidas a los nuevos números de los objetos.

Uno a uno

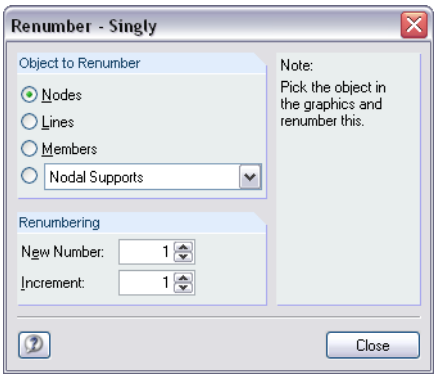


Figura 12.72: Cuadro de diálogo *Cambiar numeración – Uno a uno*

En la sección del diálogo *Objeto a cambiar de numeración* se decide si los nudos, líneas, barras u otros objetos estructurales seleccionados de la lista se vuelven a numerar. El *Nuevo número* de la nueva numeración así como el *Incremento* son definidos en la sección del diálogo Cambiando la numeración.

Después de cerrar el cuadro de diálogo haciendo clic en el botón [Cerrar], seleccione los objetos relevantes uno a uno en el gráfico. Tenga en cuenta que sólo los números libres no asignados pueden ser asignados de nuevo a los objetos.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Automáticamente

Primero seleccione los nudos, líneas y barras (capítulo 11.1.1, página 338) cuya numeración va a ser reajustada. Luego seleccione la función del menú de nuevo para abrir el siguiente cuadro de diálogo:

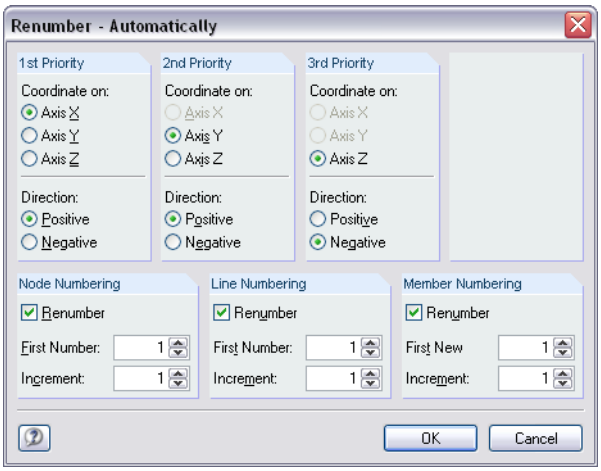


Figura 12.73: Cuadro de diálogo *Cambiar numeración - Automáticamente*

Primero se ha de definir la *Prioridad* de la numeración para las direcciones globales X, Y o Z. Además, se ha de decidir si la numeración es ascendente o debería definirse en Dirección del eje relevante positivo o negativo.

En el ejemplo superior (figura 12.73), los nudos (así como las líneas y las barras) con las coordenadas X más pequeñas reciben números nuevos primero. Los nudos son procesados en el sentido positivo X. En cuanto dos nudos tengan coordenadas X idénticas, la *Prioridad 2* decide qué nudo recibirá el número más pequeño: éste será el nudo con la coordenada Y más pequeña. Si las coordenadas son idénticas, la *Prioridad 3* es la decisiva.

En la sección del diálogo *Numeración de nudos*, *Numeración de líneas* y *Numeración de barras* se definen los objetos que han de volver a ser numerados y a los cuales han de ser aplicados el *Primer número* e *Incremento* para la nueva numeración. Los números ya ocupados no han de ser asignados otra vez, sin embargo RFEM permite el uso de números que ya han sido ocupados anteriormente pero quedarán disponibles en la nueva numeración.

Intercambiando números

Primero, seleccione los objetos cuya numeración ha de ser ajustada de nuevo. Luego seleccione la función cambiar la numeración para abrir el siguiente cuadro de diálogo:

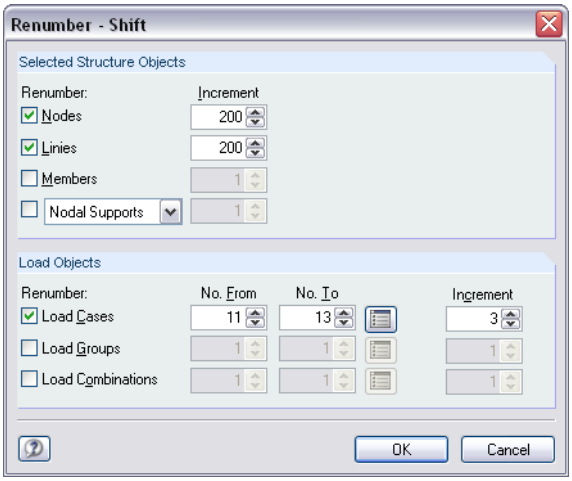


Figura 12.74: Cuadro de diálogo *Cambiar la numeración – Intercambiando números*

En la sección del diálogo *Objetos de la estructura seleccionados* se decide si los nudos, líneas, barras u otros elementos estructurales seleccionados de la lista son enumerados otra vez. En la columna *Incremento,* se define el intervalo por el cual los números de los objetos han de ser movidos hacia arriba. También es posible desplazar la numeración hacia abajo usando incrementos negativos. Asegúrese de que ningún número es menor de 1.

La numeración de los casos de carga, grupos y combinaciones puede ser ajustada en la sección del diálogo *Cargas*. Introduzca los números de los casos de carga correspondientes, grupos de carga y combinaciones como una lista en las columnas *Núm. desde* y *Núm. hasta.* La columna *Incremento* a la derecha define el intervalo por el cual los números de los objetos con carga se mueven hacia arriba.

Después de confirmar el cuadro de diálogo haciendo clic en [Aceptar], se realizará el intercambio de numeración. Tenga en cuenta que sólo los números libres no asignados pueden volver a ser asignados para los objetos estructurales y con carga.

12.3 Funciones de entrada de tablas

12.3.1 Funciones de edición



Las funciones de edición son herramientas que facilitan la entrada de datos en las tablas (capítulo 4.4.4, página 77. En contraste con las funciones para editar descritas en el siguiente capítulo 12.3.2, no es necesario seleccionar las celdas previamente. Las funciones de edición sólo afectan a la celda en la que está situado el puntero.

Acceder a las funciones de edición

Para permitir funciones de edición en la tabla, sitúe el puntero en una celda de la tabla. Para seleccionar una función de edición particular,

sitúe el puntero en **Edición** en el menú **Tabla**



Algunas funciones de edición están disponibles en la barra de herramientas de la tabla.



Figura 12.75: Botones para varias funciones de edición en la barra de herramientas de la tabla

También se puede acceder a las funciones por medio del menú contextual de la tabla.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

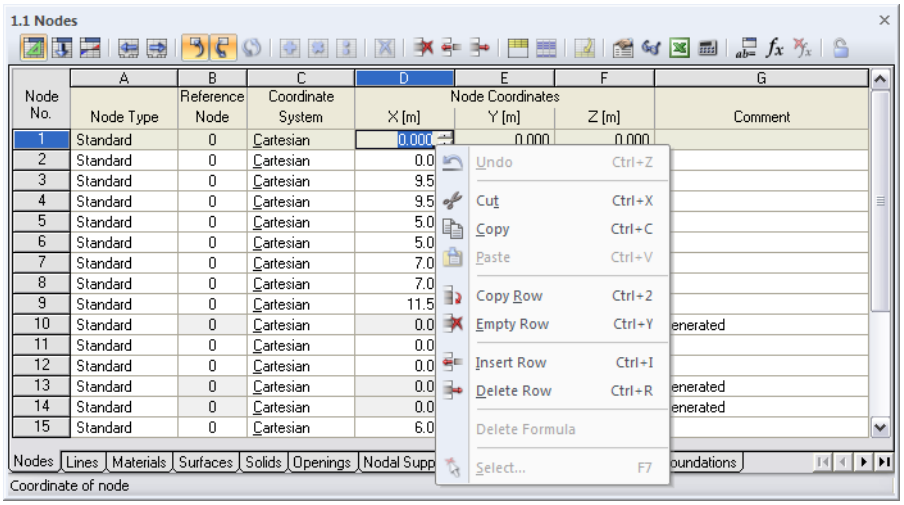


Figura 12.76: Funciones de edición en el menú contextual

Funciones y comandos

Función	Efecto
Cortar [Ctrl+X]	Elimina los contenidos de la celda y los guarda en el portapapeles.
Copiar [Ctrl+C]	Copia los contenidos de la celda en el portapapeles.
Pegar [Ctrl+V]	Inserta el contenido del portapapeles en la celda. Si los contenidos del portapapeles son mayores que la celda, se sobrescriben las celdas de las siguientes columnas y filas de la tabla. Sin embargo, se mostrará una advertencia antes.
Copiar fila [Ctrl+2]	Sobrescribe la siguiente fila con los contenidos de la actual
Vaciar fila [Ctrl+Y] 	Elimina los contenidos de una fila sin borrar la propia fila
Insertar fila [Ctrl+I] 	Inserta una nueva fila vacía. Todas las filas posteriores son desplazadas hacia abajo.
Eliminar fila [Ctrl+R] 	Elimina la fila actual. Todas las filas posteriores son desplazadas hacia arriba.
Buscar [Ctrl+F]	Busca un número o una cadena de caracteres dentro de la tabla.
Sustituir [Ctrl+H]	Busca un número o una cadena de caracteres dentro de la tabla y los sustituye con otra entrada.
Vaciar tabla	Borra los contenidos de la tabla actual sin advertencia previa.
Vaciar todas las tablas	Elimina los contenidos de todas las tablas.
Seleccionar [F7]	Abre una lista de selección dentro de la celda.
Actualizar gráficos 	Aplica las modificaciones introducidas en la tabla a los gráficos.
Editar por diálogo	Abre un cuadro de diálogo para introducir los datos de la fila actual.

Tabla 12.6: Editar funciones

Ejemplos

Copiar fila

La función copiar se selecciona en el menú contextual de la fila 2 de la tabla.

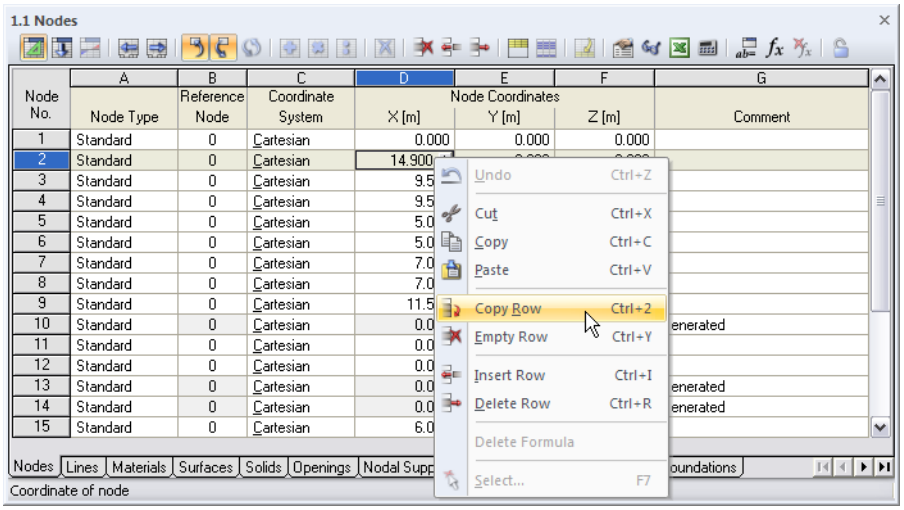


Figura 12.77: Copiar fila 2 de la tabla con el menú contextual

La fila 3 de la tabla será sobrescrita.

2	Standard	0	Cartesian	14.900	6.000	0.000
3	Standard	0	Cartesian	14.900	6.000	0.000

Figura 12.78: Resultado

Insertar fila

La función insertar es seleccionada en el menú contextual de la fila 2 de la tabla.

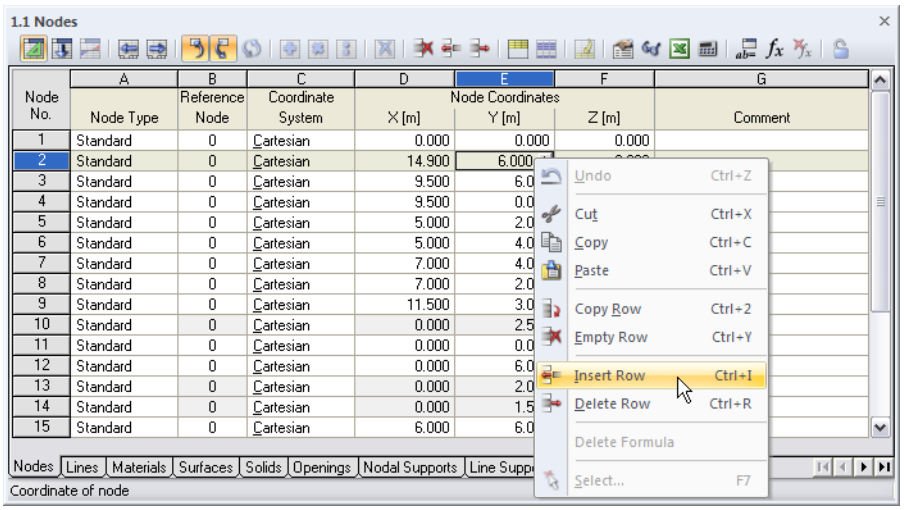


Figura 12.79: Insertar fila de la tabla con el menú contextual

Se insertará una nueva fila vacía de la tabla en la fila 2. Todas las filas posteriores se desplazan hacia abajo.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

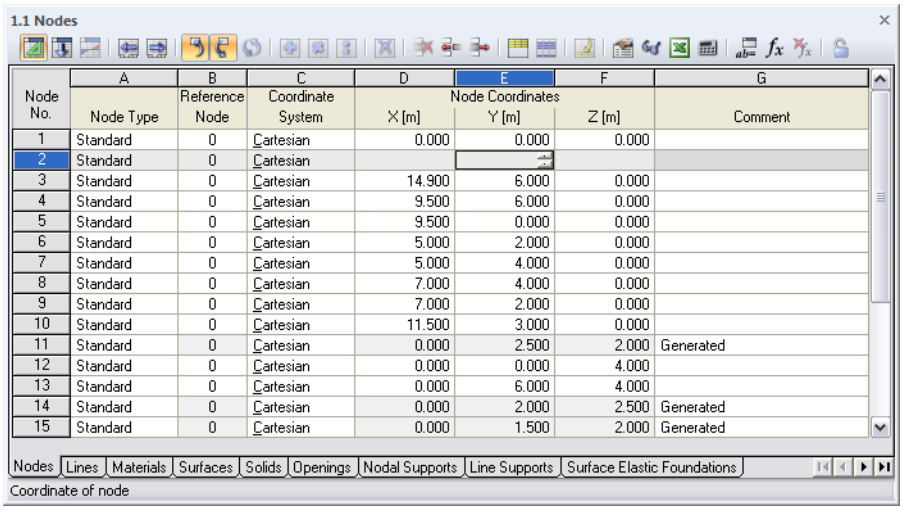


Figura 12.80: Resultado

Sustituir

El siguiente cuadro de diálogo ha de ser abierto mediante el atajo de teclado [Ctrl+H] mientras el puntero se sitúa en la fila 1 de la tabla.

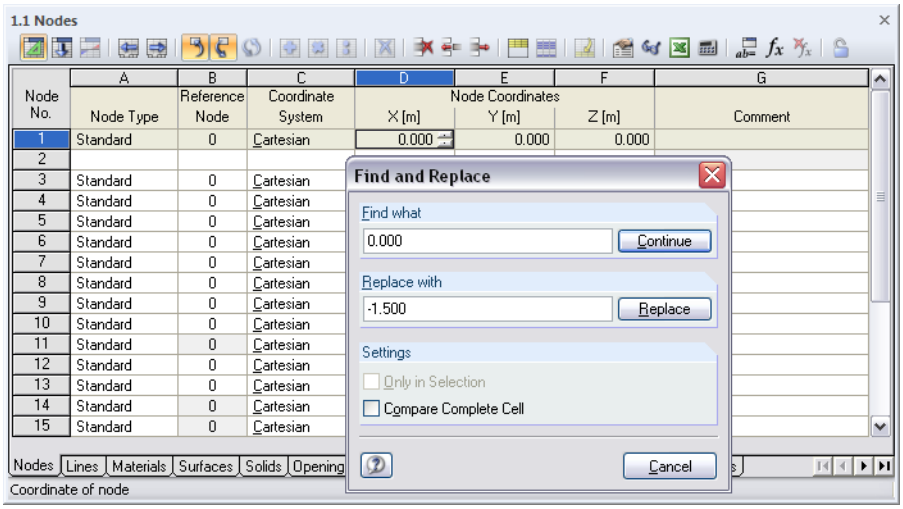


Figura 12.81: Cuadro de diálogo *Buscar y reemplazar*

El contenido de la celda actual (en el ejemplo es *0.000*) es transferido al campo de entrada *Buscar:* pero puede ser modificado ahí mismo. En el segundo campo de entrada *Reemplazar con:* introduzca el detalle que reemplazará el detalle buscado *0.000* en la tabla.

Haga clic en el botón [Reemplazar] para cambar el valor de la celda. Utilice el valor [Continuar] para mostrar la siguiente celda con el detalle buscado.

12.3.2 Funciones de selección



Las funciones de selección son herramientas que facilitan la entrada de datos en las tablas . En contraste con las funciones de edición descritas en el capítulo capítulo previo 12.3.1, se han de marcar en primer lugar varias celdas conectadas en un bloque llamadas*Selección*.

Coordinate System	Node Coordinates X [m]	Y [m]	Z [m]
Cartesian	0.000	0.000	0.000
Cartesian	14.900	6.000	0.000
Cartesian	9.500	6.000	0.000
Cartesian	9.500	0.000	0.000
Cartesian	5.000	2.000	0.000
Cartesian	5.000	4.000	0.000
Cartesian	7.000	4.000	0.000
Cartesian	11.500	3.000	0.000
Cartesian	0.000	2.500	2.000

Figura 12.82: Selección

No es relevante si las celdas están vacías o con contenido. Una operación de selección modifica el contenido de las celdas seleccionadas uniformemente.

Acceso a las funciones de selección

Primero, marque una selección como un único bloque en la tabla. Desplace el ratón sobre las celdas manteniendo pulsado el botón izquierdo. Un sólo clic en el encabezado de la tabla (A, B, C ...) selecciona toda la columna. Para seleccionar toda la fila de una tabla, haga clic en el número de fila a la izquierda.

Para seleccionar una función particular,

seleccione **Selección** en el menú **Tabla**.



Alguna funciones de selección están disponibles en la barra de herramientas de la tabla.

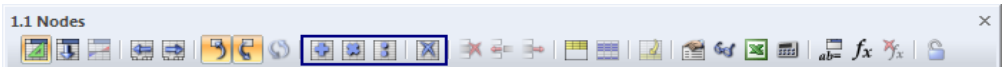


Figura 12.83: Botones para varias funciones de selección en la barra de herramientas de la tabla.

También se puede acceder a las funciones de selección desde el menú contextual de la tabla.

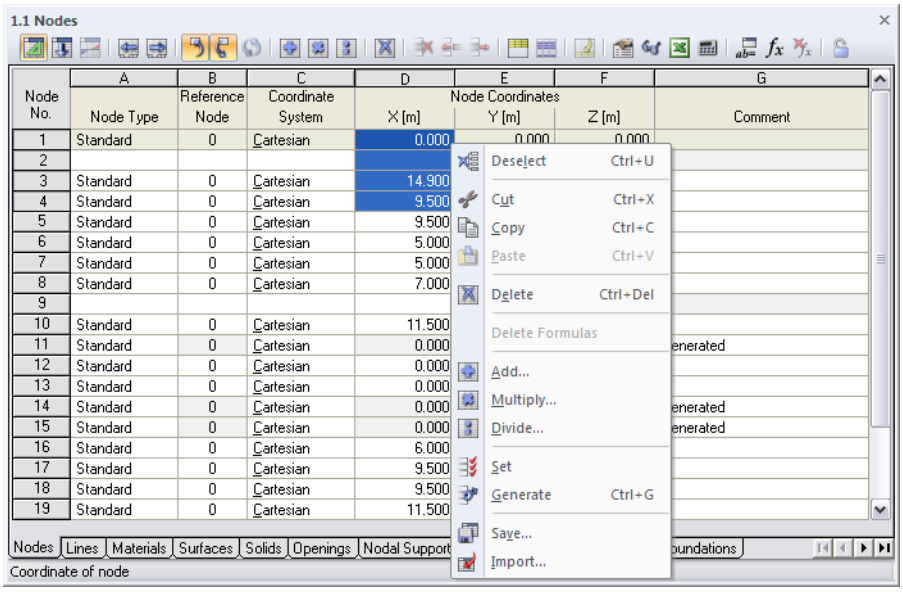


Figura 12.84: Selección de funciones en el menú contextual

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Funciones y comandos

Función	Efecto
Anular la selección [Ctrl+D]	Cancela la selección de las filas o columnas.
Cortar [Ctrl+X]	Elimina los contenidos de las celdas seleccionadas y los guarda en el portapapeles.
Copiar [Ctrl+C]	Copia el contenido de la selección en el portapapeles.
Pegar [Ctrl+V]	Inserta los contenidos del portapapeles en la tabla. El comando sólo está disponible si el portapapeles contiene los datos apropiados (por ejemplo de Excel).
Eliminar [Ctrl+Del] 	Borra los contenidos de las celdas seleccionadas.
Agregar 	Añade o substrae un valor desde las celdas que contiene valores numéricos.
Multiplicar 	Multiplica las celdas que contienen valores numéricos por un coeficiente especificado.
Dividir 	Divide las celdas que contienen valores numéricos por un divisor determinado.
Establecer	Asigna el valor de la primera celda seleccionada a todas las demás celdas de la selección.
Generar [Ctrl+G]	Interpola los valores numéricos entre la primera y la última celda seleccionada.
Guardar	Guarda la selección en un archivo.
Importar	Lee la selección guardada en un archivo.

Tabla 12.7: Funciones de selección

Ejemplos

Agregar

Se ha seleccionado un bloque de valores numéricos.

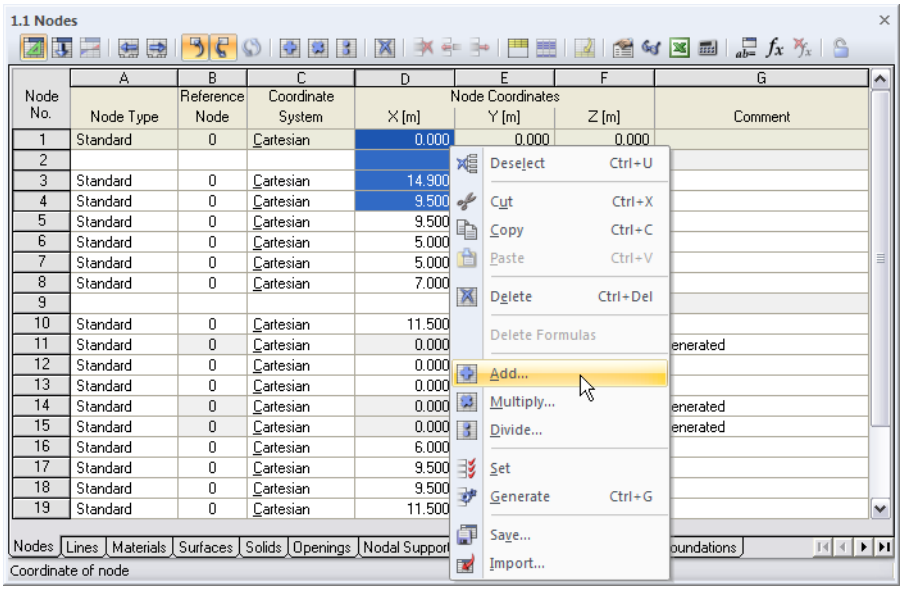


Figura 12.85: Menú contextual de la selección

El valor que ha de ser añadido a las celdas ha de ser introducido en el siguiente cuadro de diálogo.

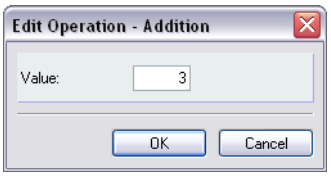


Figura 12.86: Cuadro de diálogo *Editar operación - Suma*

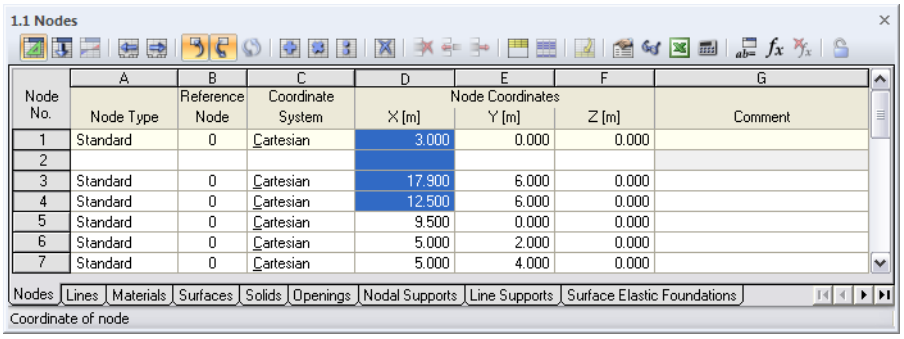


Figura 12.87: Resultado

Los valores numéricos de todas las celdas seleccionadas han sido incrementados por 3. Las celdas vacías continúan tal cual.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Establecer

Utilice esta función para rellenar rápidamente un gran número de celdas con valores idénticos. El bloque seleccionado ha de contener un valor de inicio en la celda superior por *3.000*.

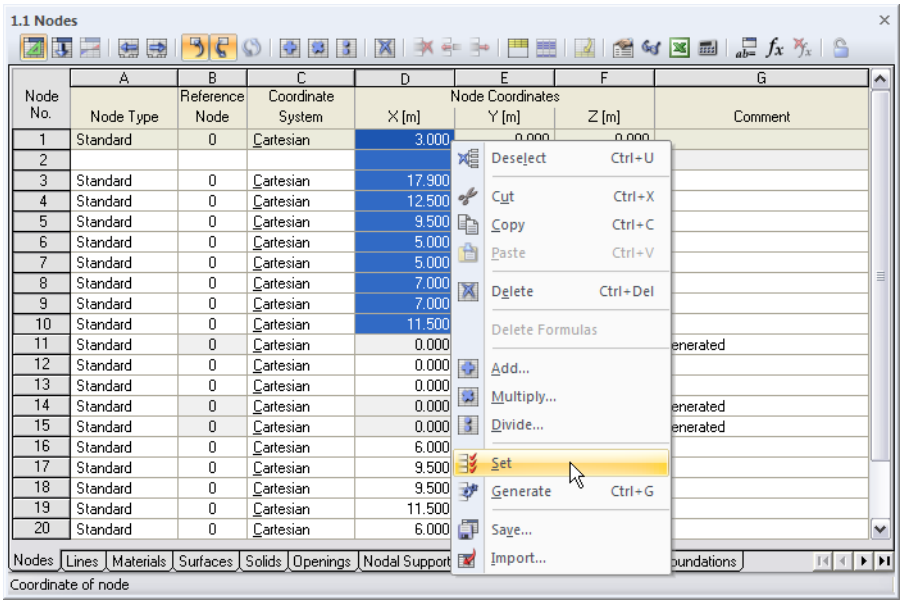


Figura 12.88: Menú contextual de la selección

Después de que la función *Establecer* haya sido aplicada, todas las celdas seleccionadas han de ser establecidas con el valor de la celda superior.

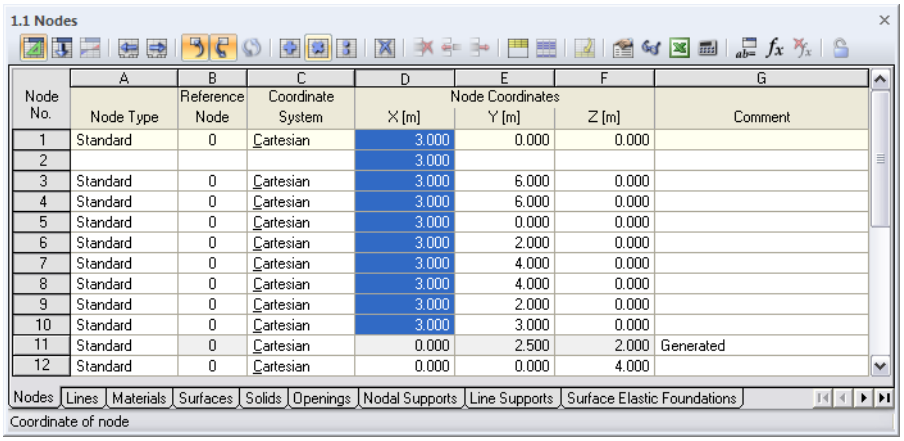


Figura 12.89: Resultado

Esta operación no está limitada a las celdas con valores numéricos.

Generar

Utilice esta función para rellenar las celdas rápidamente. Los valores intermedios son determinados con una interpolación lineal desde el valor inicial de la celda superior (en el ejemplo *6.000*) y el valor final de la celda inferior (en el ejemplo *30.000*).

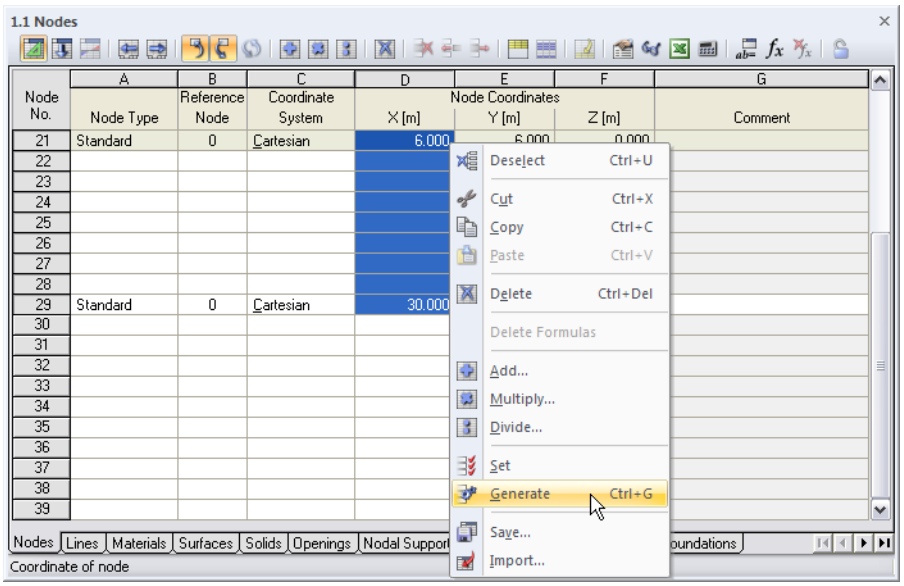


Figura 12.90: Menú contextual de la selección

Después de que la función *Generar* haya sido aplicada las celdas intermedias se habrán rellenado con los valores interpolados.

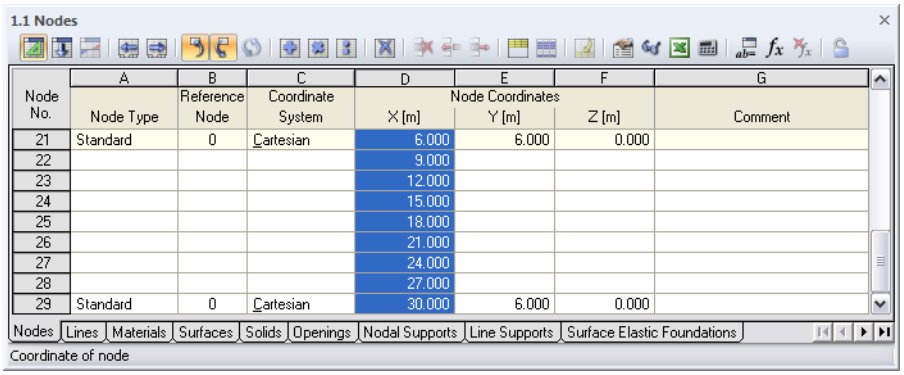


Figura 12.91: Resultado

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

12.3.3 Funciones de vista



Utilice las funciones de vista par ajustar la visualización de la tabla con el fin de administrar la disposición de los datos en las tablas.

Acceder a las funciones de vista

Para seleccionar una función de vista particular,

seleccione **Ver** en el menú **Tabla**.



Algunas funciones de vista están disponibles en la barra de herramientas de la tabla.



Figura 12.92: Botones para funciones de vista de la barra de herramientas

Funciones

Función	Efecto
Sólo filas utilizadas 	Oculta todas las filas vacías de la tabla.
Sólo filas marcadas 	Muestra sólo las filas seleccionadas.
Sólo objetos seleccionados 	Muestra sólo los objetos seleccionados en el gráfico.
Seleccionar carga y objetos relacionados 	Adicionalmente a las cargas, también se seleccionan los correspondientes objetos (nudos, superficies, barras etc.) en el gráfico.
Comprimir datos 	Resume los objetos que tienen la misma carga en una sola fila de las tablas de cargas.
Descomprimir datos 	Se enumeran las cargas para cada uno de los objetos.
Filtro de resultados 	La salida de la tabla se limita sólo para cierto tipo de resultados (capítulo 12.3.5, página 425).
Información de la sección 	Muestra los parámetros de la sección actual.
Diagramas de resultados en las barras seleccionadas 	Muestra los resultados de la barra seleccionada gráficamente en una nueva ventana (capítulo10.5, página 320).
Escalas de colores 	Activa y desactiva la visualización de las barras azules y rojas .
Barra de título	Activa y desactiva la barra de título.
Barra de herramientas	Activa y desactiva la barra de herramientas.
Barra de columna	Activa y desactiva los encabezados de las columnas(A, B, C, ...).
Barra de estado	Activa y desactiva la barra de estado.

Table 12.8: Funciones de vista

Ejemplo

Sólo filas utilizadas

Una tabla contiene varias filas vacías que pueden acarrear confusión en la disposición de la tabla.

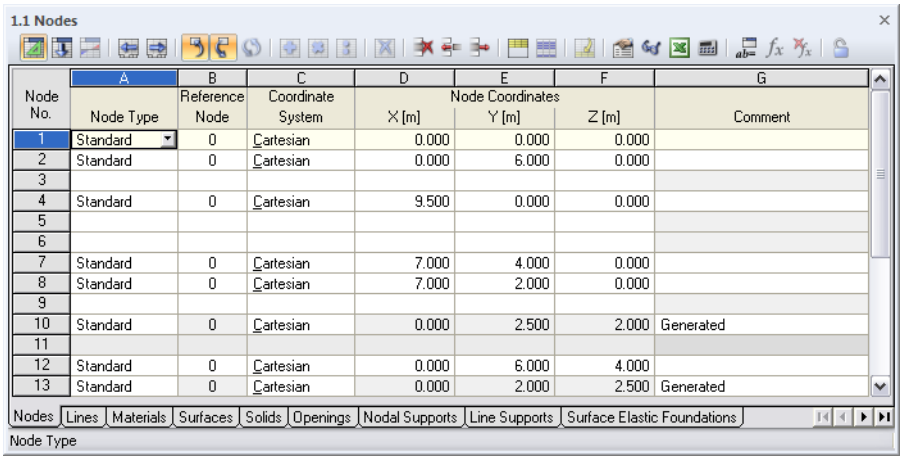


Figura 12.93: Tabla con filas vacías



Utilice la función *Sólo filas utilizadas* para ocultar todas las filas vacías.

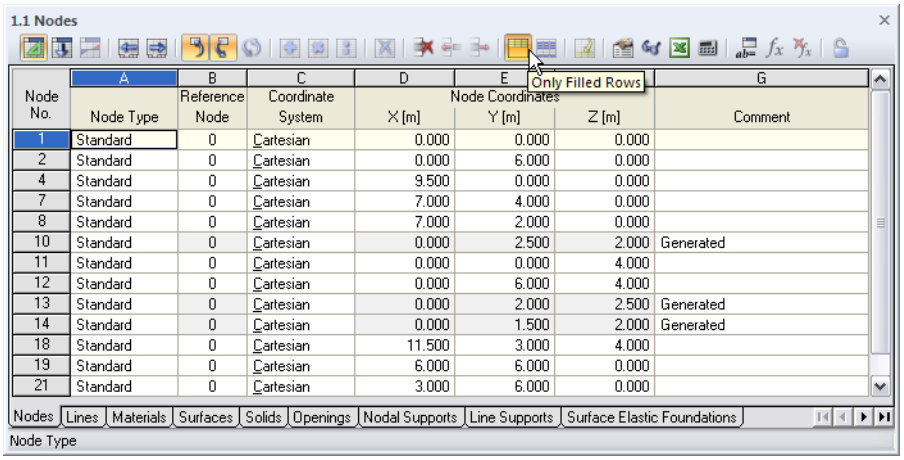


Figura 12.94: Tabla sin filas vacías

12.3.4 Configuración de la tabla

Utilice esta configuración para ajustar la fuente y el color de las tablas. Además, la selección en el gráfico puede ser sincronizada con la selección en las tablas.

Acceso a la configuración de la tabla



Para seleccionar una configuración particular de la tabla,

seleccione **Configuración** en el menú **Tabla**.

Algunas funciones de configuración estas disponibles en la barra de herramientas de la tabla.



Figura 12.95: Botones *Sincronización de selección*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Funciones

Función	Efecto
Colores	Abre el cuadro de diálogo *Colores* en el que se puede ajustar la configuración de colores para todos los elementos de la tabla por separado.
Fuentes	Abre el cuadro de dialogo *Fuente* donde se puede ajustar la fuente, su tamaño y el estilo para las tablas.
Seleccionar los objetos actuales en el gráfico 	Al estar activada (predeterminada), los objetos actualmente editados en la tabla se seleccionan en el gráfico también.
Mostrar los objetos seleccionados en las tablas 	Al estar activada (predeterminada) los objetos seleccionados en el gráfico se resaltan en la tabla.

Tabla 12.9: Configuración de la tabla

12.3.5 Funciones de filtro

Existen varias opciones de filtrado disponibles en las tablas de resultados de las barras para esfuerzos internos, fuerzas de contacto y deformaciones. Permiten una evaluación detallada.

Acceder a las funciones de filtro



Para definir un filtro de resultados particular,

Seleccione **Ver** en el menú **Tabla** y haga clic en **Filtro de resultados**

o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

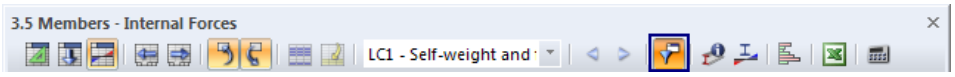


Figura 12.96: Botón *Filtro de resultados*

Se abre el siguiente cuadro de diálogo:

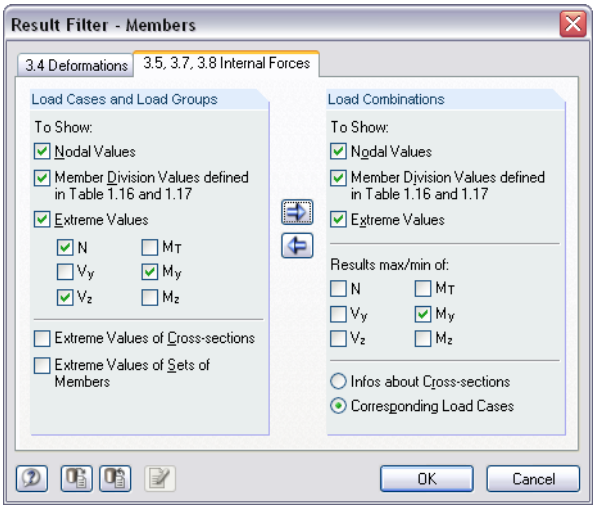


Figura 12.97: Cuadro de diálogo *Filtro de resultados - Barras*

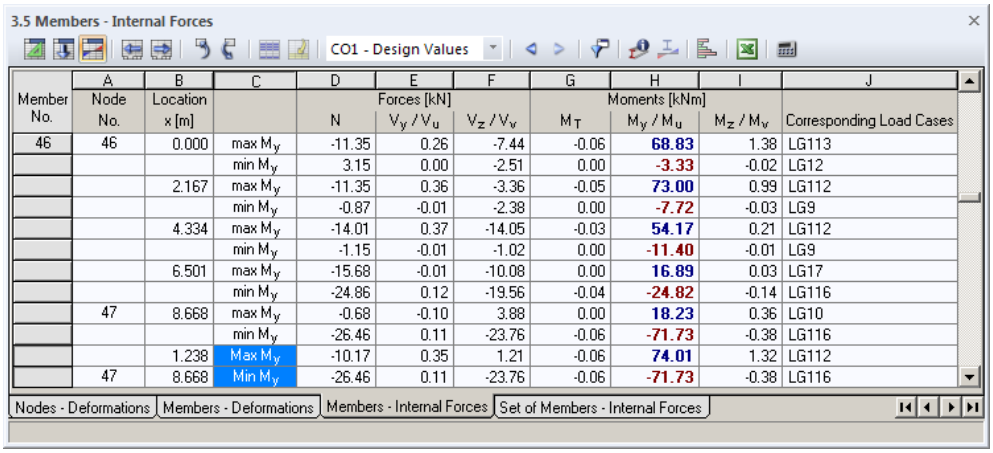
En este cuadro de diálogo se pueden definir los valores que han de ser visualizados numéricamente par a las tablas de resultados indicadas en ambos registros.

