

CivilCAD3000

MANUAL DEL USUARIO

MÓDULO DE TABLEROS DE VIGAS

Versión 2.1

El presente documento es propiedad intelectual de *CivilCAD Consultores, S.L.* Queda totalmente prohibida su reproducción total o parcial, su tratamiento informático o la transmisión del mismo por cualquier medio electrónico, mecánico u otros métodos sin el permiso previo y por escrito de *CivilCAD Consultores, S.L.*

Barcelona, febrero de 2015

ÍNDICE

1 ALCANCE DEL MÓDULO.

2 ESTRUCTURA DEL MODULO

- 2.1 Ordenes de proyecto.
 - 2.1.1 Orden *Nuevo*
 - 2.1.2 Orden *Abrir*
 - 2.1.3 Orden *Guardar*
 - 2.1.4 Orden *Guardar como*
 - 2.1.5 Orden *Cerrar*
 - 2.1.6 Orden *Configuración*
 - 2.1.7 Orden *Información general*
 - 2.1.7.1 Normativa española
 - 2.1.7.2 Normativa europea
 - 2.1.7.3 Normativa americana
 - 2.1.7.4 Normativa brasileña
- 2.2 Ordenes de *Entrada de datos*.
- 2.3 Ordenes de *Análisis*.
- 2.4 Ordenes de *Salida*.

3 ENTRADA DE DATOS

- 3.1 Orden *Generación automática*
- 3.2 Órdenes del grupo *Tablero*
 - 3.2.1 Orden *Ejes de apoyos*
 - 3.2.2 Orden *Contornos del tablero*
 - 3.2.3 Orden *Ejes de las vigas*
- 3.3 Órdenes del grupo *Vigas*
 - 3.3.1 Orden *Secciones*
 - 3.3.2 Orden *Geometría en apoyos*
 - 3.3.3 Orden *Pretesado*
 - 3.3.4 Orden *Postensado*
- 3.4 Orden *Losa*
- 3.5 Orden *Riostras*
- 3.6 Orden *Materiales*
- 3.7 Orden *Clases de exposición*
 - 3.7.1 Normativa española
 - 3.7.2 Normativa europea
 - 3.7.3 Normativa americana
 - 3.7.4 Normativa brasileña
- 3.8 Orden *Fisuración*
 - 3.8.1 Normativa española
 - 3.8.2 Normativa europea
 - 3.8.3 Normativa americana
- 3.9 Orden *Definición de las tierras*

- 3.10 Órdenes del grupo *Acciones*
 - 3.10.1 Orden *Acciones permanentes*
 - 3.10.1.1 Normativa española y Eurocódigos
 - 3.10.1.2 Normativa americana AASHTO10
 - 3.10.2 Orden *Acciones variables*
 - 3.10.2.1 Normativa española y Eurocódigos
 - 3.10.2.2 Normativa americana AASHTO10
 - 3.10.2.3 Normativa brasileña NBR
 - 3.10.3 Orden *Acciones accidentales*
 - 3.10.4 Orden *Acciones de fatiga*
- 3.11 Orden *Calendario*
- 3.12 Orden *Seguridad*
 - 3.12.1 Normativa española
 - 3.12.2 Normativa Eurocódigos
 - 3.12.3 Normativa americana AASHTO10
 - 3.12.4 Normativa brasileña
- 3.13 Órdenes del grupo *Armadura*
 - 3.13.1 Orden *Recubrimientos*
 - 3.13.2 Orden *Opciones*
 - 3.13.2.1 Orden *Vigas*
 - 3.13.2.2 Orden *Losa*
- 3.14 Orden *Cálculo de la prueba de carga*
- 3.15 Órdenes del grupo *Configuración*
 - 3.15.1 Orden General
 - 3.15.2 Orden Modelos de cálculo
 - 3.15.3 Orden Tensiones admisibles
- 3.16 Orden *Activación de cálculos*

4 ANÁLISIS

- 4.1 Órdenes del grupo *Modelos de cálculo*
 - 4.1.1 Orden *Modelo del tablero. Cálculo de las vigas*
 - 4.1.2 Orden *Modelo del tablero. Cálculo de la losa*
 - 4.1.3 Orden *Modelo de la viga aislada*
- 4.2 Órdenes del grupo *Cálculo de las vigas*
 - 4.2.1 Orden *Esfuerzos característicos*
 - 4.2.2 Orden *Fuerza de pretensado*
 - 4.2.3 Orden *ELS Fisuración*
 - 4.2.4 Orden *ELU Rotura por flexión*
 - 4.2.5 Orden *ELU Rotura por cortante*
 - 4.2.6 Orden *ELU Rotura por torsión*
 - 4.2.7 Orden *ELU Rasante viga-losa*
 - 4.2.8 Orden *ELU Rasante ala inferior*
 - 4.2.9 Orden *ELU Rasante ala superior*
 - 4.2.10 Orden *ELU Fatiga*
 - 4.2.11 Orden *Armadura transversal*
 - 4.2.12 Órdenes del grupo *ELS Deformaciones*
 - 4.2.12.1 Orden *Flechas*
 - 4.2.12.2 Orden *Giros*

4.2.13 Orden *Cálculo en transporte*

4.3 Órdenes del grupo *Cálculo de la losa*

4.3.1 Orden *ELU Rotura por flexión*

4.3.2 Orden *ELU Rotura por cortante*

4.3.3 Orden *ELS Fisuración*

4.4 Orden *Generación del armado*

4.5 Orden *Cálculo de la prueba de carga*

4.6 Órdenes del grupo *Cálculo de Reacciones*

4.6.1 Orden *Reacciones por viga. Valores característicos.*

4.6.2 Orden *Reacciones por viga. Valores de combinación.*

4.6.3 Orden *Reacciones por eje de cimentación. Valores característicos.*

4.6.4 Orden *Reacciones por eje de cimentación. Valores de combinación.*

4.7 Orden *Mediciones. Consulta*

5 SALIDA DE RESULTADOS

5.1 Orden *Memoria de cálculo*

5.2 Orden *Planos*

5.2.1 Orden *Planos de definición geométrica*

5.2.1.1 Orden *Generación automática*

5.2.1.2 Orden *Planta de la viga*

5.2.1.3 Orden *Alzado de la viga*

5.2.1.4 Orden *Sección de la viga*

5.2.1.5 Orden *Sección del tablero*

5.2.1.6 Orden *Sección de las riostras*

5.2.1.7 Orden *Planta del tablero*

5.2.1.8 Orden *Cuadro de materiales*

5.2.2 Orden *Planos de armaduras*

5.2.2.1 Orden *Generación automática*

5.2.2.2 Orden *Planos de armaduras activas*

5.2.2.2.1 Orden *Sección de la viga*

5.2.2.2.2 Orden *Sección longitudinal pretensado*

5.2.2.2.3 Orden *Sección longitudinal postensado*

5.2.2.2.4 Orden *Detalle de los anclajes de postensado*

5.2.2.2.5 Orden *Cuadro de alargamientos*

5.2.2.2.6 Orden *Cuadro de fases de postensado*

5.2.2.3 Orden *Planos de armaduras pasivas*

5.2.2.3.1 Orden *Vigas. Alzado longitudinal*

5.2.2.3.2 Orden *Vigas. Sección transversal*

5.2.2.3.3 Orden *Losa. Planta. Armadura. Cara inferior.*

5.2.2.3.4 Orden *Losa. Planta. Armadura. Cara superior.*

5.2.2.3.5 Orden *Losa. Planta. Armadura de cortante.*

5.2.2.3.6 Orden *Losa. Sección transversal*

5.2.2.3.7 Orden *Refuerzos anclajes postensado*

5.2.2.3.8 Orden *Cuadro de hierros*

5.2.2.3.9 Orden *Cuadro de recubrimientos*

5.3 Mediciones



5.3.1 Orden *Listado de Mediciones*

5.3.2 Orden *Listado de Mediciones y precios*

6 REFERENCIAS

1 ALCANCE DEL MÓDULO.

El Módulo Tableros de vigas de *CivilCAD3000* permite proyectar un tablero de vigas constituido por un vano isostático. El usuario puede asignar a cada viga una de las distintas secciones tipo con las que se trabaja habitualmente y que vienen definidas en la biblioteca de secciones, o bien definirse un tipo de sección propio. Las vigas pueden ser pretensadas o postensadas, o pretensadas y postensadas al mismo tiempo. Puede disponerse riostras transversales en los ejes de apoyos o en entre los ejes. Asimismo, sobre el tablero puede definirse una capa de tierras.

El programa permite considerar la normativa española, los Eurocódigos, las AASHTO (Edición 2010) y las normativas brasileñas.

Ámbito	Normativa de acciones	Normativa estructural
Normativa española	IAP-11 / IAPF07	EHE-08
Normativa Europea	EN-1991 / EN-1998	EN-1992
Normativa Americana	AASHTO 2010	AASHTO 2010

Tabla 1-1: Normativas consideradas en el Módulo Tableros de vigas de *CivilCAD3000*.

El programa permite proyectar tableros de vigas con forma de cuadrilátero irregular en planta, vigas inclinadas longitudinalmente, y canto variable en losa, con la posibilidad de definir prelosas, así como recrecidos de losa sobre las alas de las vigas.

En el caso de definir un postensado, para cada cable se permite hasta un total de 3 tipos de operaciones de tesado:

Operación de Tesado	Sección
“A”	Simple (Viga)
“B”	Simple (Viga)
“C”	Compuesta (Viga y Losa)

Tabla 1-2: Operaciones de tesado contempladas en el Módulo Tableros de vigas de *CivilCAD3000*

El puente de vigas puede ser de carretera o bien de Ferrocarril.

Puentes de carretera

El puente permite la definición de una sola plataforma y la definición de dos zonas para el tráfico peatonal (aceras izquierda y derecha). La acción de tráfico es la que establecen las normativas correspondientes, permitiendo además la posibilidad de definir unas cargas vehiculares de tipo genéricas.

Puentes de Ferrocarril

El puente permite la definición de una o dos vías y la definición de dos zonas para el tráfico peatonal (aceras izquierda y derecha). La acción de tráfico es la que establecen las normativas correspondientes, permitiendo además la posibilidad de definir unas cargas de tren de tipo genéricas.

Las normativas para las que se permite la definición de la acción del tráfico son:

- Normativa española (IAPF07)
- Normativa Eurocódigos.

Las cargas que actúan sobre el tablero de vigas son el peso propio de la estructura, el peso propio de las tierras situadas sobre la losa, las cargas muertas (superestructura), la acción de tráfico de ferrocarril / carretera, el gradiente térmico en el dintel, el viento, la acción sísmica y la acción de impacto. De forma exhaustiva, las acciones consideradas para el caso más genérico, son las siguientes:

Tipo	Subtipo	Naturaleza	Nombre	Descripción
Permanentes	Peso propio	Vertical	PV	peso propio vigas
		Vertical	PR	peso propio riostras
		Vertical	PL	peso propio losa
		Vertical	PT	peso propio tierras
	Cargas muertas	Vertical	SE	Superestructura, pavimento y cargas permanentes en banda
	Pretesado	Vertical y Horiz.	PI	Pretesado instantáneo
	Postensado	Vertical y Horiz.	TIA	Postensado instantáneo en fábrica
		Vertical y Horiz.	TIB	Postensado instantáneo en obra actuando sobre la sección simple
		Vertical y Horiz.	TIC	Postensado instantáneo en obra actuando sobre la sección compuesta
	Pérdidas de pretesado	Vertical y Horiz.	PPS	Pérdidas de pretesado en el esquema simple (vigas)
		Vertical y Horiz.	PPC	Pérdidas de pretesado en el esquema compuesto (vigas + losa)
	Pérdidas de postensado	Vertical y Horiz.	PTS	Pérdidas de postensado en el esquema simple
		Vertical y Horiz.	PTC	Pérdidas de postensado en el esquema compuesto
	Reología	Vertical y Horiz.	RT	Retracción
		Vertical y Horiz.	FL	Fluencia
Variables	Tráfico	Vertical	TRP	Tráfico de carretera en plataforma
		Vertical	TRF	Tráfico ferroviario
		Vertical	TRA	Tráfico en aceras
		Horizontal	FR	Frenado
		Horizontal	FC	Fuerza centrífuga
	Temperatura	Vertical	GT	Gradiente térmico
		Horizontal	TU	Aumento uniforme de temperatura
	Viento	Vertical	VIV	Viento vertical
Accidentales	Sísmicas	Vertical	SIV	Sismo vertical
		Horizontal	SIL	Sismo longitudinal
		Horizontal	SIT	Sismo transversal
	No sísmicas	Horizontal	IM	Impacto

Tabla 1-3: Acciones consideradas

NOTA: en la versión actual del programa solamente se consideran las acciones de componente vertical.

El programa considera automáticamente para la verificación de las comprobaciones de rotura el calendario constructivo analizando la reología del hormigón las fases de tesado y las pérdidas de pretesado.

CivilCAD3000 analiza el problema mediante el uso de tres modelos de barras bidimensionales, calculando las envolventes de esfuerzos para cada estado límite y dimensionando las armaduras. Los modelos generados son los siguientes:

- Modelo 1: cálculo de los esfuerzos en las vigas cuando están aisladas.
- Modelo 2: cálculo de los esfuerzos en las vigas en colaboración con la losa.
- Modelo 3: cálculo de los esfuerzos en la losa.

CivilCAD3000 obtiene como resultados finales los planos de geometría y planos de armaduras, las mediciones y las memorias de cálculo. Dentro de la memoria de cálculo, *CivilCAD3000* incluye un análisis de la estructura a través de la verificación de los diferentes estados límites considerados de acuerdo con las normativas seleccionadas.

2 ESTRUCTURA DEL MODULO

Al módulo de Tableros de vigas se accede al seleccionar la orden " *Proyecto – Tableros de vigas*" del menú principal del programa o bien pinchando el botón correspondiente de la Barra de Proyectos. Al hacerlo, se abre la ventana de proyecto que permite activar las órdenes de dicho módulo.

