KISSsoft
Calculation programs for machine design

KISSsoft 03/2017 – Tutorial 6

Editor de árbol

KISSsoft AG
Rosengartenstrasse 4
8608 Bubikon
Suiza

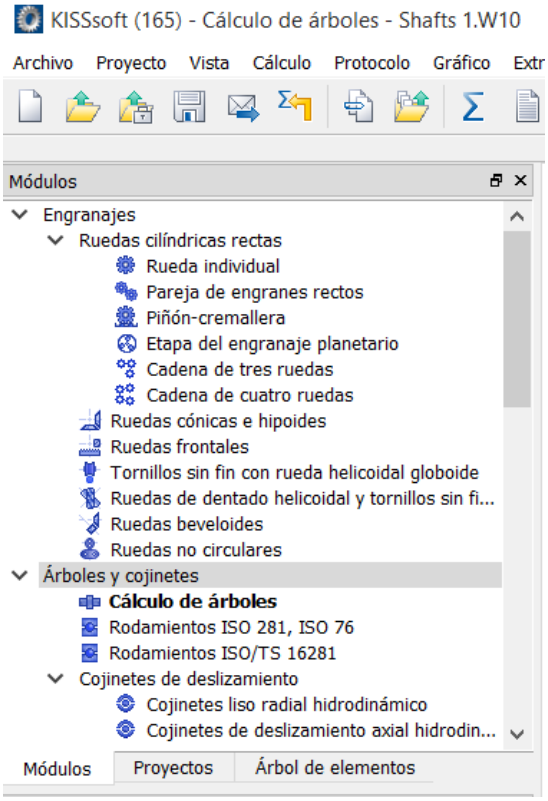
Tel: +41 55 254 20 50
Fax: +41 55 254 20 51
info@KISSsoft.AG
www.KISSsoft.AG

Contenido

1 Iniciar Editor de Árbol ... 3
1.1 Iniciar cálculo de árboles ... 3
1.2 Llamada del Editor de Árbol, ajustes ... 3
2 Modelado de un árbol ... 4
2.1 Procedimiento general ... 4
2.2 Sistema de coordenadas ... 6
2.3 Funciones de edición, visualización en pantalla ... 6
2.4 Entrada de las dimensiones principales ... 7
2.5 Entrada de geometría de entalladura ... 9
2.6 Entrada de cargas ... 10
2.6.1 Fuerzas generales ... 10
2.6.2 Elementos de máquina ... 10
2.7 Entrada de apoyos ... 12
2.7.1 Apoyos generales ... 12
2.7.2 Entrada de rodamientos ... 13
2.7.3 Apoyos especiales ... 13
2.8 Dimensionado para tensión equivalente constante ... 14
2.9 Dimensionado para una deflexión máxima ... 15
2.10 Varios árboles ... 16

1 Iniciar Editor de Árbol

1.1 Iniciar cálculo de árboles



Abrir en la ventana de los módulos el cálculo de árboles

1.2 Llamada del Editor de Árbol, ajustes

La máscara principal del cálculo de árbol (Figura 1) consta de "**Editor de Árbol", "Datos básicos"** y **"Resistencia"**. En el Editor de Árbol puede modelar varios árboles con sus restricciones y cargas. Luego, puede acceder a las variantes de cálculo disponibles (deformación, resistencia, etc. Véase tutorial 005).

Ingrese los datos fundamentales (posición del árbol, velocidad, sentido de giro) directamente en la pestaña **"Datos básicos"**. Seleccione "Cálculo/Ajustes" del menú para realizar otros ajustes (para más información sobre los ajustes específicos del cálculo: presione "F1" Ayuda/Manual):

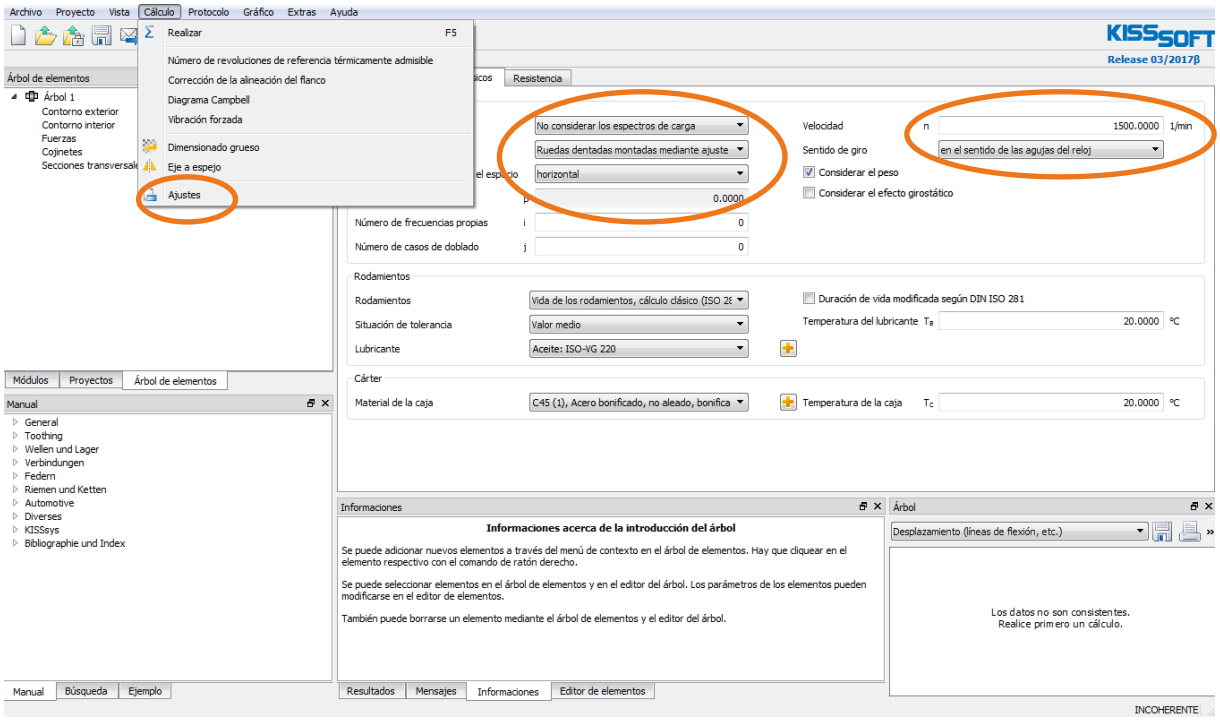


Figura 1. Editor de Árbol, ajustes específicos del módulo, entrada de velocidad, materiales, etc

2 Modelado de un árbol

2.1 Procedimiento general

Para modelar un árbol en KISSsoft, debe ingresar las dimensiones principales, la geometría de entalladuras, las cargas externas, los soportes/restricciones y las secciones críticas. Defina estos valores en el **"Árbol de elementos"**. Para ello, seleccione el elemento en cuestión y presionando el botón derecho del ratón obtenga una lista de los elementos que puede añadir. También puede crear subelementos para contornos axialmente simétricos (cilindros y conos).