La apariencia de los *Valores de nudos* (en el inicio y final de barra), *Valores de división de barras* (en los puntos intermedios de las divisiones de barras definidas por el usuario, capítulo 5.16) y *Valores extremos* mostrados para las barras contenidas en las tablas se definen para los *Casos de carga y grupos de carga* y *Esfuerzos internos* por separado.

Para los esfuerzos internos, están disponibles seis casillas de verificación. Al menos una de las casillas de verificación ha de estar marcada. Los resultados de los correspondientes esfuerzos internos se enumeran en las posiciones descritas anteriormente. Para las combinaciones de carga, los esfuerzos internos mínimos y máximos con sus correspondientes esfuerzos internos se emiten en las posiciones respectivas de las barras.

Ejemplo

Una división de barra con tres nudos intermedios ha sido definida manualmente para la barra 44. De la configuración del filtro para combinaciones de carga mostrada en la figura 12.97 resulta la siguiente tabla de resultados 3.5 *Barras – Esfuerzos internos*.



Member No.	Node No.	Location x [m]		Forces [kN] N	V_y / V_u	V_z / V_v	Moments [kNm] M_T	M_y / M_u	M_z / M_v	Corresponding Load Cases
46	46	0.000	max M_y	-11.35	0.26	-7.44	-0.06	**68.83**	1.38	LG113
			min M_y	3.15	0.00	-2.51	0.00	**-3.33**	-0.02	LG12
		2.167	max M_y	-11.35	0.36	-3.36	-0.05	**73.00**	0.99	LG112
			min M_y	-0.87	-0.01	-2.38	0.00	**-7.72**	-0.03	LG9
		4.334	max M_y	-14.01	0.37	-14.05	-0.03	**54.17**	0.21	LG112
			min M_y	-1.15	-0.01	-1.02	0.00	**-11.40**	-0.01	LG9
		6.501	max M_y	-15.68	-0.01	-10.08	0.00	**16.89**	0.03	LG17
			min M_y	-24.86	0.12	-19.56	-0.04	**-24.82**	-0.14	LG116
	47	8.668	max M_y	-0.68	-0.10	3.88	0.00	**18.23**	0.36	LG10
			min M_y	-26.46	0.11	-23.76	-0.06	**-71.73**	-0.38	LG116
		1.238	Max M_y	-10.17	0.35	1.21	-0.06	**74.01**	1.32	LG112
	47	8.668	Min M_y	-26.46	0.11	-23.76	-0.06	**-71.73**	-0.38	LG116

Nodes - Deformations | Members - Deformations | Members - Internal Forces | Set of Members - Internal Forces

Figura 12.98: Resultados filtrados de acuerdo con los valores de nudos, puntos de división y valores M_y

Los momentos flectores $\mathbf{M}_y$ máximos y mínimos son emitidos en negrita en los nudos, los puntos de división y las posiciones de los valores absolutos extremos. Los posteriores se establecen en mayúsculas como *Máx. M_y* y *Mín. M_y* al final de la lista (figura resaltada arriba). Los valores de las restantes columnas representan los esfuerzos internos correspondientes de los respectivos valores máximo y mínimo.

12.3.6 Importar y exportar tablas

Una tabla de MS Excel o Open Office.org Calc puede ser importada directamente en la tabla de entrada actual de RFEM. Los programas han de ser iniciados antes de que estas funciones puedan ser aplicadas. También es posible exportar la tabla actual de RFEM por entero o parte a Excel o Open Office.org Calc.

Acceder a las funciones importar y exportar



Para aplicar las funciones importar o exportar, haga clic en el botón [Exportar/Importar tabla] en la barra de herramientas de la tabla.



Figura 12.99: Botón *Exportar/Importar tabla* en la barra de herramientas de la tabla

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Dependiendo de la acción que se quiera llevar a cabo se abre uno de los siguientes cuadros de diálogo.

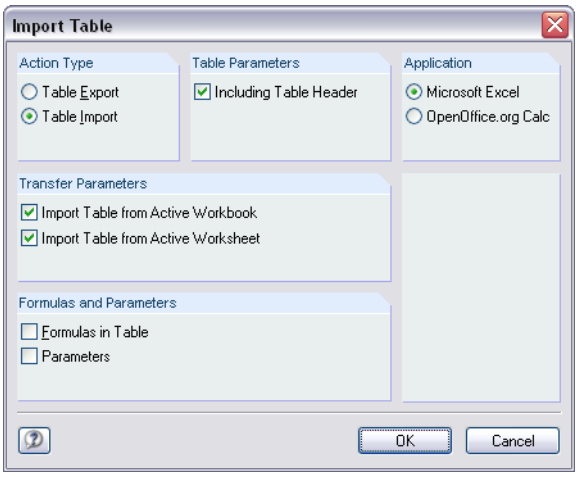


Figura 12.100: Cuadro de diálogo *Importar tabla*

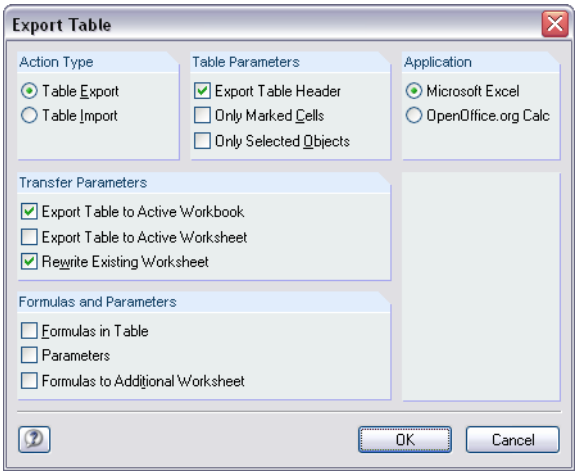


Figura 12.101: Cuadro de diálogo *Exportar tabla*

Importar tablas

El libro de MS Excel o OpenOffice ha de estar abierto antes de empezar a importar. Si existe el encabezado en las hojas de cálculo, active la casilla de verificación *Tabla con encabezado*. Los encabezados serán ignorados durante la importación. Sólo se transferirán las listas a las tablas de RFEM.

En la sección del diálogo *Aplicación*, se puede elegir entre hojas de cálculo de Microsoft Excel u OpenOffice.org Calc.

La sección del diálogo *Transferir parámetros* especifica si se importa el libro activado o sólo la hoja de cálculo. Cuando se importa un libro completo, el orden y la estructura de las hojas de cálculo ha de coincidir con las tablas de RFEM.

En la sección del diálogo *Fórmulas y parámetros,* se puede decidir si también las fórmulas que pueden ser definidas en la tabla de datos son importadas también.

Haga clic en [Aceptar] para empezar a importar.



En caso de que sólo se quieran importar algunas partes de la hoja de trabajo, se recomienda utilizar la función copiar: seleccione el área relevante en la tabla de la hoja de cálculo y cópiela en el portapapeles utilizando el atajo del [Ctrl]+[C]. Luego sitúe el puntero del ratón en la celda de la tabla de RFEM e inserte el contenido del portapapeles con la función Copiar o [Ctrl]+[V].

Exportar tablas

Para exportar las tablas de RFEM, MS Excel u Open Office.org Calc no es necesario que se estén ejecutando.

En la sección del diálogo *Parámetros de tabla*, se puede decidir si los encabezados son exportados también. Al marcar la casilla de verificación *Exportar encabezado de la tabla*, el resultado en Excel es como el de la siguiente figura:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Node		Reference	Coordinate	Node Coordinates			
2	No.	Node Type	Node	System	X [m]	Y [m]	Z [m]	Comment
3	1	Standard	0	Cartesian	0,000	0,000	0,000	
4	2	Standard	0	Cartesian	25,000	0,000	0,000	
5	3	Standard	0	Cartesian	0,000	0,000	-6,000	
6	4	Standard	0	Cartesian	3,000	0,000	-6,261	
7	5	Standard	0	Cartesian	6,250	0,000	-6,546	
8	6	Standard	0	Cartesian	12,500	0,000	-7,094	
9	7	Standard	0	Cartesian	18,750	0,000	-6,546	
10	8	Standard	0	Cartesian	22,000	0,000	-6,261	
11	9	Standard	0	Cartesian	25,000	0,000	-6,000	

Figura 12.102: Tabla de Excel con los encabezados exportados

Cuando se desmarca la casilla de verificación, sólo se transfieren los contenidos de la tabla a Excel.

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	0	Cartesian	0,000	0,000	0,000	
2	2	0	Cartesian	25,000	0,000	0,000	
3	3	0	Cartesian	0,000	0,000	-6,000	
4	4	0	Cartesian	3,000	0,000	-6,261	
5	5	0	Cartesian	6,250	0,000	-6,546	
6	6	0	Cartesian	12,500	0,000	-7,094	
7	7	0	Cartesian	18,750	0,000	-6,546	
8	8	0	Cartesian	22,000	0,000	-6,261	
9	9	0	Cartesian	25,000	0,000	-6,000	

Figura 12.103: Tabla de Excel sin encabezados de tabla

La casilla de verificación *Sólo celdas marcadas* sólo está disponible si un bloque de una celda ha sido previamente seleccionado en la tabla (capítulo 12.3.2, página 418). Utilice esta casilla de verificación para decidir si sólo la selección o la tabla completa serán exportadas. La opción *Sólo los objetos seleccionados* permiten una transferencia de los números de las filas seleccionadas.

En la sección del diálogo *Aplicación* se puede seleccionar entre hojas de cálculo de Microsoft Excel u OpenOffice.org Calc.

La sección del diálogo *Transferir parámetros* especifica si se utiliza el libro activado de la hoja de cálculo abierta. Si la casilla de verificación *Exportar tabla al libro activo* no está marcada, se crea un nuevo libro. Lo mismo se aplica a la opción *Exportar tabla a la hoja de cálculo*. Si esta casilla de verificación ha sido marcada, se utiliza la hoja de cálculo actual y ha de ser sobrescrita.

Si se selecciona *Volver a escribir la hoja de cálculo existente*, el programa buscará una tabla en el libro con el mismo nombre que en RFEM y la sobrescribirá.



Para empezar a exportar la tabla actual desde RFEM haga clic en [Aceptar]. Si quiere transferir varias tablas a Excel a la vez se recomienda seleccionar **Exportar** en el menú **Archivo** (ver capítulo 13.5.2.5, página 500). Se abrirá un cuadro de diálogo donde se pueden definir configuraciones detalladas para exportar.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

12.4 Entrada de datos parametrizada

12.4.1 Concepto

La entrada de datos parametrizada para datos estructurales y de carga utiliza variables. Estas variables (por ejemplo: longitud, anchura, cargas de tráfico etc.) se llaman “parámetros“ y se guardan en una lista de parámetros.

Los parámetros pueden ser utilizados en fórmulas para determinar los valores numéricos exactos. Estas fórmulas son editadas en el Editor de fórmulas.

Si un parámetro es modificado en la lista de parámetros, los resultados de una fórmula que utiliza este parámetro son ajustados.

La entrada parametrizada es útil para proyectos que requieren modificaciones frecuentes. Las fórmulas almacenadas son fáciles de seguir y aportan claridad a las estructuras complejas. La entrada de parámetros controlada también puede ser elegida cuando se editan estructuras recurrentes similares en el diseño. Simplemente se abre una plantilla y se editan los parámetros.

12.4.2 Lista de parámetros

Todos los parámetros son guardados en la lista de parámetros .

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 la tabla



Figura 12.104: Botón *Editar parámetros* en la barra de herramientas de la tabla

- en el Editor de fórmulas.

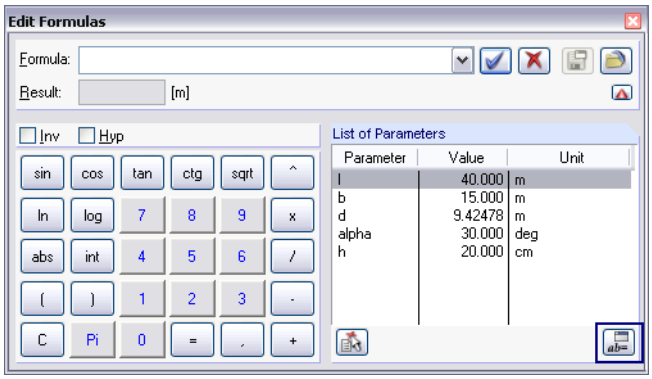


Figura 12.105: Botón *Editar parámetros* en el Editor de fórmulas

Descripción

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

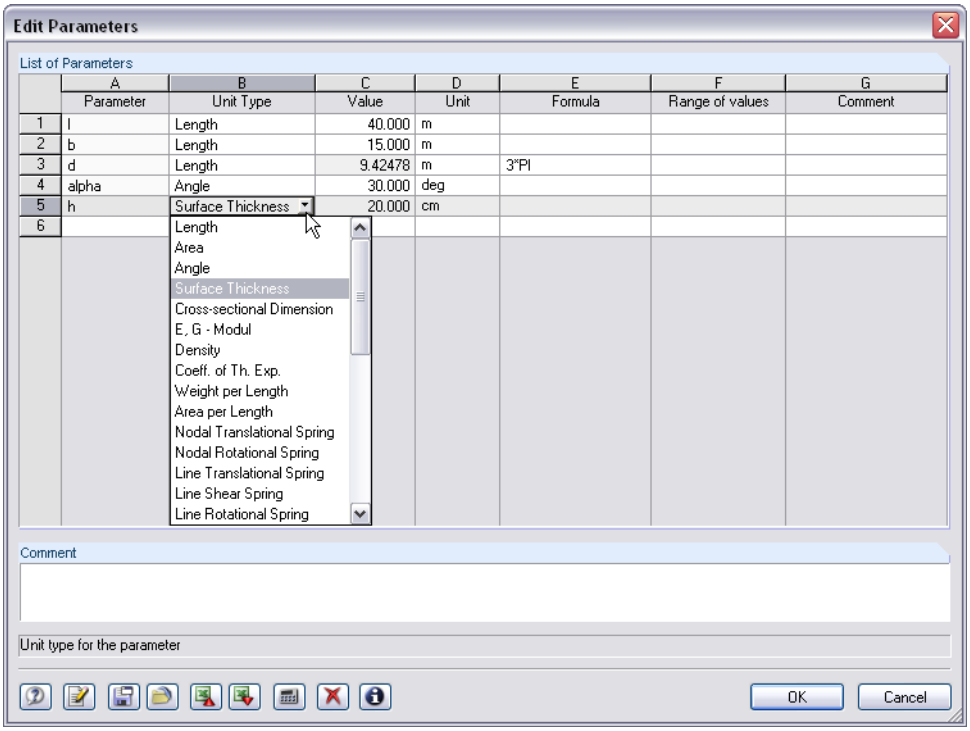


Figura 12.106: Cuadro de diálogo *Editar parámetros*

En cada fila de la tabla, puede ser definido un parámetro. Se puede introducir cualquier descripción en la columna A, siempre que sean signos ASCII y no haya parámetros en blanco. La instrucción se utiliza para referirse al parámetro en las fórmulas. Cada descripción sólo puede ser asignada una vez lo que significa que cada parámetro ha de ser único.

En la columna ***B***, se determina el *Tipo de unidad* lo que significa que se han definir los parámetros como la longitud, carga, densidad etc. Los tipos de unidades son predefinidos. Para acceder a la lista de selección en esta columna utilice el botón contextual [▼] o la tecla [F7].

En la columna ***C*** se define el *Valor* numérico del parámetro.

En la columna ***D*** se determina la *Unidad*. Para acceder a la lista de selección de unidades disponibles en esta columna utilice el botón contextual [▼] o la tecla [F7].

En la columna ***E*** se puede introducir la Fórmula para cada parámetro individual . Además de las funciones matemáticas habituales, también están disponibles instrucciones, **IF-THEN** y funciones **max/min**.

Ejemplos

if(A<B;10;B)	Si el parámetro A es más pequeño que el parámetro B se supone el valor 10. De no ser el caso se aplica el B**.**.
max(A;B)	Se aplica el mayor valor de ambos parámetros A y B.
min(max(A;B);C)	El mayor de los parámetros A y B es comparado con el del parámetro C aplicándose el menor.

En la columna ***F*** se puede definir el *Intervalo de valores* para controlar los valores de la columna C.

La columna ***G*** se reserva para *Comentarios* definidos por el usuario.

Funciones de entrada de datos

Los parámetros pueden ser introducidos individualmente. En el menú contextual, haga clic en una celda para abrirlo, puede encontrar varias herramientas para una entrada de datos más eficiente.

Para una descripción más detallada de esta función de edición ver capítulo 12.3.1 en la página 414.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Cuando varias celdas son seleccionadas como bloque, el siguiente menú contextual está disponible.

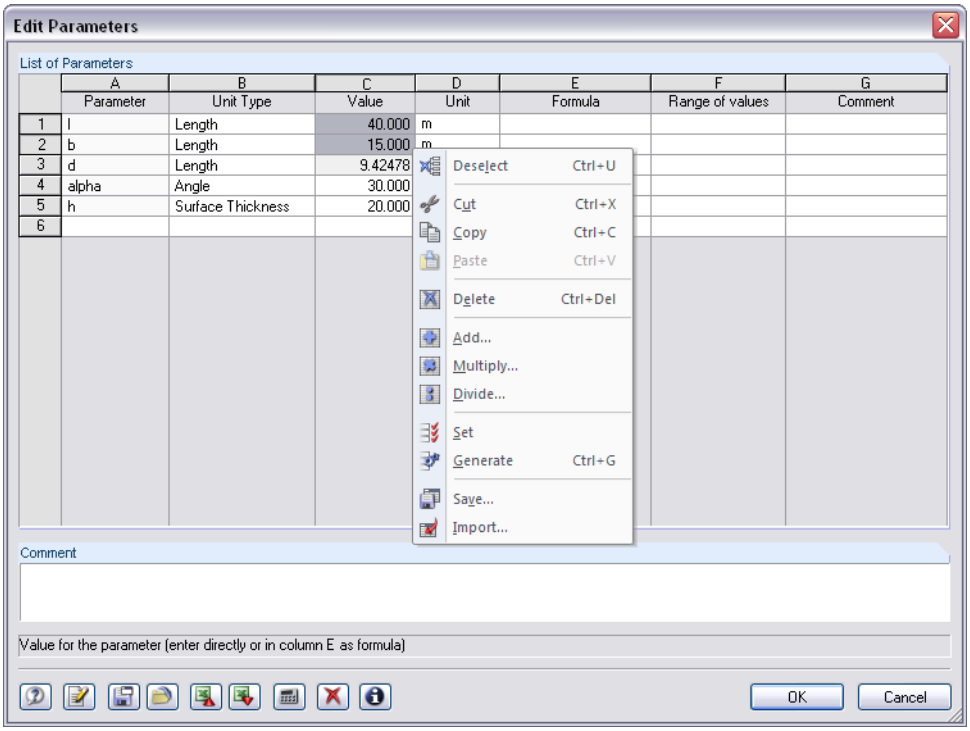


Figura 12.107: Menú contextual de selección en la lista de parámetros

Estas funciones de selección se describen en el capítulo 12.3.2 en la página 418.

Botones

Los botones predeterminados de este cuadro de diálogo se reservan para las siguientes funciones:

Botón	Descripción
	Abre la ayuda en línea para el cuadro de diálogo.
	Aplica modificaciones sin cerrar el cuadro de diálogo.
	Guarda la lista de parámetros en un archivo.
	Carga una lista de parámetros guardada.
	Exporta una lista de parámetros a MS Excel.
	Importa datos de una hoja de cálculo de Excel.
	Abre la calculadora e importa sus resultados.
	Elimina todo el contenido de una *Lista de parámetros*.
	Accede a los detalles de secciones para las secciones de la estructura.

Tabla 12.10: Cuadro de diálogo *Editar parámetros*: Botones

12.4.3 Editor de fórmulas

Las ecuaciones de la entrada parametrizada son definidas en el Editor de fórmulas.

Acceder al editor de fórmulas



Para abrir el Editor de fórmulas,

- Utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda,



Figura 12.108: Botón *Editar fórmulas* en la barra de herramientas de la tabla

- Haga clic en la esquina amarilla o roja de la celda de la tabla (una esquina roja indica un error en la fórmula) o bien

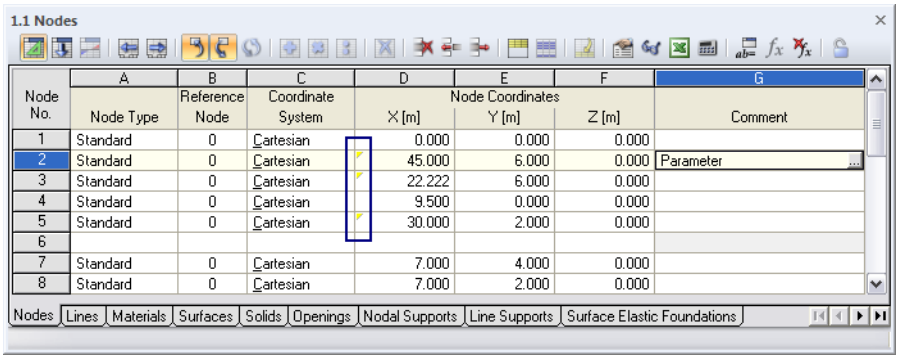


Figura 12.109: Esquinas de celdas marcadas en la tabla

- utilice los botones de funciones próximos a los campos de entrada en los cuadro de diálogo.

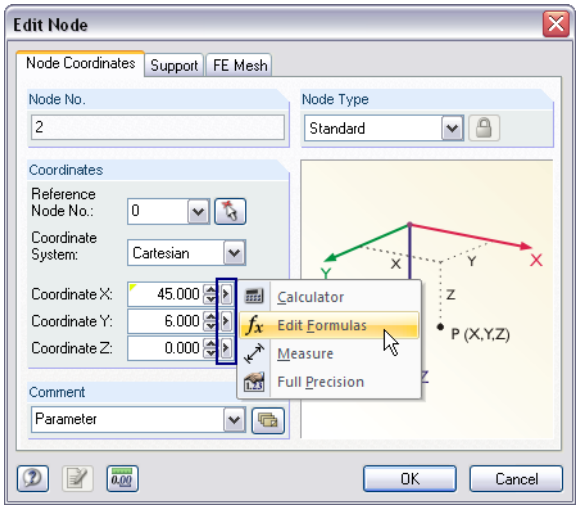


Figura 12.110: Botones de funciones con menú contextual en cuadro de diálogo.

También es posible importar fórmulas que han sido definidas en MS Excel. La formulación definida en RFEM puede ser exportada también de RFEM a MS Excel. Para detalles sobre el intercambio de datos con Excel, ver capítulo 13.5.2.5 en la página 500.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Descripción

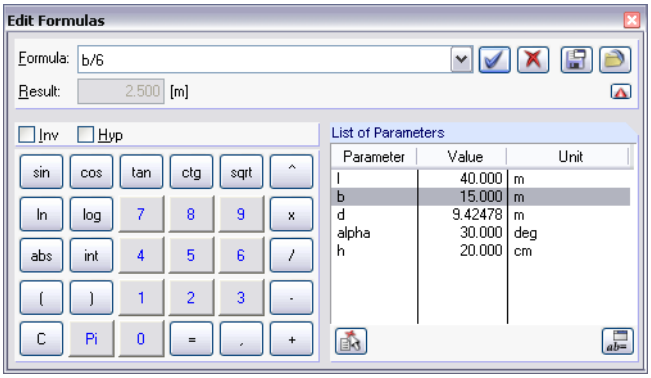


Figura 12.111: Cuadro de diálogo *Editar formulas*

En el campo de entrada *Fórmula* se puede introducir cualquier fórmula manualmente. Si se utiliza la calculadora, los resultados serán transferidos automáticamente.

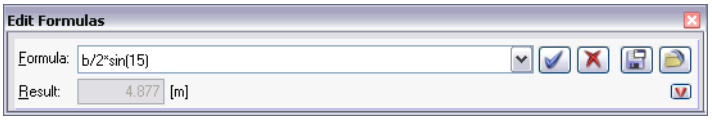


Figura 12.112: Fórmula en el editor de fórmulas



La fórmula puede contener numerosos valores numéricos, parámetros o funciones. El resultado de esta ecuación se muestra inmediatamente en el campo de diálogo debajo. Utilice el botón [▼] al final del campo de entrada de *Fórmula* para seleccionar una entrada que ya ha sido definida.



Haga clic en el botón [✓] para aplicar la fórmula a la celda de la tabla o al campo de entrada del cuadro de diálogo. Para eliminar la entrada de la fórmula haga clic en [×]. Una fórmula con errores será marcada en rojo en la línea *Fórmula*.



También es posible utilizar los contenidos de las celdas de la tabla en las fórmulas.

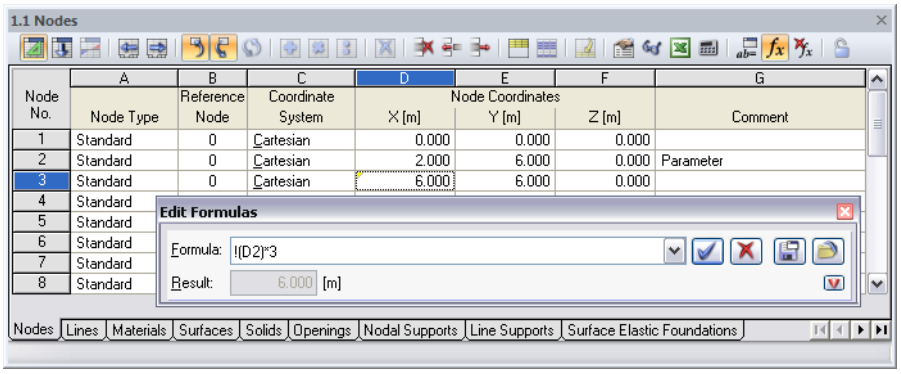


Figura 12.113: Editor de fórmulas con una referencia.

Una referencia se introduce con el símbolo de exclamación (!). El nombre de la celda en si mismo ha de estar introducido entre paréntesis. Como se muestra en la figura anterior el contenido de la celda **D3** es tres veces el del valor de la celda **D2**.



Por medio de un signo igual previo también se pueden meter las fórmulas directamente en las celdas de la tabla (por ejemplo *=2.5*PI*). Si utiliza valores en la fórmula (por ejemplo =**22.1** + A*H), se les aplican las unidades del SI [m, N].

En la calculadora del Editor de fórmulas, están disponibles las siguientes funciones:

Función	Descripción
sin	Seno
cos	Coseno
tan	Tangente
ctg	Cotangente
sqrt	Raíz cuadrada
^	Potencia
ln	Logaritmo Neperiano
log	Logaritmo en base 10
abs	Valor absoluto
int	Valor entero por ejemplo *int(5.638)* = 5
C	Limpiar fórmula
Inv	Inversa, por ejemplo *inv sqrt(5)* significa 5^2
Hyp	Función hiperbólica

Tabla 12.11: Funciones de la calculadora



En la sección del diálogo *Lista de parámetros* en el Editor de fórmulas todos los parámetros se enumeran con sus valores actuales. Para transferir un parámetro particular a la línea *Fórmula* haga doble clic en una entrada o seleccione la entrada y utilice el botón [Retener el parámetro seleccionado para la entrada de la fórmula].



Para abrir la lista de parámetros, haga clic en el botón [Editar parámetros] (ver capítulo 12.4.2, página 429).

Botones

Los botones predeterminados en este cuadro de dialogo están reservados para las siguientes funciones:

Botón	Descripción
	Aplica la fórmula a la celda de la tabla o al campo de entrada del diálogo.
	Borra la entrada de la fórmula.
	Guarda los contenidos del Editor de fórmulas como un archivo.
	Carga un archivo guardado.
	Muestra u oculta la calculadora y la lista de parámetros.

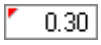
Tabla 12.12: Cuadro de diálogo *Editar fórmulas*: Botones

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

12.4.4 Formulación en tablas y cuadros de diálogo

Las ecuaciones guardadas en el editor de fórmulas pueden ser utilizadas tanto en las celdas de las tablas como en los campos de entrada de los cuadros de diálogo. Al interactuar las tablas y los cuadros de diálogo entre si, la formulación está disponible en ambos modos de entrada de datos.

Formulación en tablas



Cuando se marcan las celdas con una bandera roja o amarilla en la esquina superior izquierda significa que una fórmula ha sido vinculada a esa celda (figura 12.109, página 432). Haga clic en la bandera para abrir el Editor de fórmulas.



Para vincular una nueva celda de la tabla con una fórmula sitúe el puntero en la celda y abra el Editor de fórmulas utilizando el botón mostrado a la izquierda.



Figura 12.114: Botón *Editar fórmulas* en la barra de herramientas de la tabla



Una bandera roja significa que hay un error en la definición de la fórmula. Esto se corresponde con la fórmula en rojo en el Editor de fórmulas. Se recomienda corregir la fórmula.

Fórmulas en los cuadros de diálogo

La entrada de datos parametrizada ha sido desarrollada en un principio para su aplicación en tablas, sin embargo, también es posible utilizar fórmulas en los cuadros de diálogo.



El botón de función de la derecha de un campo de entrada en un cuadro de diálogo indica que el campo de entrada puede ser vinculado fórmulas.

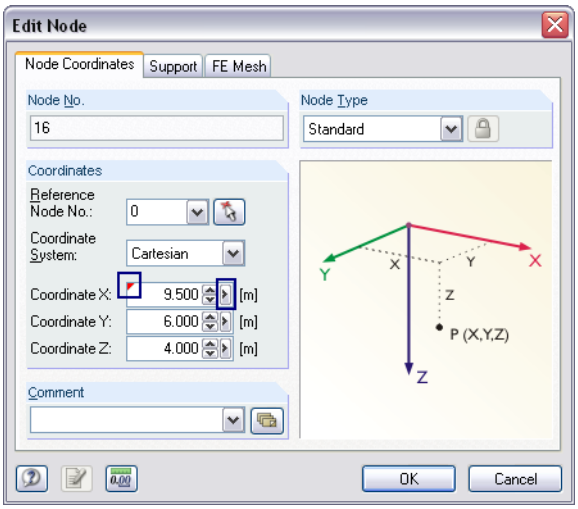


Figura 12.115: Cuadro de diálogo con botón función y fórmula vinculada

Si el campo de entrada de datos ya está vinculado con una fórmula, aparecerá marcado con una bandera roja o amarilla como ya se ha descrito en el caso de las celdas de las tablas.

Para abrir el cuadro contextual mostrado en la figura 12.110 en la página 432, haga clic en el botón función. Utilice el menú contextual para acceder al Editor de fórmulas.

12.5 Generadores de estructuras y cargas

RFEM 4 ofrece varias herramientas para generar rápidamente estructuras completas o partes de estructuras. Los generadores pueden ser utilizados para facilitar la asignación de cargas en barras, superficie y de revestimiento.

No es necesario describir los generadores en detalle. Las imágenes en los cuadros de diálogo aportan suficiente información para entender los parámetros individuales.

12.5.1 Generadores de estructuras

Para abrir los cuadros de dialogo para abrir los generadores estructurales,

seleccione **Generar estructura – Barras** en el menú **Herramientas** o

seleccione **Generar estructura – Superficies** en el menú **Herramientas**.



Cada entrada del cuadro de diálogo puede ser guardada como una plantilla y ser reutilizada posteriormente. Ambos botones mostrados a la izquierda se utilizan para guardar y cargar los datos del generador.

Los distintos generadores de barras y superficies se describen a continuación.

Viga continua

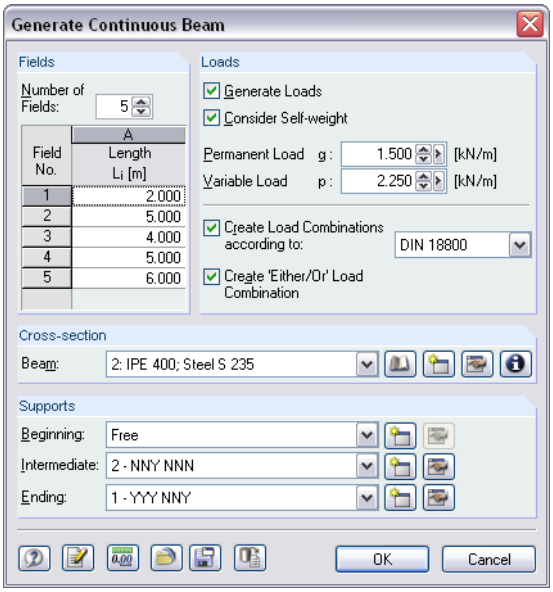


Figura 12.116: Cuadro de diálogo *Generar viga continua*

Utilice este cuadro de diálogo para crear una viga continua con apoyos y vanos de tamaño irregular. También es posible generar vigas continuas con casos de carga y combinaciones de carga.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Pórtico 2D

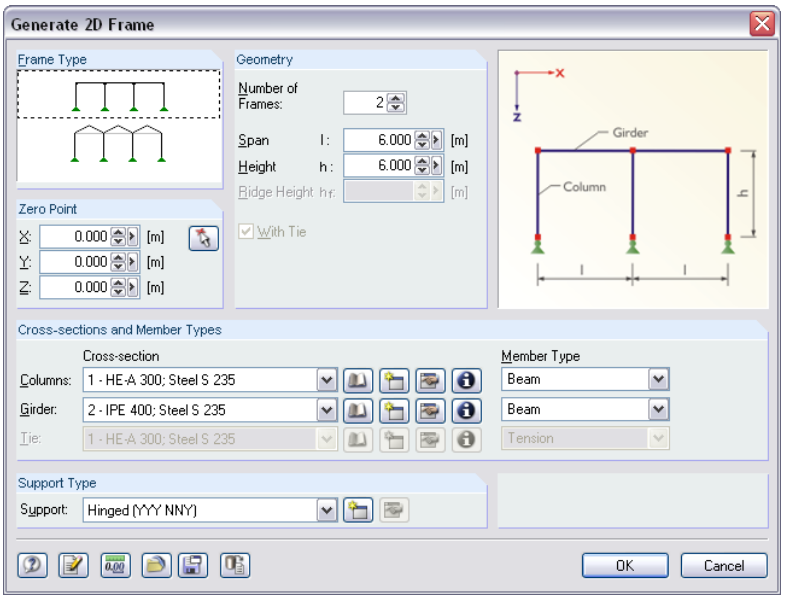


Figura 12.117: Cuadro de diálogo *Generar pórtico 2D*

Primero seleccione el *Tipo de pórtico* antes de definir los datos estructurales. El apoyo del pórtico plano se define uniformemente en este cuadro de diálogo.

Pórtico acartelado 2D

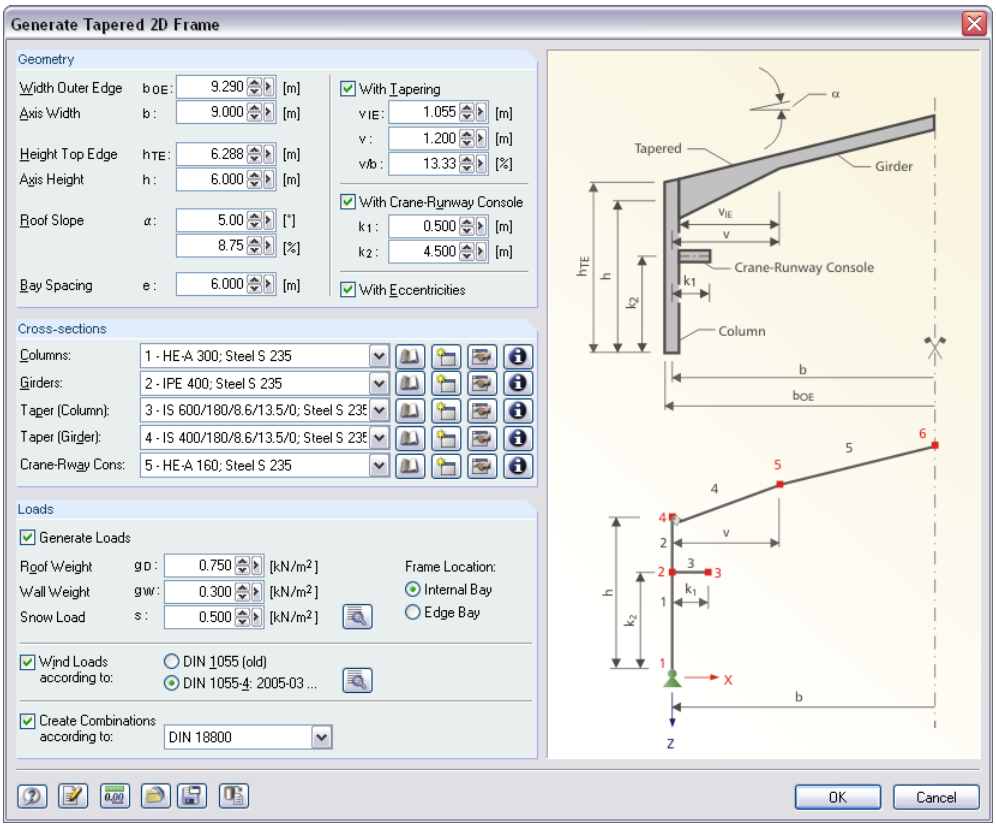


Figura 12.118: Cuadro de diálogo *Generar pórtico acartelado 2D*

El pórtico plano se especifica por la entrada de su *Geometría*. Se pueden crear cartelas, amarres para carriles de puente-grúa y conexiones excéntricas. Además, se pueden generar *Cargas*. La *Posición del pórtico* es importante para la determinación de la carga.

Viga de celosía 2D

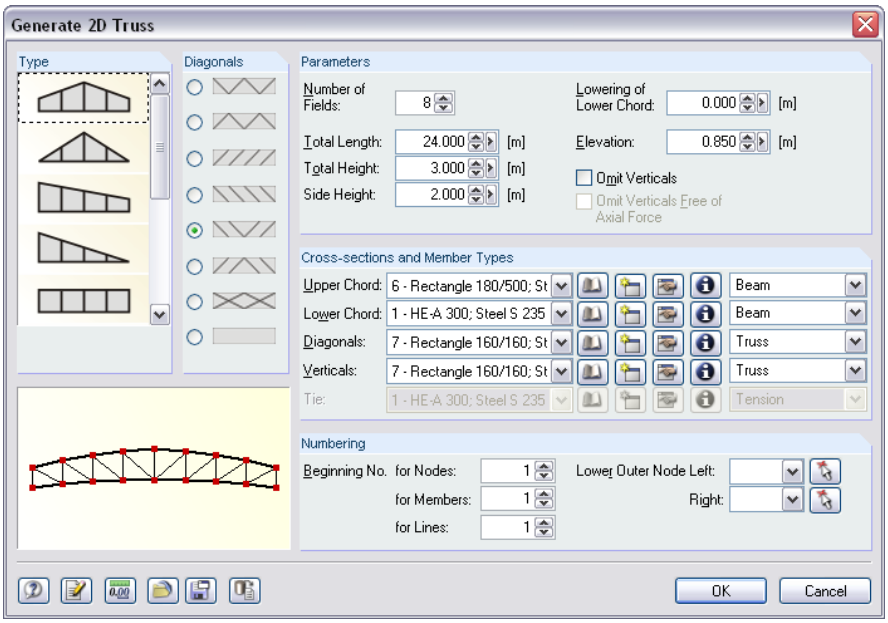


Figura 12.119: Cuadro de diálogo *Generar viga de celosía 2D*

Primero defina el *Tipo* de celosía y la disposición de las *Diagonales*. A continuación introduzca los parámetros restantes.