Estas órdenes están estructuradas según el siguiente esquema:

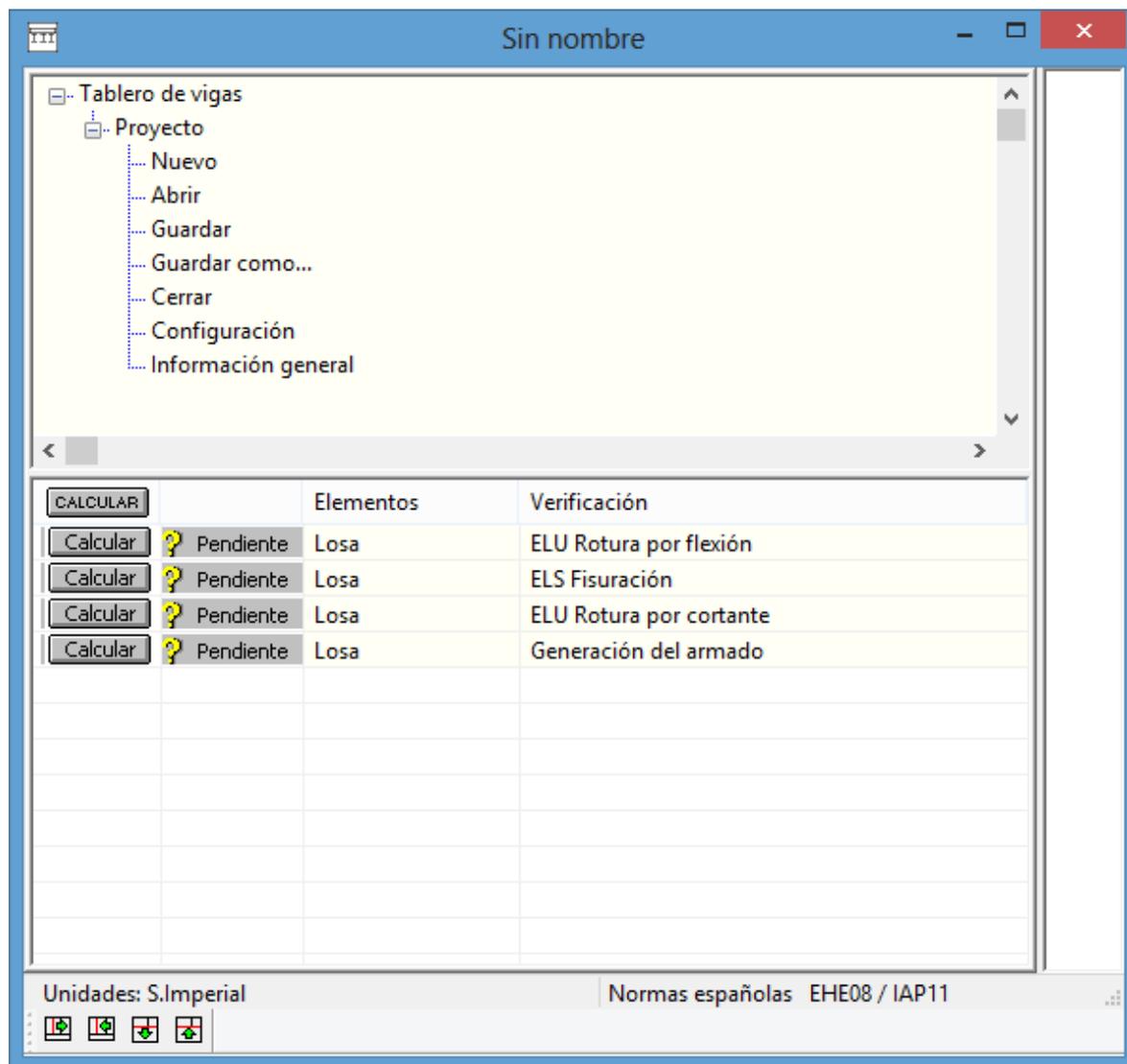


Figura 2-1: La ventana inicial del módulo de Tableros de vigas.

2.1 Ordenes de proyecto.

Las órdenes de proyecto permiten abrir, guardar o cerrar un proyecto o crear uno nuevo. La extensión de los archivos será del tipo "*.vig".

Cuando se genera un nuevo caso deben introducirse los datos correspondientes a las opciones *Configuración* e *Información general* según se expone en los siguientes apartados. Una vez introducidos estos datos se desplegarán las opciones de *Entrada*

(entrada de datos), *Análisis* (cálculo) y *Salida* (salida de resultados) según se muestra en la Figura 2.1-1.

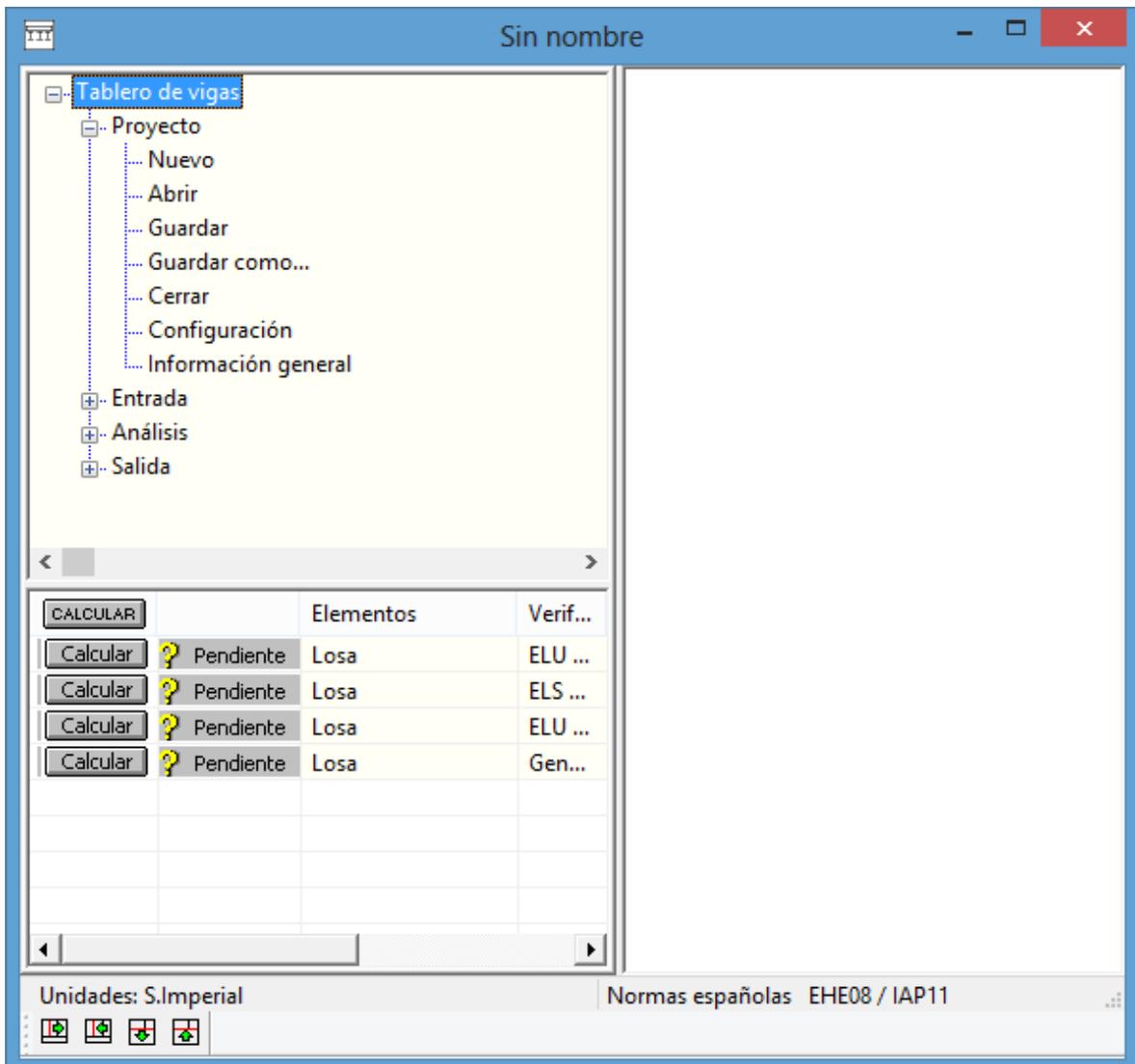


Figura 2.1-1: Menú principal una vez entrada la información general.

2.1.1 Orden *Nuevo*

Esta orden permite cerrar el caso que esté activo en ese momento y generar un nuevo caso. El programa preguntará si el usuario quiere guardar el caso que se estuviese ejecutando. En caso afirmativo se deberá entrar el nombre con el que se quiere guardar dicho caso. Los casos del Módulo de Tableros de vigas se guardan con la extensión '*.vig'.

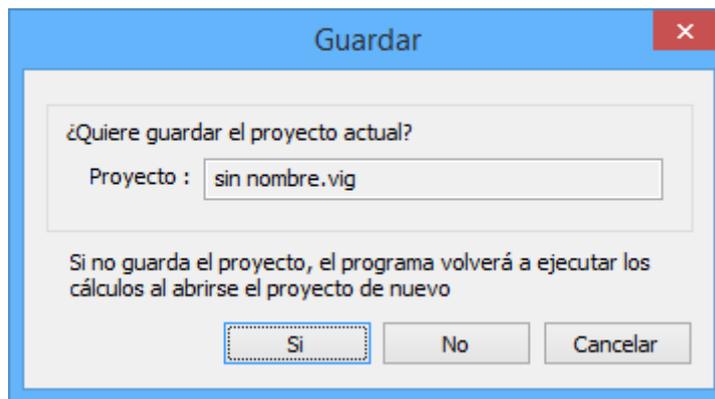


Figura 2.1.1-1: Ventana para guardar el caso activo.

Así mismo se debe introducir la ruta en la que se quiere guardar el caso.

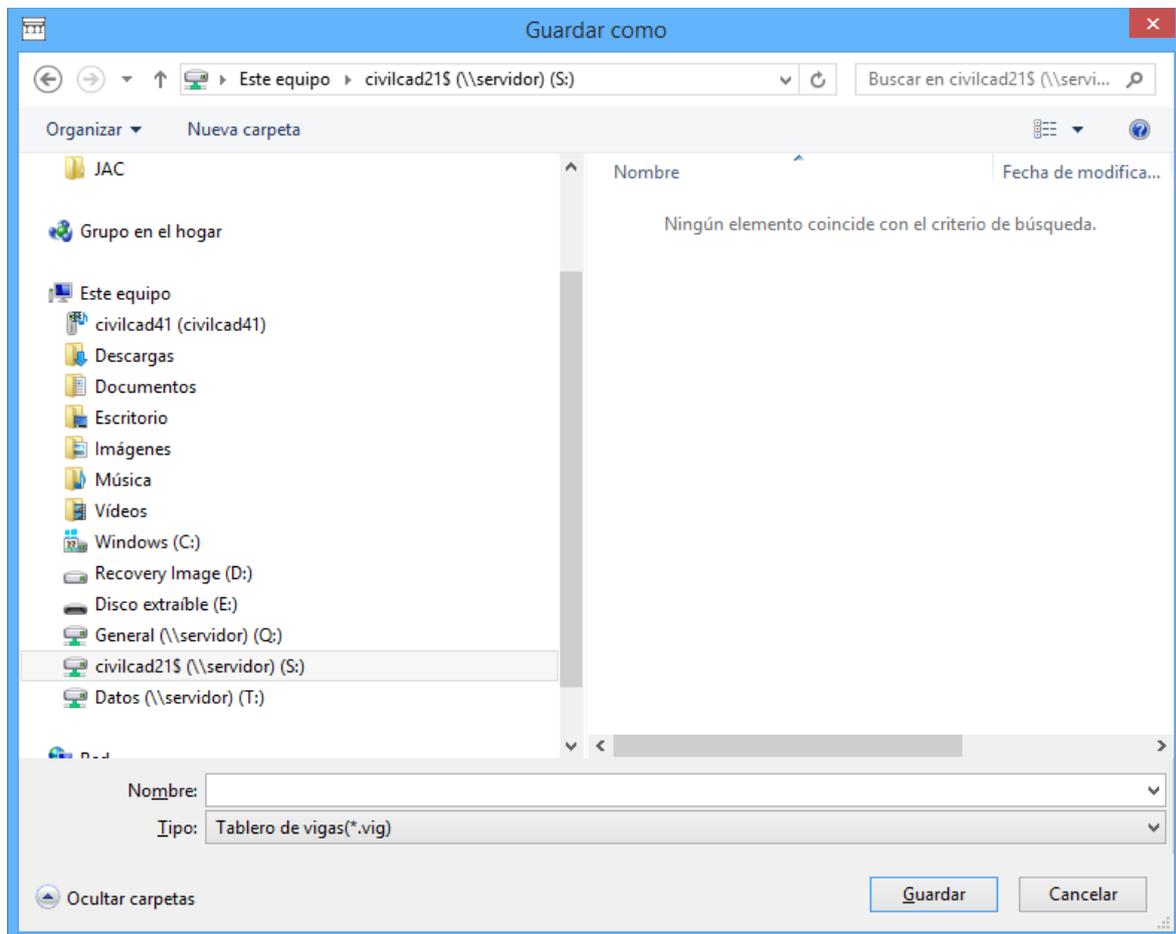


Figura 2.1.1-2: Ventana para definir la ruta en la que guardar el caso.

Una vez guardado el caso activo *CivilCAD3000* vuelve a la pantalla de inicio de Proyecto, en la que el usuario podrá entrar la información en las opciones de *Configuración* e *Información General* para generar un nuevo caso.

2.1.2 Orden *Abrir*

Con esta orden *CivilCAD3000* permite abrir casos guardados con anterioridad. Al seleccionar esta opción aparece la ventana que permite seleccionar la ruta y el caso que se desea abrir.