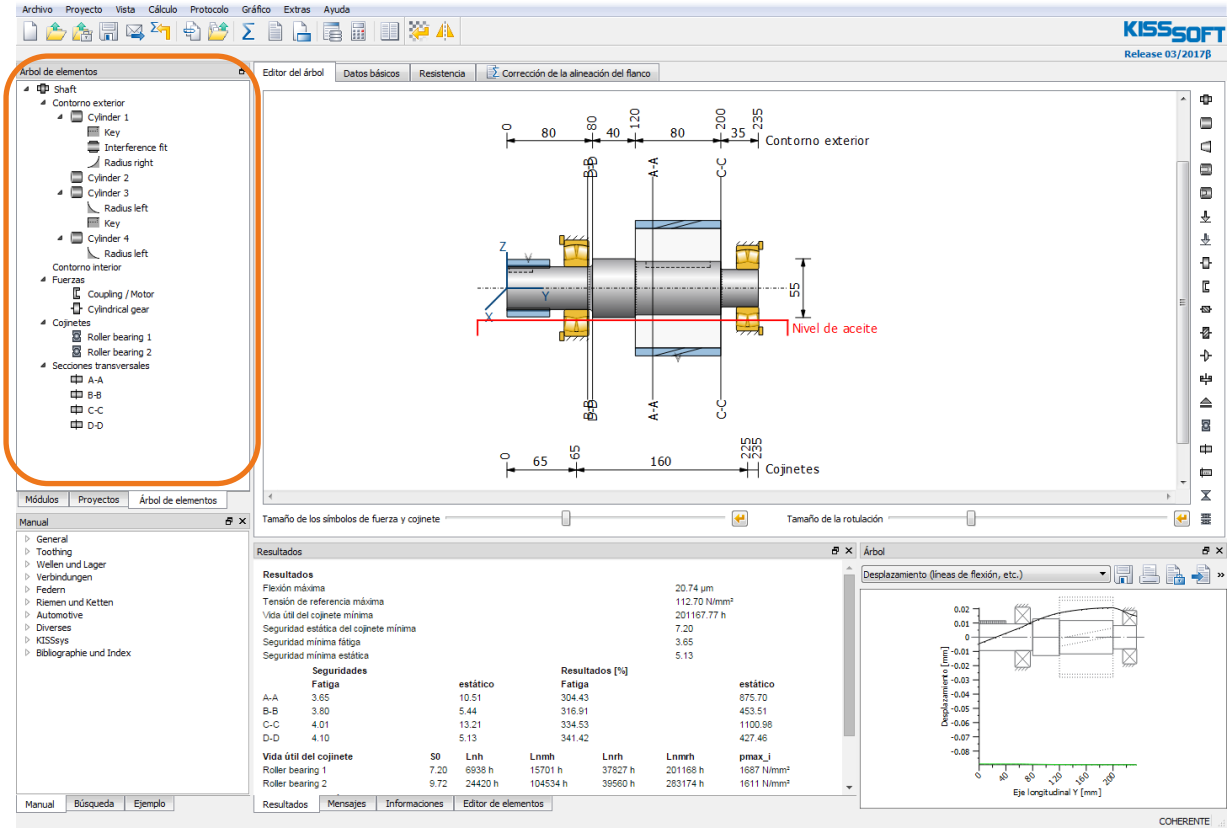
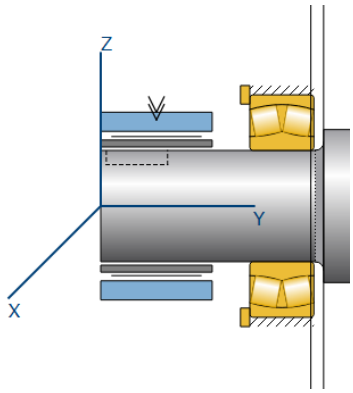


Figura 2. Los cinco elementos más importantes para crear un árbol

Elementos	Datos sobre	Datos de entrada necesarios	Para definir	Color
Contorno exterior/interior	Sección del árbol	Diámetro y longitud de una sección del árbol y su rugosidad superficial	A, I_{xx}, I_{zz}, I_p, W_{xx}, W_{zz}, W_p	Gris
Cilindro/cono	Entalladura	Tipo de entalladura, geometría	α_k	Blanco
Fuerzas	Cargas	Vectores de fuerza/momento céntricos o excéntricos; elementos de máquina para introducción de carga	F_y, Q_x, Q_z, M_{bx}, M_{bz}, T	Azul
Cojinetes	Cojinetes	Selección de rodamientos, datos sobre rigidez del cojinete, grados de libertad de los apoyos	Reacciones en cojinetes, restricciones	Amarillo
Secciones transversales	Secciones transversales críticas	Tipo de entalladura , posición, geometría, rugosidad de la superficie	Factores de entalladura, esfuerzos	Negro

2.2 Sistema de coordenadas

Tener en cuenta que el sistema de coordenadas es cartesiano y de mano derecha.



Eje x positivo: saliendo de la pantalla
Eje y positivo: sentido longitudinal del árbol, de izquierda a derecha
Eje z positivo: de abajo hacia arriba
Posición de contacto: ángulo positivo en el sentido antihorario (mirando en sentido positivo del eje y desde la posición cero en el eje x)

Puede visualizar u ocultar el sistema de coordenadas activando/desactivando la casilla “Visualizar sistema de coordenadas” en **"Ajustes específicos del módulo"**.

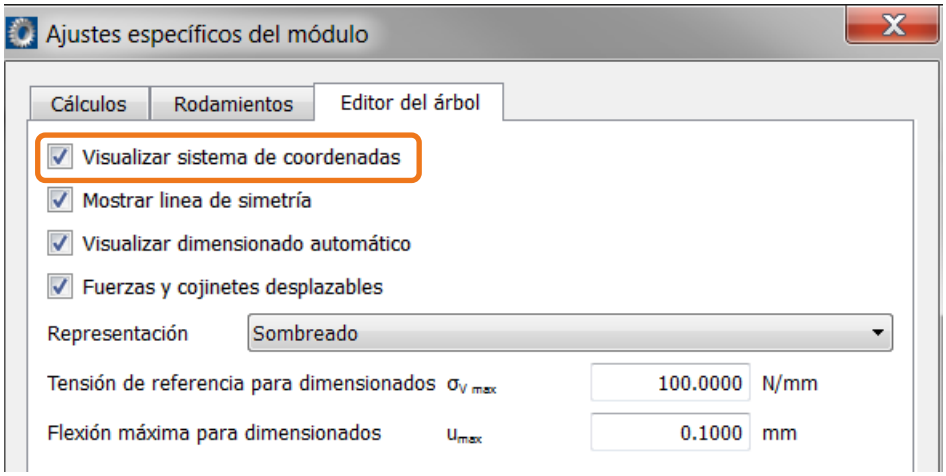


Figura 3. Pestaña Editor del árbol en el diálogo Ajustes específicos del módulo

Alternativamente, con el botón derecho del ratón en el Editor de Árbol, puede seleccionar el correspondiente submenú para la activación (ver Figura 4).