Enrejado

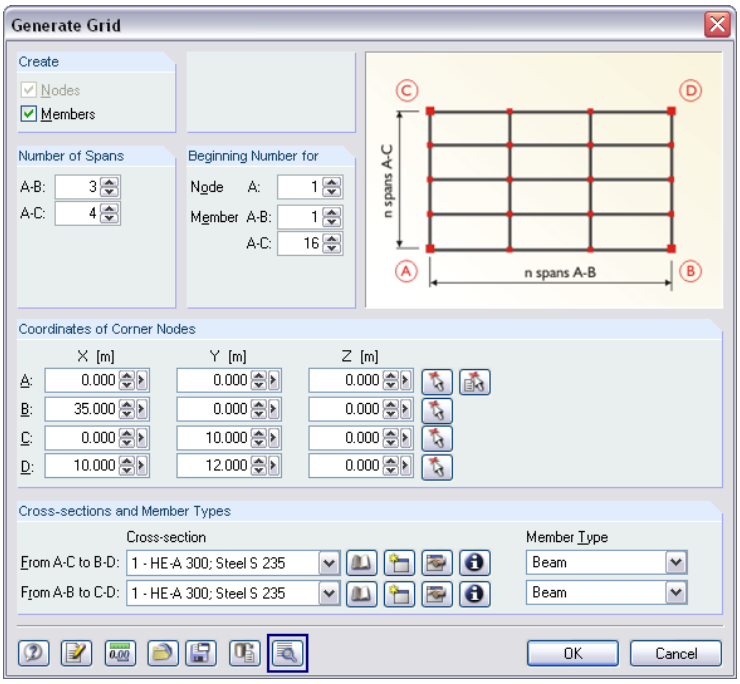


Figura 12.120: Cuadro de diálogo *Generar enrejado*

Utilice este generador para generar estructuras que tienen una rejilla uniforme (por ejemplo emparrillados). Los enrejados no necesariamente necesitan ser diseñados con ángulos rectos como se muestra en la figura superior. Es posible diseñar cualquier tipo de estructura cuadrangular con cuatro esquinas. Para generar un emparrillado "real" , se recomienda seleccionar **Placa XY** como *Tipo de estructura* en el cuadro de diálogo *Datos generales* (capítulo 13.2, página 485).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software



Para generar enrejados irregulares utilice el botón [Editar configuración avanzada] mostrado a la izquierda.

Pilar

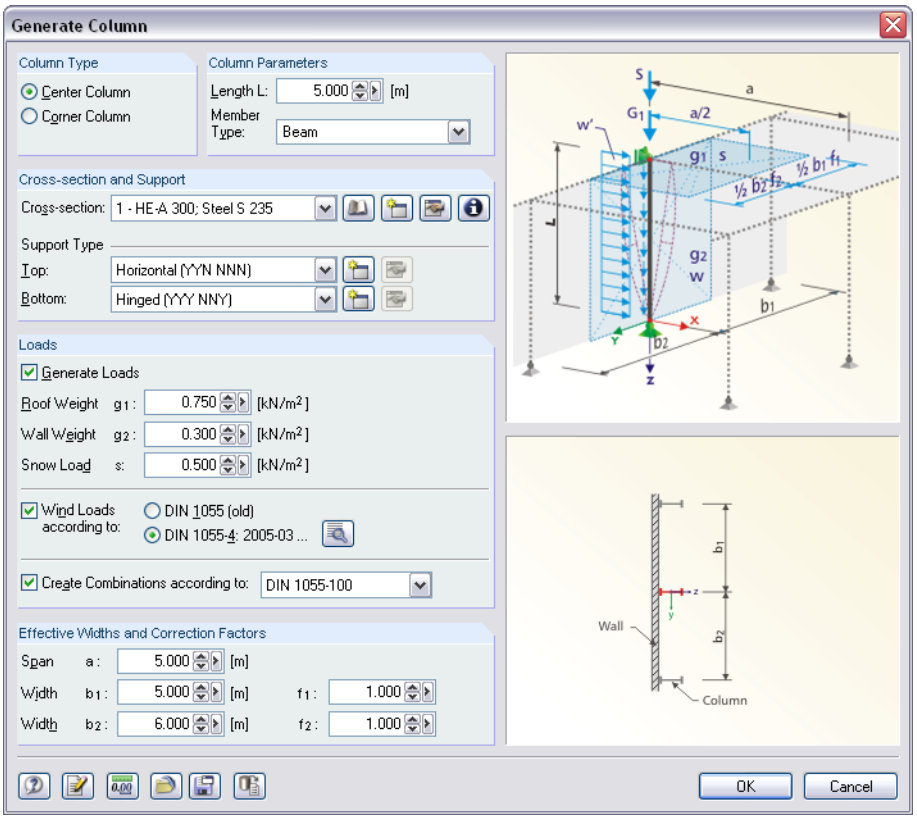


Figura 12.121: Cuadro de diálogo *Generar pilar*

En la sección del diálogo *Tipo de pilar* se decide si se crea un pilar central o de esquina. En caso de que se quieran generar *Cargas*, se ha de especificar su *Anchos eficaces y coeficientes de corrección*. Para generar un pilar de un hastial, por ejemplo el *Vano* **a** es necesario para el rango de influencia en la dirección longitudinal de la cámara. Los coeficientes f_1 y f_2 se utilizan para aplicar una escala a las anchuras b_1 y b_2 para el modelo estático o para cumplir requisitos especiales de la normativa (por ejemplo los coeficientes de incremento de carga en diseños individuales).

Cubierta



Para el detalle del menú *Cubierta*, están disponibles tres generadores de cubiertas diferentes para crear sistemas de cubiertas planos . El botón [Detalles] mostrado a la izquierda facilita el análisis de las cargas de viento y de nieve significativamente en los cuadros de diálogo correspondientes.

Cubierta Cubierta con falso tirante

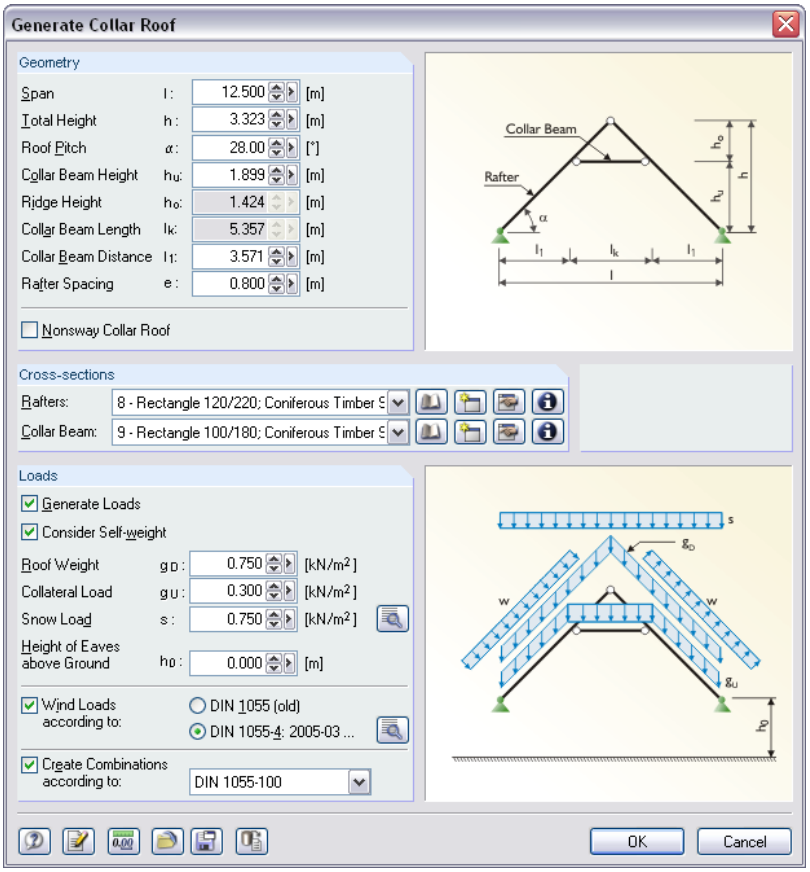


Figura 12.122: Cuadro de diálogo *Generar cubierta con falso tirante*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Cubierta Cubierta a dos aguas

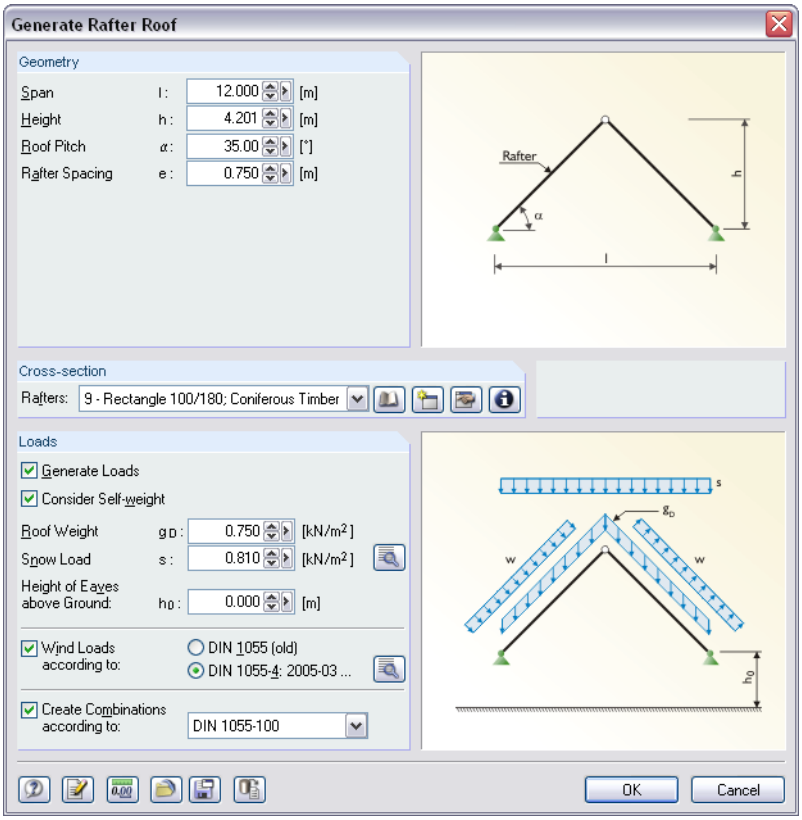


Figura 12.123: Cuadro de diálogo *Generar cubierta a dos aguas*

Cubierta Cubierta a un agua

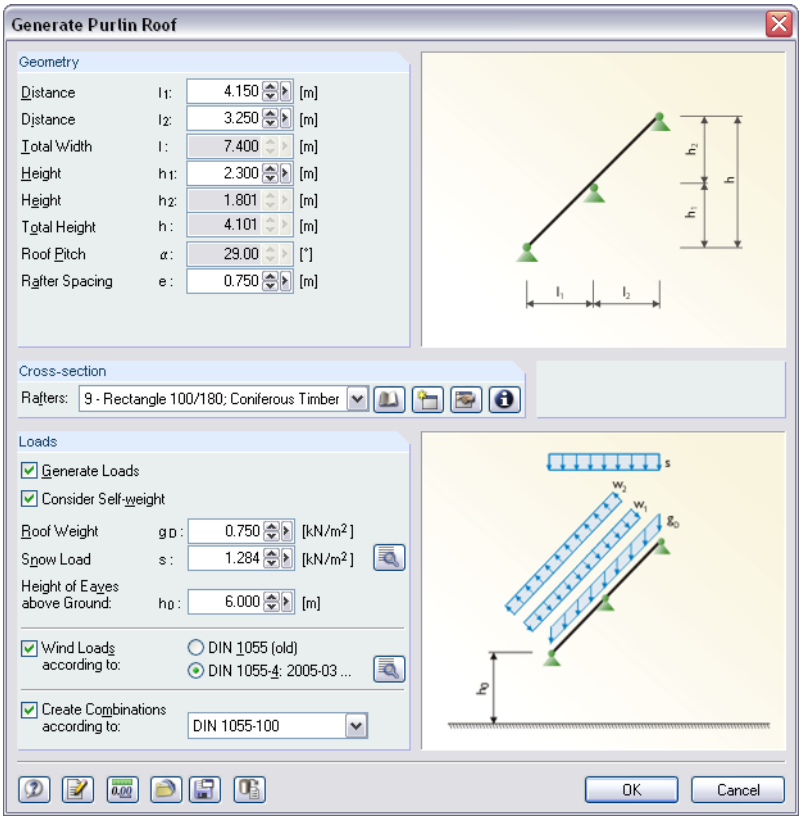


Figura 12.124: Cuadro de diálogo *Generar cubierta a un agua*

Viga de vientre de pez

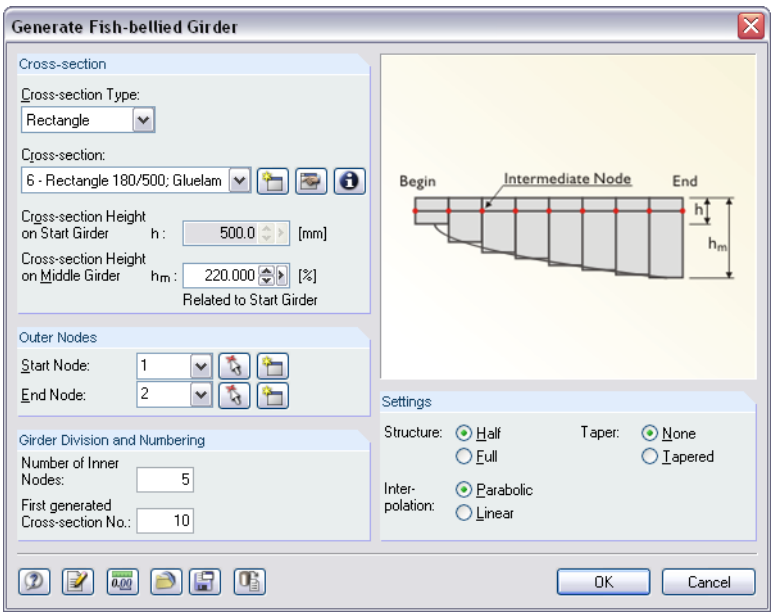


Figura 12.125: Cuadro de diálogo *Generar viga de vientre de pez*

Para crear vigas de vientre de pez habituales en construcciones de madera se puede seleccionar como *Tipo de sección* rectangulares ITS (vigas en I simétricas).

Estructura 3D

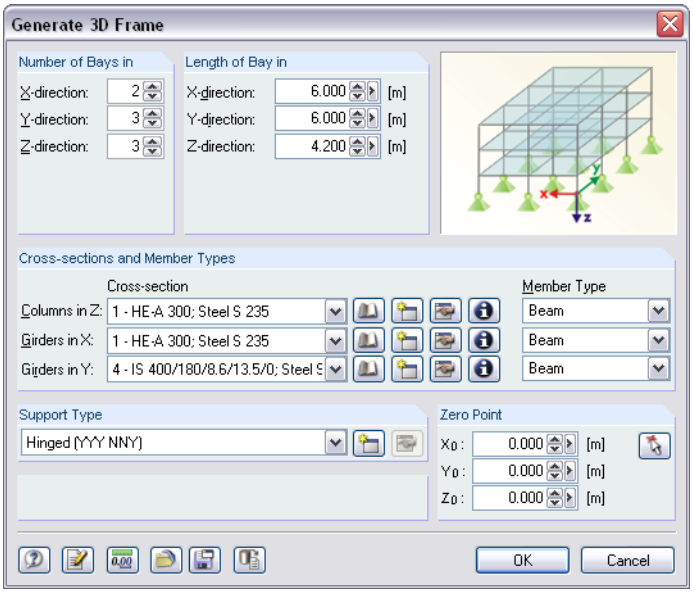


Figura 12.126: Cuadro de diálogo *Generar estructura 3D*

Utilice este generador para generar estructuras con marcos regulares. El apoyo se define uniformemente para todos los pilares en este cuadro de diálogo.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Nave en 3D

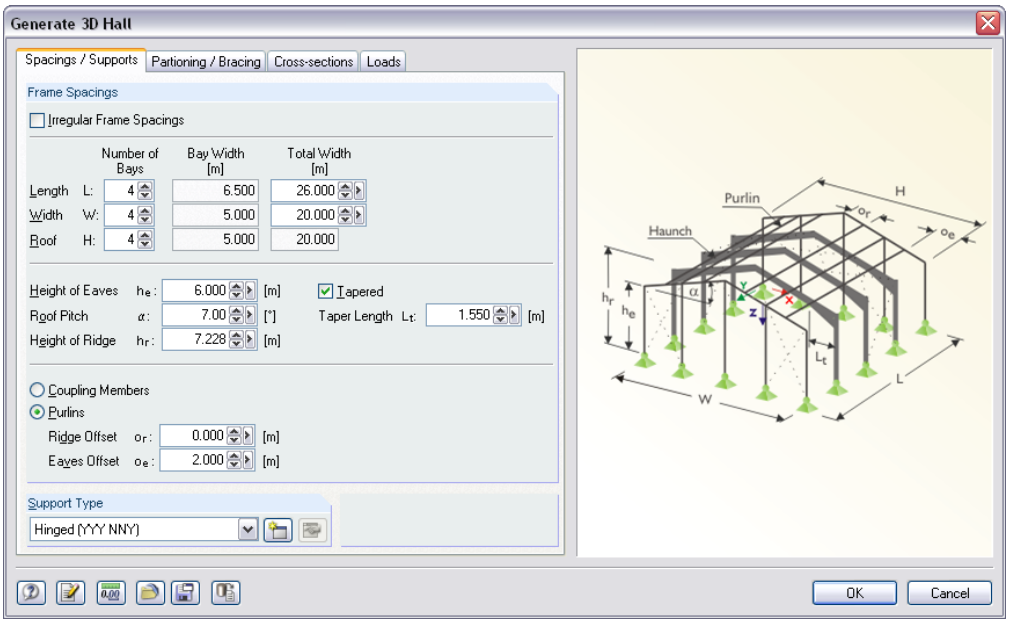


Figura 12.127: Cuadro de diálogo *Generar nave en 3D*

Este generador genera una nave completa incluyendo las cargas. El cuadro de diálogo consiste en cuatros: *Separaciones / Apoyos* administra la geometría de la estructura, *División con tabiques / Arriostramiento* organiza un espaciado de los pórticos irregular y la disposición de los arriostramientos. En los dos registros restantes se definen las *Cargas* y *Secciones.*

Entramado 3D

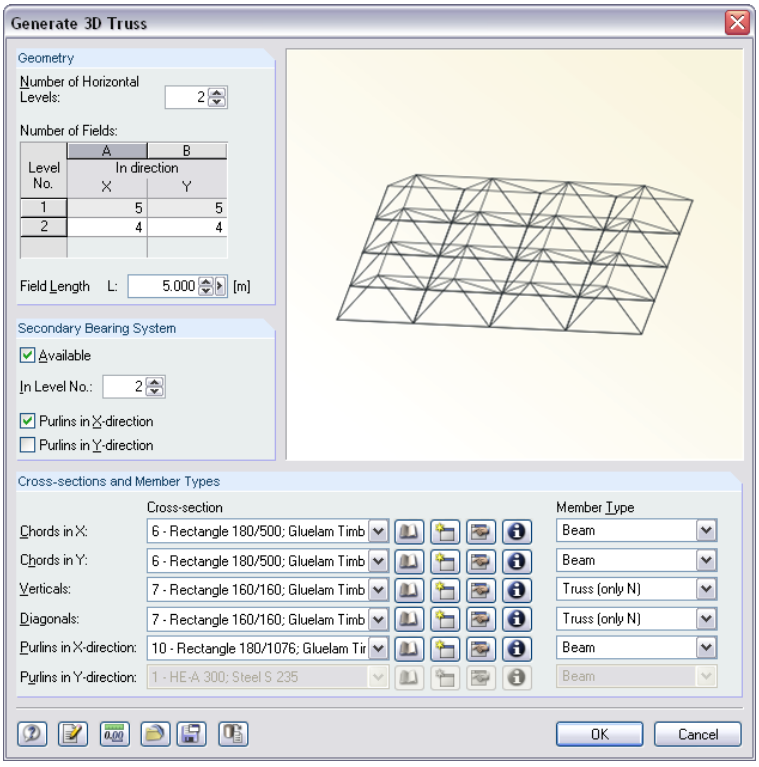


Figura 12.128: Cuadro de diálogo *Generar entramado 3D*

Utilice este generados para generar una estructura de acuerdo con el sistema *Bernauer* (www.raumtragwerke.de).

Celda 3D

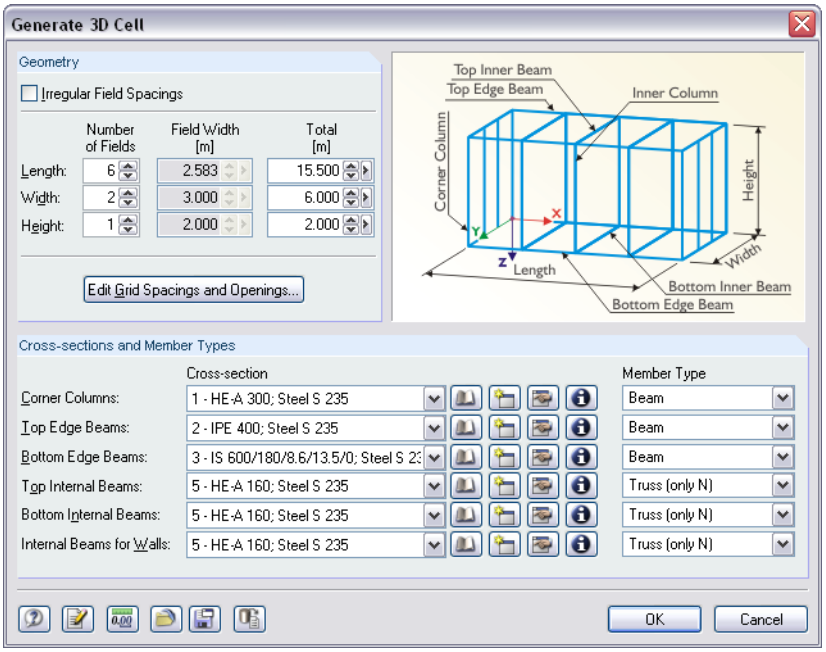


Figura 12.129: Cuadro de diálogo *Generar celda 3D*

Este generados crea una celda espacial consistente de varios campos. Utilice el botón [Editar separaciones de enrejado y aberturas] para abrir otro cuadro de diálogo en el que se definen aberturas así como la disposición de la rejillas para espaciados de campos irregulares.

Escalera

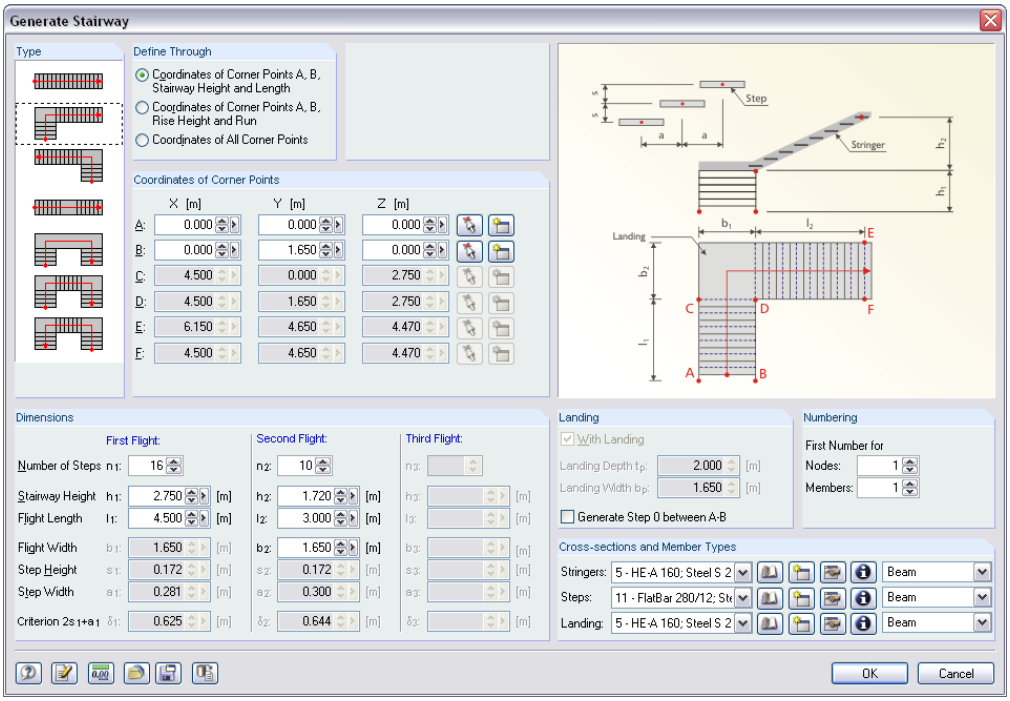


Figura 12.130: Cuadro de diálogo *Generar escalera*

Primero seleccione el *Tipo* de escalera de la lista y luego defina los restantes parámetros.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Escalera de caracol

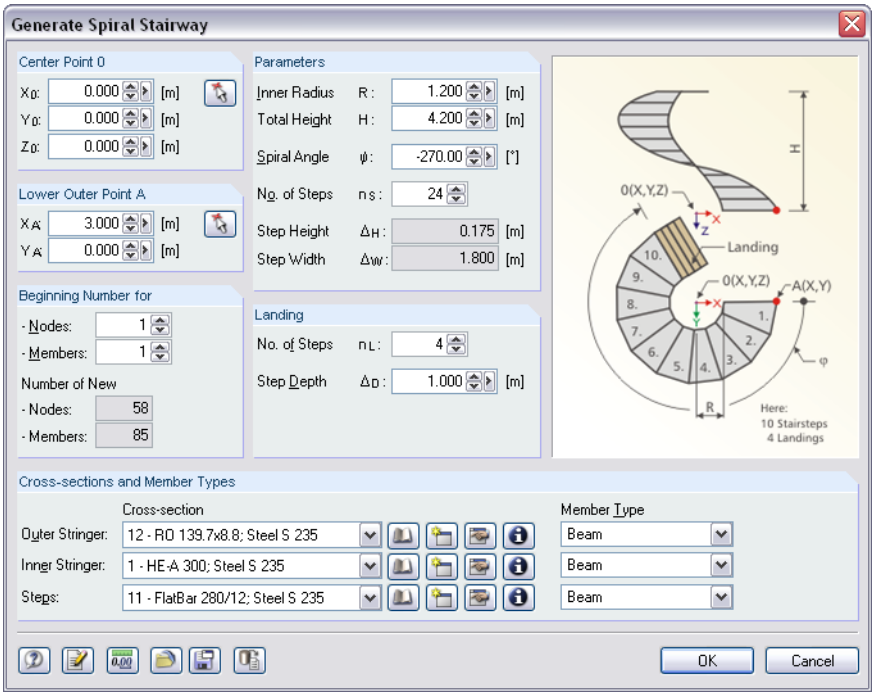


Figura 12.131:Cuadro de diálogo *Generar escalera de caracol*

Línea recta

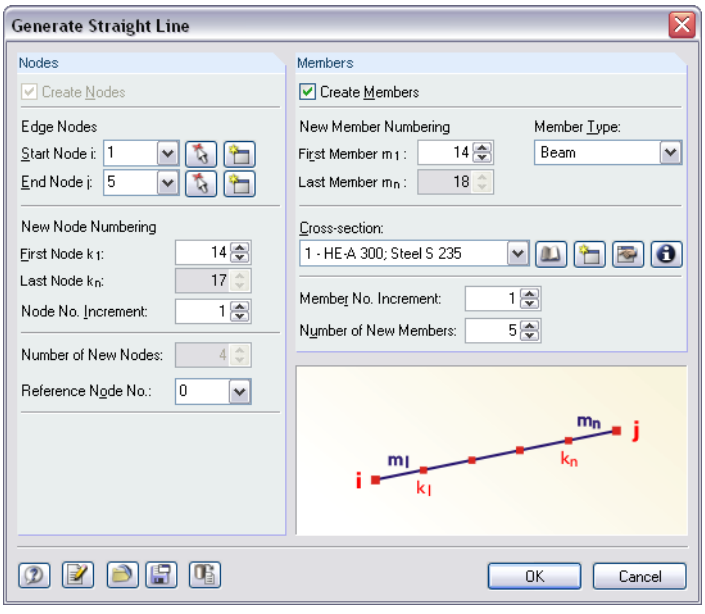


Figura 12.132: Cuadro de diálogo *Generar línea recta*

Esta función permite generar líneas rectas basándose en nudos nuevos o ya existentes. También es posible crear sólo nudos situados en una línea recta imaginaria.

Arco

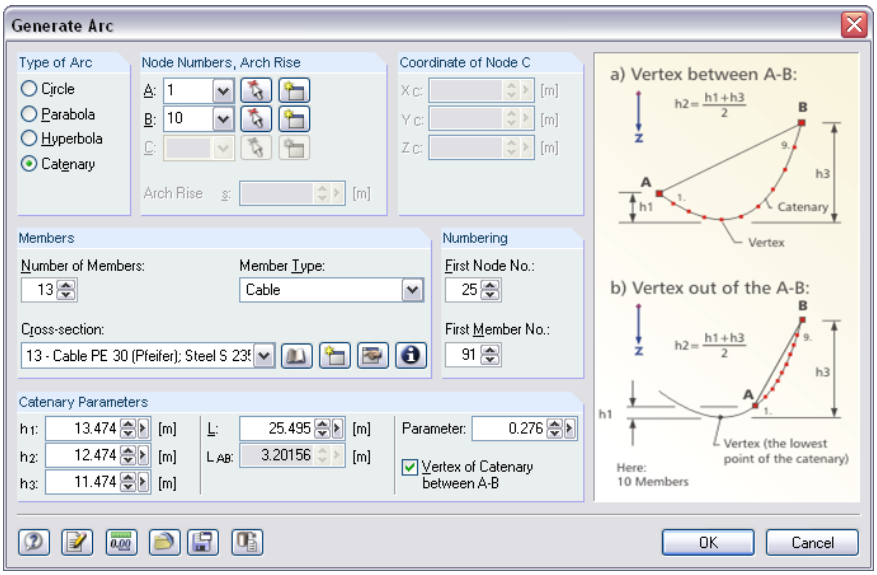


Figura 12.133: Cuadro de diálogo *Generar arco*

Primero defina el *Tipo de arco*: Circular, parábola, hipérbola o catenaria. Los puntos ***A*** y ***B*** representan los dos nudos de los vértices, el punto ***C*** determina su disposición. El *Incremento de arco* ***s*** define el hundimiento. La longitud de la catenaria se define por el parámetro ***L***. Los valores h_1, h_2 y h_3 son interactivos. El *Parámetro* en esta sección del diálogo describe la constante a de la siguiente ecuación de la catenaria:

$$y(x) = a \cdot \cosh\left(\frac{x - v_x}{a}\right) + v_y \qquad \text{con } v_x \text{ o } v_y: \qquad \text{desplazamientos en x o y}$$

Ecuación 12.1

Cuanto mayor es el *Número de barras,* con más precisión será modelado el arco como línea continua. .

Círculo

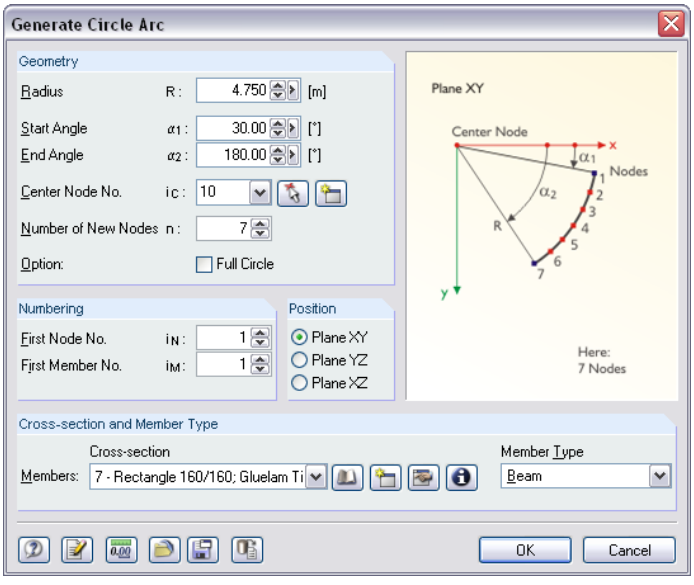


Figura 12.134: Cuadro de diálogo *Generar arco circular*

El círculo o arco circular se define por el *Radio* y por los ángulos. El objeto será creado alrededor de un punto central que puede ser seleccionado arbitrariamente en uno de los planos globales.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Esfera

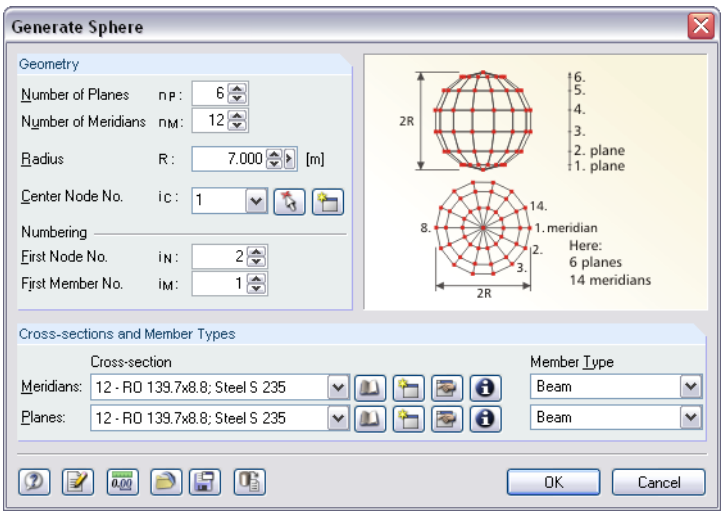


Figura 12.135: Cuadro de diálogo *Generar esfera*

Cuanto mayor es el *Número de planos* así como el *Número de meridianos,* mayor será la redondez de la forma de la esfera. Las líneas continuas se aproximan a la forma esférica con cada segmento representado por una barra..

Arriostramiento en celdas

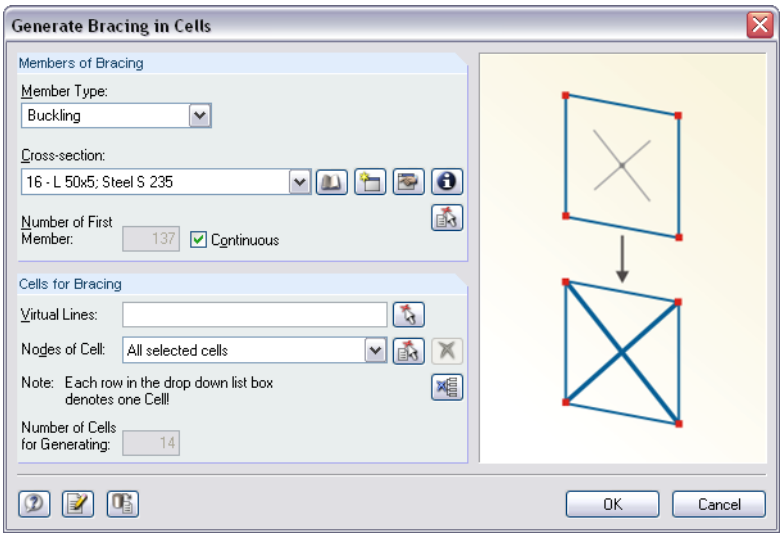


Figura 12.136: Cuadro de diálogo *Generar arriostramientos de celdas*



Las celdas son definidas con cuatro nudos de esquina, unidos por barras en todas las caras y pertenecientes a un mismo plano. En el cuadro de diálogo se especifican *Barras para arriostramiento* y las *Celdas para arriostramiento* que pueden ser elegidas mediante el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda y haciendo clic en las correspondientes cruces de celda en el gráfico.

Cabeza abovedada de acuerdo con DIN 28011 ó DIN 28013

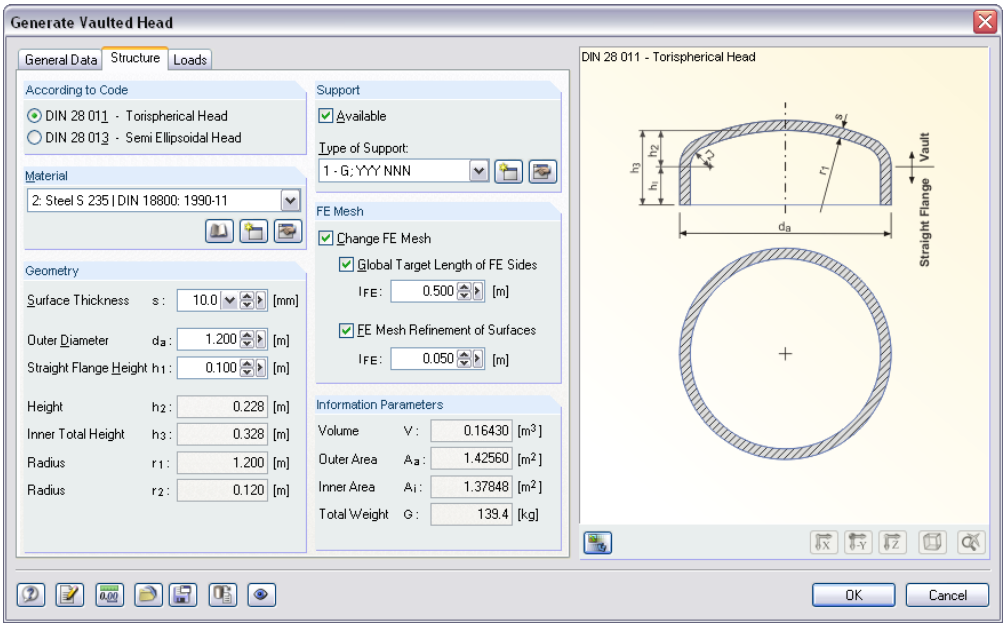


Figura 12.137: Cuadro de diálogo *Generar cabeza abovedada*, registro *Estructura*

Para crear una cabeza abovedada, se pueden seleccionar las opciones estándar *Cabeza toriesférica* y *Cabeza semielipsoidal*. Cuando se ha definido el punto de referencia para la posición de la cabeza abovedada en el registro *Datos generales* se puede definir el material así como los parámetros del generador como el espesor de las superficies, diámetro exterior y altura del flanco recto en el registro del diálogo *Estructura*. En el último registro *Cargas*, se pueden definir sobrepresiones para ser generadas así como también cargas de también.