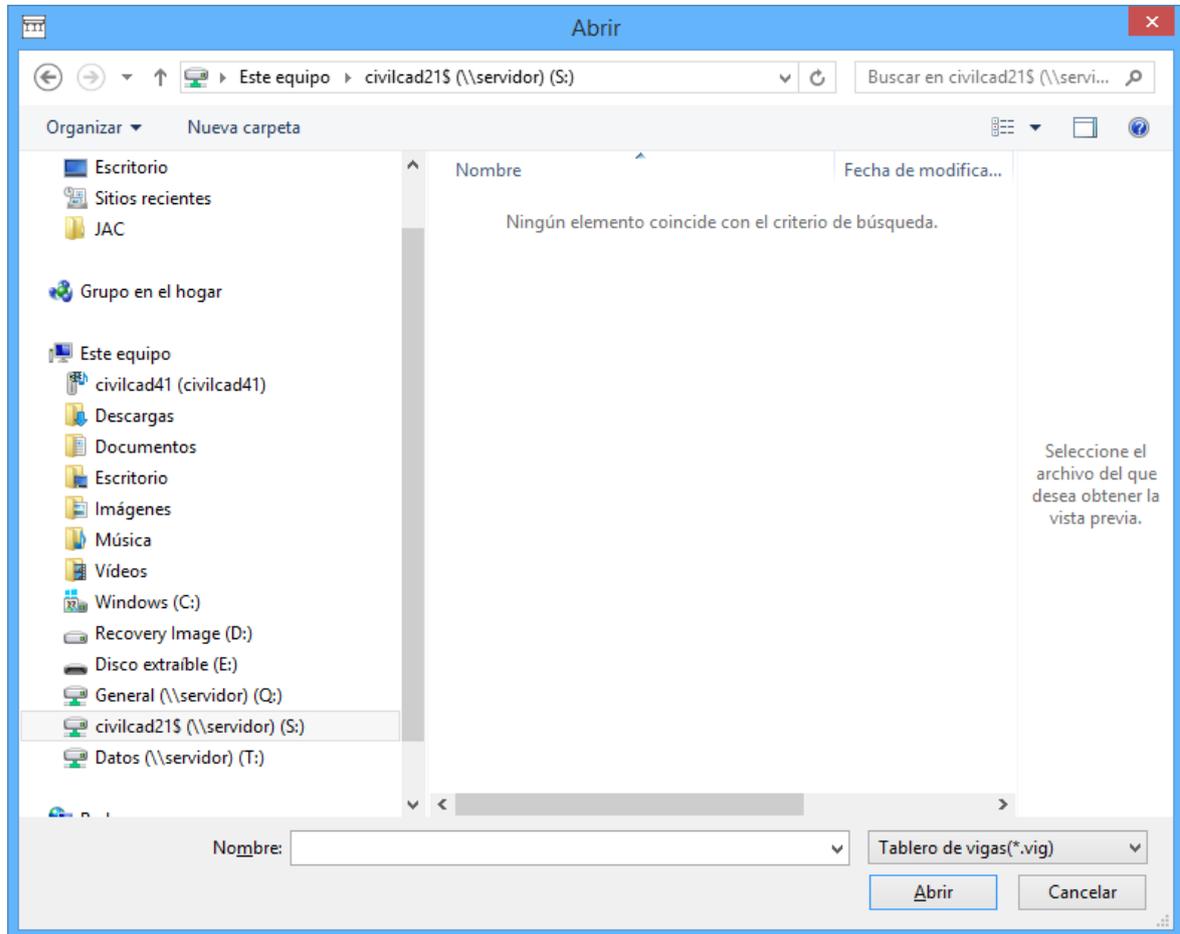


Figura 2.1.2-1: Ventana para seleccionar el caso que se desea abrir.

Cuando se selecciona la orden *Abrir*, *CivilCAD3000* pregunta si se desea guardar el caso que esté abierto en ese momento, antes de seleccionar el caso que se desea abrir.

2.1.3 Orden *Guardar*

Esta opción permite grabar el caso que se está ejecutando sin salir del mismo ni del programa. El caso se graba sobre el mismo archivo que se ha generado.

Es importante señalar que, como consecuencia de la gestión de archivos que *CivilCAD3000* desarrolla al calcular un tablero de vigas, **el usuario no debe proyectar más de un caso en un mismo directorio o carpeta de trabajo.**

2.1.4 Orden *Guardar como*

Esta opción permite grabar el caso que se está ejecutando con un nombre distinto al que se estaba utilizando. Para ello *CivilCAD3000* preguntará la ruta en la que se quiere guardar y el nombre del archivo.

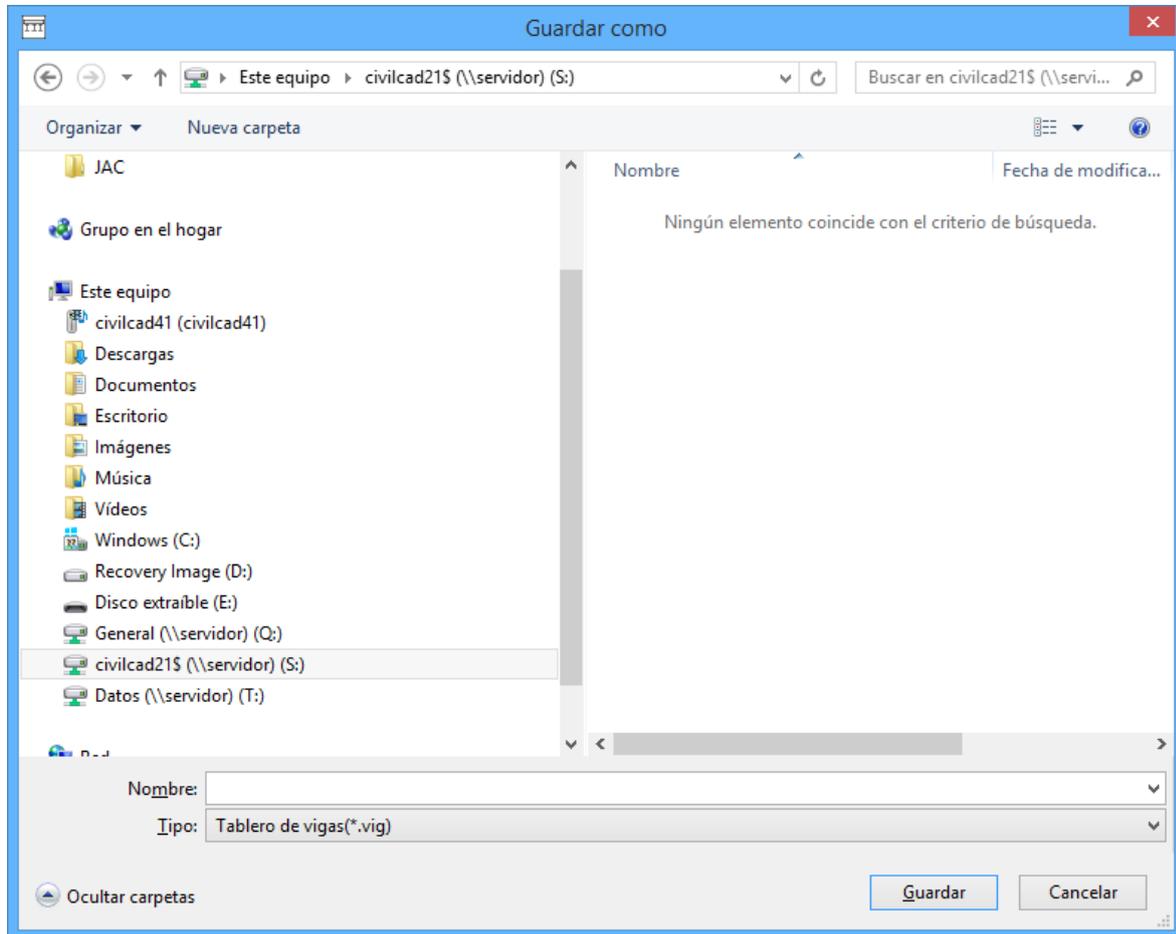


Figura 2.1.3-1: Ventana para guardar un caso con un nuevo nombre.

El caso guardado con el nuevo nombre pasará a ser el caso activo.

Es importante señalar que, como consecuencia de la gestión de archivos que *CivilCAD3000* desarrolla al calcular un tablero de vigas, **el usuario no debe proyectar más de un tablero de vigas en un mismo directorio o carpeta de trabajo.**

2.1.5 Orden *Cerrar*

Esta orden permite cerrar el caso que se esté ejecutando. Cuando se selecciona esta opción aparece en pantalla una ventana que pregunta si el usuario desea guardar el caso. En caso afirmativo se deberá introducir la ruta y el nombre del archivo con el que se quiere guardar el caso. En caso negativo se saldrá del Módulo de Tablero de vigas sin guardar el caso.

2.1.6 Orden *Configuración*

Esta orden permite configurar los criterios de cálculo en cuanto a sistema de unidades, normativas, despieces y bases de precios. En la Figura 2.1.6-1 se muestra la ventana correspondiente a esta orden.

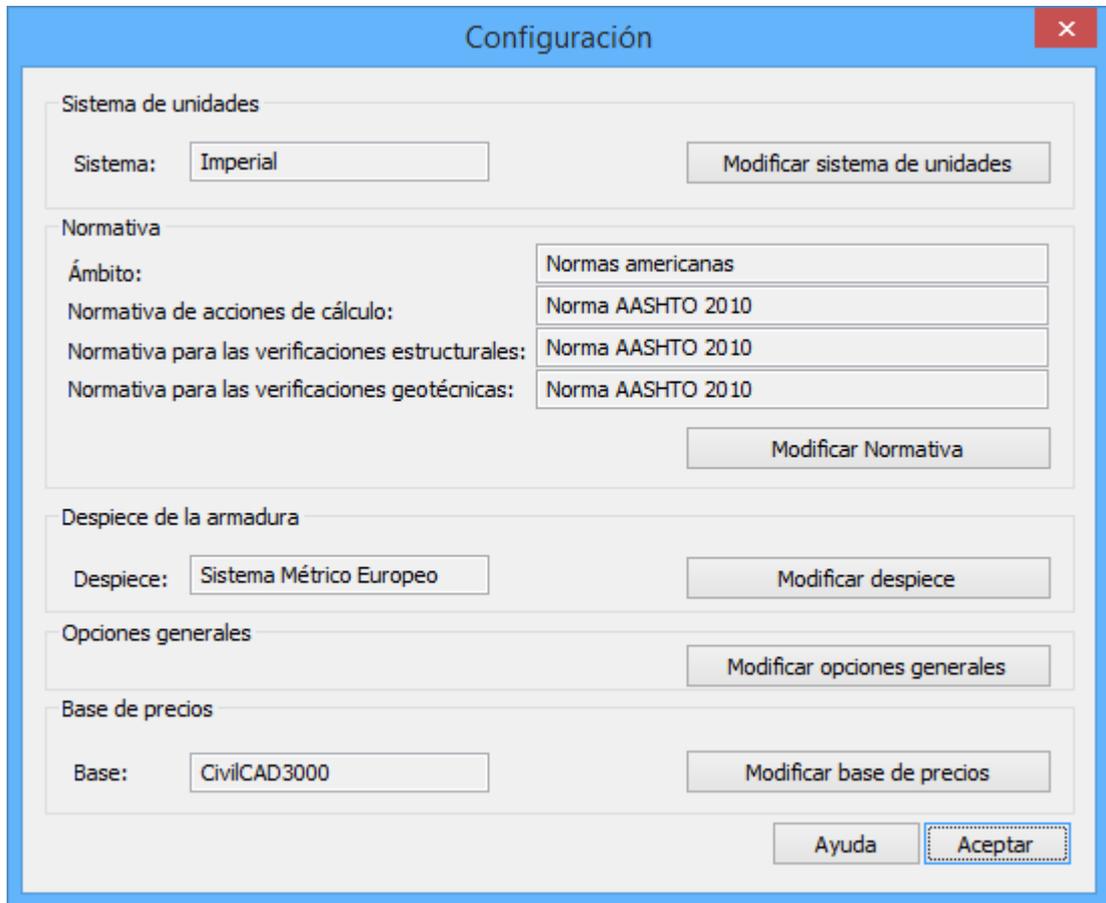


Figura 2.1.6-1: Ventana de la orden *Configuración*.

Por defecto aparecerán las opciones que estén activas en el Menú general de *CivilCAD3000*. No obstante el usuario podrá modificarlas con los botones ‘*Modificar sistema de unidades*’, ‘*Modificar normativa*’, ‘*Modificar despiece*’, ‘*Modificar opciones generales*’ y ‘*Modificar base de precios*’.

Estas opciones se podrán modificar únicamente antes de entrar en la ventana correspondiente a la opción *Información general*. Una vez introducida la información correspondiente a la Información general no será posible modificar ninguna de las opciones, ya que la información que se introduzca en los siguientes diálogos depende de las opciones que se hayan seleccionado.

Sistema de unidades

Al seleccionar la opción *Modificar sistema de unidades* aparecerá la ventana de la Figura 2.1.6-2, que permite seleccionar entre los siguientes sistemas de unidades:

- Sistema MKS (metro-kilogramo-segundo)
- Sistema Internacional (metro-Newton-segundo)
- Sistema imperial (pies-libras-segundo)

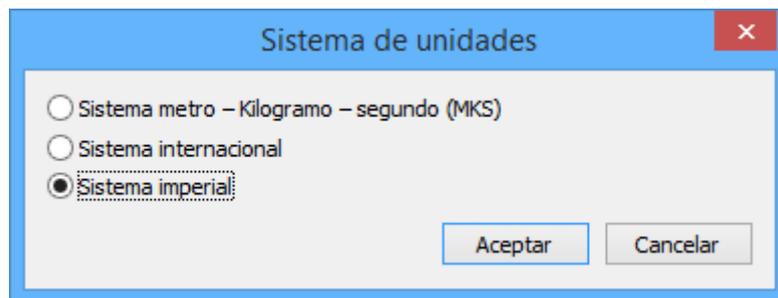


Figura 2.1.6-2: Selección del sistema de unidades.