2.3 Funciones de edición, visualización en pantalla

Las siguientes funciones de edición están disponibles en el Editor de Árbol:

Función	**Explicación**
Tecla +, tecla -, tecla Inicio	Aumentar zoom/reducir zoom/imagen completa
Botón izquierdo del ratón	Seleccionar elemento/desplazar elemento (cuando la marca está activada)
Botón derecho del ratón	Aumentar zoom/reducir zoom/imagen completa
Borrar	Borrar elemento seleccionado
	Crear simetría del árbol

Para desplazar las fuerzas y los cojinetes, con el botón derecho del ratón seleccione el submenú correspondiente para la activación.

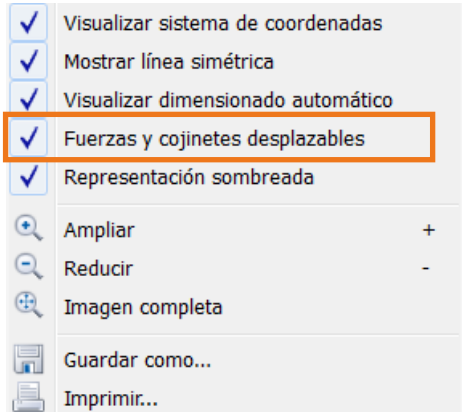


Figura 4. Llamada del submenú con el botón derecho del ratón

En el lado derecho del Editor de Árbol se encuentran los siguientes símbolos que facilitan la entrada de elementos:



Insertar árbol
Insertar cilindro
Insertar cono
Insertar agujero o taladro cilíndrico
Insertar agujero o taladro cónico
Fuerza/vector de momento céntrico
Fuerza /vector de momento excéntrico
Insertar elemento de máquina, rueda dentada, etc ...
…
…
…
…
Insertar apoyo
Insertar rodamiento
Insertar sección transversal condicionada/libre
Insertar unión general
Insertar cojinete de conexión

2.4 Entrada de las dimensiones principales

Para definir una sección de árbol, seleccione el elemento en **"Árbol de elementos → Contorno exterior"** o seleccione el elemento en el Editor de Árbol o seleccione el elemento en la lista de elementos (Figura 5).

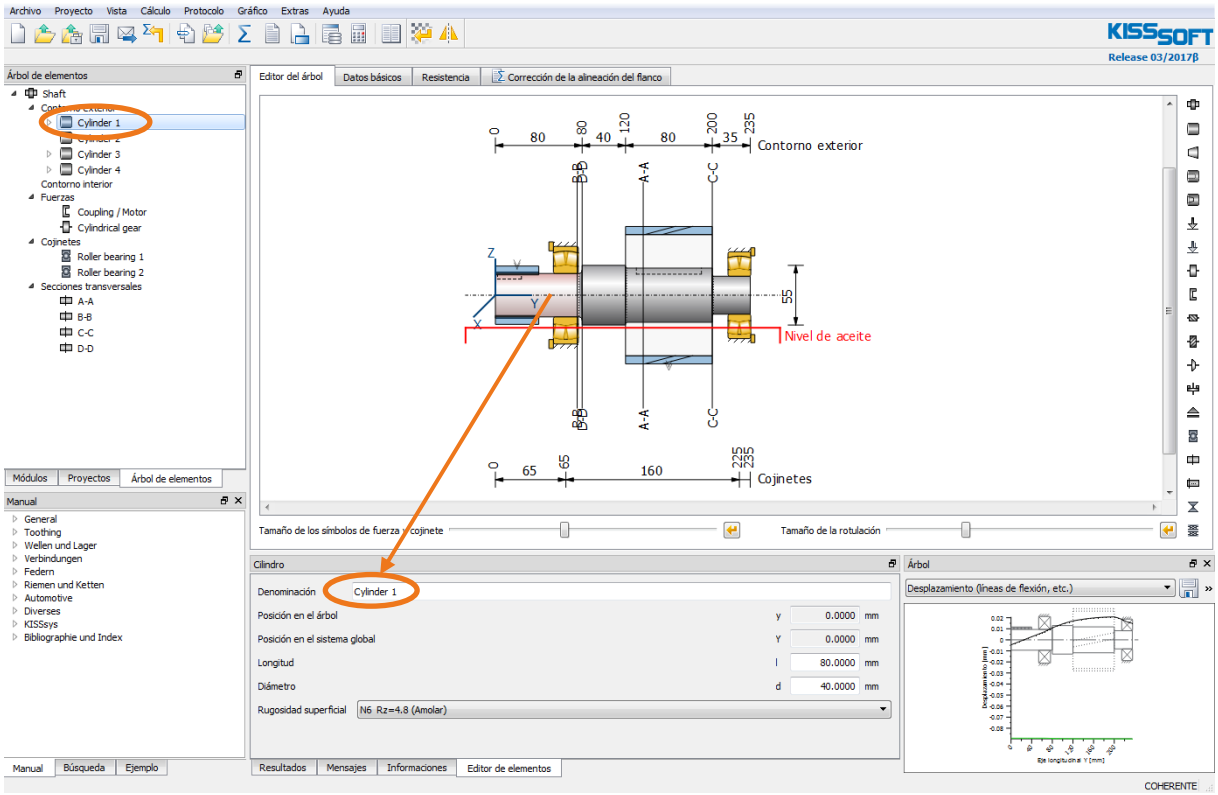


Figura 5. Diálogo para definición de una sección del árbol (cilindro)

Entonces, en el editor de elementos defina el diámetro, la longitud y la rugosidad superficial. Las nuevas secciones del árbol insertadas pueden colocarlas antes (izquierda) o después (derecha) de las secciones existentes. Si quiere añadir una sección de árbol a una existente, primero debe seleccionar la sección existente haciendo clic con el botón izquierdo del ratón y luego insertar la nueva sección haciendo clic con el botón derecho y seleccionando **"Insertar elemento delante" o "Insertar elemento detrás"**. Para modificar un elemento existente en el editor de elementos, simplemente selecciónelo con el botón izquierdo del ratón.

Si un elemento principal está seleccionado en el Árbol de elementos, por ejemplo “Contorno exterior”, se mostrará la Lista de elementos (Figura 6). Desde esta lista también es posible modificar elementos.