Bóveda de cañón

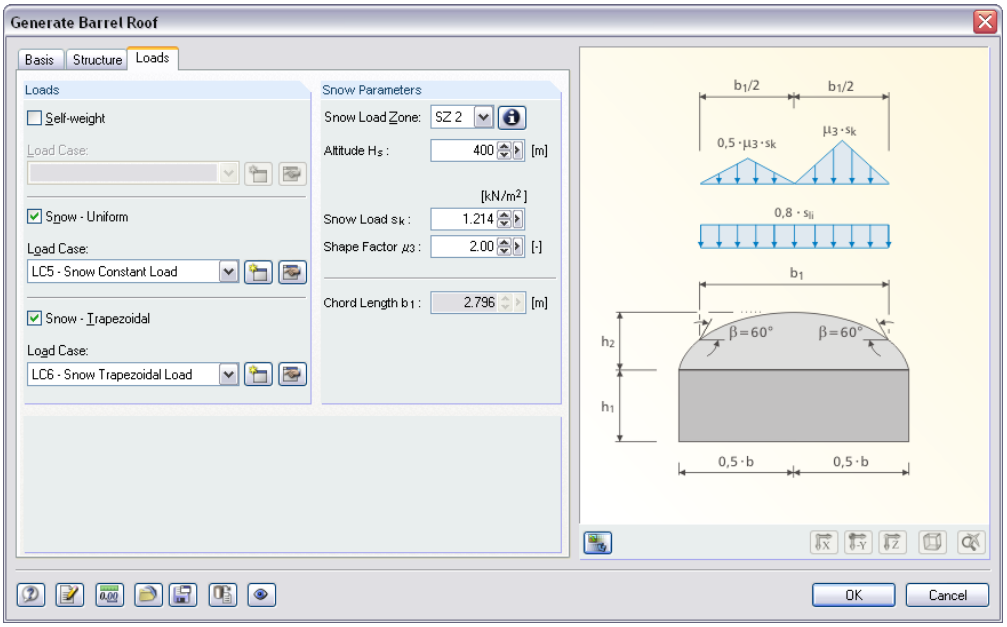


Figura 12.138: Cuadro de diálogo *Generar bóveda de cañón*, registro *Cargas*

Los parámetros de la bóveda de cañón se definen en el registro del diálogo *Bases* y *Estructura*. En el registro *Cargas* se especifican los datos requeridos para la creación de casos de cargas de nieve. .

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Cubierta en forma de cúpula

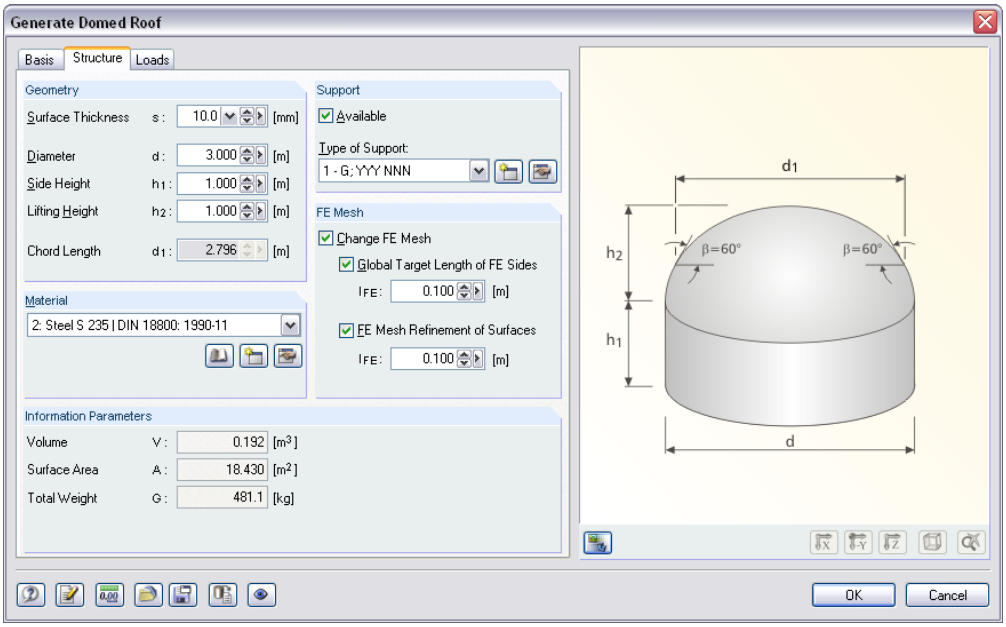


Figura 12.139: Cuadro de diálogo *Generar cubierta en forma de cúpula*, registro *Estructura*

Los parámetros para la bóveda se definen en el registro *Bases* y *Estructura*. En el registro *Cargas* se especifican los datos requeridos para la generación de cargas de nieve.

Desde celdas de líneas/barras

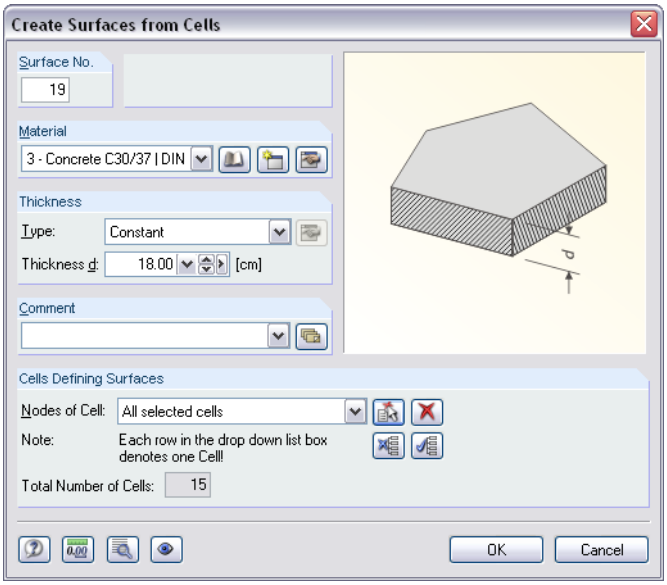


Figura 12.140: Cuadro de diálogo *Crear superficies desde celdas*



Las celdas consisten por lo menos en tres puntos de esquina. Están unidos por líneas o barras por todos los lados y situados en un mismo plano. Para rellenar celdas con superficies defina el *Material* así como el *Espesor* de la superficie. Para seleccionar las celdas gráficamente utilice el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda y haga clic en los correspondientes cruces de celda en la ventana de trabajo gráfica.

12.5.2 Generadores de carga

Las cargas superficiales actuantes sobre la estructura (por ejemplo nieve o viento) pueden ser convertidas en cargas en barras y cargas superficiales con RFEM 4. Además, se pueden convertir también las cargas lineales libres o cargas de revestimiento resultantes de cargas de hielo en barras.

Para abrir los cuadro de diálogo para generar cargas en barras o superficiales,

seleccione Generar cargas **en el menú** Herramientas**.**



Desde cargas superficiales por plano

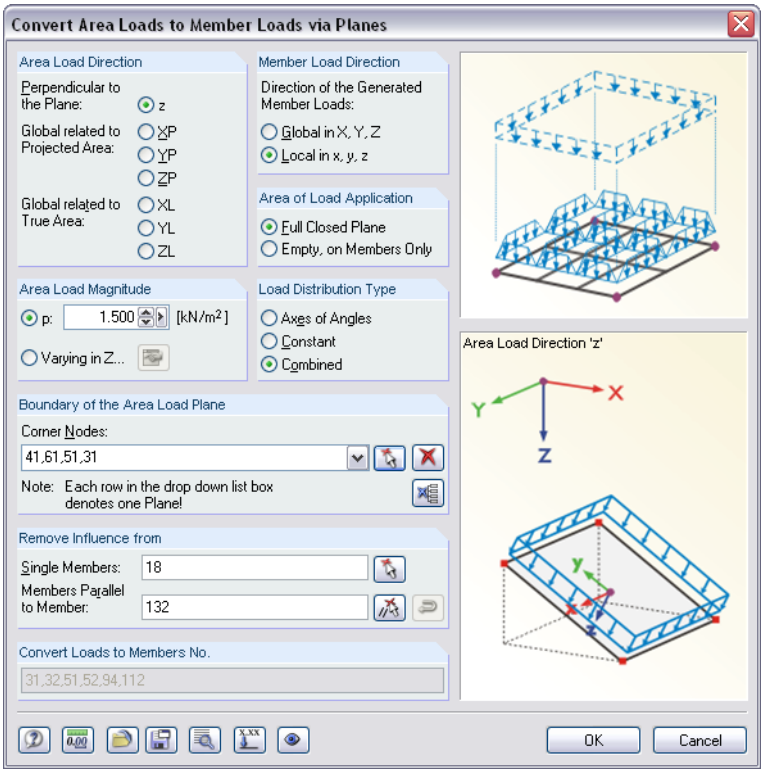


Figura 12.141: Cuadro de diálogo *Convertir cargas superficiales en cargas en barras por planos*

En la sección del diálogo *Dirección de la carga superficial*, se decide si la carga es referenciada como perpendicular al plano o globalmente a la superficie real o proyectada. La imagen dinámica en la esquina inferior derecha del cuadro de diálogo es útil para determinar la dirección de la carga.



Si la carga actúa uniformemente sobre el área, introduzca la constante *Magnitud de carga superficial P* en el correspondiente campo de entrada. En caso de cargas de viento que dependen de la altura de la estructura, seleccione *Variable en Z*. Esta selección activa el botón [Editar]. Utilice este botón para abrir otro cuadro de diálogo en el que se pueden definir los parámetros de carga en relación a la altura.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

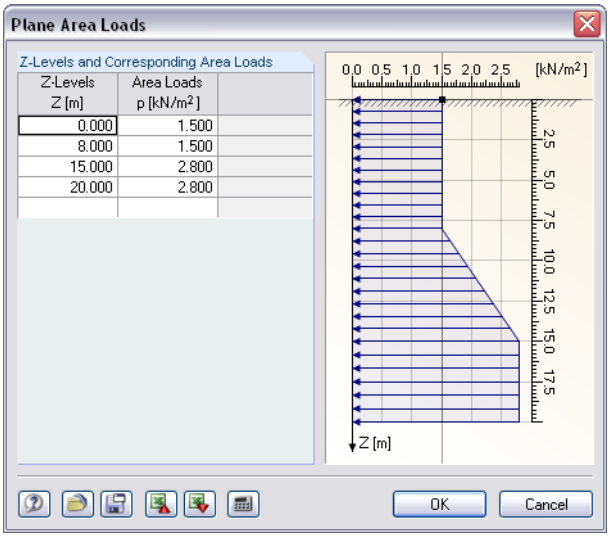


Figura 12.142: Cuadro de diálogo *Plano de cargas superficiales*

En la columna de la izquierda se pueden definir las ordenadas de los *niveles Z*. Los valores relevantes de las *Cargas superficiales p* se asignan en la columna de la derecha. Al estar la imagen vinculada con las entradas, se puede visualizar a modo de comprobación.



Seleccione los nudos de esquina del plano para definir el *Contorno del plano de cargas superficiales*. Utilice el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda para hacer clic en los nudos uno después de otro en la ventana de trabajo gráfica. El plano será marcado en el color de selección. Para definir el plano completamente aparecerá en color verde. Para definir el plano, son necesarios al menos tres nudos. No es necesario que esté encerrado por líneas o barras en todas las caras.

Es posible definir diferentes planos que aparecerán en la lista del campo de entrada *Nudos de esquina.*



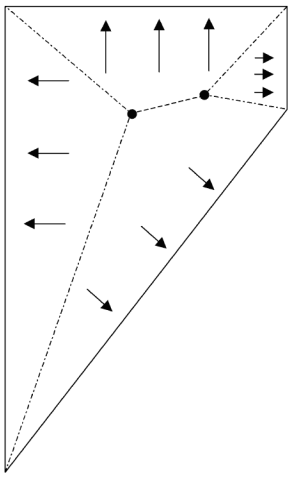
En la sección del diálogo *Quitar influencia de,* se pueden excluir las barras de una aplicación de carga (por ejemplo correas o riostras). La selección es realizada barra por barra o introduciendo una plantilla de barra paralela a todas las barras sin carga de apoyo. De nuevo se recomienda utilizar el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda para seleccionar las barras gráficamente.



Si se abre el cuadro de diálogo repetidamente, los últimos planos introducidos han de estar preseleccionados en la lis de *Nudos de esquina*. Para evitar aplicar múltiples cargas a estos planos la lista completa ha de ser vaciada haciendo clic en el botón [Borrar todos los planos de carga superficial].



En la sección del diálogo *Área de aplicación de carga* se puede seleccionar entre dos opciones. Seleccione *Completa, plano cerrado* cuando la superficie está entre barras en el plano de carga superficial (por ejemplo una superficie de muros o de una cubierta) que no está representada en el modelo de RFEM. A continuación la carga superficial que actúa sobre todo el plano será aplicada proporcionalmente a las barras. Sin embargo, si la estructura sólo consta de barras (por ejemplo una torre de celosía), seleccione *Vacía, sólo en barras* y sólo se tendrá en cuenta el área eficaz o la proyectada de las barras. La carga será aplicada a las superficies de aplicación de carga en barra considerando la correspondiente orientación de la barra.



En la sección del diálogo *Tipo de distribución de carga* se define como se asignan las componentes a las barras. Seleccione *Ejes de los ángulos* para polígonos que no tienen un ángulo de más de 180º. Los puntos de intersección de las bisectrices se conectan de forma que las áreas de aplicación se crean como se muestra en el dibujo de la izquierda. Ahora, ya se puede asignar número a cualquiera de estas áreas que recibirán la carga desde la correspondiente área de aplicación.

El método de *Ejes de los ángulos* no se puede aplicar a planos con ángulos de más de 180º. Para este tipo de planos seleccione *Constante*. Así la carga superficial completa será distribuida a toda la extensión del área seleccionada.

La opción *Combinada* determina las áreas de aplicación para triángulos, cuadrángulos y polígonos de acuerdo al método de *Ejes de los ángulos*, en la medida de lo posible. Si no pudiera ser utilizado este método, la distribución de carga *Constante* será aplicada automáticamente. Por tanto, el método combinado está establecido como predeterminado porque es el *Tipo de distribución de carga* recomendado porque evita que el usuario tenga que decidir cuál es apropiado de los otros dos.



Haga clic en el botón [configuración] mostrado a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de carga* (ver figura 12.155, página 464) donde se puede ajustar la tolerancia para la integración de nudos en el plano de carga o corregir las cargas generadas.



Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] mostrado a la izquierda para aplicar una escala a las cargas que van a ser aplicadas a las barras seleccionadas. Un cuadro de diálogo permite la entrada adicional de datos. Utilice los coeficientes de corrección de carga, por ejemplo para considerar efectos de viga continua de revestimiento de cubierta sobre las vigas del borde y generar cargas reducidas.

Después de que haya sido llevada a cabo la generación, aparece un cuadro de diálogo con información relativa a las celdas y a las cargas.

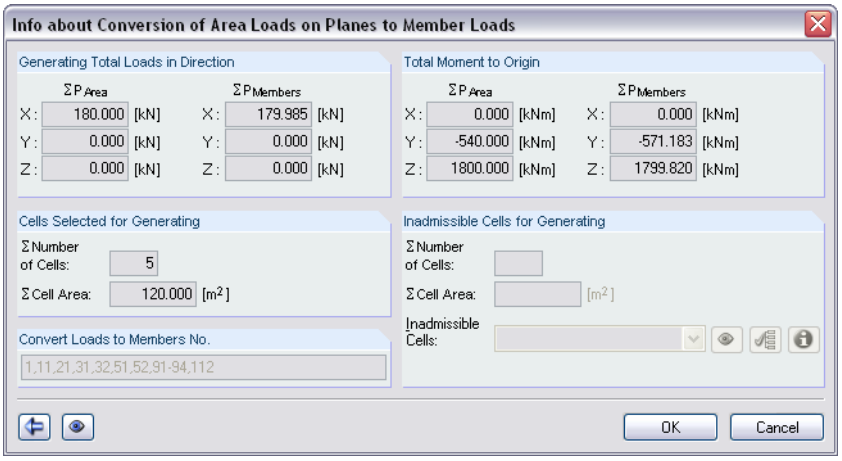


Figura 12.143: Cuadro de diálogo *Información sobre la conversión de cargas superficiales sobre planos en cargas en barras*



Si aparecen celdas no admitidas en la esquina inferior derecha del cuadro de diálogo, no es posible asignar las cargas sin ambigüedad. Utilice el botón [Mostrar celda no admisible actual] para resaltar la celda en el gráfico. Para mostrar una lista de razones de porque las celdas no son válidas, haga clic en el botón [Información]. En muchos casos los bordes eliminados de las celdas (lo que significa barras de borde sin carga aplicada) o barras de cruce no conectados son las responsables.



En la sección del diálogo *Momento total al origen* se pueden comparar las cargas en barras determinadas con las cargas superficiales definidas. El balance comparativo se muestra para esfuerzos por un lado y momentos por el otro. Para diferencias pequeñas, utilice el botón [Configuración] en el cuadro de diálogo inicial mencionado arriba para corregir las cargas generadas.

Los botones en la esquina inferior izquierda en la ventana de información están reservados para las siguientes funciones:

Botón	Descripción
	Vuelve al cuadro de diálogo *Convertir cargas superficiales a cargas en barras por planos* donde se pueden modificar los parámetros de generación.
	Salta al gráfico para poder cambiar la vista. Para volver al cuadro de diálogo haga clic derecho en la ventana de trabajo o utilice la tecla [Esc].

Tabla 12.13: Botones en la ventana de información para cargas en barras convertidas.



Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Desde cargas superficiales por celdas

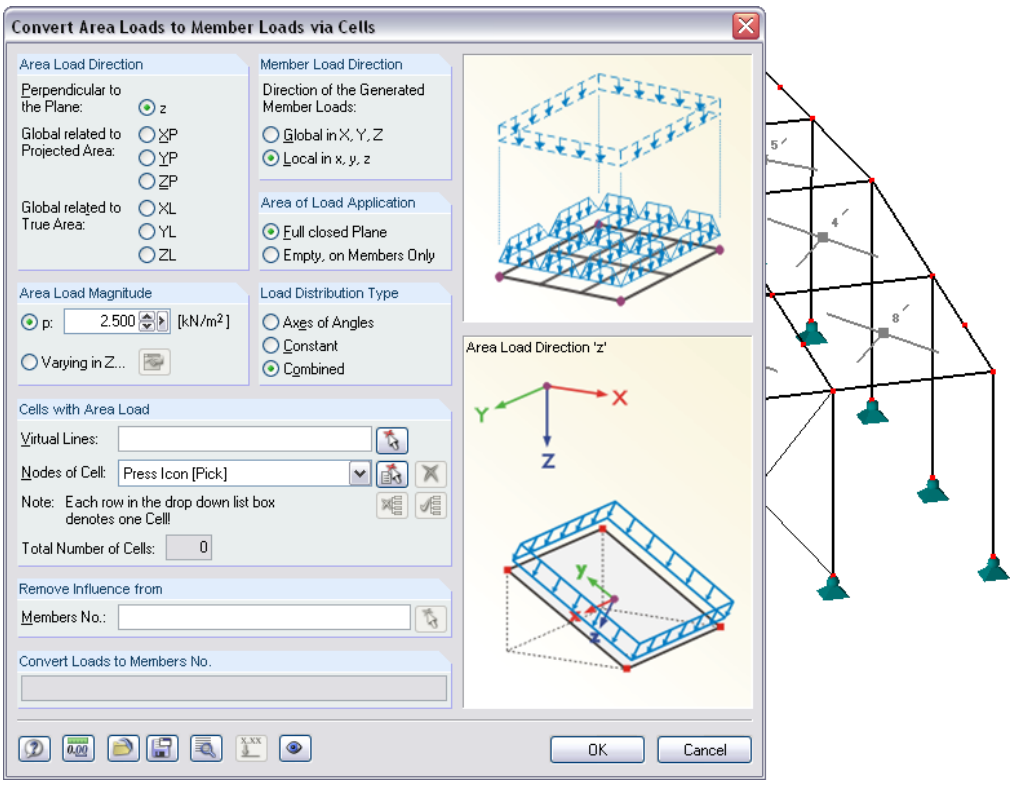


Figura 12.144: Cuadro de diálogo *Convertir cargas superficiales a cargas en barras mediante celdas*

La estructura de este cuadro de diálogo es similar a la del cuadro de diálogo para el generador de carga de superficial por planos. Cuando se abre el cuadro de diálogo RFEM comprueba la existencia de celdas en el modelo. Las celdas se representan por cruces y definidas por tres o más nudos de esquina, rodeadas por barras en todos sus lados y situadas en un mismo plano. Por tanto, el generador de cargas mediante celdas no puede ser utilizado, por ejemplo, para calcular cargas de viento en un muro de una nave con columnas porque las barras entre los nudos de apoyo no existen. En este caso, se pueden definir *Líneas virtuales* haciendo clic en sus nudos iniciales y finales en el gráfico. Las celdas serán cerradas artificialmente y ser reconocidas por el generador.

Utilice el botón [Seleccionar] mostrado a la izquierda para seleccionar los *Nudos de la celda* uno después de otro en el gráfico. Después de que la generación se haya realizado, aparece un cuadro de diálogo con información relativa a las celdas y a las cargas.

Haga clic en el botón [Configuración] mostrado a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de carga* (ver página 464) donde se puede ajustar la tolerancia para la integración de los nudos en el plano de carga o corregir las cargas generadas.

Cargas de viento en muros verticales

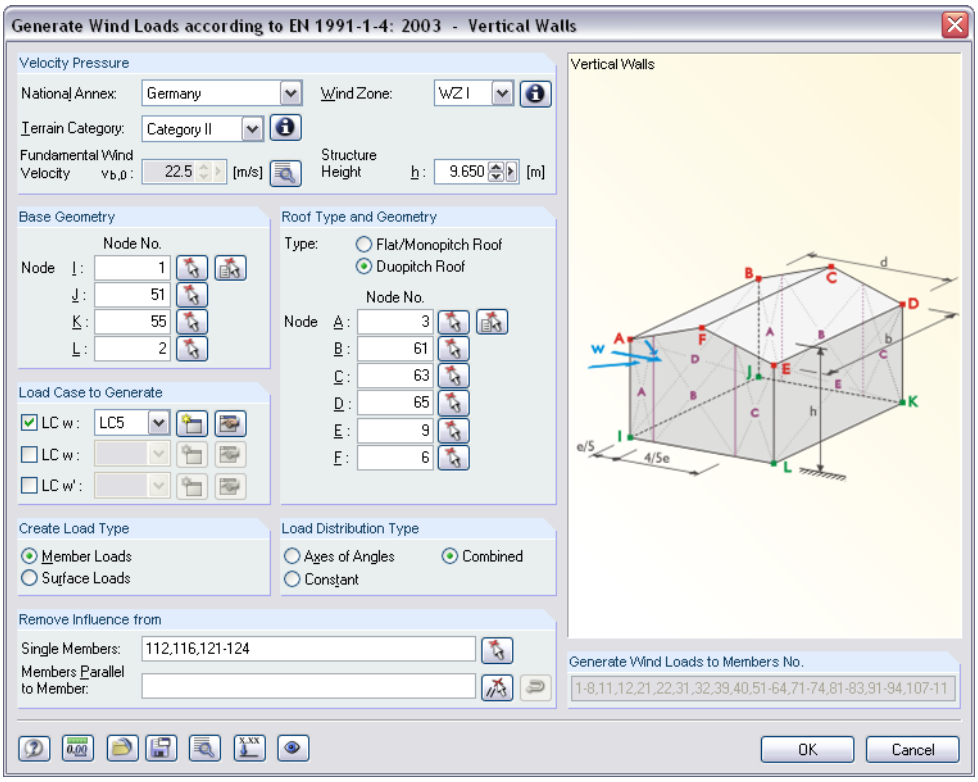


Figura 12.145: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento de acuerdo con EN 1991-1-4: 2003 – Muros verticales (Tipo de cubierta y geometría: Cubierta a dos aguas)*

En la sección del diálogo *Presión* seleccione el *Anejo nacional*, la *Zona de viento* y la *Categoría de terreno* de las listas. Además la presión depende de la *Altura de la estructura h*.

Para determinar los muros introduzca los datos para *Geometría de la base* (nudos del *I* al *L* para el área de la base inferior) y *Tipo de cubierta y geometría* (nudos del *A* al *D* o *F* para los planos de la cubierta superior). Para voladizos de la cubierta, se han de ser seleccionar los nudos superiores del muro, no seleccione los nudos de la cubierta. Como se muestra en el cuadro de diálogo, las cargas de viento pueden ser generadas de acuerdo a la norma EN 1991-1-4: 2003 para estructuras cerradas por todos sus lados y tienen un cuadrilátero por área de base. Se ha de tener en cuenta, al introducir los datos de la geometría, que los nudos iniciales del *I* al *A* han de recaer uno sobre el otro y la dirección tomada al seleccionar los nudos haciendo clic ha de ser consistente.



La geometría de la cubierta y de la base puede ser definida gráficamente mediante la función [Seleccionar]. Tenga en cuenta que los nudos de la cubierta A y B (ver imagen en el cuadro de diálogo) determinan la dirección del viento que ha de actuar como presión de viento perpendicular a la línea que une A y B (ver imagen en el cuadro de diálogo). La orientación de los ejes de la barra no es importante.

En la sección del diálogo *Caso de carga para generar*, defina los números de los casos de carga objetivo w y w'. Las secciones del diálogo *Tipo de distribución de carga* y Quitar *influencia de* han sido ya descritos para la función “Desde cargas superficiales por plano” en la página 451.

En la sección del diálogo *Crear tipo de carga* se puede decidir si se quiere generar cargas en barras o cargas superficiales.



Haga clic en el botón [Configuración] mostrado a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para generación de carga* (ver página 464).



Después de confirmar el cuadro de diálogo, los resultados de la generación de carga de viento serán mostrados en un resumen. Antes de que los datos sean finalmente aceptados, se puede volver al

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

cuadro de diálogo por medio del botón [Atrás] mostrado a la izquierda con el fin de modificar los parámetros decarga.

Cargas de viento sobre cubierta plana

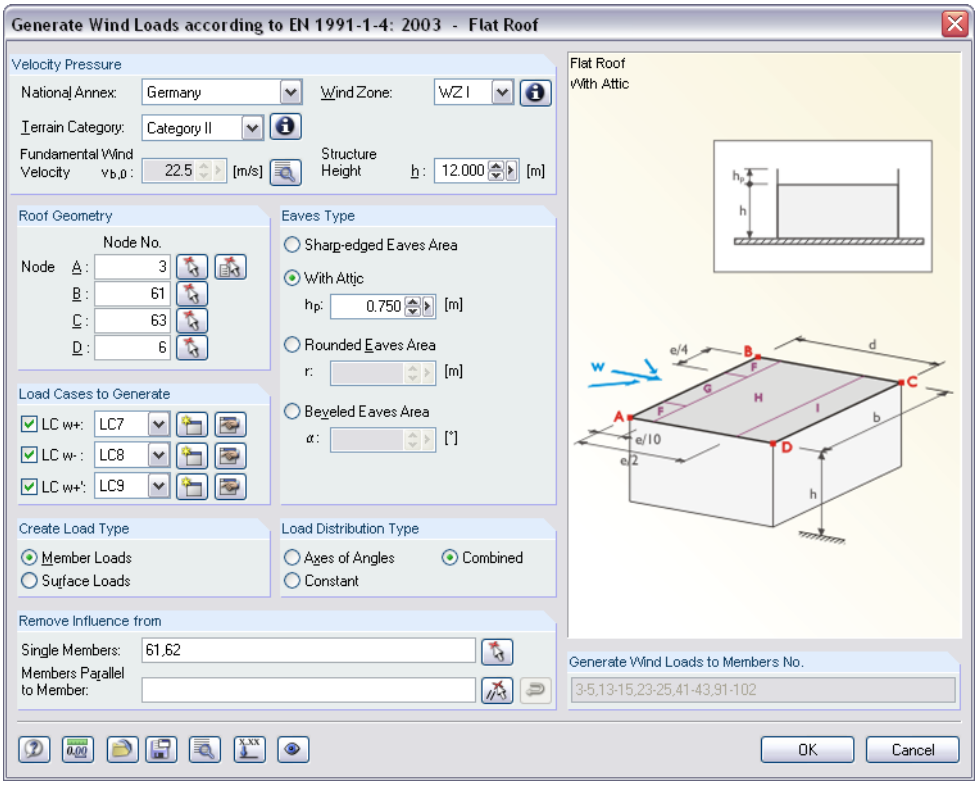


Figura 12.146: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento de acuerdo con EN 1991-1-4: 2003 – Cubierta plana*

Las cargas de viento son calculadas de acuerdo a EN 1991-1-4: 2003. Si la inclinación del tejado α es menor de 5°, la cubierta puede ser considerada plana.

La sección del diálogo *Presión* ha sido descrita en el subcapítulo previo “cargas de viento en muros verticales”. *La altura de la estructura h* no será transferida automáticamente del gráfico al campo de entrada de datos pero ha de ser introducida directamente.



Para definir la *Geometría de la cubierta* utilice la función [Seleccionar]. Tenga en cuenta que todos los nudos A y B determinan la dirección del viento. La dirección del viento siempre se define perpendicular a la línea A-B como se muestra en la imagen del cuadro de diálogo.

Para una cubierta plana como se define en la tabla 7.2 en la norma EN 1991-1-4 se ha de considerar varios casos de carga en relación a la inclinación de la cubierta. Las cargas a compresión se definen como *CC w+* y las de succión como *CC w-*.

En la sección del diálogo *Tipo de aleros* está vinculado a las imágenes explicativas de la derecha. Las secciones del diálogo *Tipo de distribución de carga y Quitar influencia de* ya han sido descritas para la función de generación "Desde cargas superficiales por plano" en la página 451.

En la sección del diálogo *Crear tipo de carga* se puede decidir si se quieren generar cargas superficiales o en barras.



Confirmando el cuadro de diálogo haciendo clic en [Aceptar] antes de que las cargas de las barras sean transferidas a los casos de carga los resultados de la generación de cargas de viento son mostrados para todos los casos de carga en un resumen. Los registros de este resumen representan un importante control de los datos antes de que la conversión a cargas en barras se realice. El resumen permite una vista general de de os coeficientes de presión externa c_p así como de la presión externa

w. Además, es posible comprobar las cargas de viento al comparar las cargas superficiales aplicadas con las cargas convertidas a las barras.

Cargas de viento en una cubierta a un agua

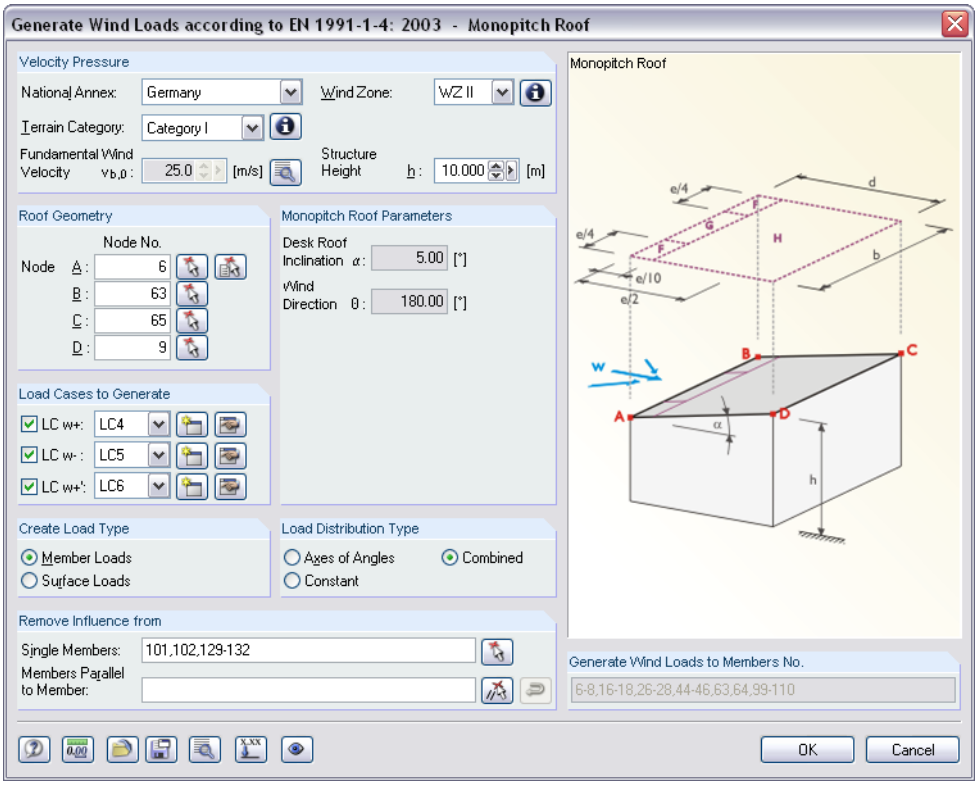


Figura 12.147: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento de acuerdo con EN 1991-1-4: 2003 – Cubierta a un agua*

En la sección del diálogo *Presión* seleccione el *Anexo nacional,* la *Zona de viento* y la *Categoría del terreno* desde las listas. Además, la presión depende de la *Altura de la estructura h*.

La *Altura de la estructura h* no será transferida automáticamente del gráfico al campo de entrada. Se han de introducir los datos directamente.

Para definir la *Geometría del tejado* gráficamente utilice el botón [Seleccionar]. Se ha de tener en cuenta que los nudos A y B determinan la dirección del viento: siempre se define perpendicular a la línea A-B como se muestra en la imagen del cuadro de diálogo. Cuando son seleccionados los nudos la *Dirección del viento* Θ y la inclinación a un agua α son mostradas en la sección del diálogo *Parámetros de la cubierta a un agua.*

En la sección del diálogo *Crear tipo de carga* se puede decidir si se quiere generar cargas en barras o cargas superficiales.

Haga clic en el botón [Configuración] mostrado a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de carga* (ver página 464).

Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] mostrado a la izquierda para aplicar una escala a las cargas que van a ser aplicadas a las barras seleccionadas. Un cuadro de diálogo adicional permite la entrada. Utilice los coeficientes de corrección de carga por ejemplo para considerar efectos de viga continua de revestimiento de cubierta sobre las vigas del borde y generar cargas reducidas.

Después de que el cuadro de diálogo haya sido confirmado los resultados de la generación de carga de viento serán mostrados en un resumen. De esta forma, es posible revisar todas las cargas de viento para cada caso de carga al comparar las cargas superficiales aplicadas con las cargas conver-

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

tidas a las barras. Se puede regresar al cuadro de diálogo inicial por medio del botón [Atrás] mostrado a la izquierda para modificar los parámetros de carga de ser necesario.

Cargas de viento en cubierta a dos aguas

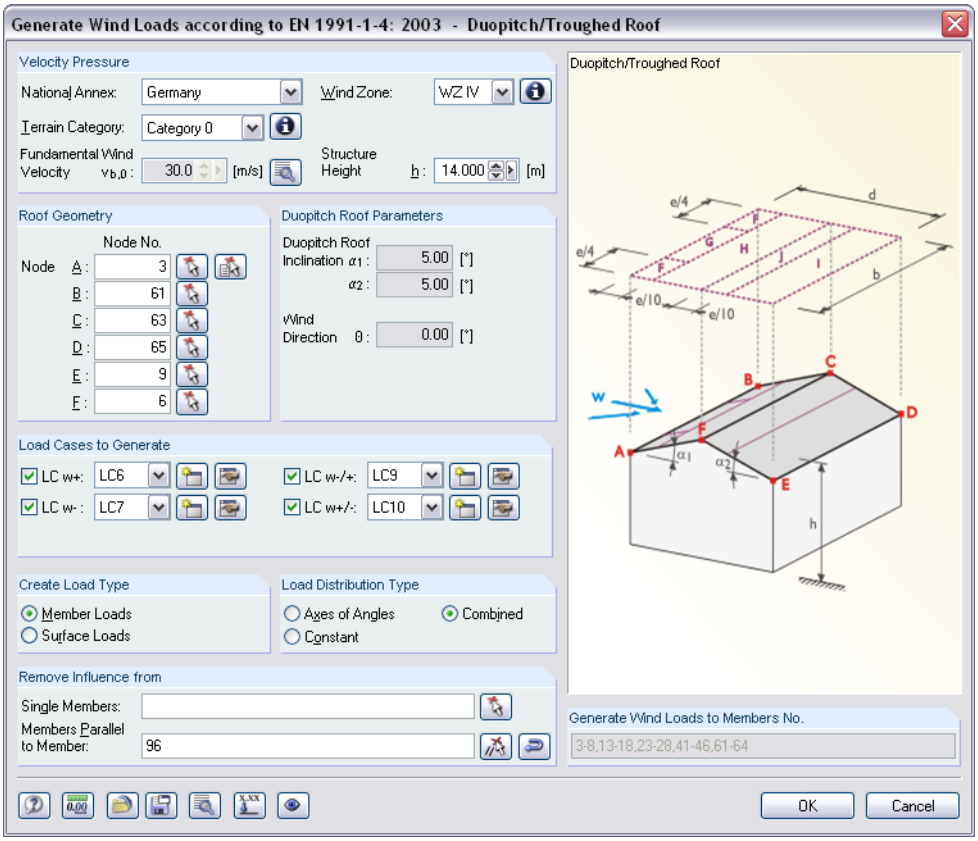


Figura 12.148: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento de acuerdo con EN 1991-1-4: 2003 – Cubierta a dos aguas*

La sección del diálogo *Presión* es descrita en el subcapítulo "Cargas de viento en cubierta a un agua".

La la sección del diálogo *Presión* seleccione el *Anexo nacional,* la *Zona de viento* y la *Categoría del terreno* desde las listas. Además, la presión depende de la *Altura de la estructura h*.

La *Altura de la estructura h* no será transferida automáticamente del gráfico al campo de entrada. Se han de introducir los datos directamente.

Para definir la *Geometría del tejado* gráficamente utilice el botón [Seleccionar]. Se ha de tener en cuenta que los nudos A y B determinan la dirección del viento: siempre se define perpendicular a la línea A-B como se muestra en la imagen del cuadro de diálogo. Cuando son seleccionados los nudos la *Dirección del viento* Θ y la inclinación a un agua α son mostradas en la sección del diálogo *Parámetros de la cubierta a un agua.*

En la sección del diálogo *Crear tipo de carga* se puede decidir si se quiere generar barras o cargas de superficie.

Haga clic en el botón [Configuración] mostrado a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de carga* (ver página 464).

Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] mostrado a la izquierda para aplicar una escala a las cargas que van a ser aplicadas a las barras seleccionadas. Un cuadro de diálogo adicional permite la entrada. Utilice los coeficientes de corrección de carga por ejemplo para considerar efectos de viga continua de revestimiento de cubierta sobre las vigas del borde y generar cargas reducidas.

Después de que el cuadro de diálogo haya sido confirmado los resultados de la generación de carga de viento serán mostrados en un resumen. De esta forma es posible revisar todas las cargas de viento para cada caso de carga al comparar las cargas de área aplicadas con las cargas convertidas a las barras. Se puede regresar al cuadro de diálogo inicial por medio del botón [Atrás] mostrado a la izquierda para modificar los parámetros de carga de ser necesario.