Normativa

Con la opción Modificar Normativa *CivilCAD3000* permite seleccionar la normativa a utilizar en el cálculo en cuanto a acciones sobre la estructura, verificaciones estructurales y verificaciones geotécnicas.

CivilCAD3000 contempla las siguientes normativas:

- Normas españolas: Se consideran en este caso las normativas IAP11/IAPF07 para la definición de las acciones, la Instrucción EHE-08 para las verificaciones estructurales y la Guía de cimentaciones para las verificaciones geotécnicas.
- Normas europeas: Corresponde a los Eurocódigos. Concretamente al Eurocódigo EN-1991 y EN-1998 para las acciones de cálculo, el Eurocódigo EN-1992 para las verificaciones estructurales y el Eurocódigo EN-1997 para las verificaciones geotécnicas.
- Normas americanas: Se considera en este caso la norma *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* en su edición de 2010.

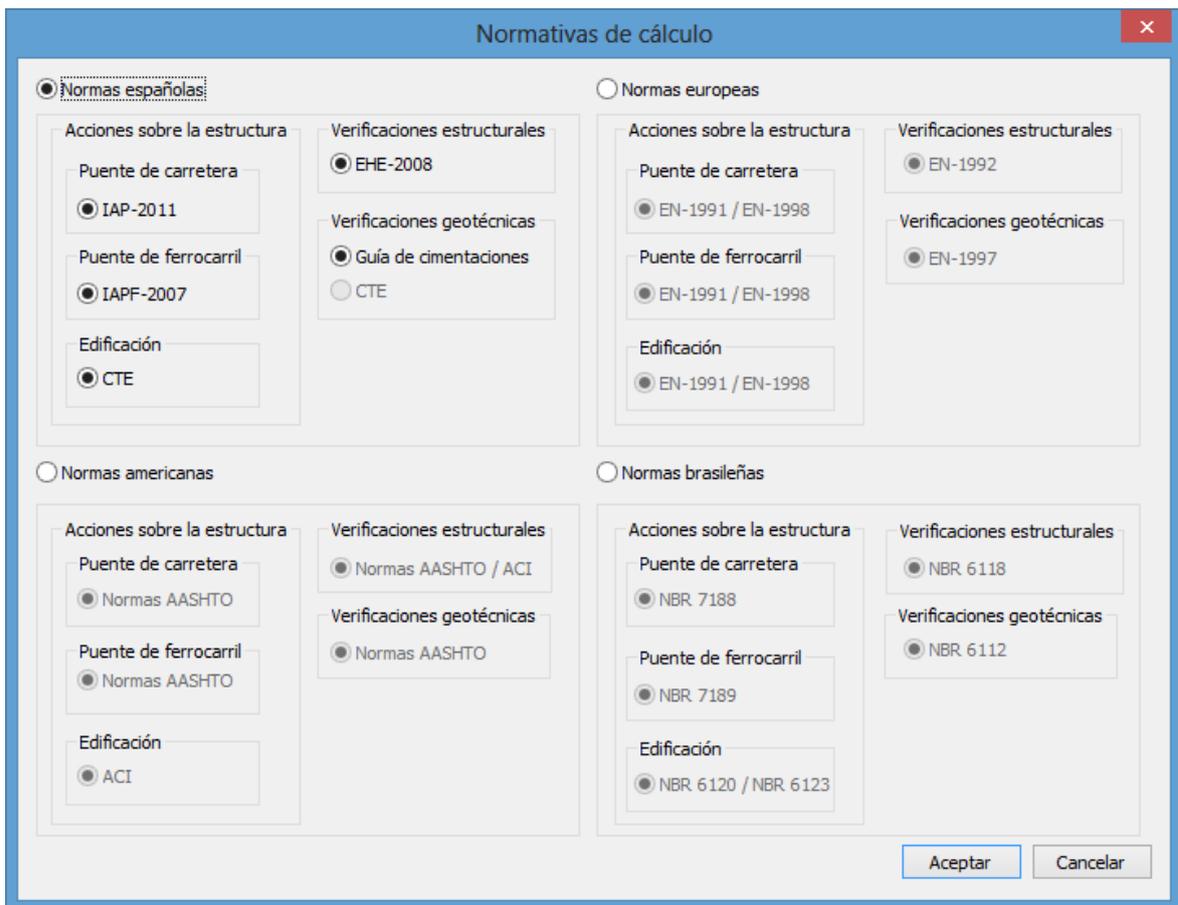


Figura 2.1.6-3: Selección de la normativa.

Despiece

La opción *Modificar despiece* permite seleccionar el despiece a utilizar en el cálculo del armado y en la generación de planos de armado. Un sistema de despiece define los diámetros de las barras de armado a utilizar, así como las distancias posibles entre barras de armado.

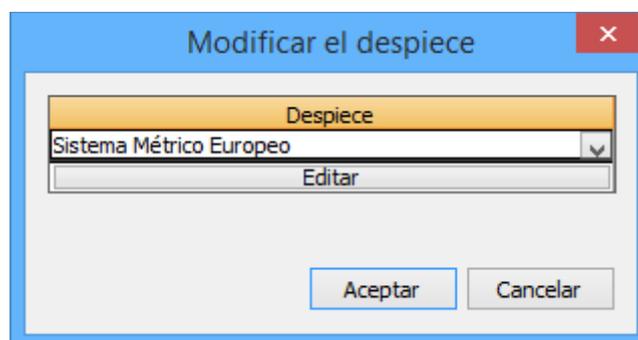


Figura 2.1.6-4: Selección del sistema de despiece.

CivilCAD3000 tiene definidos por defecto despieces que se especifican a continuación:

- Sistema Métrico Europeo.
- Sistema Soft métrico.
- Sistema Imperial Americano.
- Sistema Métrico Americano.

El usuario puede definir un despiece cualquiera en la opción *Biblioteca/Despieces*.

Desde la ventana de *Modificar el despiece*, se puede acceder a la definición del despiece con el botón *Editar*. En este caso aparecerá en pantalla la ventana de la Figura 2.1.6-5:

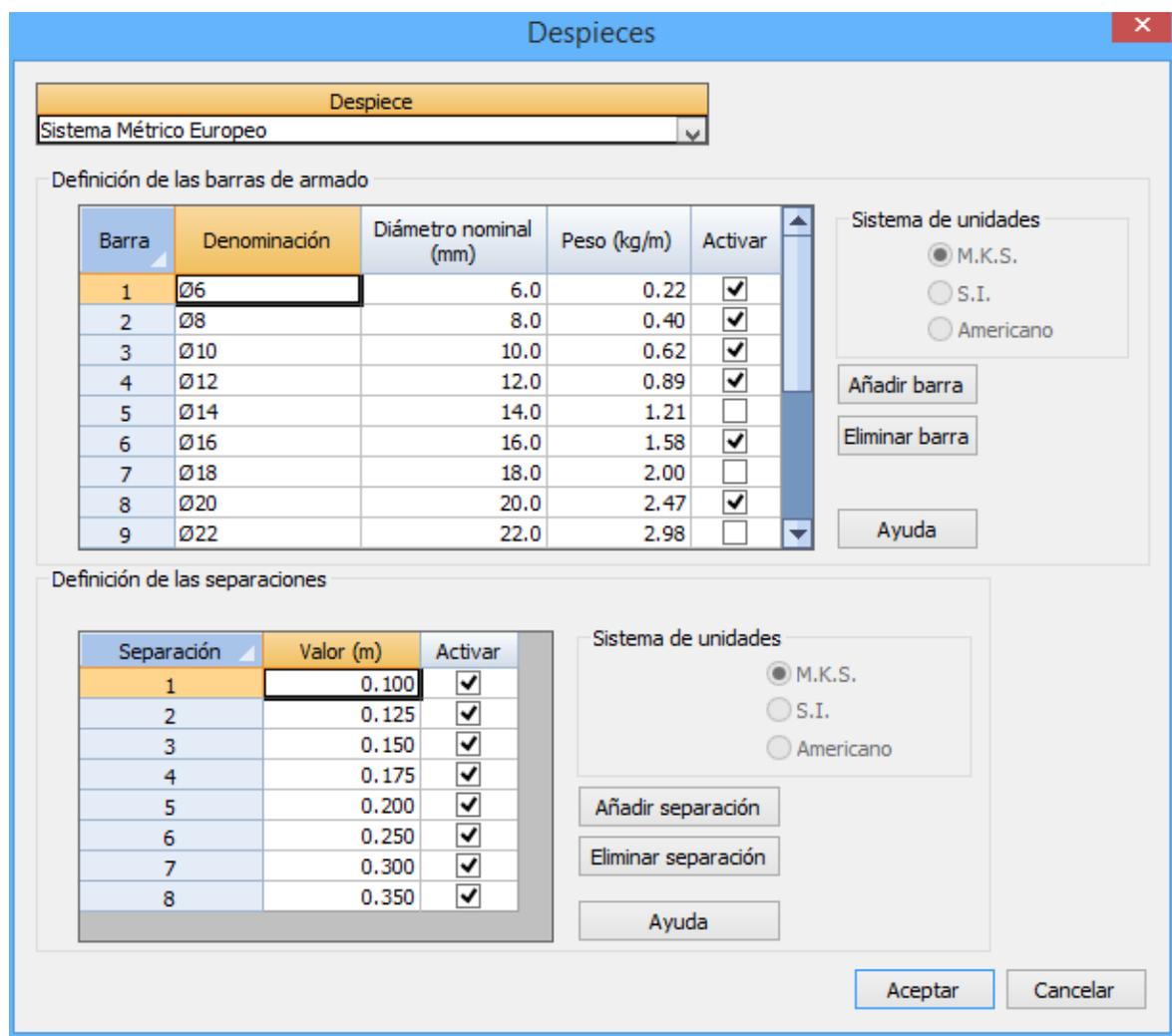


Figura 2.1.6-5: Edición del despiece de armado.

En esta ventana se puede modificar, definir o eliminar las barras a utilizar, modificar el diámetro y peso de las barras y definir las separaciones que se quieren considerar en la obtención del armado. Las modificaciones que se realicen solo afectarán al caso que se está ejecutando, no modificándose por tanto el despiece de la Biblioteca.

En la obtención del armado, *CivilCAD3000* solo utilizará aquellas barras y separaciones que estén activadas en el sistema de despiece que esté utilizando.

Opciones generales

Con la opción *Modificar opciones generales*, se permite modificar las opciones generales de funcionamiento del programa:

- Activar/desactivar la opción de generar archivos ASCII del cálculo matricial para cada tipo de carga.
- Activar/desactivar la opción de actualizar los resultados del cálculo cuando se modifique algún dato.
- Ocultar la barra de progreso del cálculo.
- Activar/desactivar la opción de guardar automáticamente los dibujos asociados al proyecto cuando se graba un caso.
- Activar/desactivar la señal acústica que alerta de errores detectados en la revisión de datos.

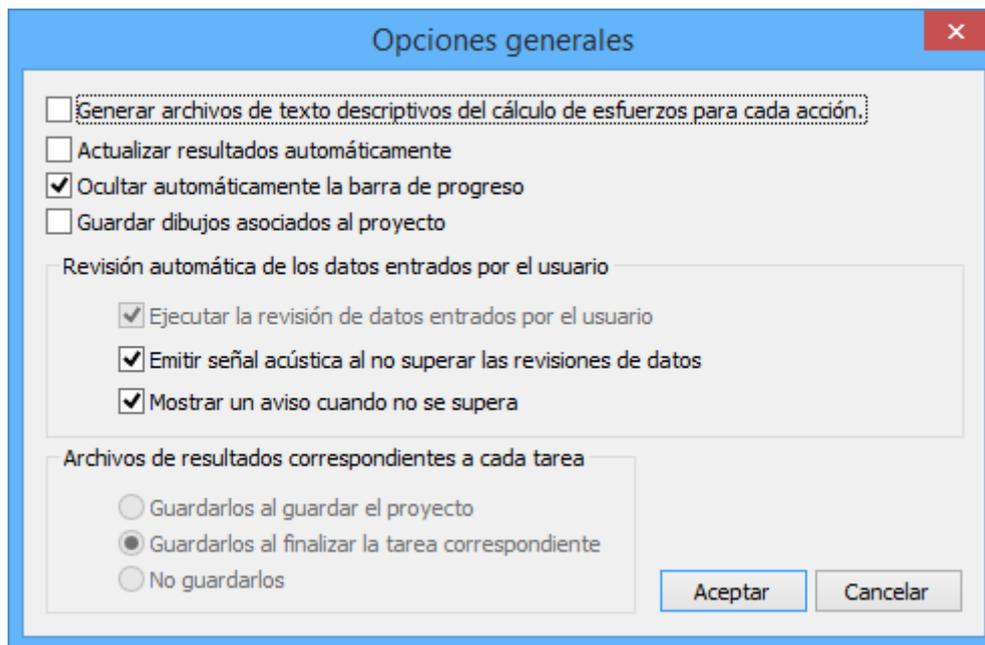


Figura 2.1.6-6: Ventana de Opciones generales.

Base de precios

Con la opción *Modificar base de precios*, se permite seleccionar la base de precios a utilizar para la obtención de las mediciones y el presupuesto, de entre las bases de precios existentes en la biblioteca de bases de precios del programa.

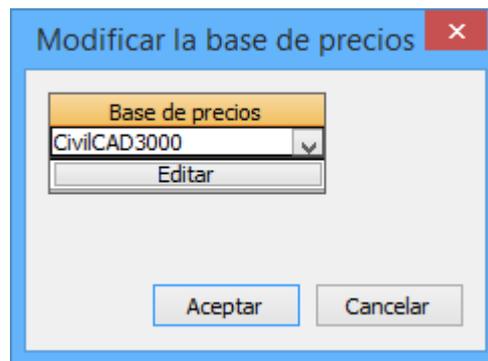


Figura 2.1.6-7: Ventana de selección de la base de precios.