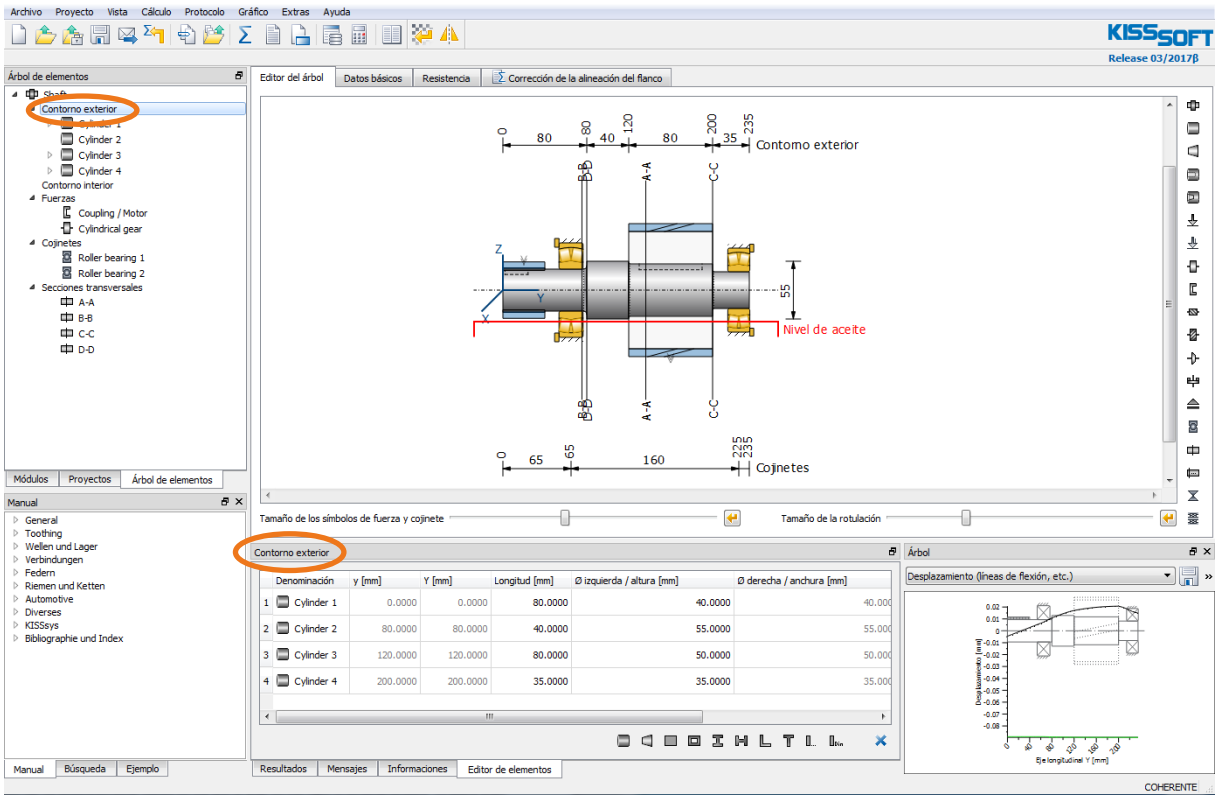


Figura 6. Visualizar la lista de elementos

Los taladros o agujeros (**"Contorno interior → Perforación cilíndrica"**) también se insertan de izquierda a derecha en el árbol existente. Sin embargo, si la perforación se localiza solamente en el extremo derecho del árbol, primero deberá definir una perforación con diámetro cero en el extremo izquierdo.

2.5 Entrada de geometría de entalladura

Antes de insertar una entalladura, seleccione la sección del árbol (clic en el botón izquierdo del ratón sobre la sección, para visualizarla en color rojo) o el elemento en cuestión en **"Árbol de elementos"** en el que deba colocar la entalladura. Primero acceda al árbol de elementos haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre la sección del árbol y después seleccione la entalladura correspondiente. Están disponibles varios tipos de entalladuras (p. ej. ranura circunferencial). Tras seleccionar un tipo de entalladura, aparece un diálogo en el que puede definir la geometría y la posición de la entalladura (referencia: el extremo izquierdo de la sección del árbol seleccionada).

Los elementos auxiliares **"Radio"**, **"Bisel"** y **"Entalladura"** no tienen que posicionarse, se colocan automáticamente en el extremo seleccionado (izquierda/derecha) de la sección actual del árbol.

Para insertar un efecto de entalla general, seleccione **"Efecto de entalle general"**. Los factores de entalladura correspondientes deben entrarse directamente en el **"Editor de elementos"**.

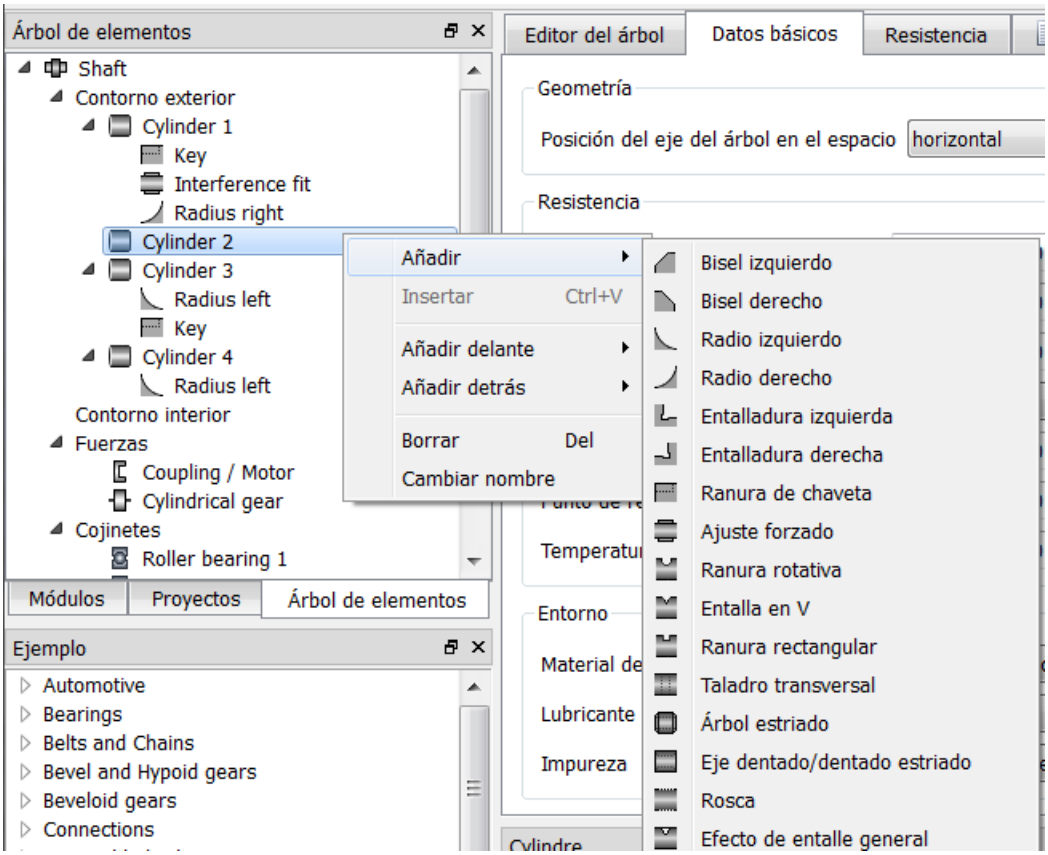


Figura 7. Diálogo para definir los elementos auxiliares

2.6 Entrada de cargas

2.6.1 Fuerzas generales

Seleccione **"Fuerzas→Carga céntrica"** o **"Fuerzas→Carga excéntrica"** en el **"Árbol de elementos"** para definir un vector de carga (tres fuerzas, tres momentos) que actúe bien en la línea de centros del árbol o bien de forma excéntrica. También puede ingresar cargas lineales distribuidas. El vector de fuerza se representa en el gráfico de forma simbólica como una flecha en sentido z negativo y no como vector.