Cargas de viento en cubierta a dos aguas

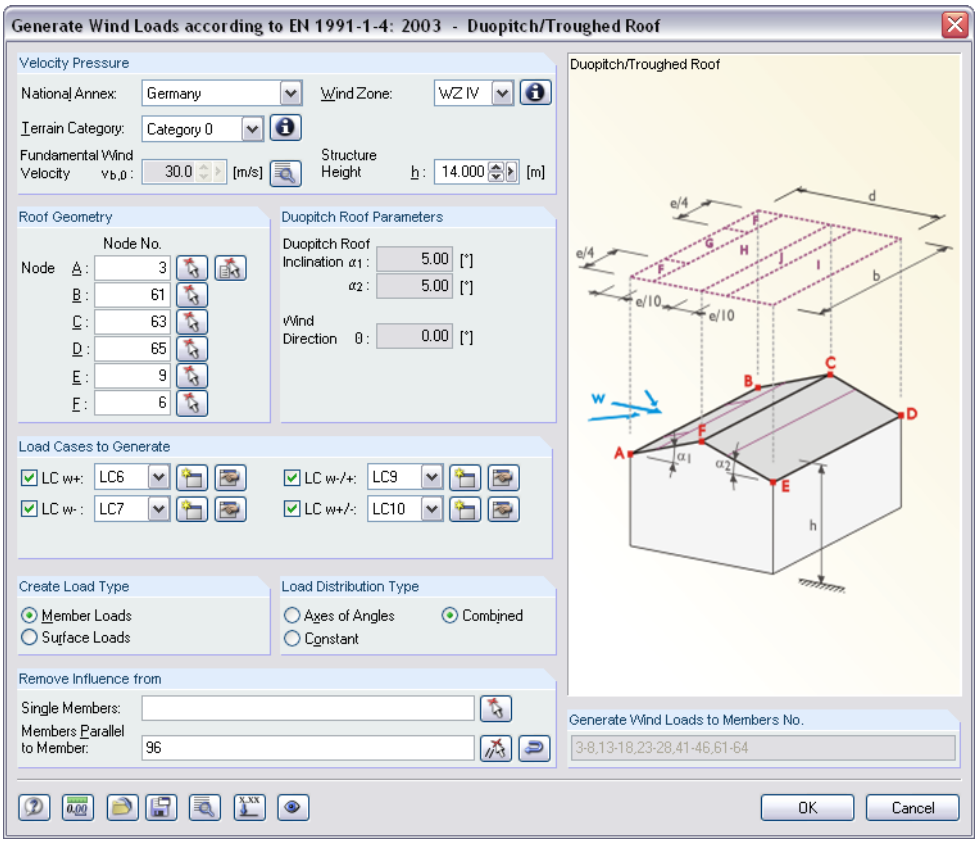


Figura 12.149: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento de acuerdo a EN 1991-1-4: 2003 – Cubierta a dos aguas*

La sección del diálogo *Presión* es descrita en el subcapítulo "Cargas de viento en cubierta a un agua".

La *Geometría de la cubierta* se define por los nudos de *A* al *F*. Para determinar la superficie seleccione los nudos de esquinas de la cubierta. De nuevo los nudos A y B determinan la dirección del viento que se aplica perpendicular a la A-B. Cuando los nudos son seleccionados, los ángulos de inclinación α_1 y α_2 así como la *Dirección del viento* Θ son mostrados en la sección del diálogo *Parámetros de cubierta a dos aguas*.

En la sección del diálogo *Casos de carga para generar* se definen las cargas de compresión como *CC w+* y las cargas de succión como *CC w-*. Las combinaciones (lo que implica compresión en una de las caras de la cubierta y succión en la otra) son definidas como *CC w-/+* y *CC w+/-*.

Las secciones del diálogo *Tipo de distribución de carga* y *Eliminar influencia desde* ya han sido descritas para la función "Desde cargas superficiales por plano" en la página 451.

En la sección del diálogo *Crear tipo de carga* se puede decidir si se quieren generar cargas en barras o cargas superficiales.

Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] mostrado a la izquierda para aplicar una escala a las cargas que van a ser aplicadas a las barras seleccionadas. Se pueden introducir datos adicionales mediante el cuadro de diálogo.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Después de que el cuadro de diálogo haya sido confirmado, los resultados de la generación de carga de viento serán mostrados en un resumen. De esta forma es posible revisar todas las cargas de viento para cada caso de carga al comparar las cargas de área aplicadas con las cargas convertidas a las barras. Se puede regresar al cuadro de diálogo inicial por medio del botón [Atrás] mostrado a la izquierda para modificar los parámetros de carga de ser necesario.

Cargas de viento en muro vertical con cubierta

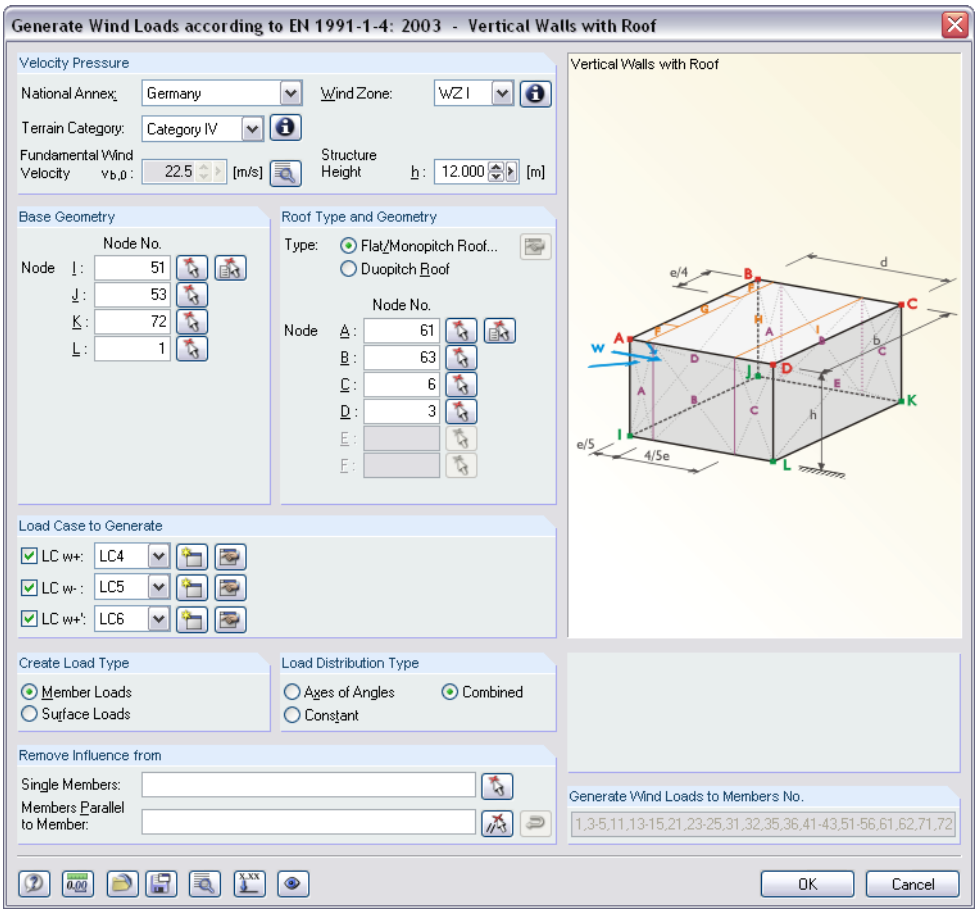


Figura 12.150: Cuadro de diálogo *Generar cargas de viento de acuerdo con EN 1991-1-4: 2003 – Muros verticales con cubierta*

La sección del diálogo *Presión* es descrita en el subcapítulo "Cargas de viento en cubierta a un agua" en la página 456.

La *Geometría de la base* es definida por los nudos del *I* al *L*. Con el fin de determinar el *Tipo de cubierta y geometría,* seleccione los nudos de esquina del *A* al *D* (o *F*) de la cubierta. Los nudos A y B definen la dirección del viento que se supone perpendicular a la línea A-B.

En la sección del diálogo *Caso de carga a generar*, defina los números de los casos de carga objetivo w+, w- y w+'. Las secciones del diálogo *Tipo de distribución de carga* y *Quitar influencia de* ya han sido descritas para la función "Desde cargas superficiales por plano" en la página 451.

Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] mostrado a la izquierda para aplicar una escala a las cargas que van a ser aplicadas a las barras seleccionadas. Un cuadro de diálogo permite la entrada adicional de datos.

En la sección del diálogo *Crear tipo de carga*, se puede decidir si se quiere generar cargas en barras o cargas superficialess.

Después de que el cuadro de diálogo haya sido confirmado, los resultados de la generación de carga de viento serán mostrados en un resumen. De esta forma es posible revisar todas las cargas de viento para cada caso de carga al comparar las cargas de área aplicadas con las cargas convertidas a

las barras. Se puede regresar al cuadro de diálogo inicial por medio del botón [Atrás] mostrado a la izquierda para modificar los parámetros de carga de ser necesario.

Cargas de nieve en cubiertas planas/a un agua

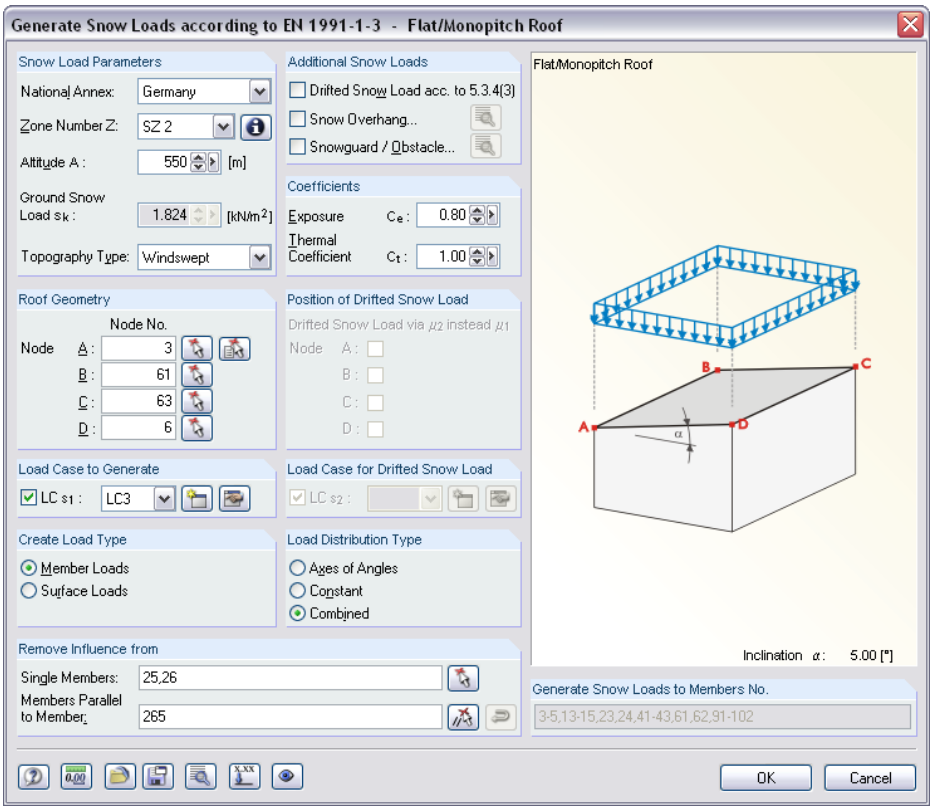


Figura 12.151: Cuadro de diálogo *Generar cargas de nieve de acuerdo con EN 1991-1-3 – Cubierta plana/a un agua*

Las cubiertas planas y a un agua se administran en un cuadro de diálogo común. Los coeficientes de forma de acuerdo a EN 1991-1-3 para cubiertas planas y con inclinación hacia un lado serán consideradas respectivamente.

En la sección del diálogo *Parámetros de carga de nieve*, defina la zona de carga de nieve ZN de acuerdo a las zonas de carga de nieve nacionales. La *Altitud A* representa la altitud por encima del nivel del mar. Estas especificaciones determinan el valor característico de la carga de nieve en el suelo s_k.

La *Geometría de cubierta* puede ser definida gráficamente usando la función [Seleccionar]. Haga clic en los nudos de esquina de la cubierta plana o a un agua uno después de otro en la ventana de trabajo. El plano será marcado en el color de la selección. La cubierta introducida al completo es representada en cian. La superficie de la cubierta no necesita estar cerrada por líneas o barras por todos los lados.

Utilice las tres casillas de verificación en la sección del diálogo *Cargas de nieve adicionales* para decidir si otras cargas de nieve han de ser consideradas.

- Acumulación de nieve debida al viento de deriva. Carga redistribuida
- Nieve que sobresale en los aleros
- Cargas de nieve en la defensa de nieve

Si una carga adicional es activada debido a la defensa contra la nieve será generada a cierta distancia de los aleros que puede ser definida por medio del botón [Editar] mostrado a la izquierda.

La *Posición de carga de nieve redistribuida* es determinada por los nudos de esquina de la cubierta.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

En las secciones del diálogo *Caso de carga a generar* y *CC para CN Redistribuida* se determinan los números de casos de carga para la generación de carga. En la sección del diálogo *Crear tipo de carga* se puede definir si se quieren generar cargas en barras o cargas superficiales.

Las secciones del diálogo *Tipo de distribución de carga* y *Quitar influencia de* ya han sido descritas para la función "Desde cargas superficiales por plano" en la página 451.



Haga clic en el botón [Configuración] mostrado a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de carga* (ver página 464).



Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] mostrado a la izquierda para aplicar una escala a las cargas que van a ser aplicadas a las barras seleccionadas. Un cuadro de diálogo permite la entrada adicional de datos. Utilice los coeficientes de corrección de carga por ejemplo para considerar efectos de viga continua de revestimiento de cubierta sobre las vigas del borde y generar cargas reducidas.



Después de que el cuadro de diálogo haya sido confirmado, los resultados de la generación de carga de viento serán mostrados en un resumen. De esta forma es posible revisar todas las cargas de viento para cada caso de carga al comparar las cargas de área aplicadas con las cargas convertidas a las barras. En caso necesario, se puede regresar al cuadro de diálogo inicial por medio del botón [Atrás] mostrado a la izquierda para modificar los parámetros de necesario.

Cargas de nieve en una cubierta a dos aguas

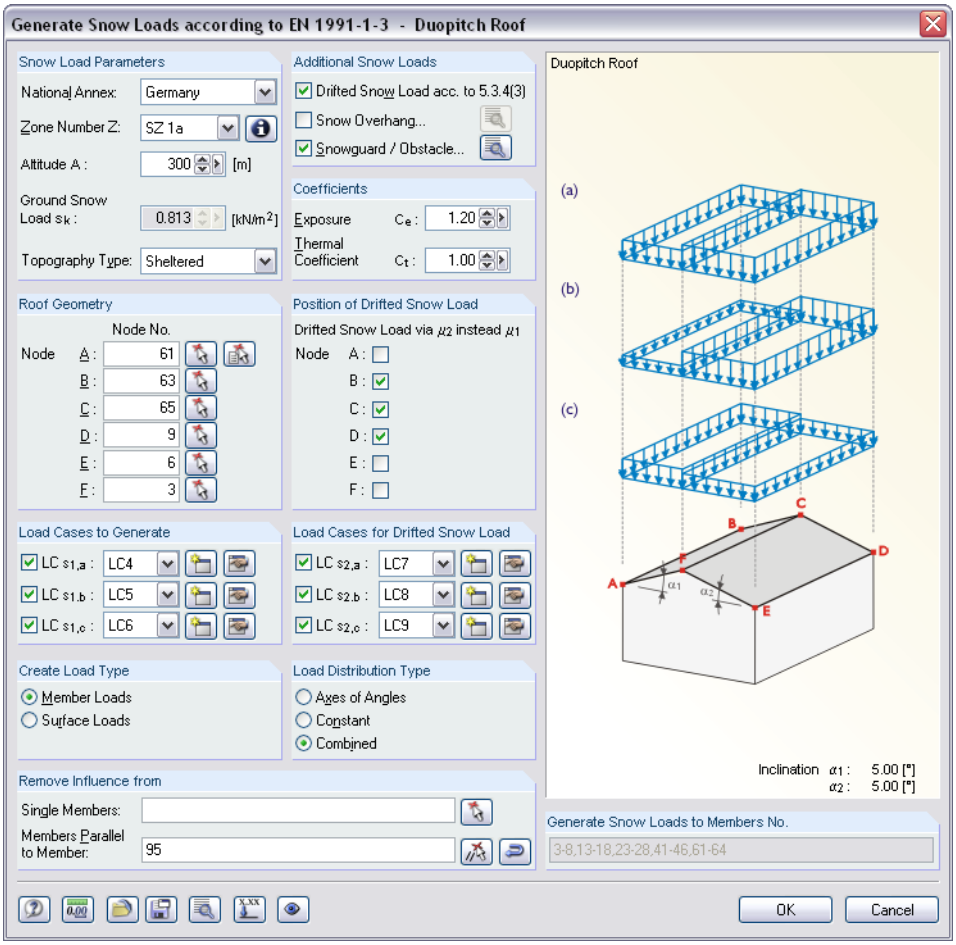


Figura 12.152: Cuadro de diálogo *Generar cargas de nieve de acuerdo con EN 1991-1-3 – Cubierta a dos aguas*

En la sección del diálogo *Parámetros de carga de nieve*, defina la zona de carga de nieve ZN de acuerdo a las zonas de carga de nieve nacionales. La *Altitud A* representa la altitud por encima del nivel del mar.



La *Geometría de cubierta* puede ser definida gráficamente usando la función [Seleccionar]. Haga clic en los nudos de esquina de la superficie de cubierta uno después de otro en la ventana de trabajo. Utilice las tres casillas de verificación en la sección del diálogo *Cargas de nieve adicionales* para decidir si otras cargas de nieve han de ser consideradas.

- Acumulación de nieve debida al viento de deriva. Carga redistribuida
- Nieve que sobresale en los aleros
- Cargas de nieve en la defensa de nieve

Posición de carga de nieve redistribuida es determinada por los nudos de esquina de la cubierta.

En las secciones del diálogo *Caso de carga a generar* y *CC para CN Redistribuida* se determinan los números de casos de carga para la generación de carga. Los casos de carga alternativos se crean cuando se consideran cargas de nieve adicionales (ver figura 5.3 en EN 1991-1-3).

En la sección del diálogo *Crear tipo de carga* se puede definir si se quieren generar cargas en barras o cargas superficiales.

Las secciones del diálogo *Tipo de distribución de carga* y *Quitar influencia de* ya han sido descritas para la función "Desde cargas superficiales por plano" en la página 451.



Haga clic en el botón [Configuración] mostrado a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de carga* (ver figura 12.155).



Utilice el botón [Asignar coeficientes de corrección de carga] mostrado a la izquierda para aplicar una escala a las cargas que van a ser aplicadas a las barras seleccionadas. Un cuadro de diálogo permite la entrada adicional de datos.



Después de que el cuadro de diálogo haya sido confirmado, los resultados de la generación de carga de viento serán mostrados en un resumen. Se puede regresar al cuadro de diálogo inicial por medio del botón [Atrás] mostrado a la izquierda para modificar los parámetros de carga de ser necesario.



Cargas en barras desde cargas lineales ibres

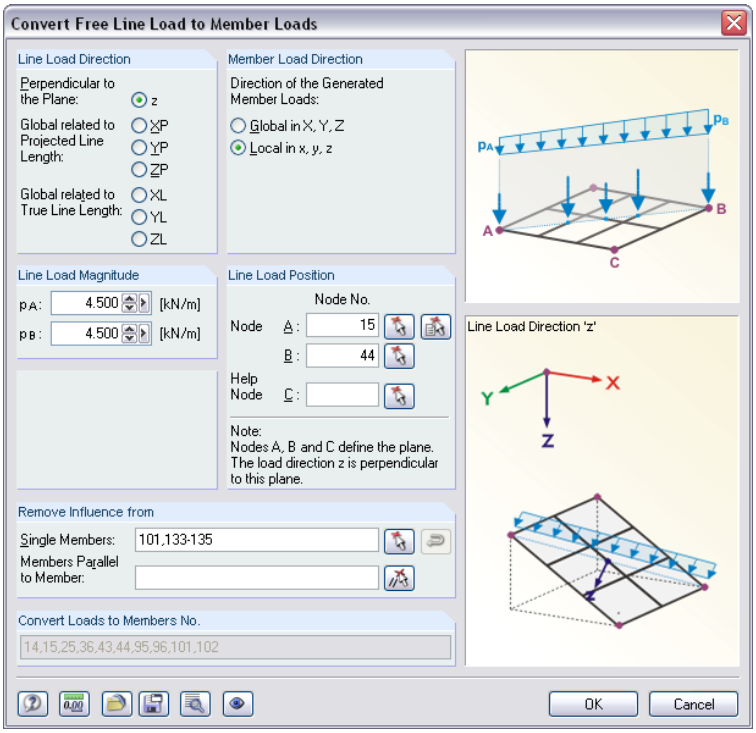


Figura 12.153: Cuadro de diálogo *Convertir cargas lineales libres a cargas en barras*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Utilice este cuadro de diálogo para definir cargas lineales libres para estructuras sólo de barras como vigas de enrejados con el fin de prorratear las cargas a las barras. La *Posición de carga lineal* puede ser definida gráficamente seleccionando los nudos inicial y final en la ventana de trabajo.

Para una correcta asignación de carga son necesarias las especificaciones en las secciones del diálogo *Dirección de la carga lineal* y *Dirección de la carga en la barra*. La *Magnitud de la carga lineal* puede ser uniformemente o linealmente variable.

La sección del diálogo *Quitar influencia de,* ya ha sido descrita para la función "Desde cargas superficiales por plano" en la página 451.



Haga clic en el botón [Configuración] mostrado a la izquierda para abrir el cuadro de diálogo *Configuración para la generación de carga* (ver figura 12.155).



Cargas en barra desde revestimiento

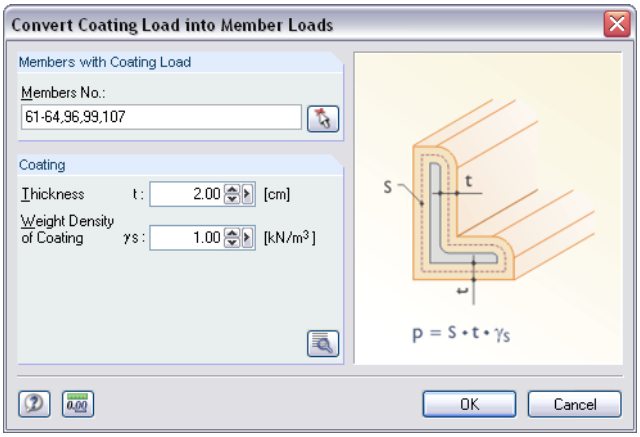


Figura 12.154: Cuadro de diálogo *Convertir cargas de revestimientos en cargas en barras*



Introduzca *Las cargas con carga de revestimiento* manualmente o selecciónelas gráficamente con la función [Seleccionar]. El *Revestimiento* es definido por su espesor y peso específico.



Utilice *Las cargas con carga de revestimiento* manualmente o selecciónelas gráficamente con la función [Seleccionar]. El *Revestimiento* es definido por su espesor y peso específico.



Utilice el botón [Información] mostrado a la izquierda para revisar las superficies del revestimiento A_S de las secciones seleccionadas que serán aplicadas para la determinación de la carga de hielo. Las superficies de revestimiento están referidas a las líneas centrales de la carga de hielo como se muestra en la imagen del diálogo a la derecha. Por tanto, las cargas son correctamente calculadas incluso para secciones con muchos vértices. .

Configuración para la generación de carga

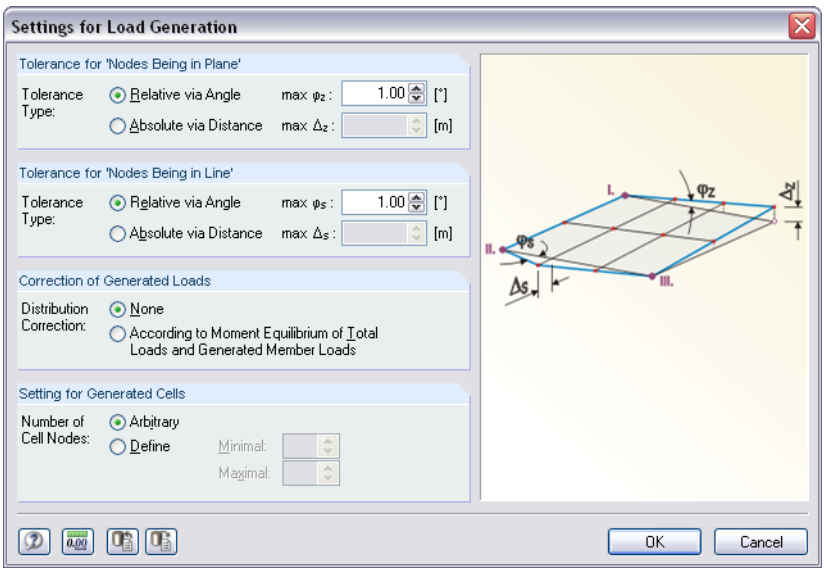


Figura 12.155: Cuadro de diálogo *Configuración para la generación de carga*

Las configuraciones que son definidas en este cuadro de diálogo son válidas globalmente para todos los generadores de carga en barras. Un ángulo o distancia puede ser definido como *Tipo de tolerancia* que especifica si los nudos son clasificados como pertenecientes a un plano o a una línea. Si los nudos están dentro de los límites definidos, las celdas son reconocidas por el programa como cargas que se pueden generar.

La sección del diálogo *Corrección de cargas generadas* permite una comparación entre las cargas de las barras generadas y las cargas superficiales existentes. Las sumas de comprobación se emiten en los resúmenes que serán mostrados después de que la generación de carga esté completa y antes de que la conversión de carga final sea llevada a cabo (Figura 12.143, página 452). La distribución interna e lleva a cabo mediante un balance comparativo de las fuerzas y de los momentos . Si hay pequeñas diferencias entre las sumas de verificación se puede iniciar una *Corrección de distribución* puede ser iniciada de acuerdo al *Equilibrio de momentos.* En este caso el equilibrio de momentos será revisado sobre el origen de la estructura.

En la sección del diálogo *Configuración para celdas generadas* se puede definir un nivel máximo y mínimo para los nudos que controlan el reconocimiento de celdas por el programa. Esta configuración permite una clara asignación de cargas para estructuras complejas. Para reconocer una celda, son necesarios al menos tres nudos.

Modificar las cargas generadas consecuentemente

Después de confirmar el cuadro de diálogo del generador, las cargas generadas serán asignadas a las tablas de cargas apropiadas o entradas del navegador. Sin embargo, los parámetros iniciales no se pierden. La entrada adicional *Cargas generadas* (ver figura 7.45, página 244) aparece en el navegador *Datos*. De esta forma los cuadros de diálogo originales pueden ser accesibles para modificaciones como entradas específicas de carga. Para abrir el cuadro de diálogo inicial de nuevo haga doble clic en una de estas entradas o cargas generadas en la ventana de trabajo. En este cuadro de diálogo se pueden ajustar los parámetros.

12.6 Funciones generales

Este capítulo describe las funciones generales que pueden ser utilizadas en varios cuadros de diálogo o son generalmente útiles.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

12.6.1 Propiedades de visualización

Las propiedades de visualización definen **cómo** un objeto gráfico es representado en la pantalla y el la impresión. El navegador de *Mostrar* es el lugar para decidir si se representa un objeto o (ver capítulo 4.4.3, página 76).

Para abrir el cuadro de diálogo para ajustar la visualización gráfica,

sitúe el puntero en **Propiedades de visualización** en el menú **Opciones** y seleccione **Editar**.

También puede hacer clic derecho en cualquier objeto gráfico. Aparece el menú contextual en el que se pueden seleccionar las *Propiedades de visualización* para acceder a los parámetros de visualización del objeto seleccionado directamente.

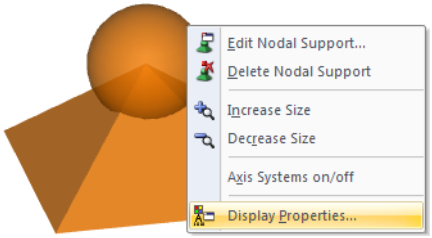


Figura 12.156: Menú contextual de un apoyo en el nudo

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

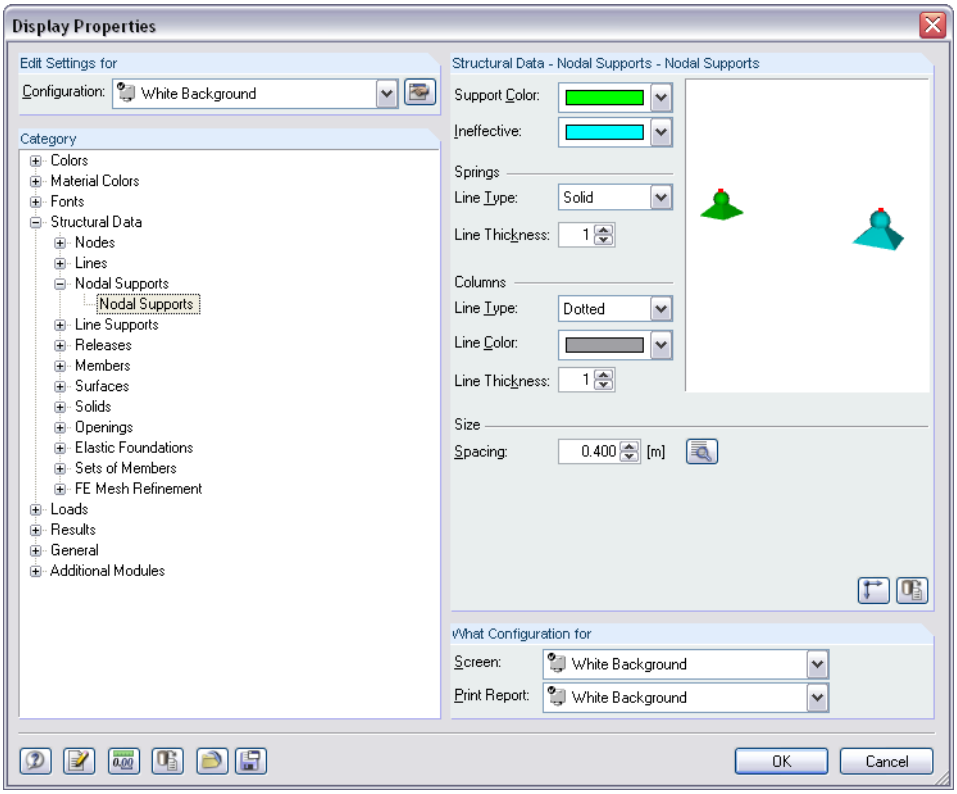


Figura 12.157: Cuadro de diálogo Propiedades de visualización (apoyo en el nudo)

La configuración para la visualización en la pantalla y en la impresión puede ser administrada por separado. Esto significa que los ajustes para el gráfico en la pantalla (por ejemplo el tamaño de los símbolos de los apoyos para Fondo negro) han de ser realizados para la impresión (teniendo una configuración de Fondo blanco) por lo que el gráfico actual será impreso adecuadamente.

Para editar las propiedades de una cierta *Configuración*, seleccione un perfil de la lista de la sección del diálogo *Editar configuración para*. Utilice el botón [Administrar configuraciones]mostrado a la iz-

quierda para crear, editar borrar o importar perfiles. Estas opciones de configuración pueden ser útiles, por ejemplo, cuando se quiere definir un conjunto específico de propiedades para cada impresora en uso.

La selección en la sección del diálogo *Seleccionar configuración de visualización para* determina los perfiles que son usados para la visualización de la pantalla en la impresión.

En la sección central del diálogo *Categoría* todos los objetos gráficos se enumeran en una estructura de árbol similar al Explorador. Si se selecciona un elemento, se pueden establecer sus parámetros de visualización s a la derecha (color, representación de líneas, tamaño en el gráfico, tipo y administración de la numeración, tamaño del vector de carga etc.).



Para algunos objetos el botón [Detalles] mostrado a la izquierda está disponible también.

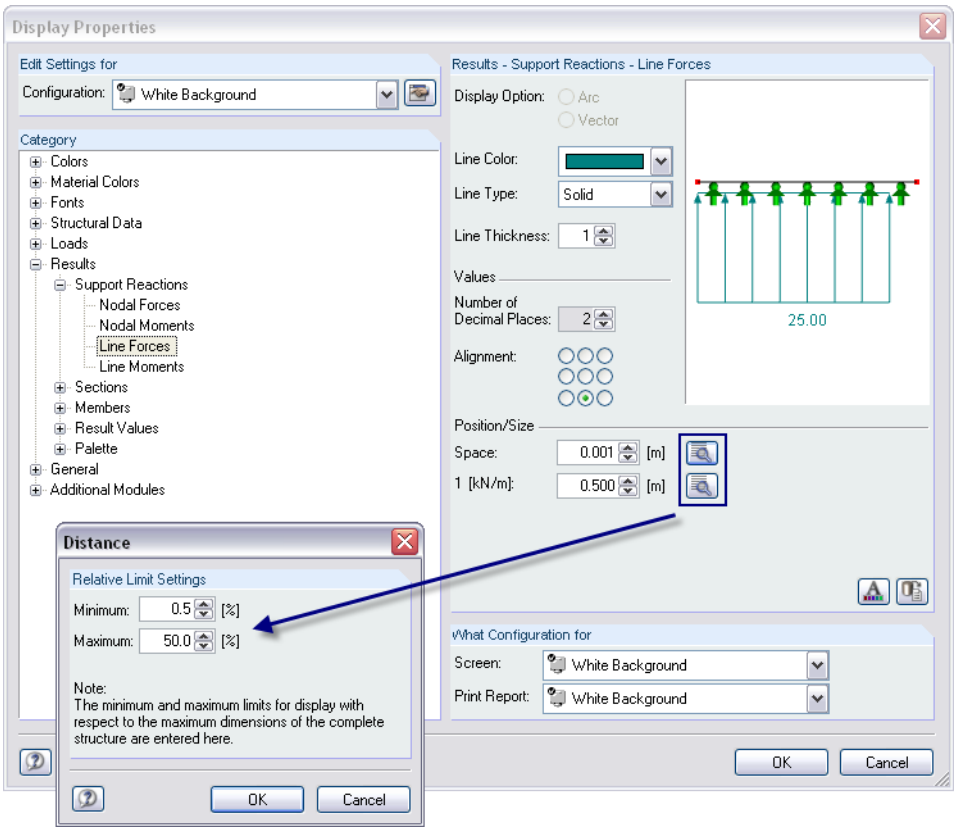


Figura 12.158: Cuadro de diálogo Distancia

Aparece otro cuadro de diálogo en el que se puede cambiar la escala del espaciado o el tamaño del objeto para la representación para las dimensiones de toda la estructura .

12.6.2 Unidades y decimales

Las unidades y decimales para RFEM y todos los módulos adicionales son administradas en un cuadro de diálogo global.

Ajustar unidades y decimales



En muchos cuadros de diálogo, está disponible el botón mostrado a la izquierda para establecer las unidades y los decimales directamente. Como alternativa se puede

seleccionar **Unidades y decimales** en el menú **Edición**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

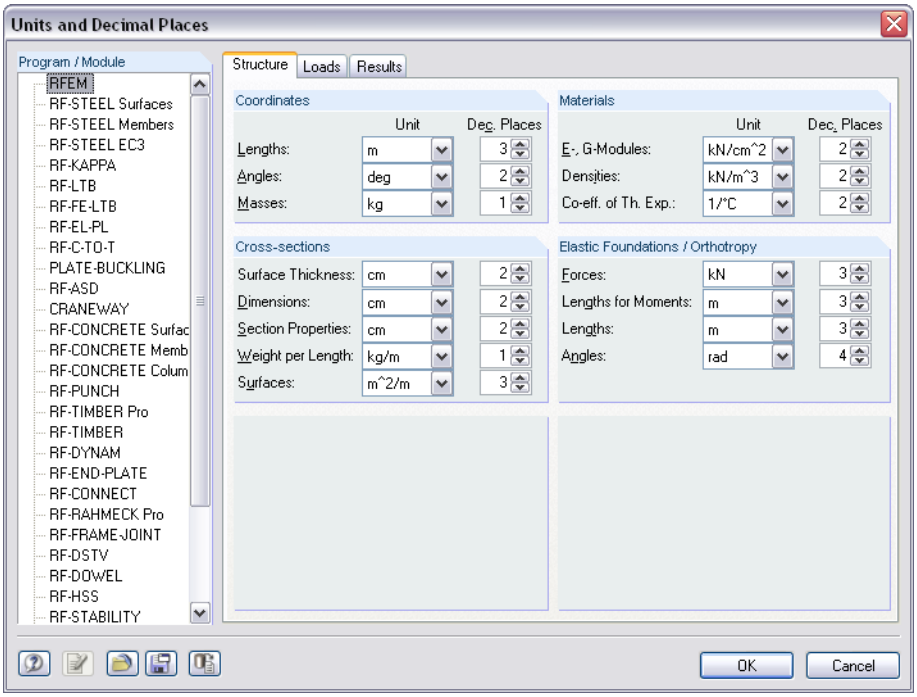


Figura 12.159: Cuadro de diálogo *Unidades y decimales*

La configuración para unidades y decimales puede ser modificada en cualquier momento cuando se trabaja en la estructura. Todos los valores serán convertidos o ajustados.

Primero, seleccione el módulo cuyas unidades o posiciones decimales se quiere ajustar en la sección del diálogo *Programa / Módulo*. Dependiendo de la selección, el lado derecho del cuadro de diálogo cambia.

Para algunos módulos el lado derecho se divide en varios registros. Las unidades o decimales apropiados pueden ser establecidos por separado en las listas.

Si este cuadro de diálogo ha sido abierto desde otro cuadro de diálogo entonces las unidades relevantes y las posiciones de los decimales se marcan con un pequeño triángulo rojo a la derecha.

Guardar e importar unidades como perfil de usuario

Las configuraciones definidas en el cuadro de diálogo *Unidades y decimales* pueden ser guardadas y reutilizadas en otras estructuras. Esta función puede ser útil, por ejemplo, para crear perfiles de usuario en estructuras de acero o de hormigón armado.



Utilice el botón mostrado a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo en el que se ha de introducir un *Nombre* para el perfil de usuario.

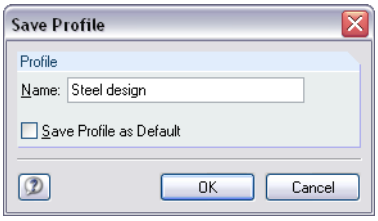


Figura 12.160: Cuadro de diálogo *Guardar perfil*

Si se quiere utilizar este perfil como configuración predeterminada para una estructura nueva marque la casilla de verificación *Guardar perfil como predeterminado*.



Se puede importar cualquier perfil de usuario por medio del botón mostrado a la izquierda. Aparece un cuadro de diálogo donde varios perfiles aparecen enumerados para su selección. Están predeterminados un perfil de unidades métrico y otro imperial.

12.6.3 Comentarios

Este capítulo describe los campos de comentarios en los cuadros de diálogo y en las tablas. Los comentarios que pueden ser insertados gráficamente son descritos en el capítulo 12.2.12 en la página 404.

Utilizar comentarios



Se pueden introducir cualquier texto en el campo de comentarios. También se puede utilizar el botón [Conservar comentario] mostrado a la izquierda para importar módulos de textos predefinidos . Se guardan en una lista y están globalmente disponibles para todas las estructuras.

Aparece un cuadro de diálogo que contiene los componentes de los textos ya guardados.

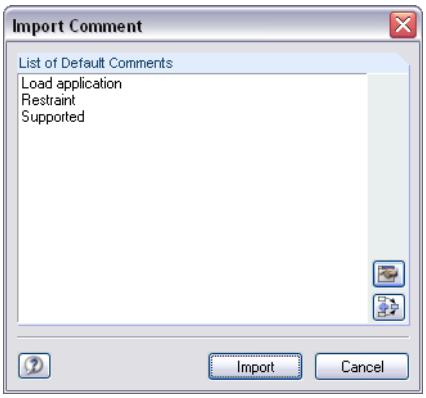


Figura 12.161: Cuadro de diálogo *Importar comentario*

La *Lista de comentarios predeterminados* contiene todos los comentarios que pueden ser elegidos para esa categoría. Haga clic en el botón [Importar] para importar un comentario seleccionado en el campo de comentario del cuadro de diálogo en el que ya puede ser editado. Si el cuadro de comentario ya contiene un texto, será sobrescrito.



Para agregar un comentario a un texto existente en el campo de comentarios, utilice el botón mostrado a la izquierda.