Con la opción Editar se accede a la base de precios, pudiendo modificar los precios a utilizar. Los cambios realizados solo afectan al caso que se está ejecutando, no modificándose los precios en la base de precios de la biblioteca.

2.1.7 Orden *Información general*

La orden Información general permite acceder a la ventana de introducción de los datos de identificación del proyecto.

Dentro de este apartado se debe especificar lo siguiente:

- La identificación del proyecto: nombre del proyecto, nombre de la estructura, y nombre del elemento estructural.

El proyecto se identifica por el *Nombre del proyecto*, el *Nombre de la estructura* y el *Nombre del elemento estructural*. El usuario debe introducir estos nombres (cadena alfanumérica) que se reproducirán en los distintos listados de la salida de resultados. Cualquiera de los tres campos puede dejarse vacío.

- La vida útil de la estructura.
- El tipo de estructura: en la versión actual del programa se permite escoger entre:
 - Vigas pretensadas
 - Vigas postensadas
 - Vigas pretensadas y postensadas.

Para cada uno de los cables de postensado, CivilCAD3000 permitirá llevar a cabo tres operaciones posibles:

- Postensado en el parque de fabricación.
- Postensado en obra y en sección simple. (viga aislada).
- Postensado en obra y en sección compuesta. (viga compuesta).
- La funcionalidad de la estructura: en la versión actual del programa se permite escoger entre:

- Estructura de carretera.
 - Estructura de Ferrocarril. Puente de 1 vía.
 - Estructura de Ferrocarril. Puente de 2 vías.
- La clase de estructura : en la versión actual del programa se permite escoger entre:
- Tablero sin capa de tierras sobre la losa.
 - Tablero con capa de tierras sobre la losa.
- El nivel de ejecución: deberá definirse por separado para cada elemento de la estructura (tablero y vigas); la información a introducir depende de la normativa seleccionada.
- El ambiente / clase de exposición: deberá definirse por separado para cada elemento de la estructura (tablero y vigas); la información a introducir depende de la normativa seleccionada.

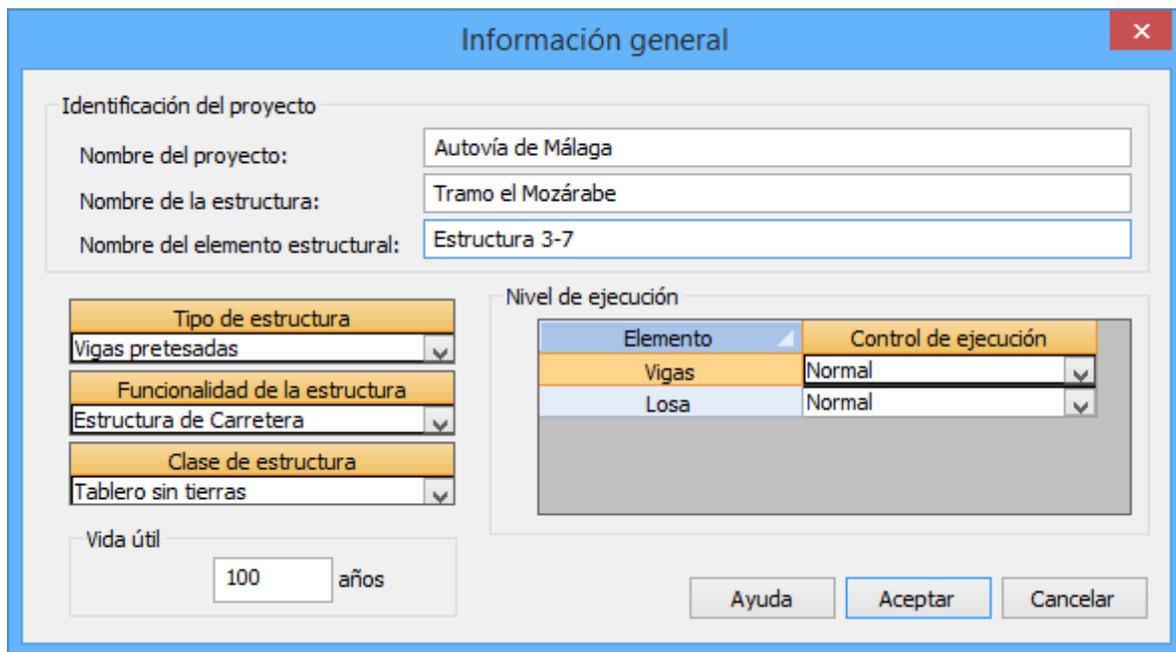
2.1.7.1 Normativa española

En la Figura 2.1.7.1-1 se muestra la ventana correspondiente a la orden Información general para el caso de que la normativa seleccionada sea la española.

En este caso, además de introducir la información relativa a la identificación del proyecto el usuario debe definir la vida útil de la estructura y el nivel de ejecución (definido en el artículo 92.3 de la EHE-08 en Normal o Intenso) para cada uno de los elementos estructurales que conforman la estructura, que son:

- Vigas.
- Tablero.

El nivel de ejecución y la vida útil intervienen en el cálculo del recubrimiento geométrico mínimo de las armaduras.



Información general

Identificación del proyecto

Nombre del proyecto: Autovía de Málaga

Nombre de la estructura: Tramo el Mozárabe

Nombre del elemento estructural: Estructura 3-7

Tipo de estructura: Vigas pretensadas

Funcionalidad de la estructura: Estructura de Carretera

Clase de estructura: Tablero sin tierras

Vida útil: 100 años

Nivel de ejecución

Elemento	Control de ejecución
Vigas	Normal
Losa	Normal

Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 2.1.7.1-1: Ventana de Información general para las normas españolas.

Por defecto *CivilCAD3000* propone una vida útil de 100 años, que es el valor definido en la normativa. Así mismo considera un nivel de ejecución normal al tratarse de una estructura ejecutada “in situ” de hormigón pretensado.

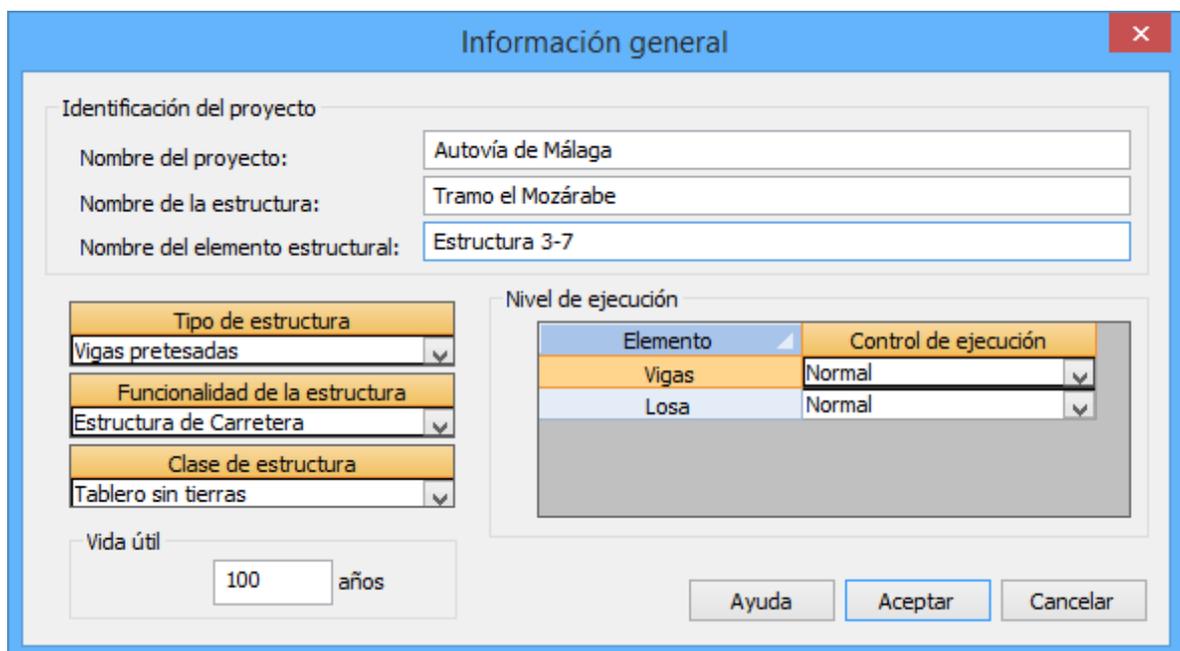
2.1.7.2 Normativa europea

En la Figura 2.1.7.2-1 se muestra la ventana correspondiente a la orden Información general para el caso de que la normativa seleccionada sea la europea.

En este caso, además de introducir la información relativa a la identificación del proyecto el usuario debe definir la vida útil de la estructura y el nivel de ejecución para cada uno de los elementos estructurales que conforman la estructura, que son:

- Vigas.
- Tablero.

El nivel de ejecución y la vida útil intervienen en el cálculo del recubrimiento geométrico mínimo de las armaduras.



Elemento	Control de ejecución
Vigas	Normal
Losa	Normal

Figura 2.1.7.2-1: Ventana de Información general para las normas europeas.

Los Eurocódigos no definen explícitamente los niveles de control, aunque sí se consideran en diferentes aspectos. *CivilCAD3000* define los siguientes niveles de control para los Eurocódigos:

- Bajo.
- Normal.
- Intenso.

Los niveles de control influyen en:

- Recubrimientos geométricos mínimos de las armaduras. En la definición del margen de recubrimiento. En el cálculo de los recubrimientos, los niveles de control definidos por *CivilCAD3000* corresponden a :

- *Nivel Bajo*: Cuando no corresponde a nivel normal ni intenso.
 - *Nivel Normal*: Fabricación sujeta a un nivel de aseguramiento de la calidad en el cual se incluyen mediciones de los recubrimientos.
 - *Nivel intenso*: Cuando puede asegurarse un control muy riguroso de la medición de recubrimientos y cuando las no conformidades son rechazadas (elementos prefabricados por ejemplo).
- *Definición de la Clase Estructural*. En el apartado 4.4.1.2 y en el Anejo E del EN-1992 se define la Clase estructural, la cual depende del nivel de control en la ejecución. *CivilCAD3000* asocia nivel Intenso a lo que el Eurocódigo define como ‘Control de Calidad Especial’.

Por defecto *CivilCAD3000* propone una vida útil de 100 años. Así mismo considera un nivel de ejecución normal al tratarse de una estructura in situ de hormigón armado.

2.1.7.3 Normativa americana (AASHTO)

Las normas americanas no requieren de la definición de la vida útil o del nivel de control en la ejecución, por lo que no es necesario introducir ninguna información adicional a la de identificación del proyecto.

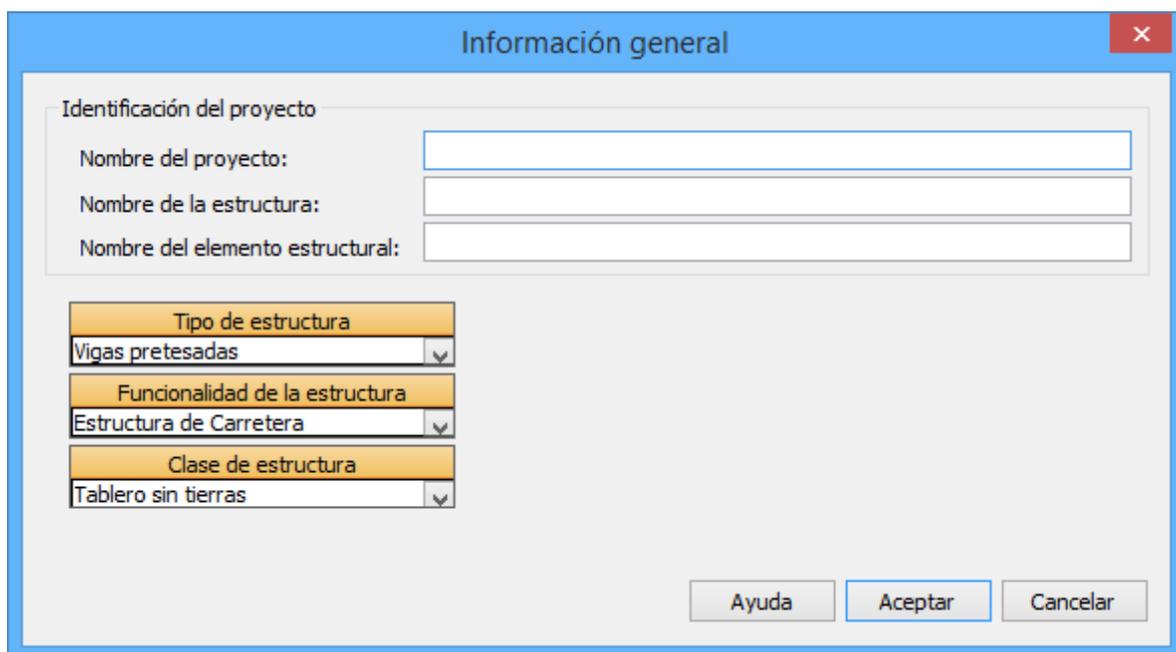


Figura 2.1.7.3-1: Ventana de Información general para las normas americanas.