2.6.2 Elementos de máquina

Además de la entrada de vectores de fuerza generales, KISSsoft ofrece elementos de máquina predefinidos. Las fuerzas resultantes en el árbol son determinadas a partir de la geometría de los elementos de máquina y de la potencia definida. No necesita realizar la conversión manual a través de, por ejemplo, ángulo de hélice y diámetro primitivo de referencia: así, se reducen las probabilidades de cometer errores.
Bajo **"Fuerzas" seleccione** un elemento de máquina y le aparece un diálogo como se representa en Figura 8.

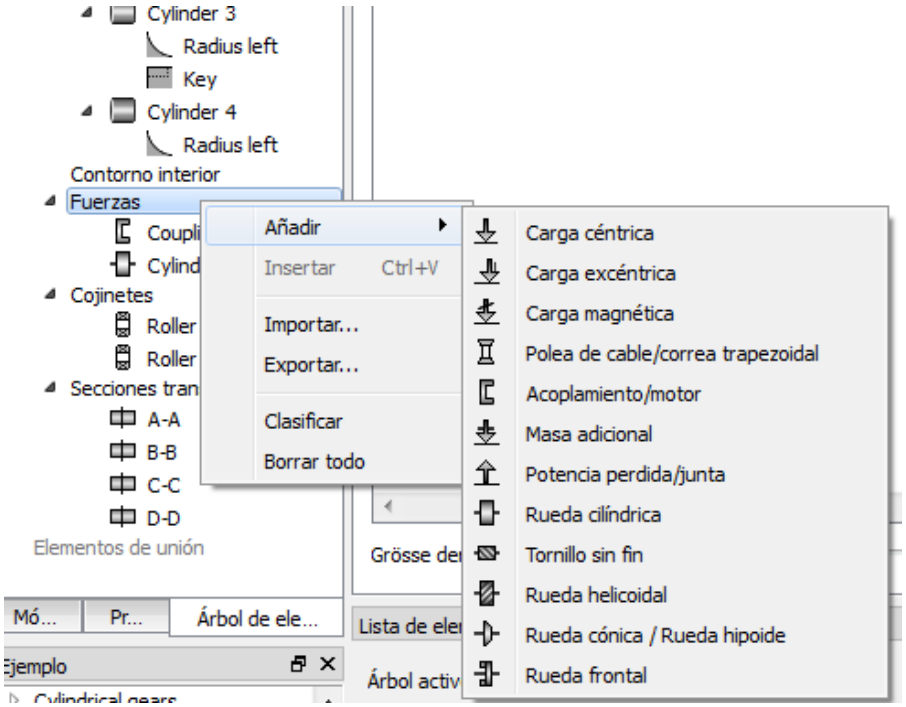
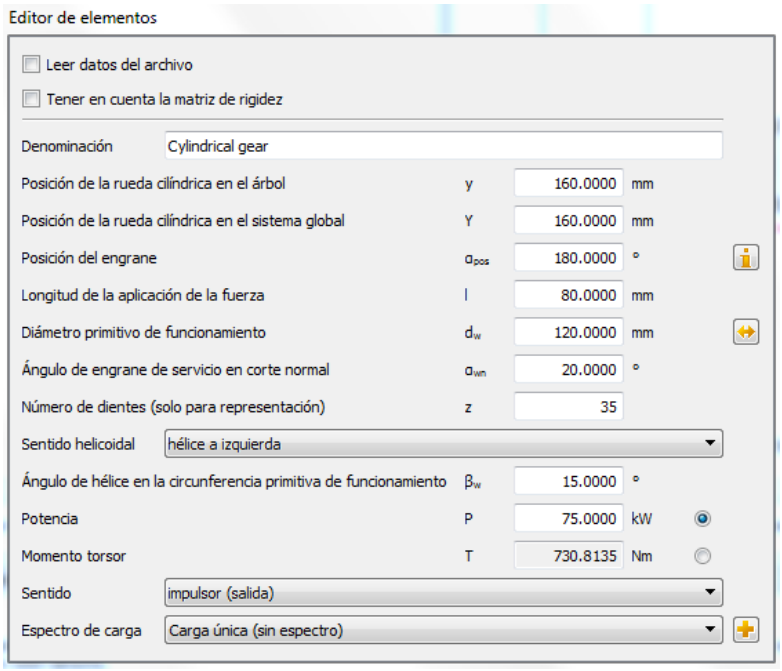


Figura 8. Insertar elementos de máquina

Aquí puede definir y posicionar el elemento de máquina. A continuación, defina la carga y su sentido de aplicación.



Editor de elementos para definición del elemento de máquina **"Rueda cilíndrica"**
Sentido: (flujo de potencia)
Impulsor: el árbol acciona un sistema. La potencia es extraída del elemento de máquina.
Accionado: el árbol es impulsado desde fuera. La potencia es aplicada al elemento de máquina.
Posición del engrane:
desde el eje x positivo en sentido contrario a las agujas del reloj (hacia eje z positivo)
Posición de la rueda cilíndrica en el árbol (coordenada y)

Figura 9. Definición de un elemento de máquina, usando como ejemplo una rueda cilíndrica

En este ejemplo se utilizan dos elementos de máquina, un acoplamiento/motor (Figura 10) y una rueda cilíndrica helicoidal (Figura 9).