Crear y administrar comentarios



En el cuadro de diálogo *Importar comentario* (figura 12.161) se pueden crear nuevos módulos de texto por medio del botón mostrado a la izquierda. Alternativamente, también puede utilizar el registro *Comentarios* en el cuadro de diálogo *Opciones del programa* donde se administran todos los comentarios. Para abrir este cuadro de diálogo,

seleccione **Opciones del programa** en el menú **Opciones**



o utilice le botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

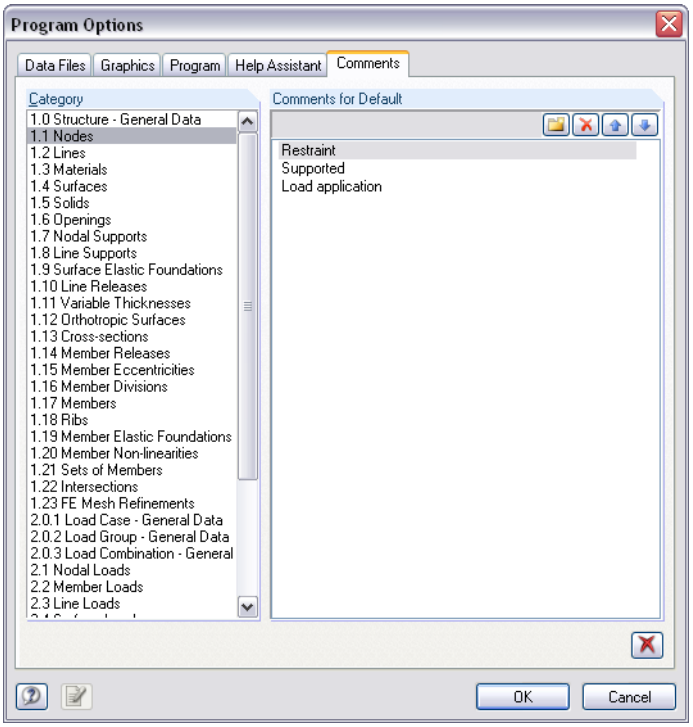


Figura 12.162: Cuadro de diálogo *Opciones del programa*, registro *Comentarios*

En la sección del diálogo *Categoría*, se selecciona el grupo para el que se quiere asignar el texto de comentario.

En la sección del diálogo *Comentarios predeterminados*, están disponibles cuatro botones los cuales están reservados para las siguientes funciones:

Botón	Descripción
	Crea un nuevo comentario. Introduce el texto en la lista.
	Borra el comentario seleccionado en la lista.
	Mueve el comentario seleccionado hacia arriba.
	Mueve el comentario seleccionado hacia abajo.

Tabla 12.14 Botones en el cuadro de diálogo *Opciones del programa*

Para la selección especial (ver capítulo 12.1.2, página 372) también se puede establecer un criterio de filtro para los comentarios definidos por el usuario.

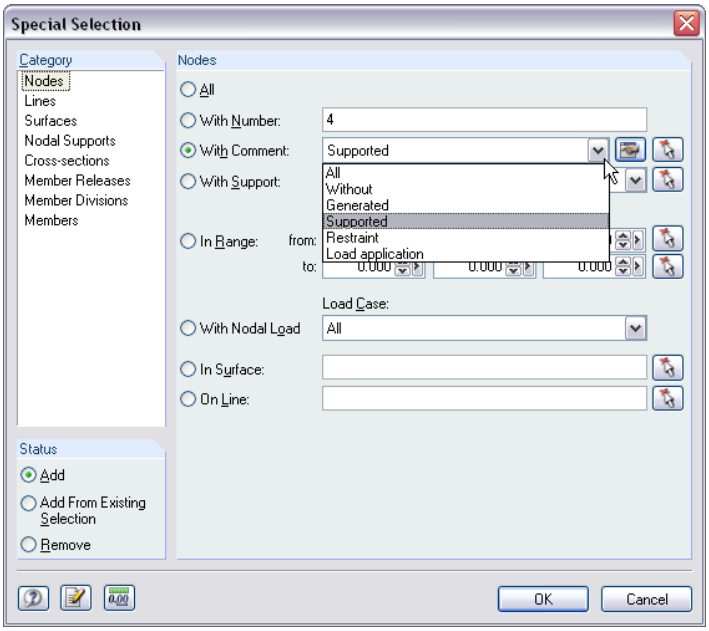


Figura 12.163: Cuadro de diálogo *Selección especial*

12.6.4 Funciones de medición

Con el fin de revisar la entrada de datos, se pueden medir las distancias y los ángulos. Para acceder a las opciones de medida,

Sitúe el puntero en **Medida** en el menú **Herramientas**.

Las siguientes funciones de medida pueden ser seleccionadas:

- 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

Seleccione los objetos relevantes uno después de otro en el gráfico. A continuación, el resultado es mostrado incluyendo todos los detalles.

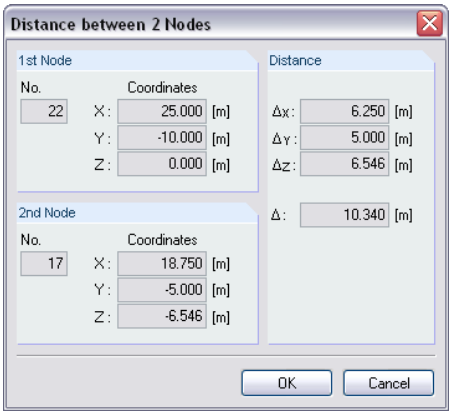


Figura 12.164: Cuadro de diálogo *Distancia entre 2 nudos*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

12.6.5 Funciones de búsqueda



Para encontrar objetos particulares en el gráfico se pueden utilizar las tablas: haga clic en la fila de la tabla para resaltar el correspondiente objeto en el área de trabajo gráfico. Para visualizar el objeto sin embargo el botón [Sincronización de selección] ha de estar activado (ver capítulo 12.3.4, página 424). Utilice esta función de búsqueda por ejemplo para encontrar rápidamente un objeto específico en el gráfico o en estructuras más pequeñas.



Otra posibilidad para encontrar objetos en RFEM 4 es utilizar la función de búsqueda directa, recomendada para estructuras mayores. Para abrir el correspondiente cuadro de diálogo,

seleccione **Buscar por número** en el menú **Edición**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

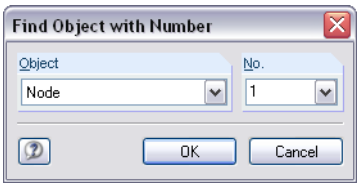
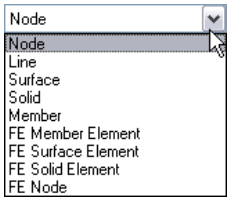


Figura 12.165: Cuadro de diálogo *Buscar objeto por número*

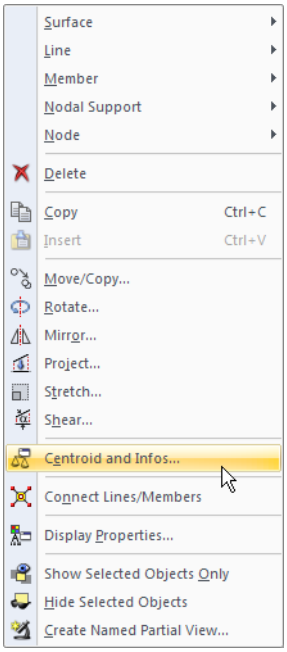


En la sección del diálogo *Objeto,* seleccione la clase de objeto que quiere encontrar de la lista: nudo, línea, superficie, sólido, barra, elemento EF etc. Introduzca el *núm.* del objeto directamente en el campo de entrada de la derecha o utilice la lista para seleccionar una barra.



Haga clic en [Aceptar] para confirmar el cuadro de diálogo. Una flecha grande indicará el objeto en el gráfico. Esta flecha seguirá mostrada cuando se ajuste el área alrededor del objeto al ampliar o girar la estructura. La flecha desaparece al hacer clic en el área de trabajo.

12.6.6 Determinación del centro de gravedad



Para determinar las coordenadas del centro de gravedad de toda la estructura, dibuje una ventana de selección a través de toda la estructura primero. Haga clic derecho en los objetos seleccionados para abrir el menú contextual mostrado a la izquierda.

Seleccione *Centro de gravedad e informaciones* para abrir un resumen de los objetos seleccionados.

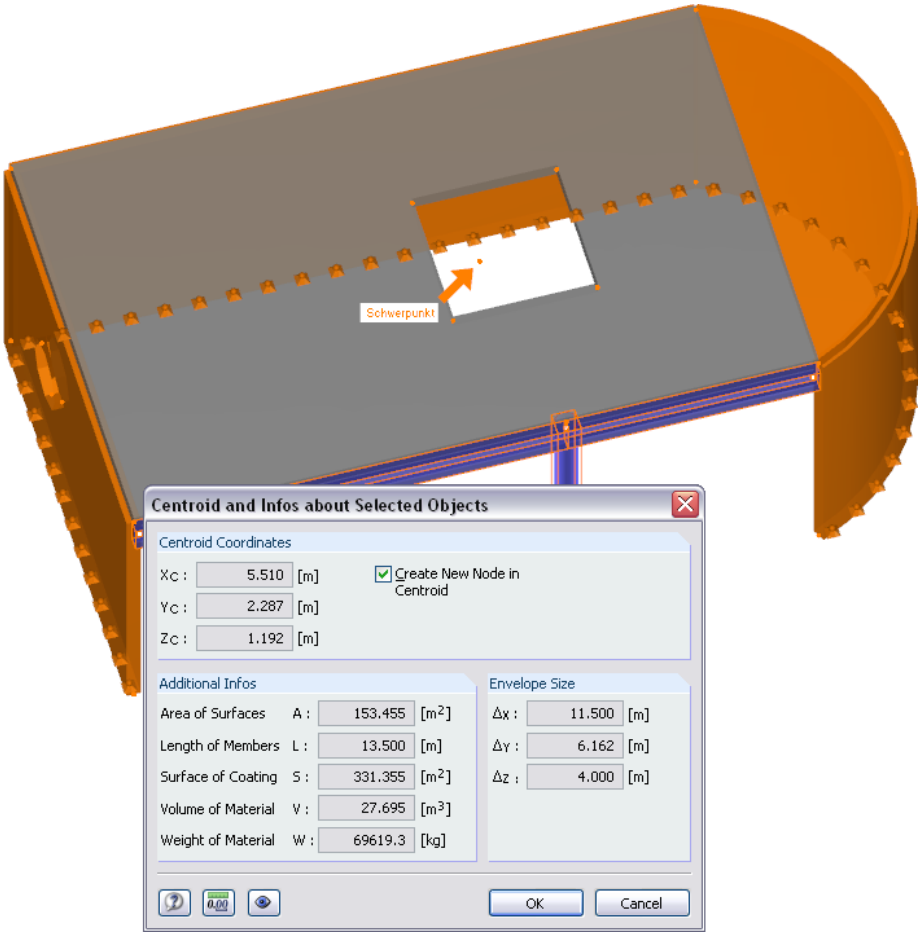


Figura 12.166: Cuadro de diálogo *Centro de gravedad e informaciones de los objetos seleccionados*

En el cuadro de diálogo de información, se muestran las coordenadas del *Centro de gravedad*. El centro de gravedad se indica mediante una flecha en la ventana de trabajo. Opcionalmente, se puede *Crear un nudo nuevo en el centro de gravedad* en esta posición.

Además del *Tamaño de envolvente* de los objetos seleccionados, también se muestran las siguientes informaciones adicionales:

- Área de todas las superficies
- Longitud de las barras
- Área de la superficie de todas las superficies visibles de los objetos seleccionados
- Volumen neto
- Masa total

Es posible analizar cualquier tipo de grupos de objetos seleccionados utilizando esta función.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

13. Administración de archivos

Este capítulo explica cómo los datos son organizados en el Administrador de proyectos y cómo los componentes recurrentes de las estructuras son administrados en bloques. Además, se describen en detalle las interfaces que están integradas en RFEM 4 para importar datos o exportarlos a otros programas.

13.1 Administrador de proyectos

En la mayor parte de los análisis estructurales el proyecto normalmente consta de varias estructuras. El *Administrador de proyectos* en RFEM ayuda a organizar los datos de las aplicaciones Dlubal.

El Administrador de proyectos se puede dejar abierto como una aplicación independiente mientras se trabaja en RFEM.



Para abrir el Administrador de proyectos , seleccione **Administrador de proyectos** en el menú **Archivo** o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

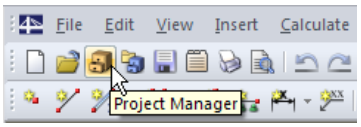


Figura 13.1: Botón *Administrador de proyectos* en la barra de herramientas



También se puede acceder al *Administrador de proyectos* mediante el diálogo *Datos generales* disponible para cada estructura.

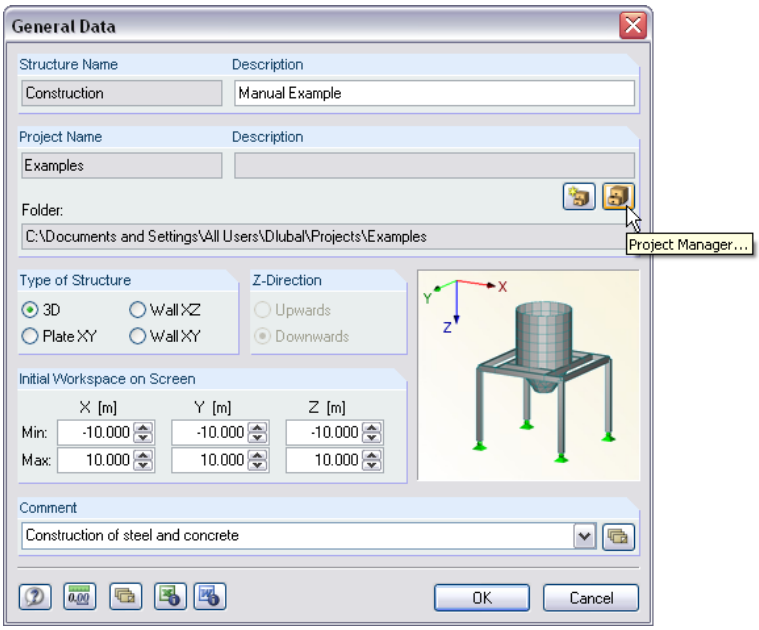


Figura 13.2: Botón *Administrador de proyectos* en el cuadro de diálogo *Datos generales*

Cuando se abre el *Administrador de proyectos,* aparece la siguiente ventana. La ventana está dividida en tres áreas y tiene su propio menú y barra de herramientas.

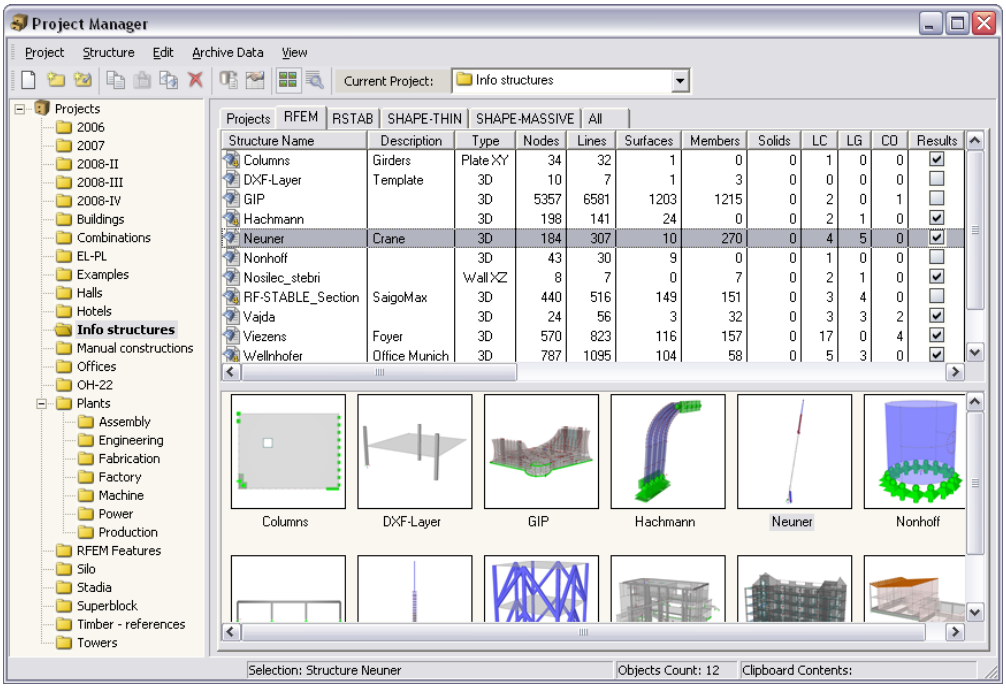


Figura 13.3: Administrador de proyectos

Navegador de proyectos

Se muestra a la izquierda el navegador de proyectos con una lista de todos los existentes. El proyecto actual aparece en negrilla. Para seleccionar otro proyecto haga doble clic en el correspondiente proyecto en el navegador o utilice la lista del campo de selección *Proyecto actual* en la barra de herramientas. En el lado derecho de la ventana, se muestra una tabla donde se enumeran todas las estructuras del proyecto seleccionado.

Tabla de estructuras



Las estructuras son administradas por medio de diferentes registros de acuerdo a las aplicaciones Dlubal. Todas las estructuras de RFEM contenidas en el proyecto seleccionado se enumeran en el registro de RFEM. Además del *Nombre de la estructura* y *Descripción,* se muestra información estructural importante así como los nombres de los usuarios que han creado o editado la estructura.. Para ajustar la visualización de las columnas del registro seleccione **Administrar registro** en el menú Ver o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda (ver página 484).

Vista previa de imágenes

Debajo de la lista de la estructura aparece una vista previa gráfica que muestra todas las estructuras contenidas en el proyecto. Estas vistas previas son interactivas con la lista superior.

13.1.1 Crear nuevo proyecto



Para crear un proyecto nuevo,

- seleccione **Nuevo** en el menú **Proyecto** o
- haga clic en el botón [Nuevo proyecto] en la barra de herramientas mostrada a la izquierda.

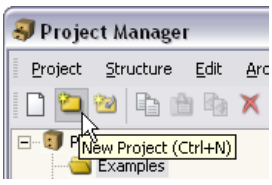


Figura 13.4: Botón *Nuevo proyecto*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Se abre el cuadro de dialogo *Crear nuevo proyecto* en el que se ha de introducir el *Nombre* del nuevo proyecto y para seleccionar la *Carpeta* en la que se quieren guardar las estructuras. Utilice el botón [Explorar] mostrado a la izquierda para establecer el directorio. También se puede añadir una pequeña *Descripción* del proyecto.

Además, el Administrador de proyectos permite la creación de subproyectos. Si se selecciona un proyecto ya existente de la lista *Situar proyecto debajo*, el nuevo proyecto se muestra como un subproyecto de este proyecto en el navegador. Si no se quiere aprovechar esta configuración seleccione la primera entrada *Proyecto* en la lista.

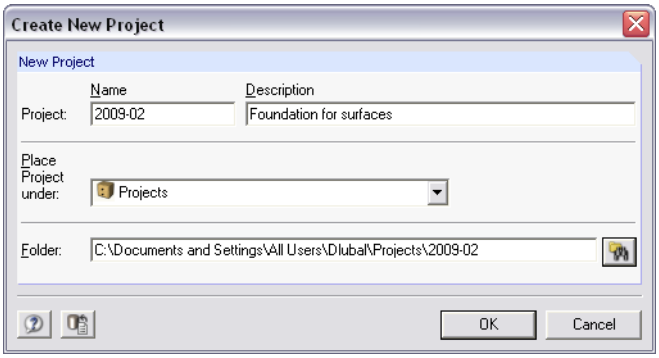


Figura 13.5: Cuadro de diálogo *Crear nuevo proyecto*

Después de haber confirmado el cuadro de diálogo haga clic en [Aceptar], se creará una nueva carpeta con el nombre del proyecto en la unidad local o de red.

La *Descripción* del proyecto será mostrada en el encabezado del informe y no tiene mayor relevancia.

13.1.2 Conectar carpeta existente

Para integrar una carpeta como un proyecto que ya contiene varias estructuras de RFEM,

- seleccione **Conectar carpeta** en el menú **Proyecto** o
- utilice el botón [Conectar carpeta] en la barra de herramientas mostrada a la izquierda.

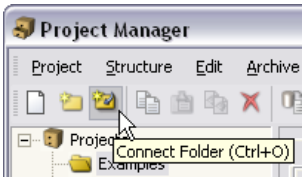


Figura 13.6: Botón *Conectar carpeta*

No es importante en que unidad local o de red se encuentra la carpeta que se desea conectar. Sólo será incluida en el administrador de archivos pero manteniéndose en su situación – similar a crear un acceso directo en el escritorio. Toda la información sobre el proyecto se guarda en el archivo ASCII **PRO.DLP** en la carpeta **..\Dlubal\ProMan**.

Aparece un cuadro de diálogo parecido al mostrado en la Figura 13.5. introduzca el *Nombre* del nuevo proyecto y la *Descripción*. Utilice el botón [Explorar] mostrado a la izquierda para establecer la *Carpeta* que se quiere conectar. Si un cierto proyecto ha sido preestablecido la carpeta a conectar ha de estar contenida dentro de la carpeta de este proyecto. La carpeta será administrada como sub-proyecto. Si se quiere que aparezca en el navegador del Administrador de proyectos como una carpeta independiente, seleccione la primera entrada *Proyectos* de la lista *Situar proyecto debajo*.

13.1.3 Desconectar carpeta

Para cancelar una carpeta integrada desde el administrador de proyectos,

- seleccione **Desconectar** en el menú **Proyecto** (el proyecto ha de haber sido seleccionado previamente) o
- utilice el menú contextual del proyecto en el navegador.

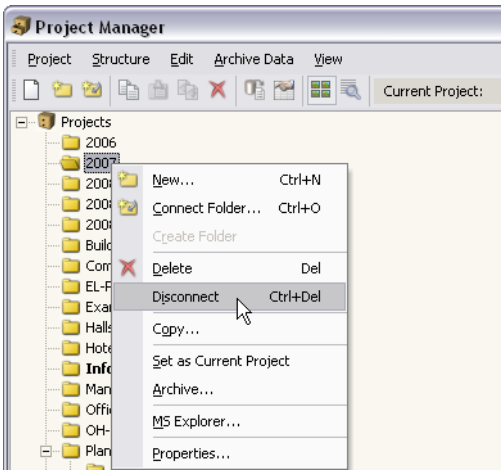


Figura 13.7: Menú contextual para un proyecto

El proyecto será eliminado del administrador interno pero la carpeta y su contenido permanecen en el disco duro sin cambios.

13.1.4 Borrar proyecto

Para borrar un proyecto,

- Seleccione **Eliminar** en el menú **Proyecto** (el proyecto ha de haber sido seleccionado previamente),
- Haga clic en el botón [Eliminar] en la barra de herramientas mostrado a la izquierda o
- Utilice el menú contextual del proyecto en el navegador.

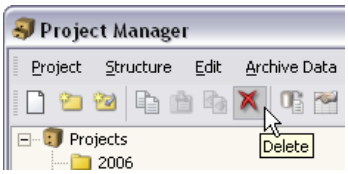


Figura 13.8: Botón *Eliminar*

La carpeta y todo su contenido será completamente eliminada del disco duro.

Si la carpeta también contiene archivos de otros programas, sólo serán eliminados los archivos de las aplicaciones Dlubal. La carpeta en sí misma se mantiene.

Para restaurar estructuras y proyectos que han sido eliminados por accidente,

seleccionar **Restaurar desde la papelera de reciclaje Dlubal** en el menú **Edición**.

Aparece un cuadro de diálogo con todas las estructuras borradas enumeradas de acuerdo a los proyectos.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

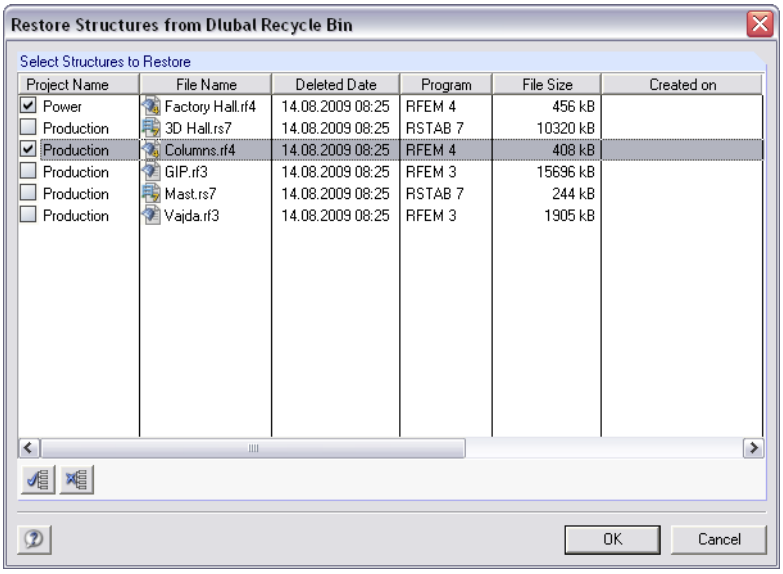


Figura 13.9: Cuadro de diálogo *Restaurar estructuras desde la papelera de reciclaje Dlubal*

Seleccione la estructura que quiere restaurar haciendo clic con el ratón. Luego haga clic en [Aceptar] para insertar la estructura borrada en las carpetas originales del proyecto.

Para ajustar la configuración de la papelera de reciclaje Dlubal,

seleccione **Configuración para la papelera de reciclaje Dlubal** en el menú **Edición**.

Aparece un cuadro de diálogo donde son administradas las configuraciones para el almacenamiento y las advertencias.

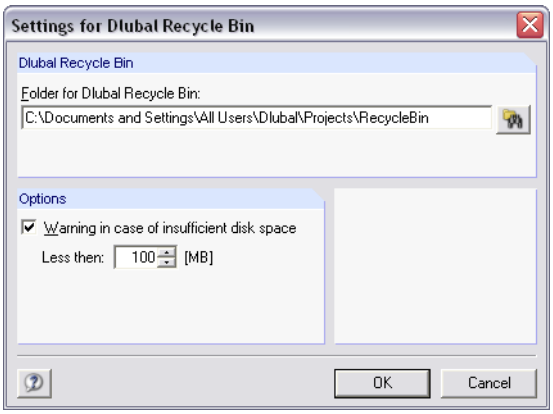


Figura 13.10: Cuadro de diálogo *Configuración para la papelera de reciclaje Dlubal*

13.1.5 Copiar proyecto

Para copiar un proyecto,

- seleccione **Copiar** en el menú **Proyecto** (el proyecto ha de haber sido seleccionado previamente) o bien
- utilice el menú contextual del proyecto en el navegador (figura 13.7, página 476).

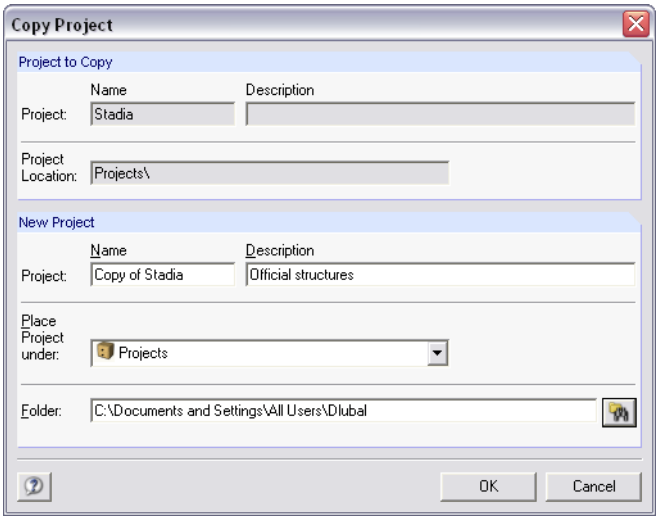


Figura 13.11: Cuadro de diálogo *Copiar proyecto*

Introduzca el *Nombre, Descripción* y la posición del nuevo proyecto en el Administrador de proyectos y defina la *Carpeta* que va a ser creada mediante la función copiar.

También se puede copiar el proyecto con el Explorador de Windows. Luego se puede integrar la nueva carpeta como una carpeta conectada en la administración interna del Administrador de proyectos (capítulo 12.1.2, página 372).

13.1.6 Cambiar la descripción del proyecto

Para cambiar la configuración del proyecto consecuentemente,

- seleccione **Propiedades** en el menú **Proyecto** (el proyecto ha de haber sido seleccionado previamente) o bien
- utilice el menú contextual del proyecto en el navegador.

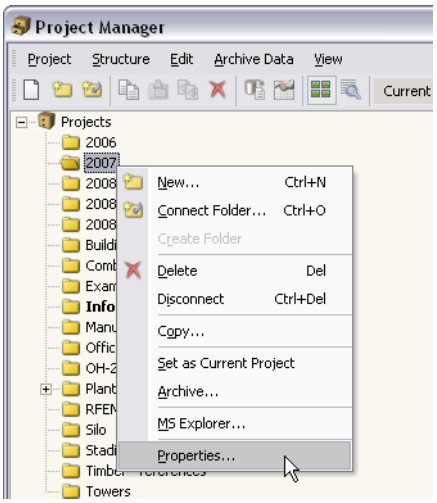


Figura 13.12: Menú contextual del proyecto

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Se abre un cuadro de diálogo en el que se puede cambiar el *Nombre y Descripción* del proyecto. Además, se indica también la *Carpeta* que contiene el proyecto en el disco duro.

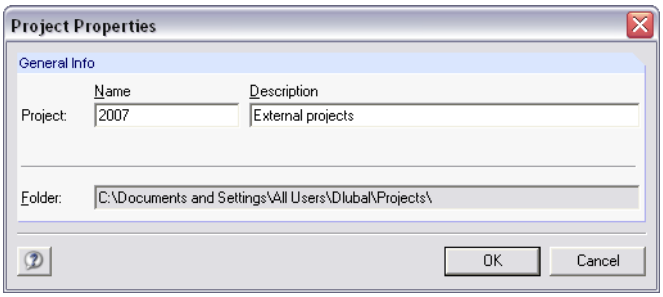


Figura 13.13: Cuadro de diálogo *Propiedades del proyecto*

13.1.7 Abrir estructura

Para abrir una estructura desde el Administrador de proyectos,

- haga doble clic en la estructura,
- seleccione **Abrir** en el menú **Estructura** (la estructura ha de haber sido seleccionada previamente) o bien
- utilice el menú contextual de la estructura.

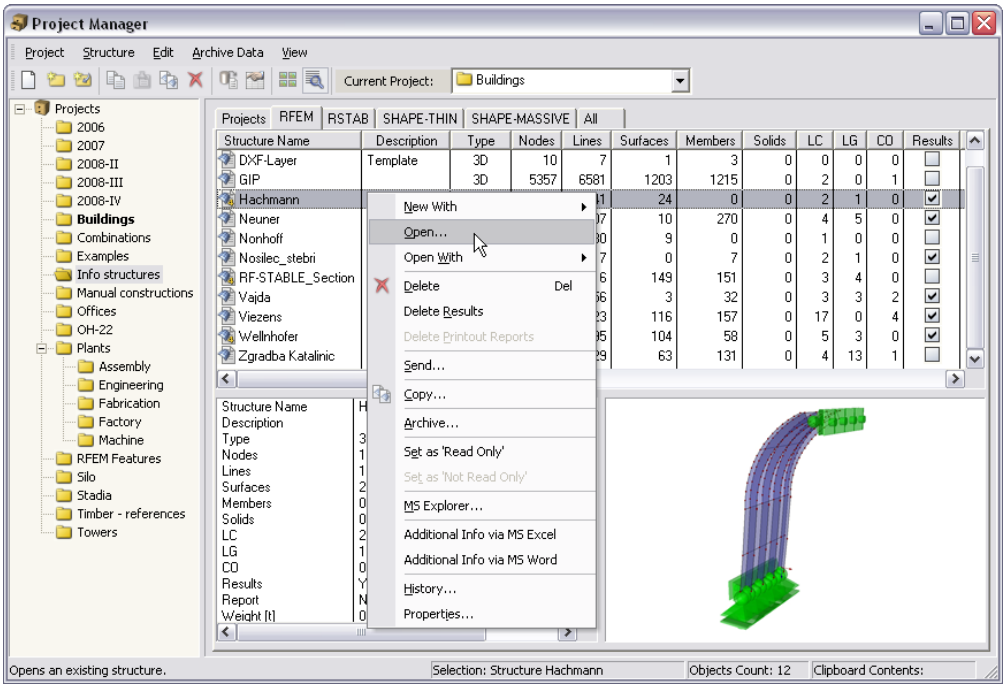
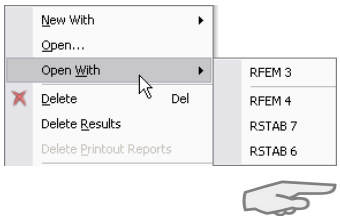


Figura 13.14: Menú contextual de la estructura



Utilice la opción del menú contextual *Abrir con* mostrado a la izquierda para seleccionar una aplicación particular Dlubal con la que se quiere abrir la estructura.

Es posible abrir archivos de RSTAB directamente en RFEM.

13.1.8 Mover o copiar estructura

Para mover o copiar una estructura en otro proyecto,

- seleccione **Copiar** en el menú **Estructura** (la estructura ha de haber sido seleccionada previamente),
- utilice el menú contextual de la estructura o
- utilice la función arrastrar y soltar.

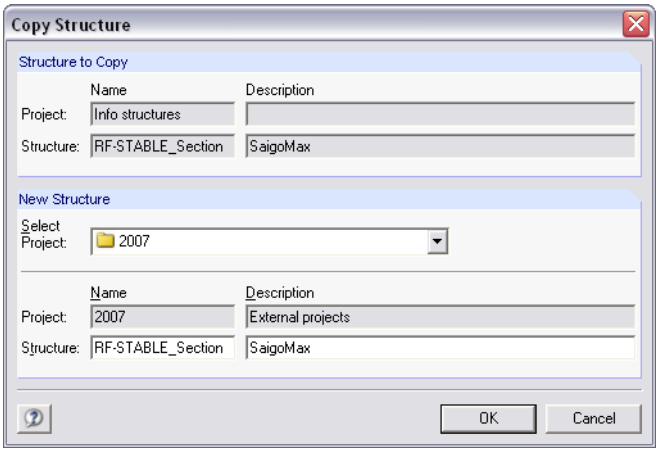


Figura 13.15: Cuadro de diálogo *Copiar la estructura*

Se abre el cuadro de diálogo *Copiar estructura*. Introduzca el proyecto objetivo así como el *Nombre* y *Descripción* para copiar la estructura.

13.1.9 Cambiar nombre a la estructura

Para cambiar el nombre a una estructura (al igual que un proyecto),

- seleccione **Propiedades** en el menú **Estructura** (la estructura ha de haber sido previamente seleccionada) o bien
- utilice el menú contextual de la estructura.

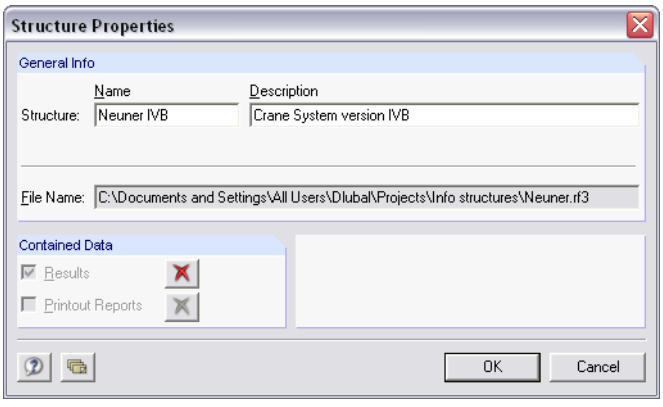


Figura 13.16: Cuadro de diálogo *Propiedades de la estructura*

En el cuadro de diálogo mostrado arriba se puede cambiar el *Nombre* y la *Descripción* de la estructura. Además, el directorio de la estructura es indicado en el cuadro de diálogo *Nombre de archivo*.

13.1.10 Eliminar estructura



Para eliminar una estructura,

- seleccione **Eliminar** en el menú **Estructura** (la estructura ha de haber sido previamente seleccionada),
- haga clic en el botón [Eliminar] en la barra de herramientas mostrada a la izquierda o bien
- utilice el menú contextual de la estructura.

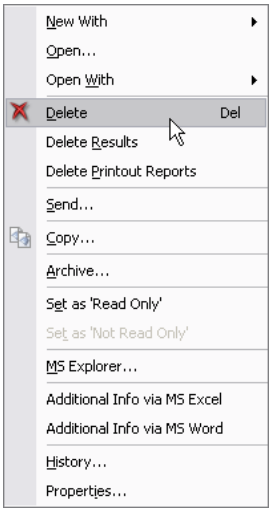


Figura 13.17: Menú contextual de la estructura

Por medio del menú contextual también es posible eliminar los *Resultados* y/o *Informes* de esta estructura directamente. En este caso los datos de entrada permanecen disponibles.

Para restaurar estructuras y proyectos que han sido eliminados por accidente,

seleccionar **Restaurar desde la papelera de reciclaje Dlubal** en el menú **Edición**.

Se abre un cuadro de diálogo en el que se pueden seleccionar las estructuras relevantes. (ver figura 13.9, página 477).

13.1.11 Historial

Para revisar el historial de una estructura,

- Seleccione **Historial** en el menú **Estructura** (la estructura ha de haber sido seleccionada previamente) o
- utilice el menú contextual de la estructura

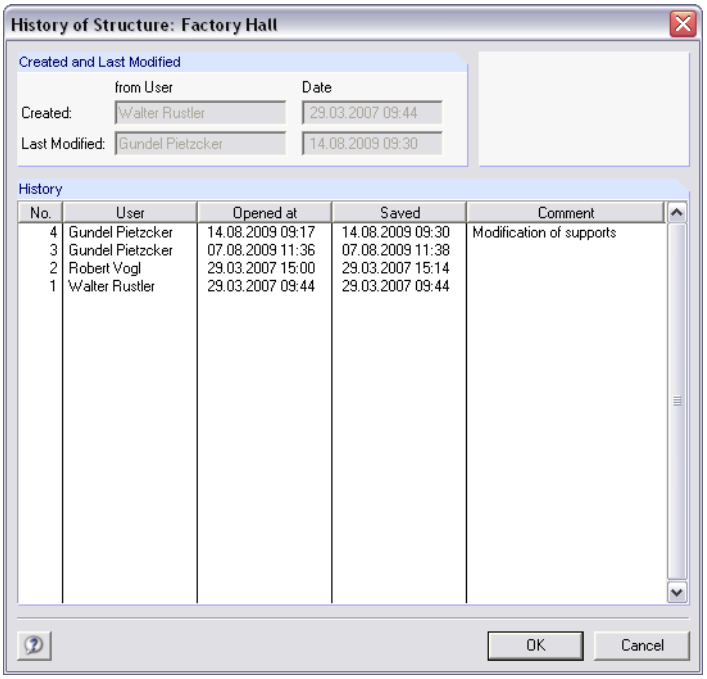


Figura 13.18: Ventana de información *Historial de la estructura*

Se abre una ventana que muestra los usuarios que han creado, abierto o modificado la estructura. El *Historial* también muestra en que momento han sucedido las acciones. Las marcas en la columna *Comentarios* se basan en los datos generales de la estructura y describen el correspondiente procesamiento estructural (figura 13.26, página 487).

13.1.12 Archivar datos

Es posible guardar las estructuras seleccionadas o incluso una carpeta de proyecto entera en un archivo de copia de seguridad. Las estructuras originales permanecen disponibles en sus carpetas.

Para iniciar el almacenamiento,

- seleccione **Archivar** en el menú **Archivar datos** (la estructura o el proyecto han de haber sido seleccionados previamente) o
- utilice el menú contextual del proyecto o de la estructura.