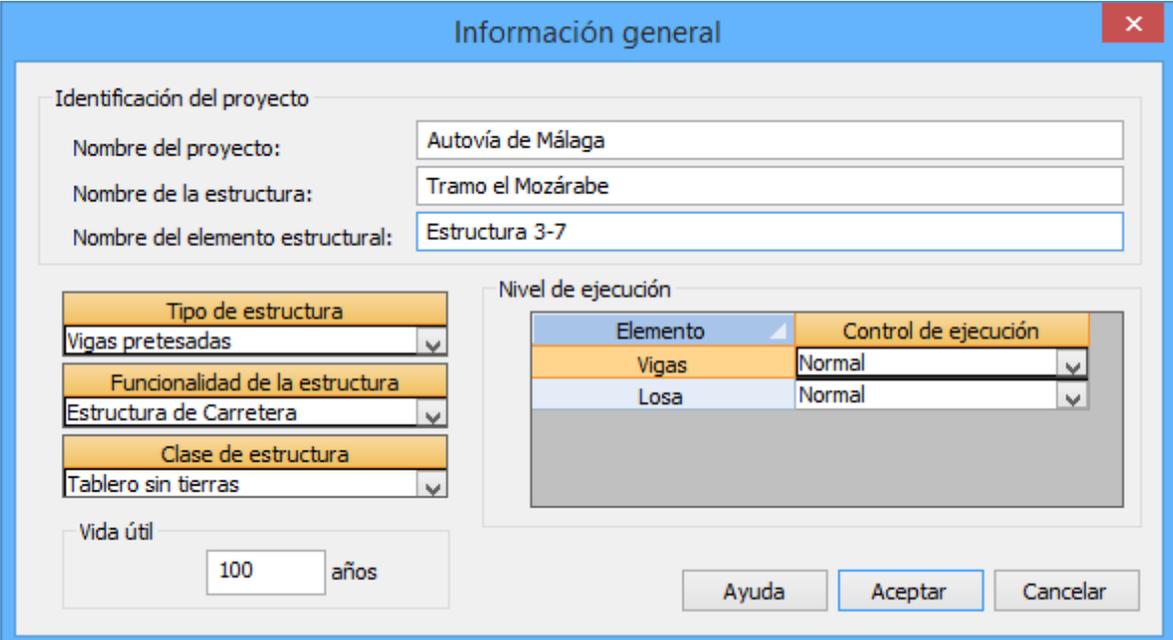
2.1.7.4 Normativa brasileña

En la Figura 2.1.7.4-1 se muestra la ventana correspondiente a la orden Información general para el caso de que la normativa seleccionada sea la brasileña.

En este caso, además de introducir la información relativa a la identificación del proyecto el usuario debe definir la vida útil de la estructura y el nivel de ejecución para cada uno de los elementos estructurales que conforman la estructura, que son:

- Vigas.
- Tablero.

El nivel de ejecución y la vida útil intervienen en el cálculo del recubrimiento geométrico mínimo de las armaduras.



Nivel de ejecución	
Elemento	Control de ejecución
Vigas	Normal
Losa	Normal

Figura 2.1.7.4-1: Ventana de Información general para las normas brasileñas.

Por defecto *CivilCAD3000* propone una vida útil de 100 años, que es el valor definido en la Instrucción IAP11. Así mismo considera un nivel de ejecución normal al tratarse de una estructura ejecutada “in situ” de hormigón pretensado.

2.2 Ordenes de *Entrada de datos*.

Se trata de la Entrada de datos para la definición geométrica del Tablero de vigas y para la definición de los parámetros que intervienen en el cálculo.

Estas órdenes permiten abrir y modificar los diálogos de definición del tablero de vigas, de los materiales y de las acciones sobre el mismo. Se explican en el apartado 3 de este documento.

2.3 Ordenes de *Análisis*.

Con esta opción se accede a los diálogos correspondientes al análisis de la estructura para cada uno de los cálculos a realizar (flexión, cortante, fisuración, etc.), permitiendo la consulta de los resultados obtenidos. Concretamente permite consultar y editar los cálculos siguientes:

- Obtención de los modelos de cálculo.
- Cálculo de las vigas.
- Cálculo de la losa.
- Generación del armado.
- Cálculo de la prueba de carga.
- Cálculo de reacciones.
- Mediciones.

Esta orden se explica en el apartado 4 de este documento.

2.4 Ordenes de *Salida*.

Permite acceder a las órdenes de obtención de resultados, como son la memoria de cálculo, el listado de mediciones, las figuras de definición geométrica de las vigas y los planos de armadura.

Esta orden se explica en el apartado 5 de este documento.

3 ENTRADA DE DATOS

Al seleccionar la orden Entrada se despliegan en el Menú Principal las opciones necesarias para poder introducir todos los datos que se requieren para el cálculo del tablero de vigas (ver Figura 3-1). Estas opciones son:

- Generación automática.
- Tablero.
- Vigas.
- Losa.
- Riostras.
- Materiales.
- Clases de exposición.
- Fisuración.
- Acciones.
- Calendario.
- Seguridad.
- Armadura.
- Prueba de carga.
- Configuración.
- Activación de cálculos.

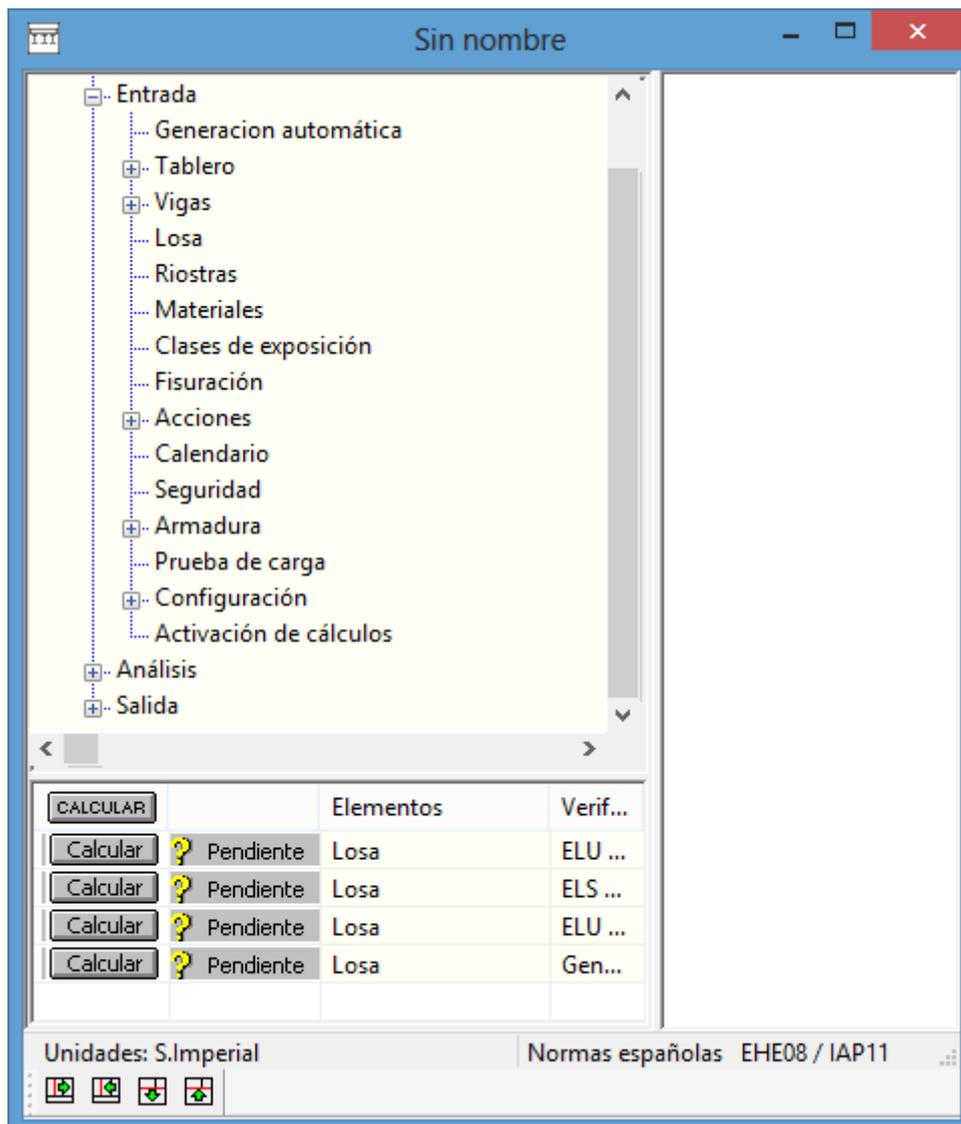


Figura 3-1: Opciones de la orden *Entrada* del Menú principal.

En los siguientes apartados se explica cada una de estas opciones.

3.1 Orden *Generación automática*

Para facilitar la entrada de datos del tablero de vigas en los casos más sencillos el programa propone este diálogo de generación automática en el que únicamente se pide definir:

- La losa: el espesor y las dimensiones de un cuadrilátero para definir la forma en planta del tablero (ver figura). Las dimensiones B_1 y B_2 están referidas a los puntos extremos de intersección de los ejes de apoyos del tablero con los contornos. La dimensión A es la distancia entre éstos en uno de sus contornos.
- Las vigas: se pide definir el número de vigas, la longitud de las culatas, la distancia de las vigas extremas a los extremos de la losa y la forma, tipo y sección de las vigas.

Al generar la posición de las vigas en planta, éstas pueden ubicarse en base a dos criterios:

- a) Distancias iguales entre apoyos de vigas adyacentes.
 - b) Ángulos iguales entre ejes de vigas adyacentes.
- Las riostras: pueden definirse riostras en los ejes de apoyos; asimismo puede definirse riostras entre los ejes de apoyos.

Las riostras entre ejes de apoyos se definirán según una orientación a entrar por el usuario, o bien seguirán la orientación de los ejes de apoyos.

Para cada riostra deberá determinarse el valor de su ancho y de su canto.

El programa guardará los valores de la generación automática que introduzca el usuario si se pulsa el botón "Aceptar", y mantendrá los anteriores si se pulsa "Cancelar". En el supuesto de optar por la orden "Generar puente", el programa valida los datos entrados en ese momento y procede a definir los ejes de apoyos del tablero, los ejes de las vigas y los contornos izquierdo y derecho de la losa.

Para completar la definición del puente faltará añadir otros datos, como las características de los materiales, cables de pretensado, armadura de la losa, calendario de ejecución del puente, etc. En consecuencia, una vez generado el puente el programa emitirá el aviso de "Entrada de datos incorrecta". Ello únicamente nos recuerda que nos falta entrar parte de los datos de definición del puente.

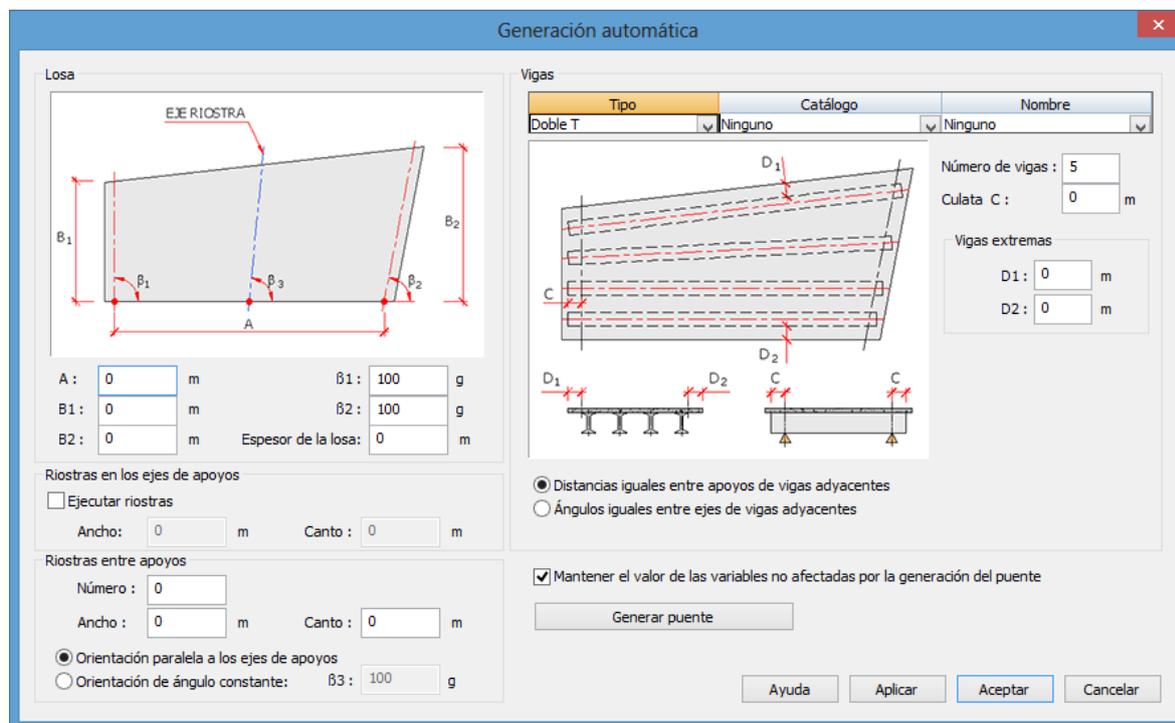


Figura 3.1-1: Cuadro de diálogo para la generación automática de los tableros de vigas.

El programa guarda en el archivo de proyecto los valores que se introduzcan en el diálogo de generación automática.

3.2 Órdenes del grupo *Tablero*

La definición del Tablero se realiza a través de los distintos diálogos de entrada de datos que pasamos a describir más adelante:

- Definición de los ejes de apoyos.
- Contornos del tablero.
- Ejes de las vigas.

3.2.1 Orden *Definición de los ejes de apoyos*

El usuario define en este diálogo las coordenadas de dos puntos cualesquiera para cada uno de los dos ejes en que se apoyarán las vigas del vano.