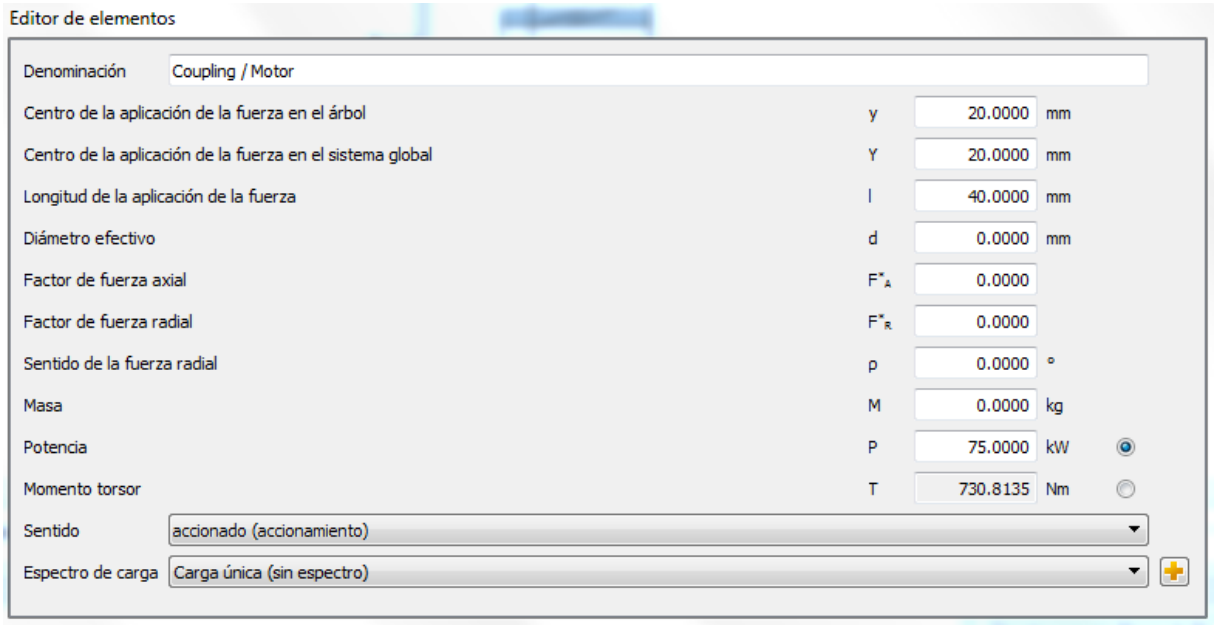


Figura 10. Definición de un acoplamiento

Aquí se aplica potencia desde fuera al árbol, por eso está **"accionado"**.
Debe tener en cuenta que la sumatoria de las potencias entrante y saliente del sistema sea igual a cero, de lo contrario aparece una advertencia como la que sigue:

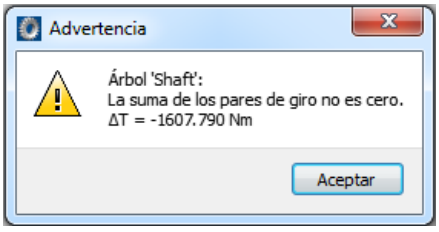


Figura 11. Indicación de advertencia: el balance de potencia del sistema no es correcto

2.7 Entrada de apoyos

En KISSsoft pueden definirse tanto apoyos generales como rodamientos.

2.7.1 Apoyos generales

Se define un cojinete en el árbol de elementos. Seleccione con el ratón "Cojinetes" en el árbol de elementos y con el botón derecho del ratón introduzca **"Apoyo"** o **"Rodamientos"**. En el editor de elementos aparece un diálogo sencillo. Puede posicionar el apoyo (introduzca la coordenada “y” del apoyo, medida desde el extremo izquierdo del árbol). En el paso siguiente, defina el tipo de apoyo.

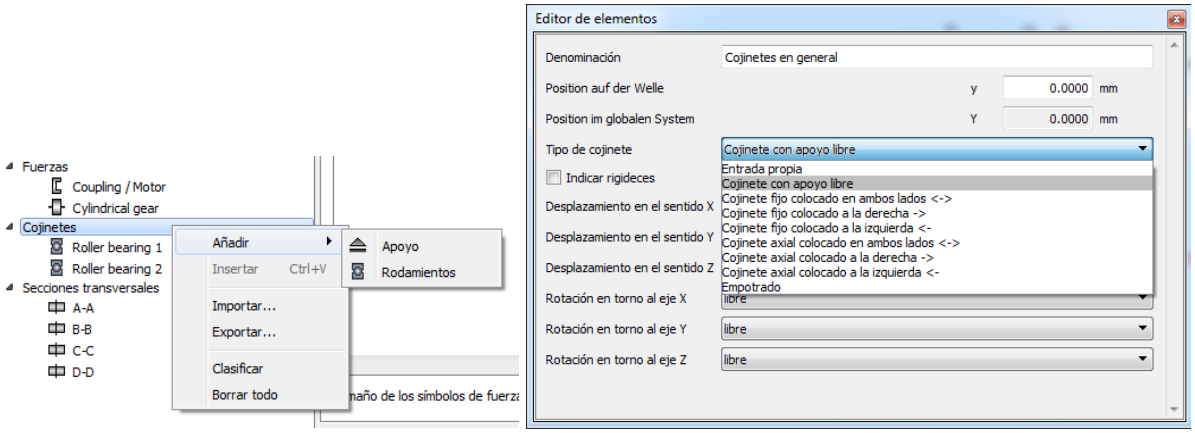
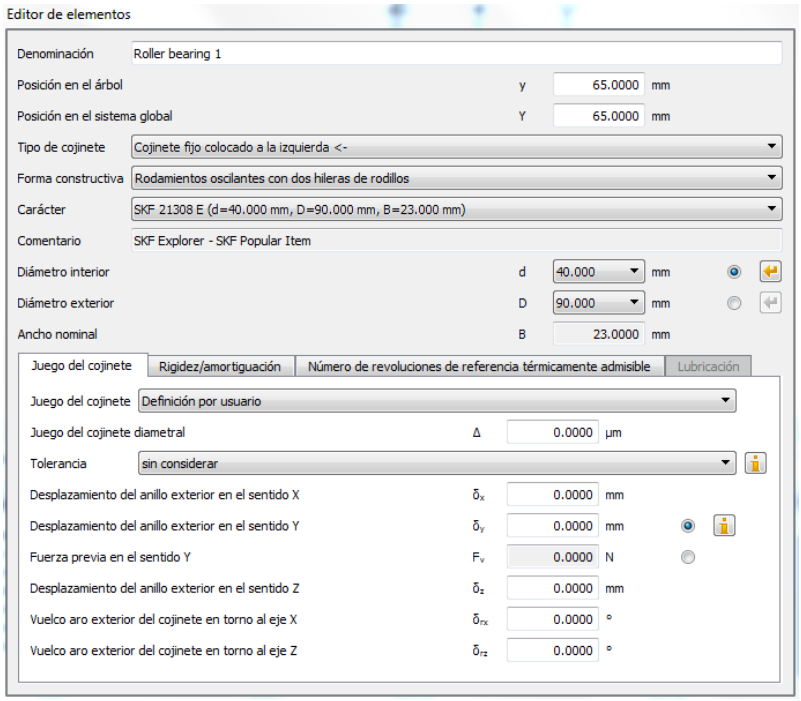


Figura 12. Diálogo para el posicionamiento y la selección del tipo de apoyo

2.7.2 Entrada de rodamientos

Si selecciona un rodamiento en el **"Árbol de elementos"**, aparece un diálogo tal como se muestra en Figura 12. Alternativamente, puede realizar la selección del rodamiento en el gráfico. Para ello debe activar la pestaña **"Editor del árbol"**. Puede, entonces, definir los datos del cojinete:



Posicionamiento del rodamiento

¿Soporta las fuerzas axiales el rodamiento?
Seleccione la forma constructiva del rodamiento
Seleccione el tipo de rodamiento
El diámetro del rodamiento se ajusta automáticamente según la ubicación del mismo en el árbol

Seleccione el grupo de juego radial del rodamiento
Eventual: ingrese un desplazamiento transversal del rodamiento

Eventual: especifique la rigidez del rodamiento
Eventual: añadir el número de revoluciones de referencia térmicamente admisible

Figura 13. Definición de un rodamiento

2.7.3 Apoyos especiales

Puede ingresar valores de rigidez para los cojinetes. Éstos se tienen en cuenta en el cálculo de las cargas, de la deformación, así como también en el cálculo de las frecuencias propias. Para ello, puede simular la influencia de la rigidez de un rodamiento o también de una carcasa. Sin embargo, debe determinar esto usando un método diferente (p. ej. mediante un cálculo FEM).