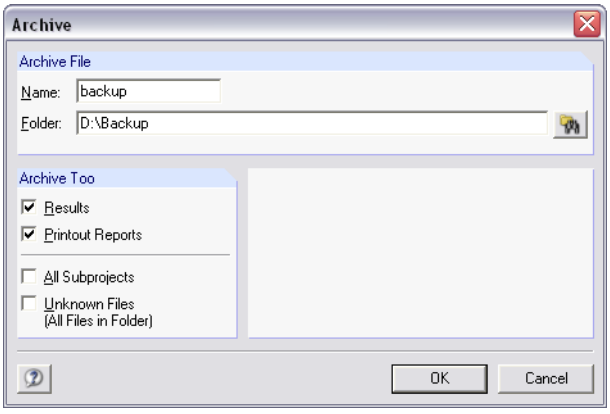


Figura 13.19: Cuadro de diálogo *Archivo*

Antes de archivar los datos, se ha de decidir si los resultados de los informes han de ser excluidos del archivo de copia de seguridad con el fin de ahorrar espacio. Opcionalmente se pueden incluir todos los sub-proyectos y archivos que no pertenecen a ninguna aplicación Dlubal. Cuando el

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Nombre y *Carpeta* del archivo interactivo ha sido definido, se puede crear un archivo ZIPy *Carpeta* del archivo interactivo ha sido definido se puede crear un archivo ZIP.

13.1.13 Extraer desde archivo

Para extraer los datos desde el archivo,

seleccione **Extraer proyecto/estructuras desde el archivo** en **Archivar datos**.

En cuanto se selecciona el archivo ZIP correspondiente, se mostrará su contenido.

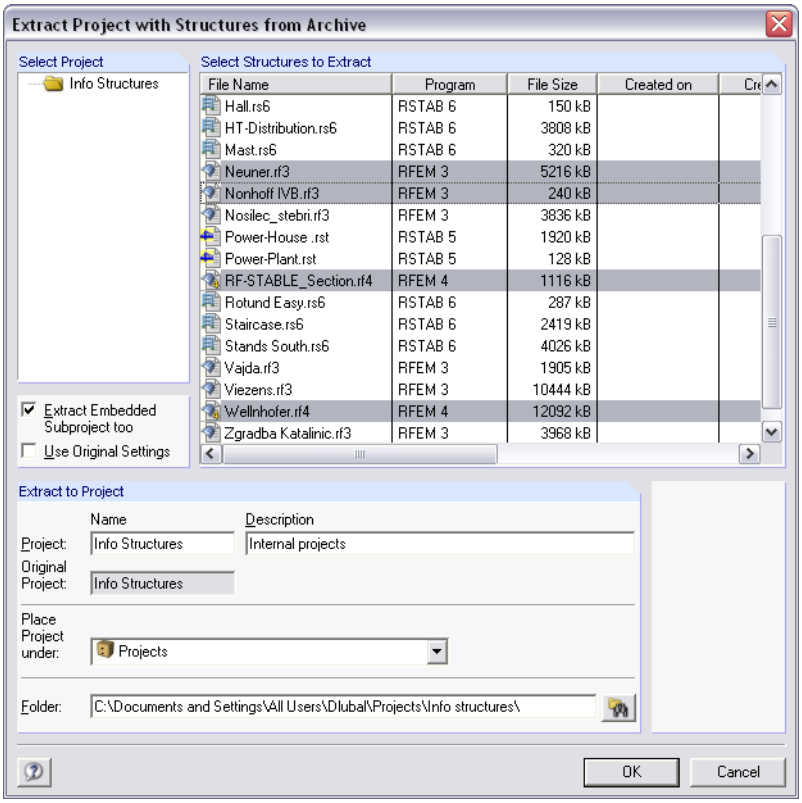


Figura 13.20: Cuadro de diálogo *Extraer proyecto con estructuras desde archivo*



En la sección del diálogo *Seleccionar estructuras para extraer*, se seleccionan las estructuras que se quieren restaurar. Pueden ser descomprimidas para el proyecto actual o para el original. También es posible seleccionar cualquier proyecto enumerado en la primera columna de la tabla o crear un proyecto nuevo por medio del botón [Explorar] mostrado a la izquierda.

13.1.14 Configuración de detalles

La lista de las estructuras en el proyecto puede ser ajustada de acuerdo a las preferencias del usuario. Como es habitual en las aplicaciones de Windows, se puede ordenar la lista en orden ascendente o descendente haciendo clic en varios títulos de las columnas.

Además, se pueden ampliar o reducir las columnas mostradas. También es posible visualizar una ventana adicional con información detallada de la estructura.

Ajustar columnas



Para administrar las columnas de acuerdo a las necesidades,

- seleccione **Administrar columnas del registro** en el menú **Ver** o
- utilice el botón [Administrar columnas del registro] en la barra de herramientas mostrada a la izquierda.

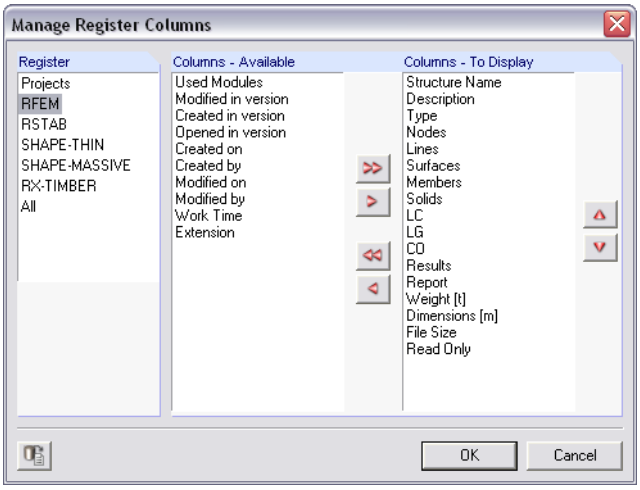


Figura 13.21: Cuadro de diálogo *Administrar columnas del registro*



En el cuadro de diálogo mostrado arriba defina el *Registro* a la izquierda para el que quiere ajustar las columnas (por ejemplo RFEM). Ahora ya se pueden transferir las correspondientes entradas de la lista *Columnas – Disponible* a la lista *Columnas – Para mostrar*. Para seleccionar una entrada utilice los botones de flecha [▶] o haga doble clic en las entradas de datos. Para eliminar una entrada particular o incluso todas las categorías, utilice los botones [◀].



El orden de las columnas en la lista de estructuras puede ser modificado utilizando los botones [▲] y [▼]. Utilice este botón para mover arriba y abajo las entradas de la estructura.



Para optimizar el ancho de las columnas en la lista de estructuras, seleccione **Ordenar automáticamente** en el menú **Ver** o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

Detalles de visualización

Para la sección del diálogo debajo de la lista de la estructura están disponibles dos opciones de visualización. Se pueden visualizar ambas estructuras del proyecto en una vista general del proyecto o sólo información detallada de la estructura seleccionada actualmente.



Para establecer las opciones de visualización,



seleccione **Vista previa de imágenes de todas las estructuras** en el menú **Ver**,

seleccione **Detalles de la estructura actual** en el menú **Ver** o

utilice los correspondientes botones de la barra de herramientas mostrados a la izquierda.

La ventana de la vista de detalles se divide en dos partes. A la izquierda se encuentra información detallada de la estructura y a la derecha la vista previa de la estructura (figura 13.14, página 479).

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

13.2 Crear nueva estructura



Para crear una nueva estructura,

- seleccione **Nuevo** en el menú de RFEM **Archivo,**
- utilice el botón de la barra de herramientas [Nueva estructura] mostrado a la izquierda o
- sitúe el puntero en **Nuevo con** en el menú **Estructura** del Administrador de proyectos y luego seleccione **RFEM 4.**

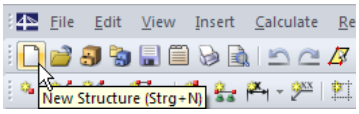


Figura 13.22: Botón *Nueva estructura*

Se abre el cuadro de diálogo *Nueva estructura – Datos generales*.

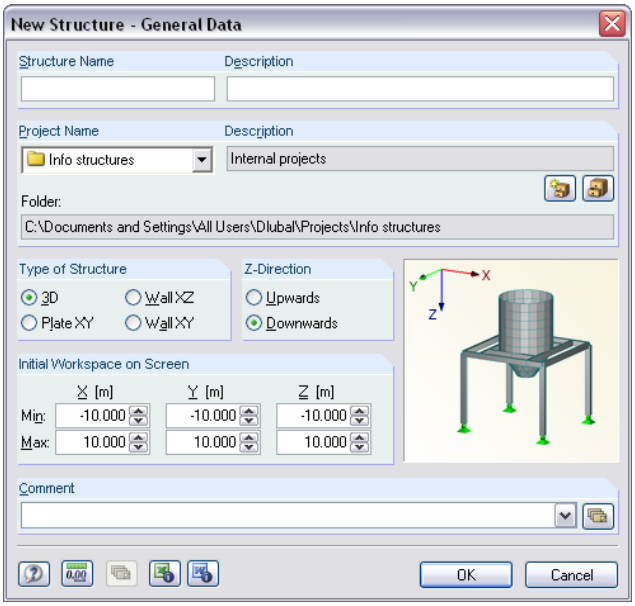


Figura 13.23: Cuadro de diálogo *Nueva estructura – Datos generales*

Si quiere editar los datos generales más tarde,

- sitúe el puntero en **Datos estructurales** en el menú **Edición** y luego seleccione **Datos generales** o bien
- utilice el menú contextual de la estructura en el navegador *Datos*.

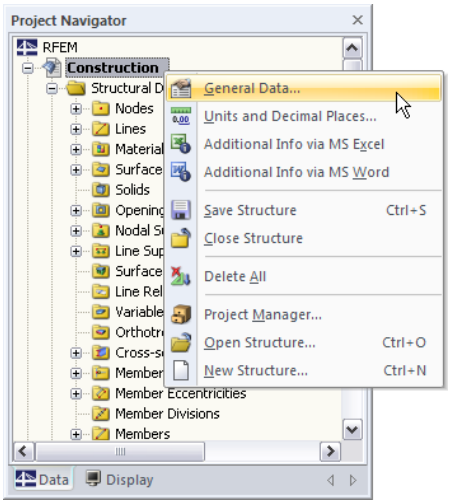


Figura 13.24: Menú contextual de la estructura

Nombre de la estructura

En el campo de entrada *Nombre de la estructura*, se define un nombre para la estructura que también se utiliza como nombre del archivo. La *Descripción* especifica la estructura y será mostrada en el encabezado del informe, pero no tiene mayor relevancia.

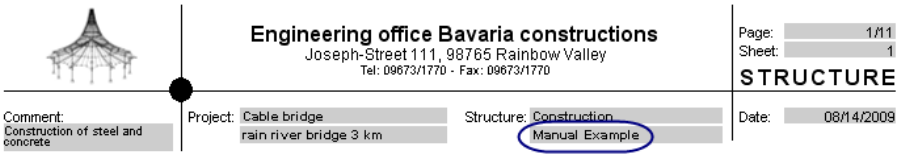


Figura 13.25: Descripción de la estructura en el informe

Nombre del proyecto



En la sección del diálogo *Nombre del proyecto,* abra la lista para seleccionar la carpeta del proyecto para la cual se quiere crear la estructura. El proyecto actual siempre está preestablecido. Para cambiar la preselección utilice el Administrador de proyectos (capítulo 12.1, página 371). Para acceder al administrador de proyectos, haga clic en el botón a la derecha del cuadro de diálogo.

Además, se muestran la *Descripción y Carpeta* del proyecto seleccionado con el fin de añadir información.

Tipo de estructura

Es posible restringir el número de dimensiones. Se puede elegir el tipo de estructura Placa XY para marcos de trabajo en dos dimensiones. Para las opciones *Muro XZ* y *Muro XY* que representan estructuras planas sólo se consideran las fuerzas de membrana.

El seleccionar el tipo de estructura apropiada facilita la entrada de datos. El tipo de estructura siempre puede ser cambiado posteriormente. Tenga en cuenta, sin embargo, que estas modificaciones pueden implicar una pérdida de los datos (por ejemplo cuando una estructura 3D es reducida a un muro).

Dirección Z

En esta sección del diálogo se puede definir la dirección del eje global Z.

Si Z es definido *Hacia arriba* y el peso propio ha sido especificado con *Coeficiente CC 1.0* en la dirección Z en los datos generales del caso de carga, el peso propio actúa hacia arriba. Si no es lo que se pretende el coeficiente del peso propio ha de ser cambiado a -1.0.



¡La orientación del eje Z no puede ser modificada posteriormente!

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Área de trabajo inicial en la pantalla

En esta sección del diálogo se define el alcance de los puntos de la rejilla que serán visibles en la ventana. La rejilla siempre puede ser modificada posteriormente.

Comentario

Se puede introducir un texto o seleccionarlos de la lista para agregar una pequeña descripción de los datos generales. El comentario también aparece en el informe.

Botón	Descripción	Explicación
	Comentarios	Capítulo 12.6.3, página 468
	Unidades y decimales	Capítulo 12.6.2, página 466
	Historial de la estructura	Capítulo 13.1.11, página 481
	MS Excel	Opción para añadir información definida por el usuario en formato de archivo XLS guardado dentro del archivo de RFEM 4
	MS Word	Opción para añadir información definida por el usuario en formato de archivo DOC guardado dentro del archivo de RFEM 4

Tabla 13.1: Botones predeterminados en el cuadro de diálogo *Datos generales*



Al utilizar el botón mostrado a la izquierda [Mostrar datos de historial de la estructura] cada usuario puede añadir un comentario para describir el procesado de la estructura. Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

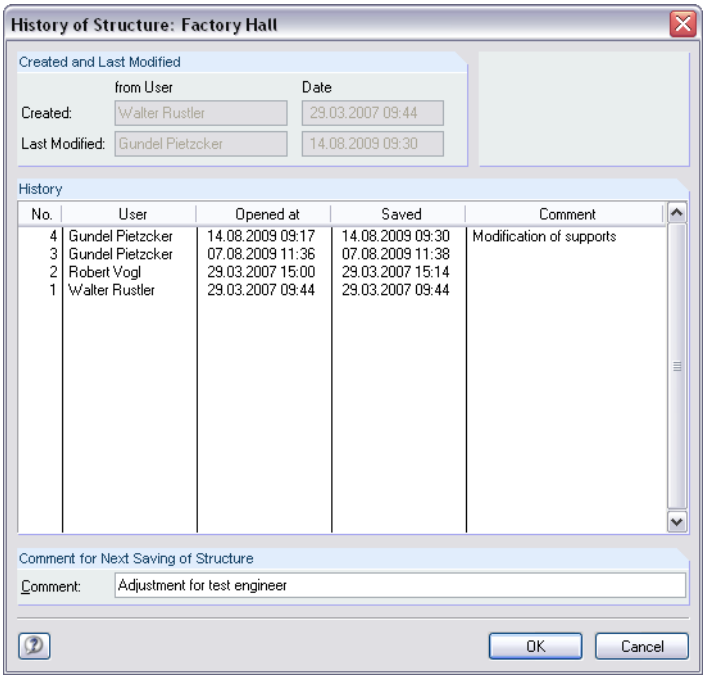


Figura 13.26: Cuadro de diálogo *Historial de la estructura*

En el campo de entrada *Comentario* se pueden introducir marcas que serán eficazs y mostradas en el historial en el Administrador de proyectos cuando se guarde la estructura la próxima vez.

13.3 Administración de la red

Si trabaja más de un usuario en los mismos proyectos, las estructuras pueden ser organizadas mediante el Administrador de proyectos siempre que las estructuras estén guardadas en una carpeta accesible en la red.

Conecte la carpeta de red a su administrador de proyecto interno. Una descripción del proceso aparece en el capítulo 13.1.2 en la página 475. De esta forma se puede acceder directamente a las estructuras de esta carpeta desde el Administrador de proyectos, lo que significa que se puede abrir y modificar la estructura, revise el historial o proveerlos de una protección contra escritura.

Si otro usuario ya está trabajando en la estructura que quiere abrir, aparece una advertencia. A continuación, se puede abrir la estructura como una copia.

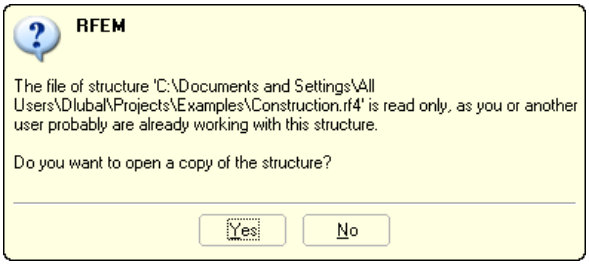


Figura 13.27: Cuadro de diálogo *Abrir estructura*

No es posible la sincronización automática de los datos con respecto a las modificaciones.

Los datos de los proyectos registrados en el Administrador de proyectos son guardados en el archivo **PRO.DLP**. Este es un archivo ASCII contenido en la carpeta predeterminada …\Archivos de programa\Dlubal\ProMan.

Para evitar conectar las carpetas con los proyectos una a una, es posible copiar el archivo PRO.DLP en un ordenador diferente. El archivo puede también ser modificado con un editor. Esto facilita la importación todas las carpetas importantes del proyecto en el Administrador de proyectos, especialmente después de las instalaciones.

Antes de copiar el archivo PRO.DLP - al igual que antes de desinstalar las aplicaciones Dlubal – se ha de guardar el archivo existente.

El Administrador de proyectos también es compatible con la red. La administración de archivos puede ser organizada en un lugar central por lo que todos los usuarios pueden estar integrados en una única administración del proyecto. Para definir la configuración de la red,

seleccione **Opciones del programa** en el menú **Edición** del administrador de proyectos.

El siguiente cuadro de diálogo se abre en el lugar en el que se quiera definir la localización para guardar el archivo PRO.DLP.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

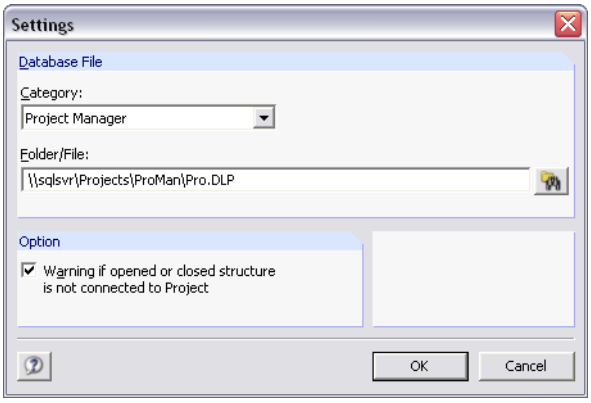


Figura 13.28: Cuadro de diálogo *Configuración*

El Administrador de proyectos funciona en cada ordenador local, pero se utiliza el archivo central PRO.DLP del servidor. De esta forma todos los usuarios pueden llevar a cabo modificaciones de la estructura al mismo tiempo. Para acceder a la escritura del archivo PRO.DLP se bloquea el archivo por un breve periodo de tiempo y desbloqueándose inmediatamente después.

13.4 Administrador de bloques

El administrador de bloques permite una comprensión de la administración de los elementos estructurales característicos. Los objetos seleccionados pueden ser guardados como bloques y reutilizados en otras estructuras. En el así llamado *Catálogo* Administrador de bloques, se encuentra predefinida una serie de elementos tipificados.



Para abrir el Administrador de bloques, seleccione **Administrador de bloques** en el menú **Archivo** o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda.

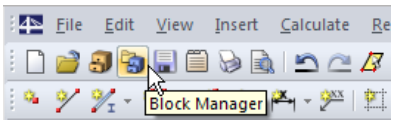


Figura 13.29: Botón *Administrador de bloques* en la barra de herramientas

Cuando se abre el Administrador de bloques aparece la siguiente ventana. Como en el Administrador de proyectos (capítulo 13.1), la ventana se divide en tres zonas y tiene su propio menú y barra de herramientas.

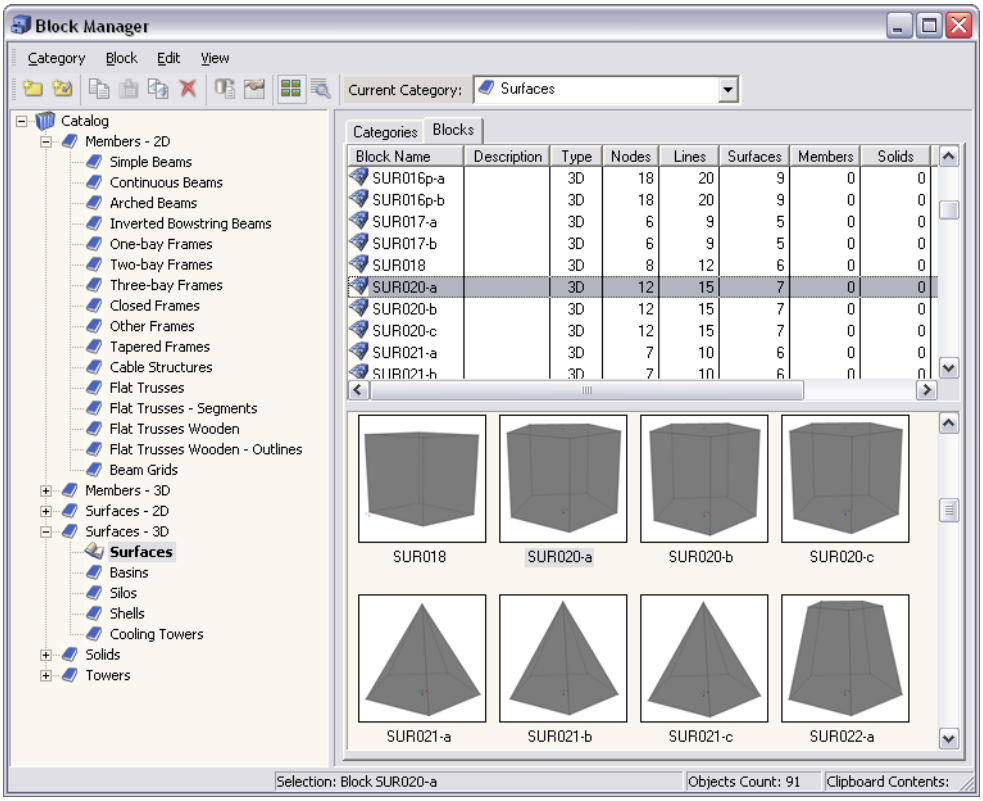


Figura 13.30: Administrador de bloques

Navegador de bloques

El navegador se visualiza con el *Catálogo* de todas las categorías de bloques disponibles. Para seleccionar otra categoría, haga doble clic en la entrada correspondiente en el navegador o utilice la lista del campo de selección *Categoría actual* en la barra de herramientas. Todos los objetos catalogados contenidos en la categoría de selección se enumeran en el registro *Bloques* a la derecha. Están disponibles varios bloques para varias barras, superficies y modelos de sólidos.

Bloques



Los bloques son enumerados uno a uno. Se muestra información significativa además del *Nombre del bloque y Descripción*. Para ajustar la visualización de las columnas del registro seleccione **Administrar columnas del registro** en el menú **Ver** o utilice el botón de la barra de herramientas mostrado a la izquierda (ver capítulo 13.1.14 , página 484).

Vista previa de las imágenes

Debajo de la lista de bloques una vista previa grafica muestra todos los bloques catalogados en la categoría seleccionada en ese momento. Estas vistas previas de imágenes son interactivas con la lista superior.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

13.4.1 Crear bloque

Para crear un bloque desde cualquier objeto de la estructura actual en RFEM, seleccione los objetos relevantes en la superficie del programa de RFEM 4. Para selección múltiple mantenga pulsada la tecla [Ctrl] y haga clic en los correspondientes elementos uno después de otro o dibuje una ventana a través de los elementos que han de ser seleccionados.

Para crear un nuevo bloque,

seleccione **Guardar como bloque** en el menú **Archivo**.

Aparece el siguiente cuadro de diálogo.

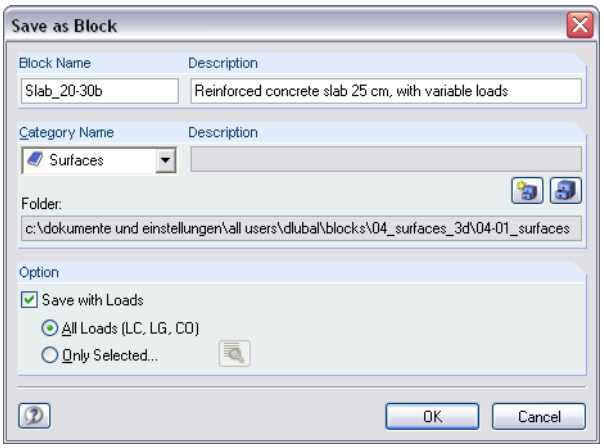


Figura 13.31: Cuadro de diálogo *Guardar como bloque*

Defina el *Nombre del bloque* y *el Nombre de la categoría* bajo los cuales se quiere guardar el bloque, se pude añadir una breve *Descripción* para especificar el bloque.

El directorio del bloque es el indicado en el campo del diálogo Carpeta.

Cuando las cargas han sido definidas pueden ser guardadas junto con el bloque. En la sección del diálogo Opciones se determina si se consideran todas las cargas o sólo los casos seleccionados.



Para crear una nueva categoría de bloques, utilice el botón [Crear nuevo bloque] mostrado a la izquierda.

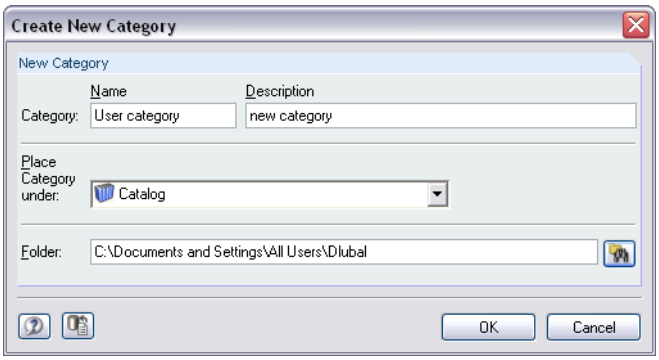


Figura 13.32: Cuadro de diálogo *Crear nueva categoría*

La creación de un bloque es similar a la creación de un nuevo proyecto en el Administrador de proyectos (ver capítulo 13.1.1, página 474).

13.4.2 Insertar bloque



Para importar un bloque en la estructura activa de RFEM 4, abra el administrador de bloques primero (ver figura 13.29, página 489). Luego seleccione una categoría del catálogo. Para seleccionar uno de los bloques, haga clic en el registro *Bloques*

Para empezar a importar,

- seleccione **Insertar bloque** en el menú **Bloque** o
- utilice el menú contextual del bloque.

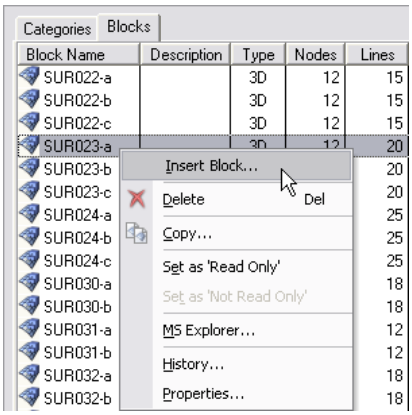


Figura 13.33: Menú contextual del bloque

También se puede hacer doble clic en el bloque que se quiere insertar. Aparece el siguiente cuadro de diálogo:

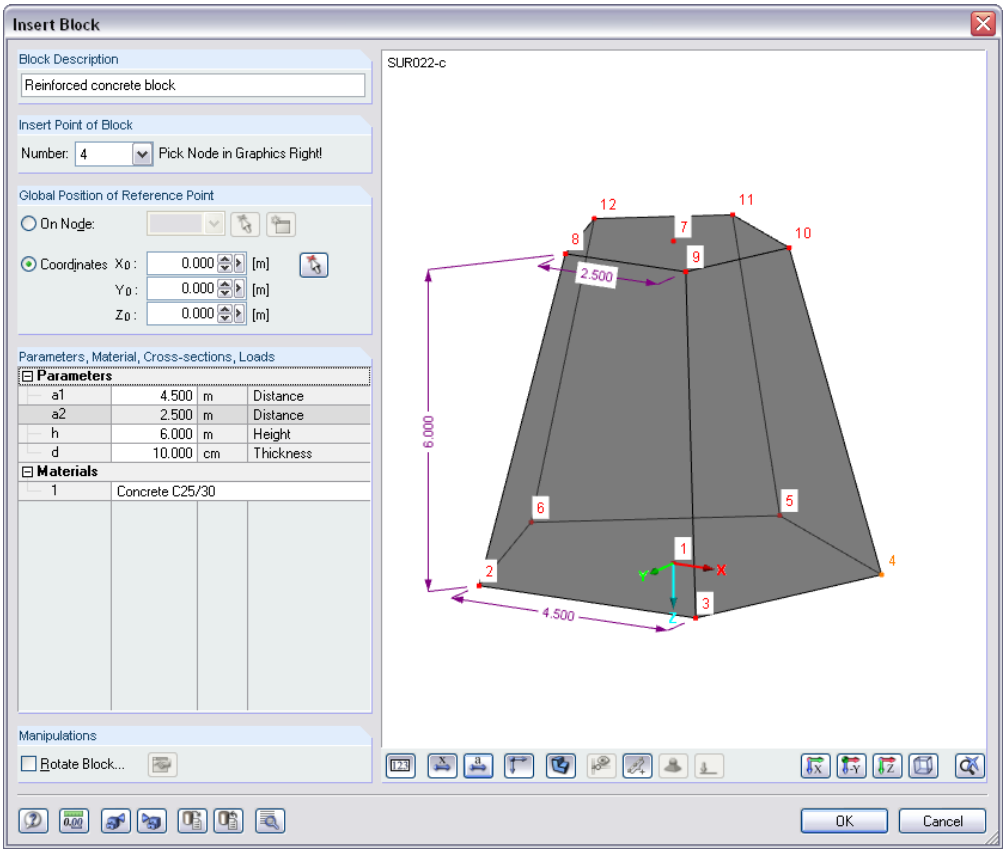


Figura 13.34: Cuadro de diálogo *Importar bloque*

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

En este cuadro de diálogo se puede definir el *Punto de referencia* del bloque (el "punto de agarre" del bloque) así como su posición en el modelo de RFEM 4.



Los *Parámetros* geométricos pueden ser modificados así como el *Material* y la *Sección*. Un simple clic en uno de los campos de entrada permite a los botones que puedan utilizados para seleccionar elementos de una lista o abrir una bibilioteca.



Para los bloques definidos por el usuario, se pueden importar también las *Cargas* que hayan sido guardadas. Utilice el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para seleccionar directamente los casos de carga relevantes, grupos de carga y combinaciones.

13.4.3 Borrar bloque



Para eliminar un bloque del Administrador de bloques,

- seleccione **Eliminar** en el menú **Bloque** (el bloque ha de ser seleccionado previamente),
- haga clic en el botón [Eliminar] en la barra de herramientas mostrado a la izquierda o
- utilice el menú contextual del bloque (figura 13.33).

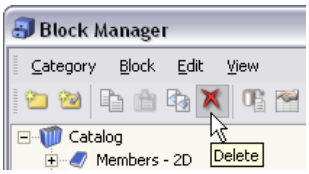


Figura 13.35: Botón *Eliminar*

Confirme la siguiente verificación de seguridad. A continuación el bloque es movido a la papelera de reciclaje Dlubal.

13.5 Interfaces

Es posible intercambiar los datos de RFEM 4 con programas externos. Esto permite el utilizar plantillas CAD que han sido creadas con otras aplicaciones. Además, los resultados de RFEM 4 pueden estar disponibles para otros programas adicionales de construcción o diseño.



Existen también interfaces para otros programas Dlubal. Los datos de entrada de versiones previas a **RFEM 4** pueden ser importados sin problemas. Además se pueden abrir archivos del entorno de trabajo **RSTAB** directamente en **RFEM 4** en el que se pueden agregar una superficie o elementos sólidos a estas estructuras de barras. De la misma forma los archivos de RFEM 4 pueden ser abiertos RSTAB 7.

Si los programas externos pueden generar archivos con las extensiones *.**stp**, *.**dxf**, *.**fem**, *.**asf**, *.**dat**, *.**cfe** o *.**ifc**, pueden ser usados como plantillas para RFEM 4 y viceversa RFEM 4 puede también generar archivos *.**stp**, *.**dxf**, *.**fem**, *.**dat**, *.**esf** o *.**ifc** para ser utilizados en otros programas.

Para detalles de cómo exportar el informe en formato de archivo **RTF** y a **BauText**, ver capítulo 11.1.1 en la página 338.

Además, RFEM 4 puede ser ejecutado externamente por medio de una interfaz programable basada en tecnología COM (por ejemplo Visual Basic). El módulo adicional **RF-COM** (no contenido en RFEM 4) permite macros de entrada definidos por el usuario y programas de seguimiento.



Para empezar a importar un archivo,

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.

Se abre el siguiente cuadro de diálogo:

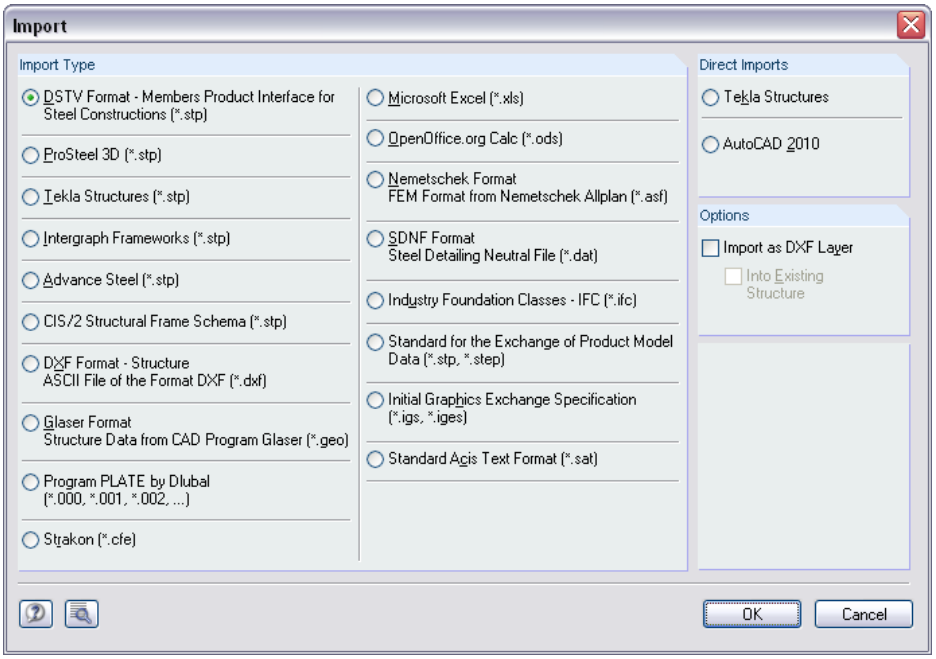


Figura 13.36: Cuadro de diálogo *Importar*



Para empezar a exportar un archivo desde RFEM 4,

seleccione **Exportar** en el menú **Archivo**.

Se abre el siguiente cuadro de diálogo:

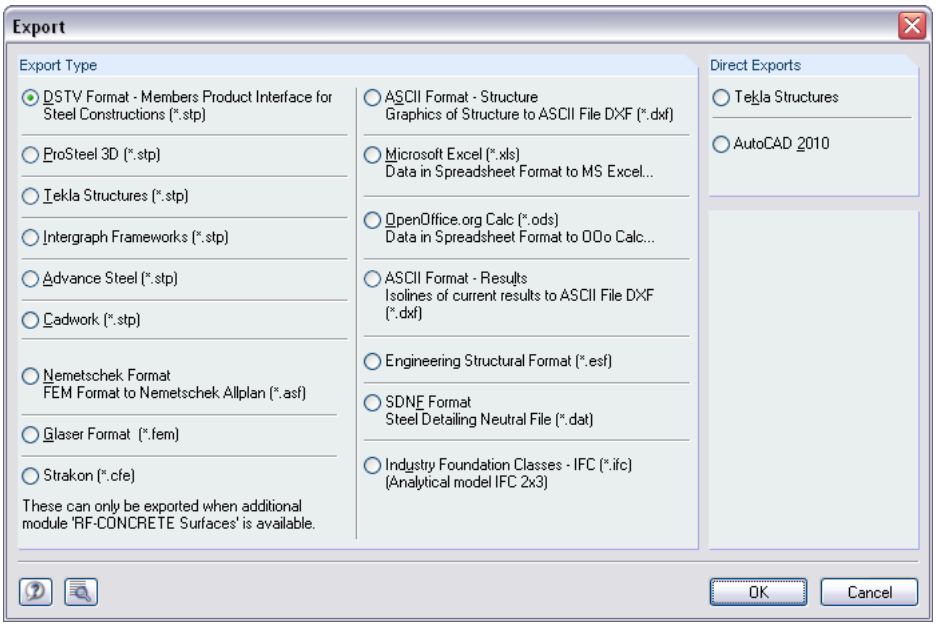


Figura 13.37: Cuadro de diálogo *Exportar*

13.5.1 Dlubal RFEM 1.xx/2.xx

Es posible instalar varias versiones del programa RFEM simultáneamente (capítulo 2.2.4, página 12). Los proyectos de RFEM 3 serán mostrados automáticamente en el Administrador de archivos, los proyectos de RFEM 1 y RFEM 2 no se integran en el Administrador de archivos de RFEM 4. Sin embargo, es relativamente sencillo utilizar las estructuras antiguas en RFEM 4 (ver a continuación).

RFEM 1 y RFEM 2 guardan los archivos de la estructura en el formato *.**rfe**, RFEM 4 los guarda en el formato *.**rf4**. Las estructuras son compatibles hacia atrás por lo que cada archivo *.rfe puede ser abierto por RFEM 4. Por otro lado una compatibilidad hacia adelante no es posible. Lo que significa que RFEM 1 o RFEM 2 no pueden cargar archivos *.rf4 debido a las funciones expandidas de RFEM 4.

Para abrir un archivo directamente en RFEM 4 que ha sido creado en RFEM 1 o RFEM 2

seleccione **Abrir** en el menú **Archivo**.

Un cuadro de diálogo *Abrir* de Windows aparece para poder seleccionar la carpeta y el archivo.

Alternativamente se puede utilizar el Administrador de proyectos. Primero de todo, conecte los proyectos antiguos como directorios para administrar desde el Administrador de proyectos. Para más información, ver capítulo 13.1.2 , página 475 .

No es posible conectar todos los proyectos de RFEM 2 en un único paso. Si se quiere integrar más de un proyecto antiguo en el Administrador de proyectos de RFEM, se recomienda el siguiente procedimiento:

Abrir la estructura desde el correspondiente proyecto. Seleccionar **Abrir** en el menú **Archivo**. Se muestra la siguiente pregunta:

How can **RFEM 2** projects be represented in the Project Manager?

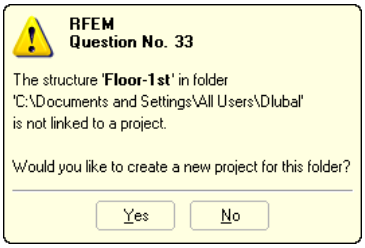


Figura 13.38: Pregunta *¿Crear un nuevo proyecto para esta carpeta?*

Haga clic en [Si] para abrir el cuadro de diálogo para la integración del directorio.

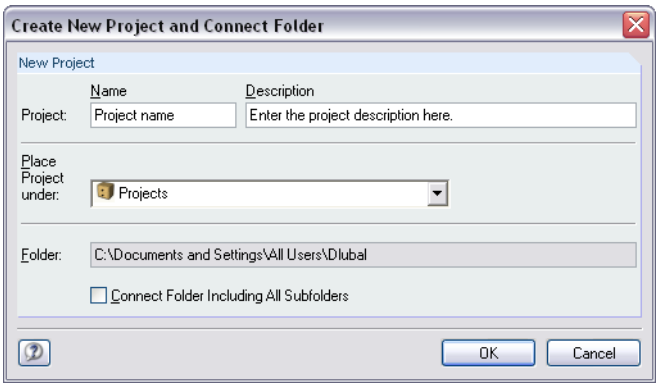


Figura 13.39: Cuadro de diálogo *Crear nuevo proyecto y conectar carpeta*

La *Carpeta* que se quiere conectar al Administrador de proyectos ya está preestablecida. Introduzca el *Nombre* y la *Descripción* para la visualización en el Administrador de proyectos y defina el directorio donde se quiere *Situar el proyecto debajo de*.