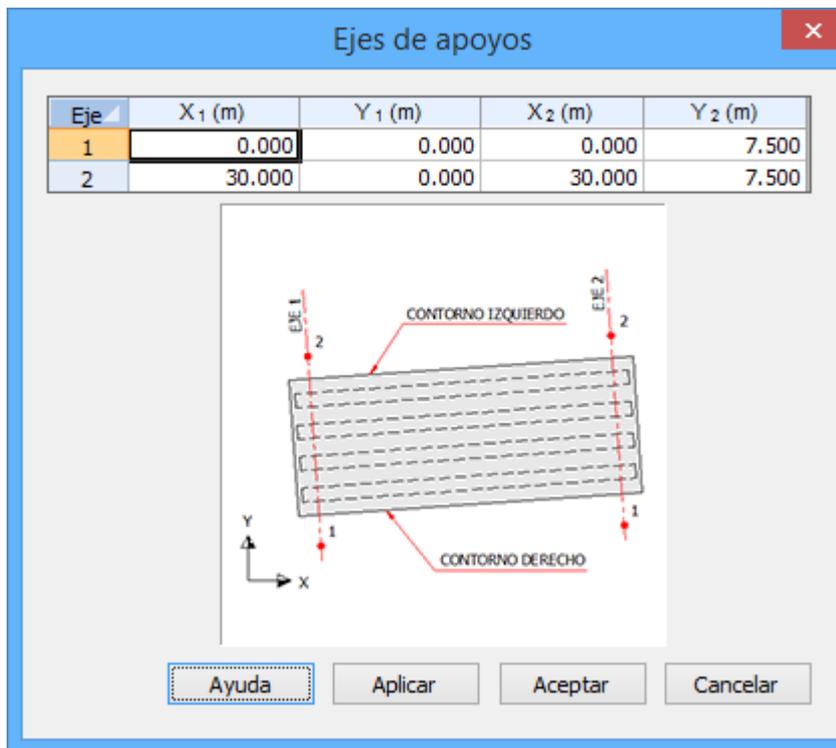


Figura 3.2.1-1: Diálogo para la definición de los ejes de las vigas.

Los puntos 1 y 2 son 2 puntos cualesquiera de la recta del eje de apoyos que tengan la orientación que se muestra en la figura: el punto 1 debe estar próximo al eje 1 de apoyos. El punto 2 debe estar próximo al eje 2 de apoyos.

3.2.2 Orden *Contornos del tablero*

En este diálogo el usuario debe definir las coordenadas de los puntos de las poligonales que constituyen los contornos izquierdo y derecho del tablero, tal como se indica en el esquema de la figura:

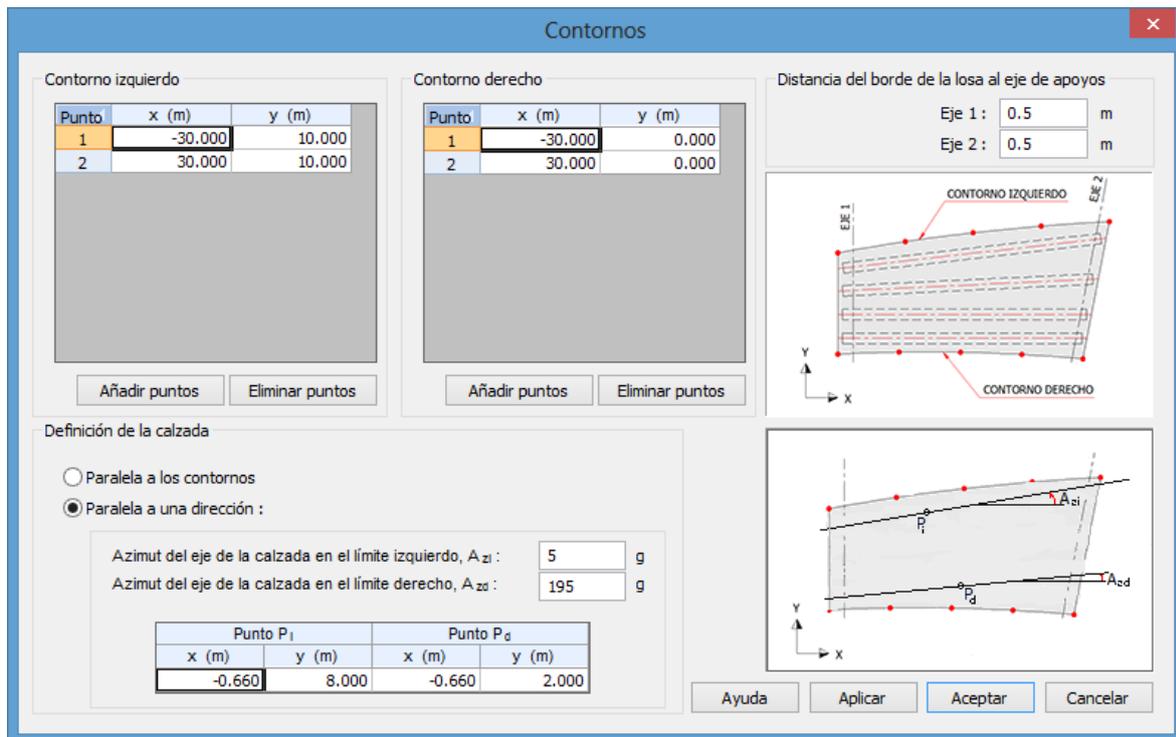


Figura 3.2.2-1: Diálogo para la definición de los contornos del tablero.

El usuario debe definir puntos de los contornos antes del eje inicial y después del eje final, más allá de los límites del puente.

Por otro lado, debe introducirse el valor de la distancia del borde de la losa a los ejes de apoyos.

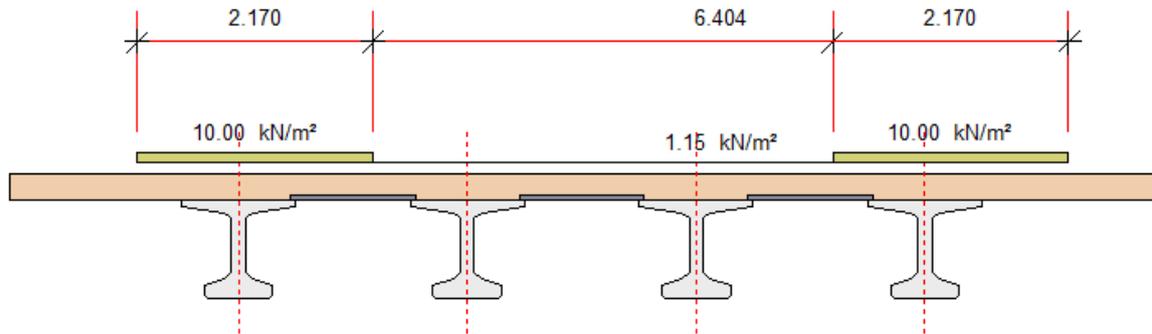
Definición de la calzada en el caso de puentes de carretera

Finalmente, es necesario definir la dirección de la calzada, cuando el puente sea para uso de tráfico de carretera. La calzada puede ser paralela a los contornos, o paralela a una dirección determinada por dos rectas que constituyen sus límites izquierdo y derecho.

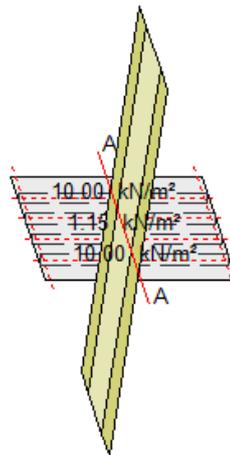
Todas las acciones permanentes y variables estarán definidas dentro de los límites de la calzada, a excepción de las cargas permanentes en banda, que podrán estar en cualquier ubicación.

La calzada puede caer fuera de los contornos izquierdo o derecho, ver figura:

Acciones permanentes
Sección transversal del tablero
Definición de la superestructura y del pavimento



Acciones permanentes
Planta del tablero
Definición de la superestructura y del pavimento



3.2.3 Orden Ejes de las vigas

El usuario debe definir la posición de los ejes de cada una de las vigas dando las coordenadas en planta x , y de dos puntos por los que pase cada eje. Es importante que el orden relativo de definición de las vigas respecto a los contornos derecho e izquierdo de la losa sea el mostrado en la figura 3.2.3-1. Los puntos 1 y 2 pueden ser dos puntos cualesquiera del eje de la viga que tengan la orientación que se muestra en la figura: el punto 1 debe estar más cerca del eje de apoyos 1 y el punto 2 debe estar más cerca del eje de apoyos 2.

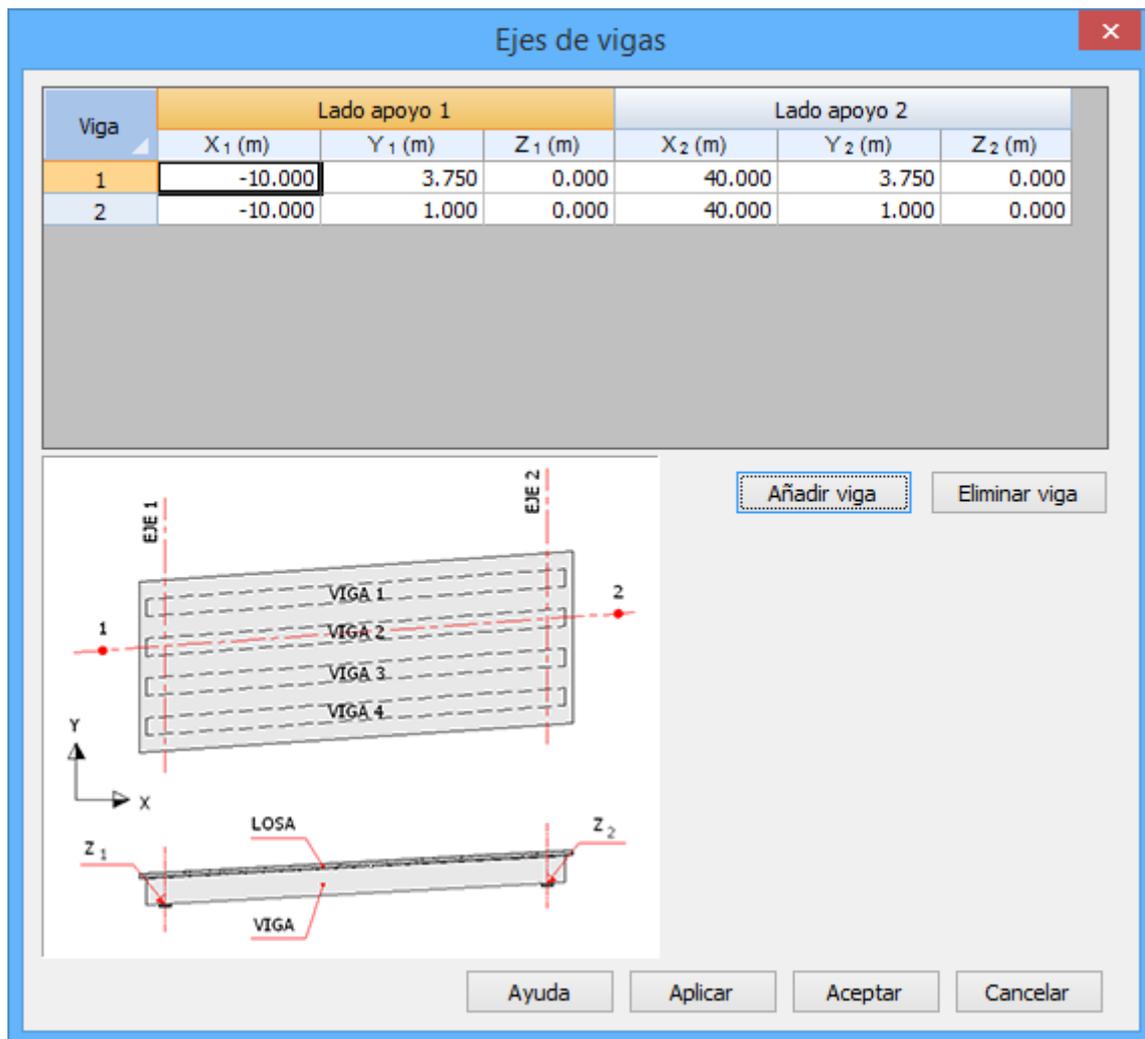


Figura 3.2.3-1: Diálogo para la definición de los ejes de las vigas.

Por otro lado, en el caso de haber definido una losa de espesor no constante el usuario deberá introducir para cada viga el valor de las cotas z_1 y z_2 , a saber, las cotas de la cara inferior de la viga en los puntos de intersección de los ejes de la viga con los ejes de apoyos. El canto de la losa (c_{losa}), en el caso de optar por una losa con canto variable, será un valor deducible, conocidos los siguientes valores:

- El canto de la viga (h_{viga}).
- La cota superior de la viga en cada punto ($z_{sup. losa}$).
- La cota inferior de la viga en cada punto ($z_{inf. viga}$).
- El recrecido de la losa (r_{losa}).

$$c_{losa} = z_{sup. losa} - z_{inf. viga} + h_{viga} + r_{losa}$$

3.3 Órdenes del grupo *Vigas*

La definición de las vigas se realiza a través de los distintos diálogos de entrada de datos que pasamos a describir a continuación:

- Definición de las secciones de las vigas.
- Definición de la geometría de las vigas en los apoyos.
- Definición del pretensado en las vigas (en caso de existir).
- Definición del postensado en las vigas (en caso de existir).

Previamente, no obstante, pasamos a describir la terminología empleada en relación con el pretensado / postensado.

Terminología empleada en relación con el pretensado

A continuación, se describen los términos empleados por el programa en relación con el pretensado.

A) Tipos de pretensado:

- Pretensado: los cables de pretensado se tesan antes del hormigonado de las vigas.
- Postensado: los cables de pretensado se tesan después del hormigonado de las vigas.

B) Tipos de armaduras:

De acuerdo con la clasificación anterior, nos referiremos a:

- Armaduras pretesas.
- Armaduras postensadas.

C) Tipos de productos suministrados.

Término	Descripción
Alambre	Producto de sección maciza, liso o grafilado, que normalmente se suministra en rollo.
Barra	Producto de sección maciza, que se suministra solamente en forma de elementos rectilíneos.
Cordón	Producto formado por un número de alambres arrollados helicoidalmente sobre un eje ideal común. Los cordones se caracterizan por: <ul style="list-style-type: none">- El número de alambres. (en general, los cordones están constituidos por 2,3 ó 7 alambres)- Un mismo diámetro nominal- El área de cálculo (a no confundir con el área que correspondería al diámetro nominal)

D) Descripción de las armaduras pretesas.

De acuerdo con las definiciones anteriores, las armaduras pretesas consisten en una serie de cordones separados horizontal y verticalmente.