Puede usar varios apoyos individuales para modelar completamente cojinetes lineales. ¡En este caso, debe usar cojinetes que tengan definidos los valores de elasticidad/rigidez!

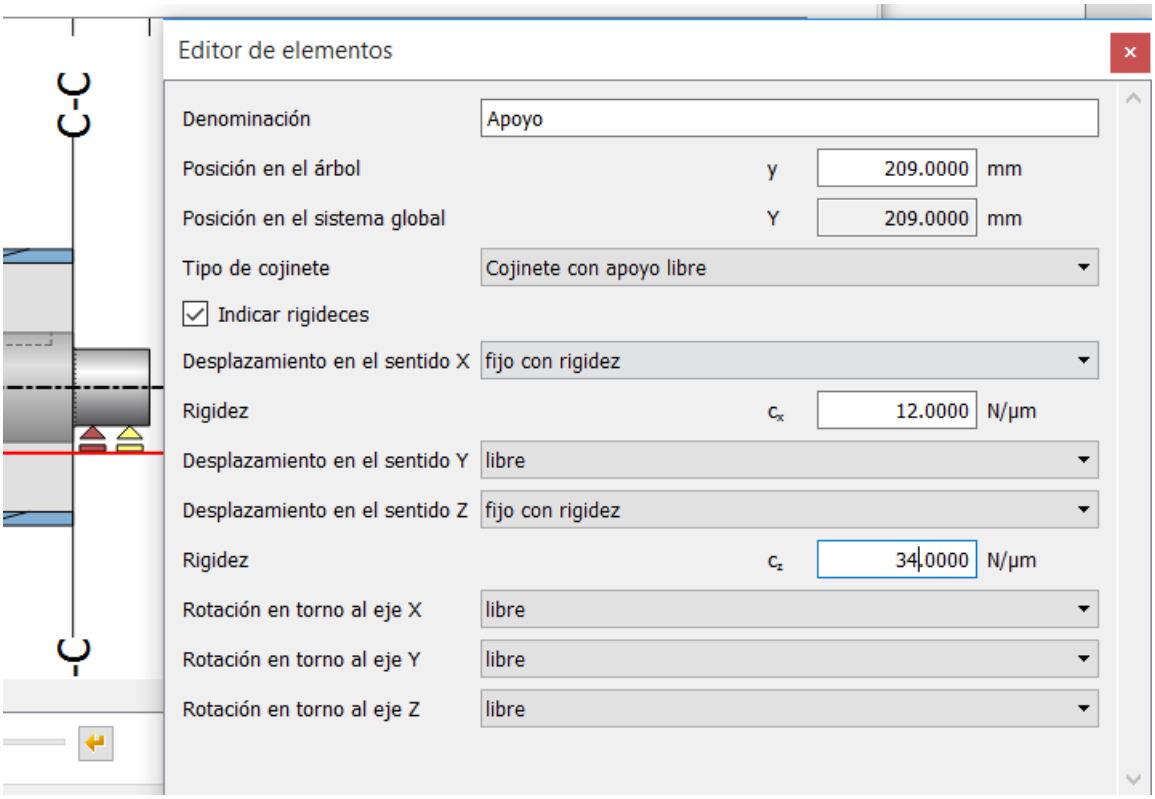


Figura 14. Ejemplo para modelar un cojinete lineal usando varios cojinetes individuales

2.8 Dimensionado para tensión equivalente constante

La geometría del árbol (dimensiones principales) puede optimizarse de modo tal que la tensión equivalente (tensiones nominales) sea más o menos constante a lo largo de todo el árbol (construcción ligera). En los ajustes específicos del módulo, ingrese los datos en los que debe basarse este cálculo (véase Figura 15). Aquí puede introducir la tensión equivalente adoptada para este cálculo (en este ejemplo 100N/mm^2).

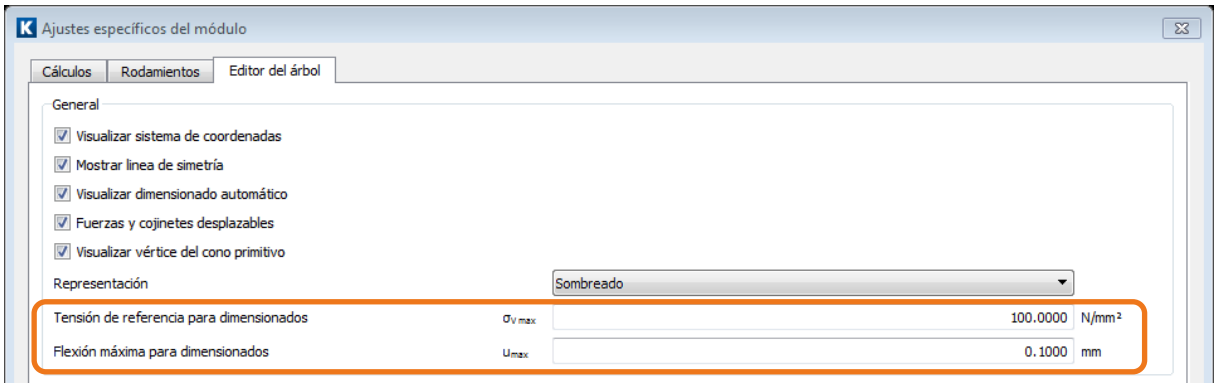


Figura 15. Predefinición de los valores permitidos para el dimensionado

En el menú, presione ahora **"Dimensionar" -> "La resistencia"** para lanzar el cálculo que define el contorno exterior en cada sección transversal del árbol para la tensión equivalente predefinida.

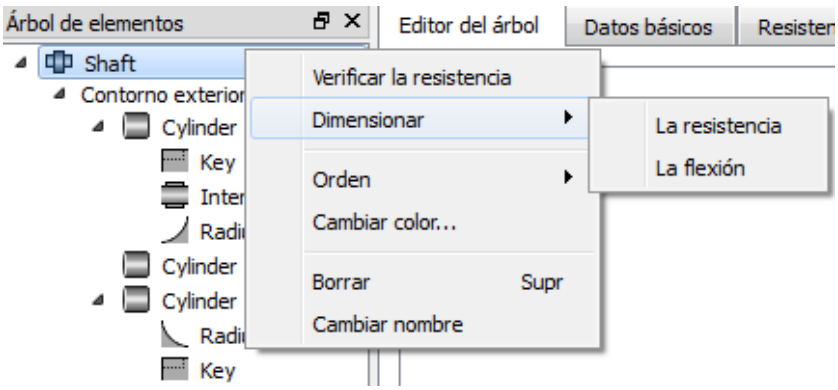


Figura 16. Ejecutar "Dimensionar"-> "La resistencia" haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre el árbol

El contorno resultante se representa con una línea de color verde. Puede ahora modificar las dimensiones del árbol – tal como sea práctico para ajustar al diseño – de manera que sean coherentes con esta línea verde. Esto le permite alcanzar una distribución de tensiones uniforme (exceptuando las entalladuras) en toda la longitud del árbol.