Haga clic en [Aceptar], y a continuación el Administrador de proyectos mostrará todas las estructuras de RFEM 2 contenidas en esta carpeta. Son marcadas en la columna de *Nombre de estructura* con un icono de RFEM 2 mostrado a la izquierda.

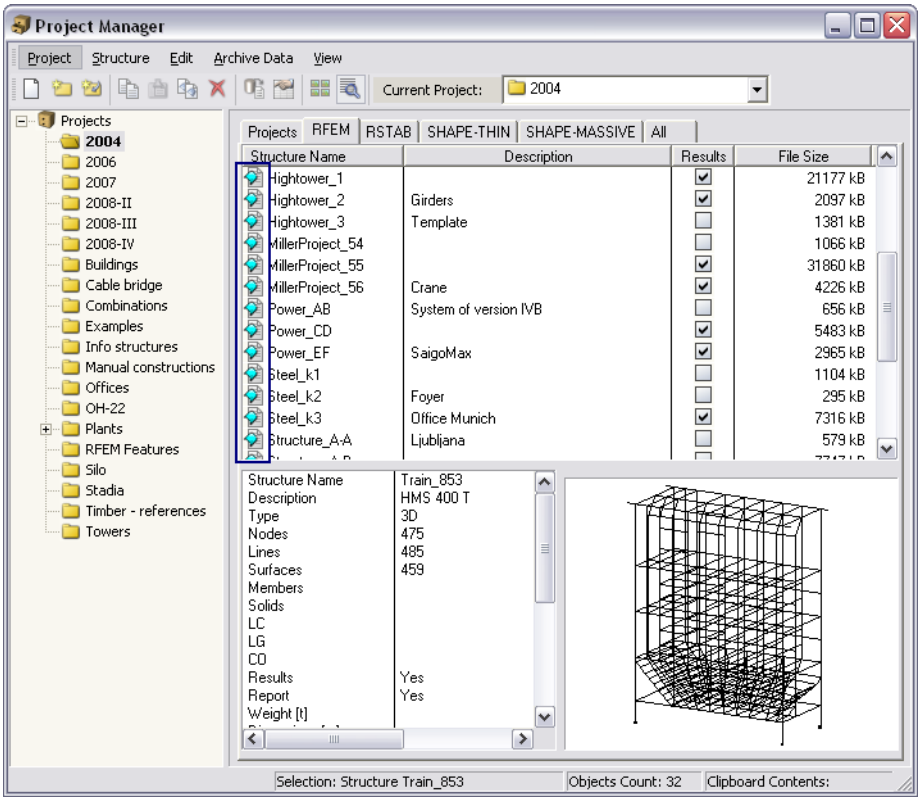


Figura 13.40: Administrador de proyectos con estructuras de RFEM 2

El siguiente proyecto de RFEM 2 será conectado de la misma forma: seleccionar **Abrir** en el menú **Archivo** para abrir una estructura del viejo proyecto. A continuación cree un proyecto para el administrador de proyectos de RFEM 4.

Cuando un archivo que ha sido creado en RFEM 2 se guarde en RFEM 4, será guardado automáticamente en el formato *.rf4. El viejo archivo no será sobrescrito por lo que todavía podrá abrirse en RFEM 2. Si se utiliza el mismo nombre de archivo, existirán dos archivos con el mismo nombre en el Administrador de proyectos. Pueden ser reconocidos por el diferente icono en la columna *Nombre de estructura*.

13.5.2 Programas externos

13.5.2.1 DSTV *.stp

Al utilizar la interfaz de producto DSTV (Asociación alemana de construcción en acero), los archivos del marco de trabajo no son reducidos a un modelo lineal al importar, sino que contienen todos los datos estructurales y de cargas necesarios para un procesado eficiente. DLUBAL, al igual que otros desarrolladores de software, trabajan en el desarrollo de esta interfaz. Utilice esta interfaz para intercambiar datos entre *Tekla Structures*, *ProSteel 3D*, *Intergraph FrameWorks*, *AdvanceSteel*, o *cadwork*. Se puede seleccionar este software para importar y exportar cuadros de diálogo.

La interfaz cubre datos estructurales y de CAD en general. RFEM 4 soporta sólo en formato estructural con “entidades” específicas (ver archivo PDF gratuito disponible para descargar en inglés y alemán en **http://www.deutscherstahlbau.de/asp/biblioaussdet.asp?auss=7**).

La interfaz puede importar información sobre los nudos, barras y secciones incluyendo excentricidades de barra y giros de secciones. Además, se pueden importar los apoyos en nudos, casos de carga, grupos de carga y combinaciones de carga con cargas en barras y en nudos así como también las imperfecciones son importadas. Los resultados de los cálculos pueden ser guardados en el archivo de intercambio del mismo modo.

Para importar archivos en el formato DSTV *.stp,

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.

Para exportar el archivo actual de RFEM 4,

seleccione **Exportar** en el menú **Archivo**.

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 13.36 o figura 13.37 en la página 494. Seleccione *Formato DSTV* y haga clic en [Aceptar] para abrir el cuadro de diálogo general *Abrir* o *Guardar* en donde se puede especificar la carpeta y el nombre del archivo *.stp.

En el cuadro de diálogo *Importar* así como en el *Exportar* se puede utilizar el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para definir la configuración adicional para el intercambio de datos.

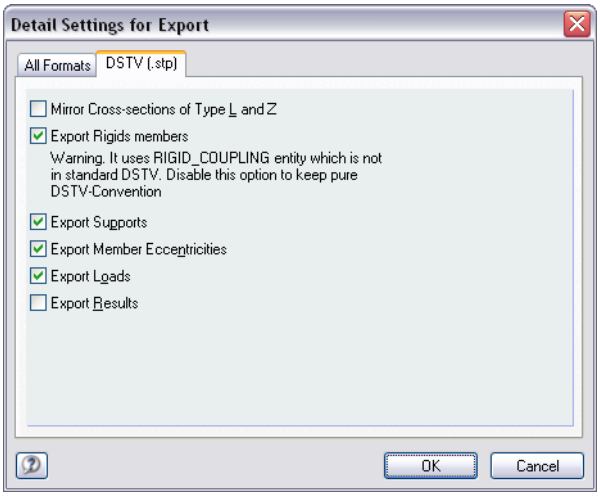


Figura 13.41: Cuadro de diálogo *Configuración de detalles para exportar*

13.5.2.2 Formato ASCII *.dxf

El formato DXF transfiere sólo información general sobre las líneas que son utilizadas en el modelo. RFEM 4 puede importar ambos modelos de líneas, por ejemplo los creados en *AutoCAD*, y generar archivos DXF desde la estructura activa. Para cada sección se utiliza una capa. Los apoyos en nudos, cargas etc. No serán transferidos.

Para importar archivos en el formato ASCII *.dxf,

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.

Para exportar la estructura de RFEM 4 como un modelo de líneas,

seleccione **Exportar** en el menú **Archivo**.

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 13.36 o figura 13.37 en la página 494. Seleccione *Formato ASCII* y haga clic en [Aceptar] para abrir el cuadro de diálogo *Abrir o Guardar* en el que se puede especificar la carpeta y el nombre del archivo *.dxf.

En el cuadro de diálogo *Importar* así como en el *Exportar* se puede utilizar el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para definir configuraciones adicionales para el intercambio de datos. Se recomienda revisar los parámetros (ver figura 13.42) especialmente antes de que sea llevado a cabo la importación.

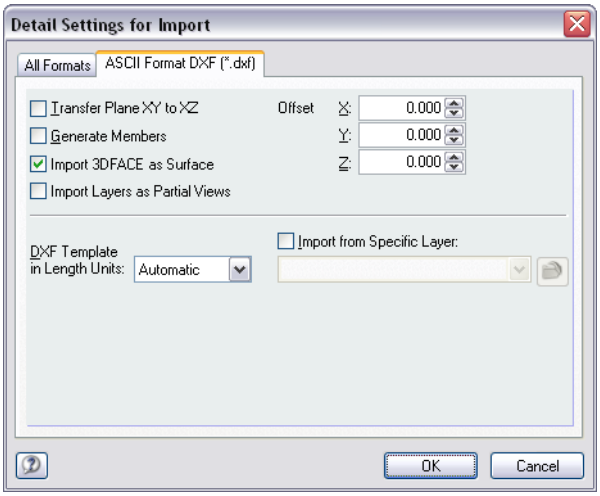


Figura 13.42: Cuadro de diálogo *Configuración detallada para importar*

Se recomienda comprobar las *Unidades de longitud* de la plantilla DXF. Opcionalmente, se puede especificar una *Desviación* por la cual la estructura es desplazada cuando se importa en RFEM. Automáticamente se crean estructuras 3D desde la plantilla 3D sí como superficies en RFEM, seleccione *Importar 3DFACE* como superficie.



Si se quiere importar una superficie de una *Capa determinada* utilice el botón [Seleccionar archivo DXF] mostrado a la izquierda para definir el archivo DXF. Luego las diferentes capas están disponibles para seleccionarlas en la lista.



En la mayor parte de los programas de CAD, el eje Z se muestra hacia arriba. En RFEM sin embargo apunta normalmente hacia abajo. Si se selecciona *Abajo* en la lista del eje Z en el registro *Todos los formatos* del cuadro de diálogo *Configuración detallada para importar*, las cargas de peso pueden ser introducidas con signos positivos en RFEM.

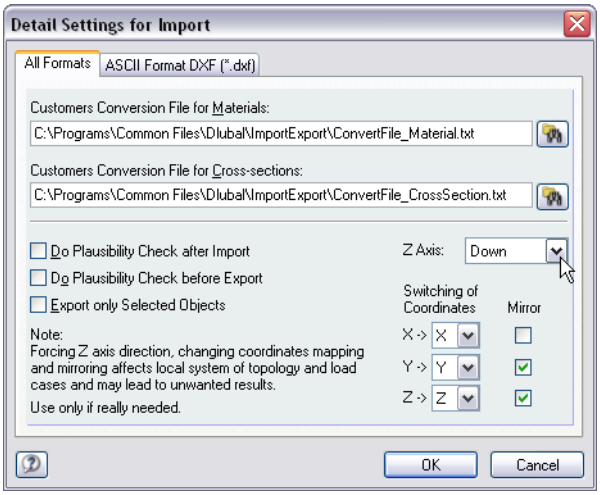


Figura 13.43: Cuadro de diálogo *Configuración de detalle para importar*, registro *Todos los formatos*

Los valores se exportan también. Sin embargo es posible exportar sólo un valor o un grupo de valores. Si más de uno es especificado siempre el primer valor será exportado y un mensaje será mostrado.

También para exportar en DXF se recomienda revisar la orientación de *Eje Z* .

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

13.5.2.3 Formato Glaser *.fem

RFEM 4 aporta una interfaz para el programa *Glaser* de ISB CAD. Esta interfaz administra el intercambio de datos de armaduras y geométricos.



Para importar archivos en el formato Glaser *.fem,

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.



Para exportar los diseños de superficie,

seleccione **Exportar** en el menú **Archivo.**

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 13.36 o figura 13.37 en la página 494. Seleccione *Formato Glaser* y haga clic en [Aceptar] para abrir el cuadro de diálogo generar *Abrir* o *Guardar* en el que se puede especificar la carpeta y el nombre del archivo *.fem.

Para exportar los resultados de la armadura del módulo añadido RF-CONCRETE Surfaces, tenga en cuenta que las superficies han de estar definidas como planas y horizontales, lo que significa que han de ser generadas en el plano XY.

En el cuadro de diálogo *Exportar* utilice el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo en el que se pueden seleccionar los correspondientes resultados de armadura para exportar.

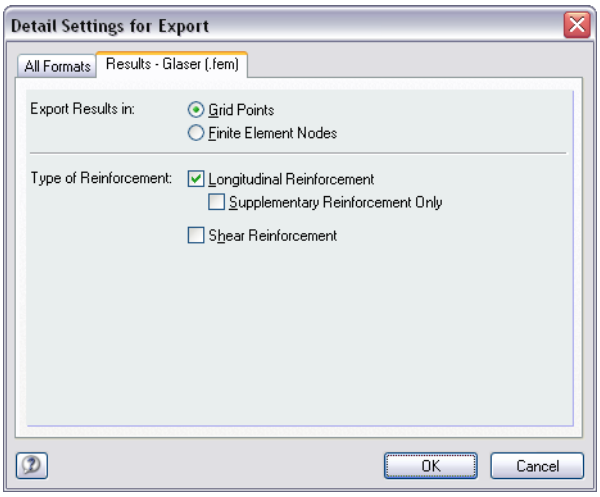


Figura 13.44: Cuadro de diálogo *Configuración detallada para exportar*

Los resultados de diseño para el programa GLASER pueden ser realizados gráficamente en puntos de la rejilla o nudos de EF. Al estar guardados como valores, es posible utilizarlos para los dibujos de la armadura.

13.5.2.4 Formato Nemetschek *.asf

EL intercambio de datos es también posible con el programa ALLPLAN de NEMETSCHEK.



Para importar los datos del modelo se recomienda el formato general DXF. Para abrir el cuadro de diálogo para importar (figura 13.36, página 494),

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.



Para exportar los resultados de diseño de superficies,

seleccione **Exportar** en el menú **Archivo**.

Para exportar los resultados de la armadura del módulo adicional RF-CONCRETE Surfaces tenga en cuenta que las superficies pueden haber sido definidas en cualquier posición, aunque han de ser superficies planas. Durante la exportación del archivo se crea un archivo ASF por superficie. Por ejemplo, cuando el modelo en RFEM 4 tiene 12 superficies se crean 12 archivos que pueden ser unidos más tarde en el modelo 3D de *Allplan*.



En el cuadro de diálogo *Exportar* (ver figura 13.37, página 494), utilice el botón [Detalles] mostrado a la izquierda para abrir otro cuadro de diálogo donde se pueden seleccionar las correspondientes superficies para las cuales van a ser exportados los refuerzos.

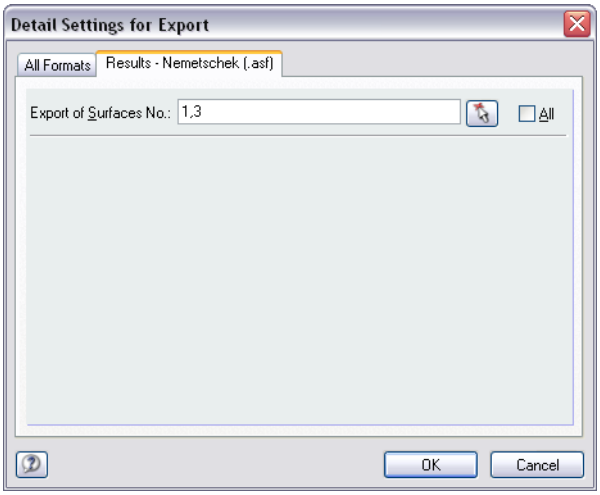


Figura 13.45: Cuadro de diálogo *Configuración detallada para exportar*

13.5.2.5 Formato MS Excel *.xls

RFEM 4 puede importar y generar tablas como archivos *.xls files. El intercambio de datos con MS Excel ya ha sido descrito en el capítulo 12.3.6 en la página 426. Sin embargo, la opción de intercambio descrita está sólo disponible para la tabla activa en RFEM 4. La siguiente función permite el intercambio de todos los datos de la estructura actual en un sólo paso por lo que se podrán utilizar los generadores externos definidos por el usuario para daos estructurales y de carga.

Importar



Cuando se quiere importar un archivo XLS, MS Excel ha de estar abierto en el fondo. Para empezar a importar,

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.

El cuadro de diálogo mostrado en la figura 13.36 en la página 494 se abre, en donde se puede seleccionar *Microsoft Excel*. Haga clic en [Aceptar] para abrir el siguiente cuadro de diálogo.

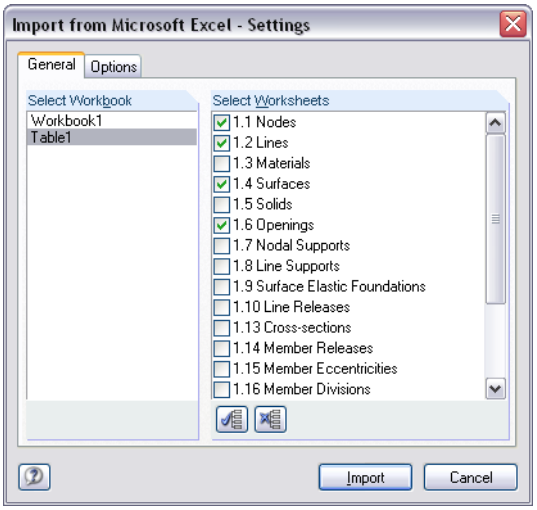


Figura 13.46: Cuadro de diálogo *Importar desde MS Excel - Configuración*

En este cuadro de diálogo se selecciona el *Libro de trabajo* y las *Hojas de cálculo* que se quieren importar. La descripción, orden y plantilla de las hojas de cálculo se ha de corresponder con la estruc-

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

tura de las tablas en RFEM 4 para que todos los datos sean importados correctamente. Un archivo de test de Excel puede ser generado fácilmente desde el archivo actual de RFEM 4 para reconocer posibles errores.

En el registro *Opciones*, se especifica si las hojas de cálculo serán importadas con o sin encabezados o como serán representadas las fórmulas en las hojas de cálculo.

Exportar



No es importante si Excel esté abierto en el fondo al iniciarse automáticamente antes de que la exportación sea llevada a cabo. Para exportar una estructura desde RFEM 4 a una hoja de cálculo XLS,

seleccione **Exportar** en el menú **Archivo.**

Aparece el cuadro de diálogo en la figura 13.37 en la página 494. Seleccione *Microsoft Excel* y haga clic en [Aceptar] para abrir el siguiente cuadro de diálogo.

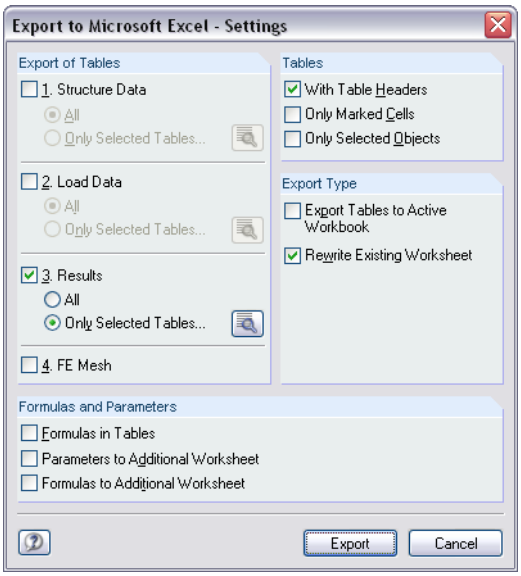


Figura 13.47: Cuadro de diálogo *Exportar a Microsoft Excel - Configuración*



En la sección del diálogo *Exportar tablas*, seleccione las tablas que se quieren exportar. Si se selecciona *Sólo tablas seleccionadas*, el correspondiente botón [Detalles] será activado. Utilice este botón para especificar los datos a exportar.

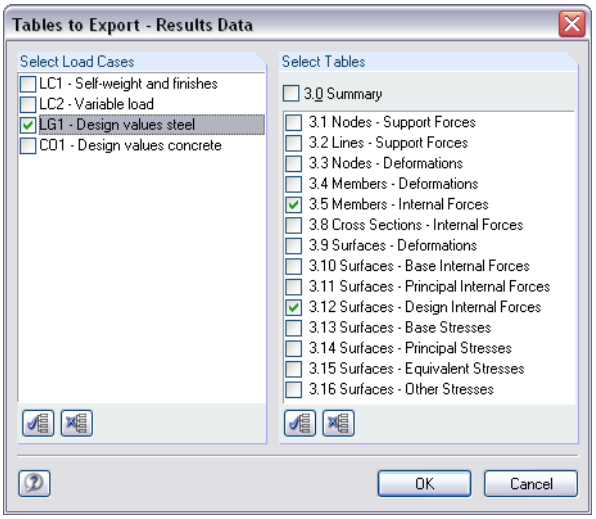


Figura 13.48: Cuadro de diálogo *Tablas para exportar – Datos de la estructura*

En la sección del diálogo *Formulas y parámetros* en el cuadro de diálogo inicial (figura 13.47), se puede decidir si las fórmulas guardadas son transferidas entre RFEM y Excel durante el intercambio.

13.5.2.6 Formato OpenOffice *.ods

Esta interfaz sólo está disponible si se tiene instalado *OpenOffice.org Calc*.

Las opciones para importar y exportar son similares a las del intercambio de datos entre RFEM y Excel que han sido descritas en detalle en el capítulo previo.

13.5.2.7 Formato SDNF *.dat

El formato SDNF (*Steel Detailing Neutral File*) se utiliza para el intercambio de datos geométricos como nudos, secciones y barras con el INTERGRAPH.



Para importar archivos de modelos en formato SDNF *.dat,

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.



Para exportar una estructura desde RFEM como un modelo SDNF,

seleccione **Exportar** en el menú **Archivo**.

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 13.36 o figura 13.37 en la página 494. Seleccione *Formato SDNF* y haga clic en [Aceptar] para abrir el cuadro de diálogo general *Abrir* o *Guardar* en el que se puede especificar la carpeta y el nombre del archivo *.dat.

13.5.2.8 Strakon Format *.cfe

El formato Strakon se utiliza para el intercambio de datos geométricos como superficies con un sistema de programa de CAD STRAKON producido por el desarrollador de DICAD.



Para importar archivos de modelo en formato Strakon *.cfe,

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.



Para exportar la armadura de la superficie que ha sido analizada en el módulo adicional RF-CONCRETE,

seleccione **Exportar** en el menú **Archivo**.

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 13.36 o figura 13.37 en la página 494. Seleccione *Strakon* y haga clic en [Aceptar] para abrir el cuadro de diálogo general Abrir o Guardar donde se especifica el nombre y la carpeta del archivo *.cfe.

13.5.2.9 Formato IFC *.ifc



IAI logo

El *Industry Foundation Classes* (IFC) es un estándar global para el intercambio de datos basado en la aproximación de datos basado en el modelo utilizado en la industria de la construcción. Ha sido desarrollado por la IAI (*International Alliance for Interoperability*). Los IFCs son estructurados en dominios (arquitectura, diseño, ingeniería estructural, ingeniería eléctrica etc.). Los programas DLUBAL soportan el dominio para ingeniería estructural que permite transferir datos estructurales como nudos, superficies, barras, apoyos, casos de carga y cargas. Los IFCs están todavía en proceso de desarrollo.

Para más información ir a la página web de buildingSMART (www.buildingsmart.com).



Para importar archivos de modelos en el formato *.ifc,

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.



Para exportar la sestructura desde RFEM como un modelo IFC,

seleccione **Exportar** en el menú **Archivo**.

Un modelo analítico será creado en la versión IFC 2x edición 3.

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 13.36 o figura 13.37 en la página 494. Seleccione *Industry Foundation Classes* y haga clic en [Aceptar] para abrir el cuadro de diálogo general Abrir o Guardar donde se especifica el nombre y la carpeta del archivo *.ifc.

13.5.2.10 Formato ESF *.esf

Esta interfaz ha sido desarrollada para el programa *CADKON* de AB STUDIO. Permite exportar superficies planas con espesor constante incluyendo aberturas e información del material.



Para exportar los archivos del modelo en formato *.esf,

Seleccione **Exportar** en el menú **Archivo**.

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 13.37 en la página 494. Seleccione *Engineering Structural Format* y haga clic en [Aceptar] para abrir el cuadro de diálogo general *Guardar* donde se especifica el nombre y la carpeta del archivo *.esf.

El importar archivos *.esf no es posible. Se ha de utilizar el formato DXF.

13.5.2.11 RX-LINK Import *.step, *.iges, *.sat

Por medio del módulo adicional RX-LINK (no contenido en RFEM 4) es posible importar datos en el formato STEP, IGES o ACIS. Estos formatos de archivo son fundamentalmente utilizados en ingeniería mecánica y permiten la transferencia de la geometría del modelo en forma de líneas de contorno y superficies.



Para importar archivos de modelo en uno de los formatos mencionados arriba,

seleccione **Importar** en el menú **Archivo**.

Aparece el cuadro de diálogo mostrado en la figura 13.36 en la página 494. Seleccione una de las siguientes opciones:

- *Standard for the Exchange of Product Model Data*
- *Initial Graphics Exchange Specification*
- *Standard Acis Text Format*

Estas tres opciones sólo están disponibles cuando el módulo RX-LINK ha sido instalado. La instalación requiere un proceso de instalación por separado.

Las opciones para exportar archivos desde RFEM 4 en los formatos 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.: Analysis of 2D and 3D Structures according to the FEA Method (Czech), SMTL Prague, 1972

[3] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach den Methode der finiten Elemente, Springer-Verlag 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, p. 281 ff, Ernst und Sohn, Berlin, 1989

[6] CZERNY, F.: Tafeln für Rechteckplatten. In: Betonkalender 1990/I, p. 309 ff, Ernst und 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.: Osnovy novogo metoda rasčjota fundamentov na uprugom osnovanii pri pomosči dvuch koefficientov posteli, Gos. Isd. Stroj. i Arch., Moscow, 1954

[9] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, p. 146 ff., Haus der Technik, Ostrau, 1983 (Czech)

[10] TIMOSHENKO, S.P. and WOINOWSKI-KRIEGER, S.: Theory of Plates and Shells, 2nd edition, McGraw-Hill, New York, 1959

[11] GRASSER, E. und THIELEN, G.: Heft 240 DAfSt, Ernst und Sohn, Berlin-München-Düsseldorf, 1978, 2nd edition

[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. Study by the Czecho-slovac Academy of Sciences Nr. 16, Academia Praha 1991, 160 páginas (English)

[14] PETERSEN, Chr.: Stahlbau, Vieweg und Sohn, Braunschweig/Wiesbaden 1988

[15] Manual Platte, Dlubal GmbH

[16] Manual PLDIM1, Dlubal GmbH

[17] KOLÁR, NEMEC, KANICKÝ: FEM – Principy a praxe metody konečných prvků, Prague 1997

[18] KOLÁR, V. et al.: Kurs für Statiker von Gründungsbauwerken und Erdkörpern, Haus der Technik, Ostrau, 1983 (Czech)

[19] KOLÁR, V. et al.: Bemessung von zwei- und dreidimensionalen Strukturen mit FEM, Springer-Verlag, New York/Wien, 1975, pp. 425, Chapters 1 and 6

[20] 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.

[21] BERGAN, P. G.: Finite Elements Based on Energy Orthogonal Functions. Int. Journal for numerical Methods in Engineering, 17 (1981), pp. 154-155

[22] 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)

[23] 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

[24] 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)

[25] 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.

[26] Baumann, Th.: Zur Frage der Netzbewehrung von Flächentragwerken. In: Der Bauingenieur 47 (1972), pp. 36, Springer-Verlag, Berlin 1972

[27] Schlaich, J., Schäfer, K.: Konstruieren im Stahlbetonbau. In: Betonkalender 1993, Teil II, pp. 327 ff, Ernst und 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 Verlag, 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 Verlag, Berlin/Wien/Zürich 1992

[32] DIN 18800 (11.90) Teil 2, Stahlbauten, Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken, Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich 1992

[33] Eurocode 2 Teil 1-1 (06.92), Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich 1992

[34] Eurocode 3 Teil 1-1 (04.93), Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich 1993

[35] Klingmüller, O. Lawo, M., Thierauf, G. (1983), Stabtragwerke, Matrizenmethoden der Statik und Dynamik, Teil 2: Dynamik, Fr. Vieweg und 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-Verlag, Berlin

[37] Kolousek, V. (1962), Dynamik der Baukonstruktionen, VEB-Verlag f. Bauwesen, Berlin

[38] Krämer, E. (1984), Maschinendynamik, Springer Verlag, Berlin

[39] Lehmann, T. (1979), Elemente der Mechanik IV: Schwingungen, Variationsprinzipe, Fr. Vieweg und Sohn, Braunschweig

[40] Lipinski, J. (1972), Fundamente und Tragkonstruktionen für Maschinen, Bauverlag, Wiesbaden

[41] Lorenz, H. (1960), Grundbau-Dynamik, Springer-Verlag, Berlin

[42] Müller, F. P. (1978), Baudynamik, Betonkalender 1978, Ernst und Sohn, Berlin

[43] Natke, H. G. (1989), Baudynamik, B. G. Teubner, Stuttgart

[44] Nowacki, W. (1974), Baudynamik, Springer-Verlag, Berlin

[45] Flesch, R. (1993), Baudynamik, praxisgerecht, Bauverlag GmbH, Wiesbaden/Berlin

[46] Meskouris, K. (1999), Baudynamik, Modelle Methoden Praxisbeispiele, Ernst und Sohn, Berlin

[47] Bares, R. A. (1989), Tabellen für die Berechnung von Platten und Wänden STNL, Prague

[48] Ševčík, I., 3D Finite Elements with Rotational Degrees of Freedom, FEM Consulting s.r.o., Brno

[49] Microsoft Corporation Editorial Style Board (2004), Microsoft Manual of Style for Technical Publications Third Edition, Redmond, Washington

B Índice

A

Abrir estructura 479
Acoplamiento..... 161, 162
Acoplamiento empotrado 161
Acotación en cadena..... 403
Acotar..... 402
Acotar líneas 402
Administrador de bloques 489
Administrador de proyectos 473, 494
Agregar 419
Agregar caso de carga..... 191
Alargar barra 399
Alargar línea..... 399
Análisis de grandes deformaciones 258
Análisis de segundo orden..... 191, 257
Anchura eficaz..... 170
Angular..... 402
Ángulo 470
Ángulo de inclinación 252
Aplicación de la carga 451
Apoyos en nudos..... 135
Apoyos lineales 135
Aproximación del módulo de rigidez..... 134
Archivar 482
Archivo ASCII 354, 361, 497
Archivo ASF..... 499
Archivo DXF 497
Archivo FEM..... 499
Archivo PDF 362
Archivo RTF..... 354, 361, 493
Arco 446
Arco circular..... 446
Área de la superficie..... 472
Área de trabajo inicial..... 487
Área real 223, 231, 233, 235
Arriostramiento 447
Articulación plástica..... 176
Asiento de un soporte..... 236

B

Barras 159, 402
Barras defectuosas.....261
BauText 361, 493
Bloque.....431, 491, 492
Bloquear gráfico.....352
Bloquear líneas auxiliares 408
Borrar proyecto 476
Bóveda de cañón.....448
Búsqueda 471

C

Cabeza abovedada 448
Cable.....161, 162
Calculadora.....434
Calidad de impresión 369
Cambiar nombre a la estructura.....480
Cambiar numeración 412, 413
Cambiar numeración de casos de carga.....414
Campo de comentarios.....468
Capa 409, 498
Capas DXF 409, 411
Carga de hielo.....463
Carga de nieve en cubierta plana/a un agua ...460
Carga de nieve en una cubierta a dos aguas....461
Carga de revestimiento.....463
Carga de viento en cubierta a dos aguas.....457
Carga de viento en muros 459
Carga de viento sobre cubierta plana 455
Carga en nudo a carga superficial 206
Carga puntual 211, 216
Carga trapezoidal 211, 217
Carga uniformemente distribuida 211, 217
Cargas adicionales de nieve.....460
Cargas de nieve adicionales.....462
Cargas de viento en muros 454
Cargas en barras.....208
Cargas en nudos.....205, 376
Cargas equivalentes laterales.....239
Cargas lineales 215
Cargas lineales libres.....462
Cargas superficiales 220, 450
Cartela.....163
CARTES.....388

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

Casos de carga 376
Categoría 491
Catenaria 446
Celda 3D 444
Celdas 449
Celosía 161
Celosía (sólo N) 161
Celosía (sólo N) 161
Centro 391
Centro de gravedad 472
Círculo 446
Clasificación de suelos 137
Coeficiente parcial de seguridad γ_M 189, 256
Coeficientes de corrección de carga 452
Coeficientes de corrección de carga 456
Coeficientes de corrección de carga 457
Coeficientes de corrección de carga 458
Coeficientes de corrección de carga 459
Coeficientes de corrección de carga 461
Coeficientes de corrección de carga 462
Combinaciones de carga 197
Comentarios 404, 468, 487
Compatibilidad 495
Compresión 161, 162
Conectar barras 397
Conectar carpeta 475
Conectar la carpeta del proyecto 495
Conectar líneas 397
Configuración 465
Configuración de idioma 362
Configuración de la tabla 423, 424
Conjuntos de barras 209
Contraflecha 210, 221, 242
Copiar 374
Copiar caso de carga 190
Copiar estructura 480
Crear combinación de carga 197
Crear estructura 485
Crear grupo de carga 193
Crear proyecto 474
Cuadro de título 368
Cubierta a dos aguas 441
Cubierta a un agua 441
Cubierta con falso tirante 440
Cubierta en forma de cúpula 449

D

Datos generales 485
Decimales 466
Deformación axial 210, 221, 225
Desconectar carpeta 476
Descripción de la estructura 349
Descripción del proyecto 349, 475, 478
Desgarro 176
Deslizamiento 174, 175
Desplazamiento axial 210
Desplazamientos impuestos lineales 238
Diagonales de rectángulos de EF 252
Diagramas de resultados 320
Dicad 502
Diferencial de temperatura 210, 221
Dirección de carga 212, 217
Dirección de la empresa 350
Disposición 358
Distancia 393, 405, 470
Distribución de carga 216
Distribución de corrección de cargas 464
Dividir 419
Dividir barras 395
Dividir líneas 395
Divisiones de barras 166

E

Editar caso de carga 189
Editar combinación de carga 201
Editar grupo de carga 196
Editor de fórmulas 427, 431, 434
Efectos favorables de tracción 188
Eje de giro 378, 384
Eje Z 486
Ejes de la barra 163, 213, 376
Ejes de la línea 217
Ejes de la superficie 223, 231, 233, 235
Elementos cuadrangulares 253
Elementos finitos 251
Elementos triangulares 253
Eliminar estructura 481
Empalmar esquinas 400

Emparrillado ... 438
Encabezado de impresión ... 349
Encabezado de informe ... 350
Encabezado de la empresa ... 349
Enrejado ... 438
Entrada de datos parametrizada ... 429
Entrada de diálogo ... 203
Entrada de gráfico ... 203
Entrada de tablas ... 414, 418
Entramado 3D ... 443
Envoltura ... 402
Equilibrio de momentos ... 464
Errores de cálculo ... 311
Escala de grises ... 369
Escalas de colores ... 423
Escalera ... 444
Escalera de caracol ... 445
Esfera ... 447
Esfuerzo ... 205, 210, 216, 221
Esfuerzos en el apoyo como carga ... 225
Esquema de combinaciones ... 201
Estadísticas ... 246
Estándar ... 199
Estirar ... 381
Estructura ... 442
Estructura deformada ... 313
Estructura inicialmente predeformada ... 195
Excel ... 426, 428, 431, 432, 487, 500, 501
Exportar ... 428, 494
Extraer desde archivo ... 483
Extruir ... 401

F

Factor de escala ... 382
Ficticia ... 161, 162
Filtro ... 330
Formato DSTV ... 497
Formato ESF ... 503
Formato IFC ... 502
Formato SDNF ... 502
Formato STEP ... 503
Fórmula ... 430, 433, 435
Funciones de selección ... 418

G

Generador de carga ... 450
Generador de estructuras ... 436
Generar superficies desde barras ... 384
Girar ... 376, 378, 383
Giro de la barra ... 163, 165
Glaser ... 499
Grupos de carga ... 191

H

Hipérbola ... 446
Historial ... 481, 487

I

Imperfecciones ... 239
Imperfecciones de RF-IMP ... 195
Importar ... 427, 493
Impresión ... 360
Impresión en color ... 369
Impresión gráfica ... 365
Imprimir gráfico ... 351
Inclinación ... 242
Ineficacia del apoyo ... 138, 172
Insertar archivo de texto ... 354
Insertar gráfico ... 353
Insertar texto ... 353
Interfaces ... 493
Interfaz COM ... 493
Intergraph ... 502
Intersección de barras ... 397
Intersecciones ... 179, 391, 398

L

Línea ... 445
Línea continua ... 446
Líneas auxiliares ... 391, 405, 407
Líneas paralelas ... 392
Lista de barras ... 209
Lista de líneas ... 216
Lista de parámetros ... 429, 431, 434
Logotipo ... 350
Logotipo de la empresa ... 350
Longitud de la barra ... 167
Longitud de referencia ... 213, 217
Longitud real de la barra ... 213

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software

M

Menú contextual 416, 418, 465
Modelo 357
Modelo de cimentación del terreno 134
Modelo de encabezado 351
Modelo de informe 355, 357
Modificar pendiente 383
Módulo de rigidez E_S 171
Módulos de textos 468
Momento 206, 210, 216
Momento total al origen 452
Mover 374
Muelles a cortantes en apoyos 172

N

Nave 443
Navegador Mostrar 403
Navegador Resultados 312
Nemetschek 499
Nervios 161, 168
Newton-Raphson 258
No linealidades del apoyo 138
Nudo de división 397
Nudo intermedio 396
Numeración 349

O

Objetos integrados 181
OpenOffice 426, 428, 502
Optimizar datos de carga 204
Orientación de la barra 397, 400
Orientación de la línea 397, 400
Origen 387, 394
Ortotropía 385

P

Paginación 349
Paleta de colores 370
Pandeo 161, 162
Panel de control 370
Papelera de reciclaje 476, 481
Papelera de reciclaje Dlubal 477
Parábola 446
Parámetros de carga en barra 213
Parámetros de carga lineal 218
Parámetros de malla de EF 251
Parámetros de suelos 171
Pendiente 402
Perfil de sección variable 167
Perpendicular 390
Peso propio 187
Pilar 439
Plano de destino 381
Plano de simetría 379
Plano de trabajo 386
Plotter 368
Portada 358
Portapapeles 365
Pórtico 437
Posición de la barra 163, 167
Posición de la carga 235
Posición del nervio 169
Posición general de la barra 164
Posición vertical 164
Prefijo 350
Pretensado 210
Propiedades de visualización 465, 466
Proyección 213
Proyectar 380
Proyecto actual 474
Proyectos de red 488
Punto de rejilla 387, 388
Puntos de partición 392

R

Reducción de rigidez 170
Referencia a objeto 389
Referencia a objetos 411
Refinamiento circular 183
Refinamiento en sólidos 185
Refinamiento rectangular 183
Refinamientos de malla de EF 385
Rejilla 387
Representación 466
Resumen 267
RFEM 2 ..... 494, 496
RF-IMP 195
Romboide 371

S

Selección 371, 418, 419
Selección especial 372, 470
Separación de división 396
SHAPE secciones 154
Simetría 376, 379
Singularidades 400
Sistema de coordenadas 376, 393, 394
Sólido 402
Strakon 502
Suma cuadrática 200, 259
Superficies ortótropas 311
Superposición O bien-O 199
Superposición permanente 199
Superposición variable 199

T

Tablas 203, 423
Tamaño de la malla 251
Tamaño del gráfico 367
Tangente 390
Teoría de placas 264
Tipo de aleros 455
Tipo de barra 160
Tipo de carga 210, 216, 221
Tipo de caso de carga 187
Tipo de distribución de carga 451
Tipo de estructura 486
Tipo de líneas auxiliares 407
Tipo de rejilla 388
Tolerancia 464
Tracción 161, 162
Tratamiento excepcional 261

U

Unir barras 400
Unir nudos 248

V

Valores de rejilla 317
Valores extremos 426
Variación de temperatura 210, 221, 225
Viento en cubierta a dos aguas 458
Viento en una cubierta a un agua 456
Viga 161
Viga continua 436
Viga de celosía 438
Viga de cimentación 172
Viga de vientre de pez 442
Vista de varias ventanas 330
Vista parcial 332
Visualización del arco 206

W

Word 487

Z

Zona de la carga 451

Programa RFEM © 2010 Dlubal Engineering Software