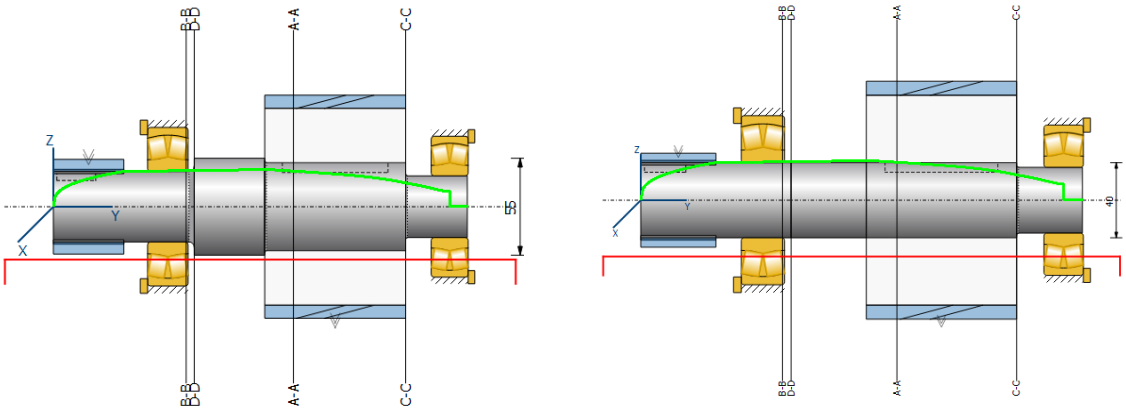


Figura 17. Geometría original con propuesta para el recorrido del diámetro (línea verde), a la derecha: geometría del árbol ajustada, ejecutando "Dimensionar" -> "La resistencia"

2.9 Dimensionado para una deflexión máxima

De forma similar, puede optimizar la geometría del árbol para asegurar que la flexión máxima permitida (deflexión) no sea superada. Esta deflexión permitida es predefinida como se muestra en Figura 15 (aquí 0,1 mm). Ejecute **"Dimensionar"→ "La flexión"**, para determinar el factor al que deben aumentarse/reducirse todos los diámetros del árbol para que la deflexión alcance el valor predefinido. La geometría del árbol resultante se representa con una línea de color magenta. Puede ahora modificar las dimensiones del árbol – tal como sea práctico para ajustar al diseño – de manera que sean coherentes con esta línea magenta.

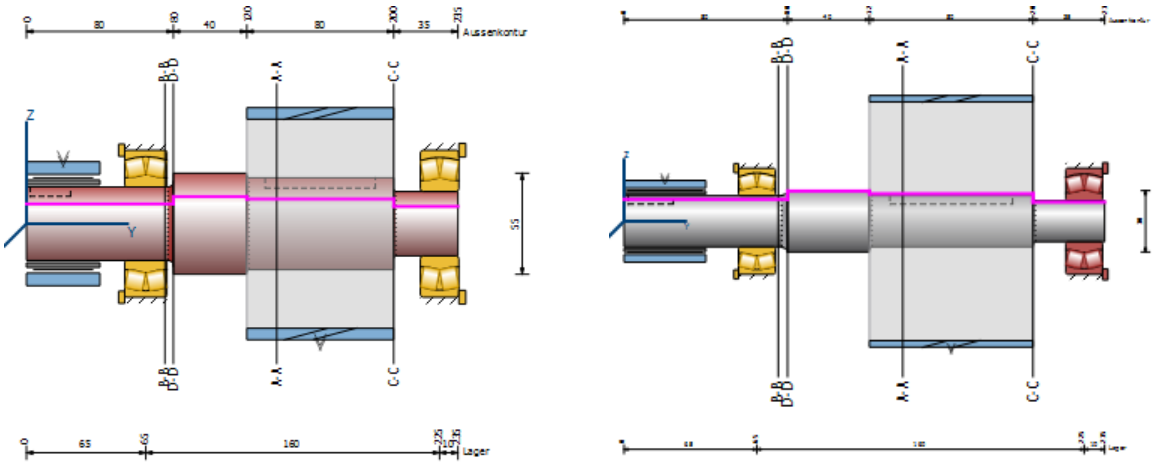


Figura 18. Geometría original con propuesta para el recorrido del diámetro (línea magenta), a la derecha: geometría del árbol ajustada, llamada del menú "Dimensionar"-> "La flexión"

2.10 Varios árboles

Con el módulo de cálculo de sistema de árboles ahora puede insertar y calcular varios árboles coaxiales de forma simultánea en un mismo archivo de cálculo. Esta forma de modelado es muy útil, por ejemplo, cuando se analiza el árbol de una reductora planetaria.

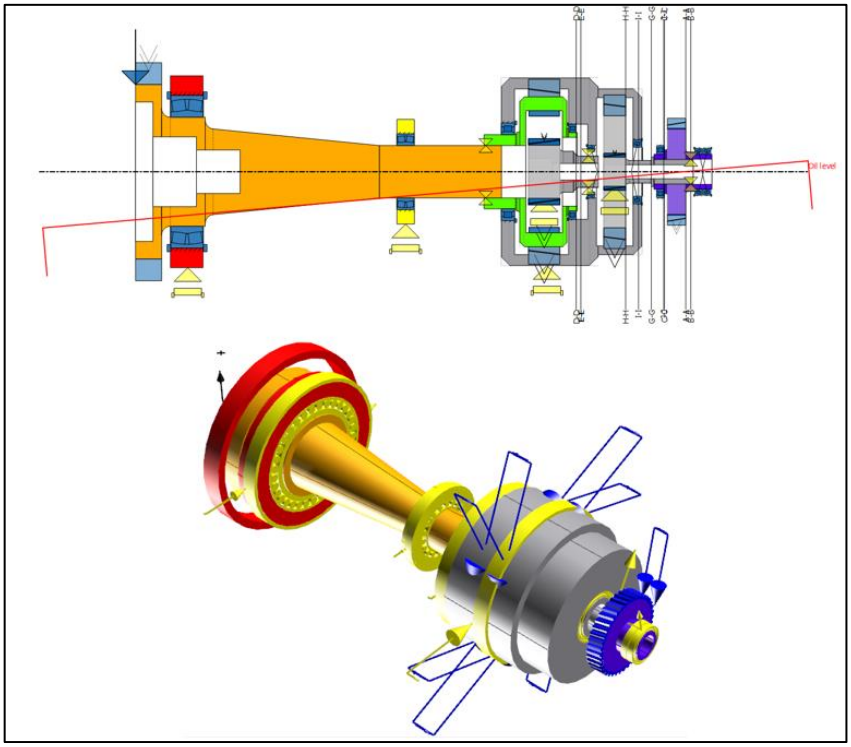


Figura 19. Ejemplo de un sistema de ejes (eje principal de un aerogenerador)