Asimismo, conviene tener presente que cada uno de los cordones de pretensado puede presentar las particularidades siguientes:

- Una longitud de entubado en el extremo inicial de la viga.
- Una longitud de entubado en el extremo final de la viga.
- Un quiebro en el extremo inicial de la viga.
- Un quiebro en el extremo final de la viga.

E) Descripción de las armaduras postensadas.

Consideremos previamente las definiciones siguientes relativas a las armaduras postensadas:

Término	Descripción
Vaina	Cada uno de los conductos donde se alojarán las armaduras.
Tendón	Conjunto de cordones alojados dentro de una misma vaina.
Cable	Conjunto de tendones idénticos entre sí que comparten además un mismo alzado.

De acuerdo con los términos anteriores, las armaduras postensadas consisten en una serie de cables separados verticalmente.

3.3.1 Orden Secciones

Desde el diálogo actual, el usuario debe definir para cada viga el tipo de sección.

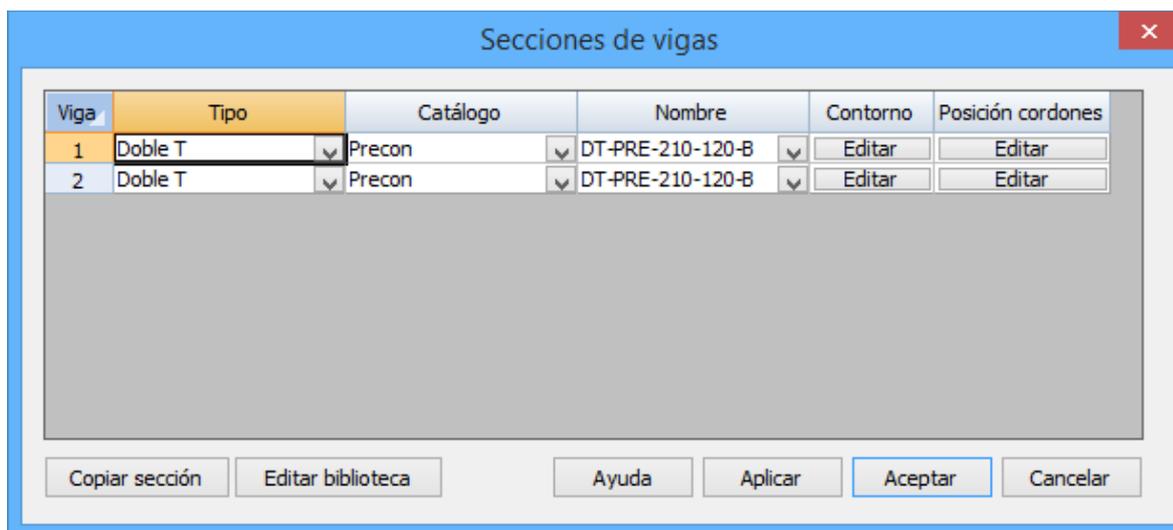


Figura 3.3.1-1: Diálogo para la definición de las secciones de las vigas.

Una sección queda definida por la siguiente información:

- Tipo de viga.
- Nombre del catálogo al que pertenece.

- Nombre de la sección.
- Contornos.
- Definición del número máximo de cordones de pretensado que puede disponerse en la sección.

Para definir la información anterior, puede procederse de una de las 2 maneras siguientes:

- Pulsando los botones *Contorno*, *Posición cordones*, (ver figura 3.3.1-1). Previamente debe haberse seleccionado un tipo de viga.
- Seleccionando una viga de la biblioteca de vigas. Para ello, debe seleccionarse un tipo de viga, un catálogo y un nombre.

La biblioteca de vigas puede ser igualmente consultada o editada a través del botón *Editar Biblioteca* (ver figura 3.3.1-1).

A continuación, se describe la información a introducir para cada sección de viga:

1) Tipos de vigas

En la versión actual del programa se admiten los siguientes tipos de sección:

- Rectangulares.
- Dobles T.
- Dobles T complejas.
- Simple T

2) Definición del contorno de la sección de la viga

Esta información se introduce desde el siguiente cuadro de diálogo:

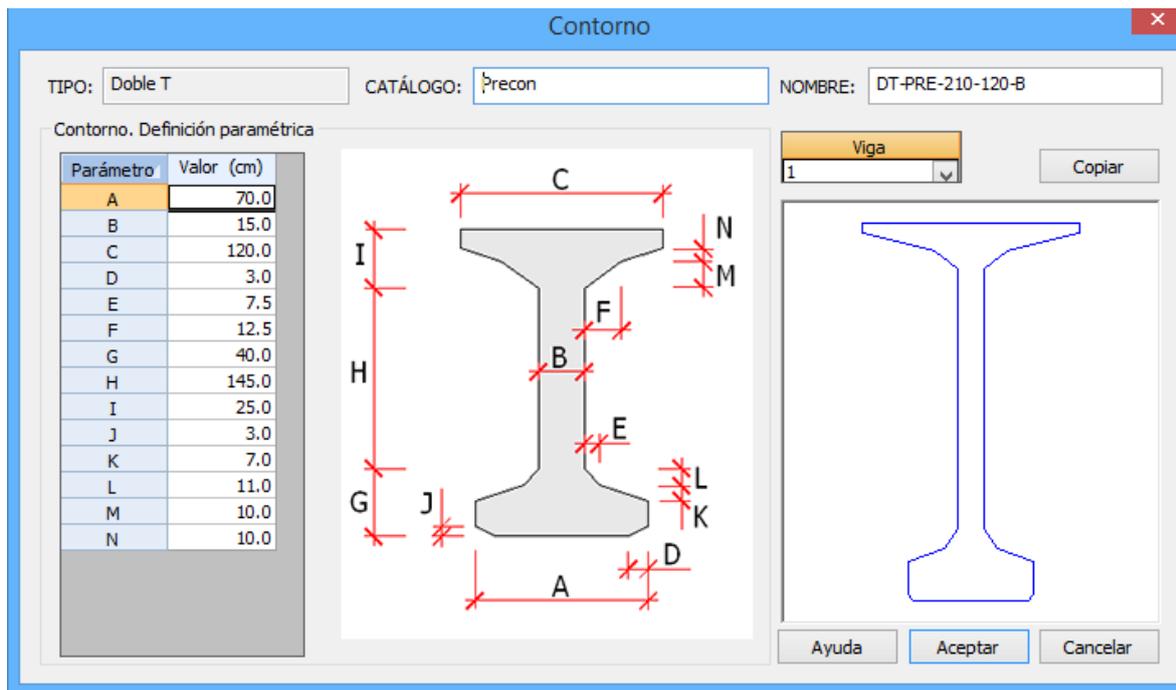


Figura 3.3.1-2: Diálogo para la edición de las secciones.

En este diálogo, se puede editar

- a) Catálogo.
- b) Nombre de la sección.
- c) Definición de los contornos de cada viga.

La forma geométrica de la sección de la viga será constante a lo largo de su eje. En las figuras siguientes se ha representado la forma de cada una de las secciones tipo consideradas y los parámetros geométricos que sirven para definir las.

En la versión actual del programa se admiten los siguientes tipos de sección:

- Rectangulares.
- Dobles T.
- Dobles T complejas.

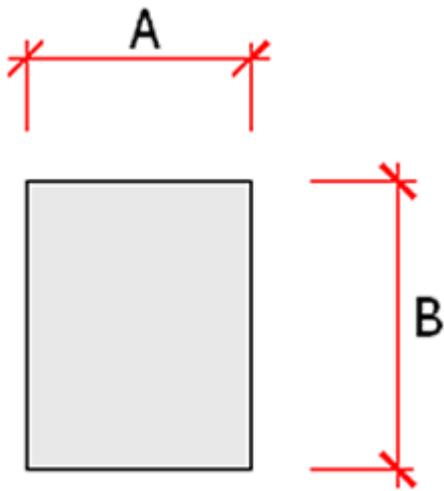


Figura 3.3.1-3: Definición geométrica de la sección rectangular..

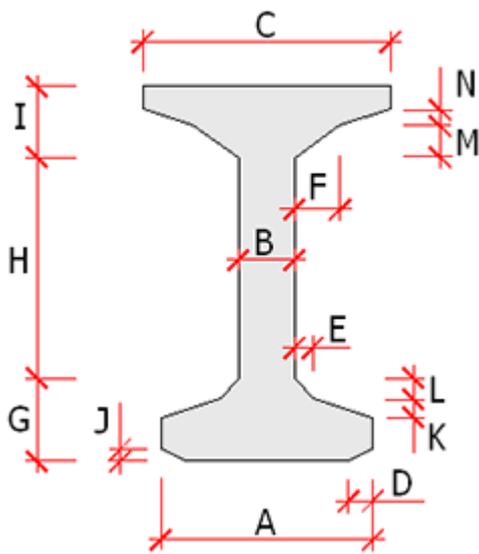


Figura 3.3.1-4: Definición geométrica de la sección Doble T.

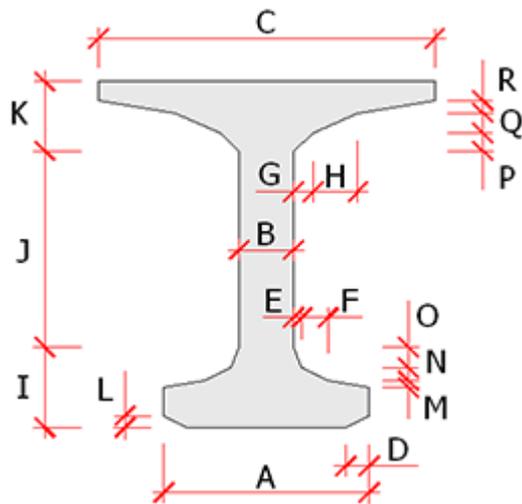


Figura 3.3.1-5: Definición geométrica de la sección Doble T compleja.

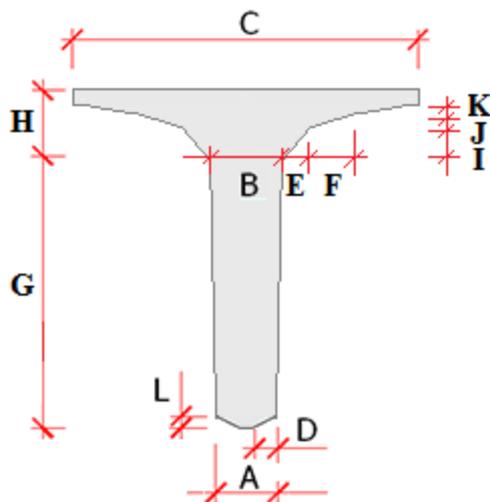


Figura 3.3-6: Definición geométrica de la sección en Simple T

2) Posición de los cordones

La información que se precisa introducir en este apartado corresponde al número máximo de cordones que puede admitir la sección. Esta información debe concretarse a través de una serie de filas de cordones. Para cada fila el usuario deberá definir:

- Distancia vertical de la fila de cordones a la fibra inferior de la viga.
- Número máximo de cordones que se dispondrá en la fila.
- La posición horizontal de los cordones. En este caso, debe introducirse para cada cordón de cada fila el valor de la distancia al eje vertical de la viga. Si los cordones están a la izquierda del eje, esta distancia se introducirá con valor negativo.

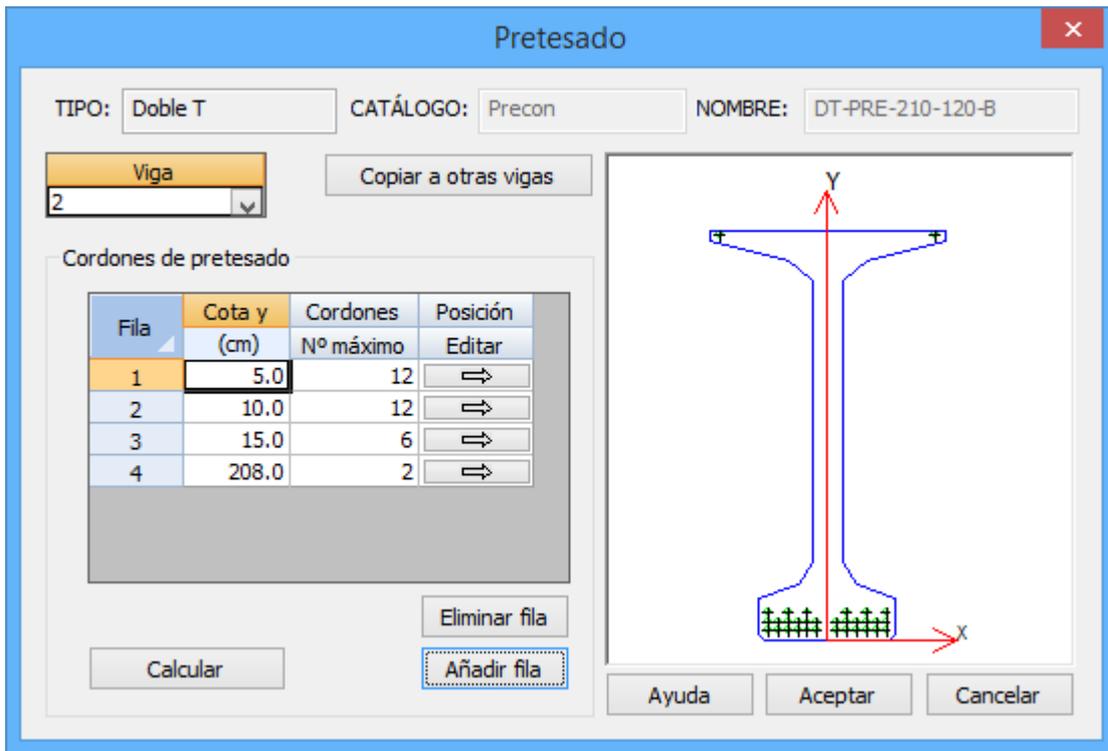


Figura 3.3.1-6: Definición de los cordones de pretesado.

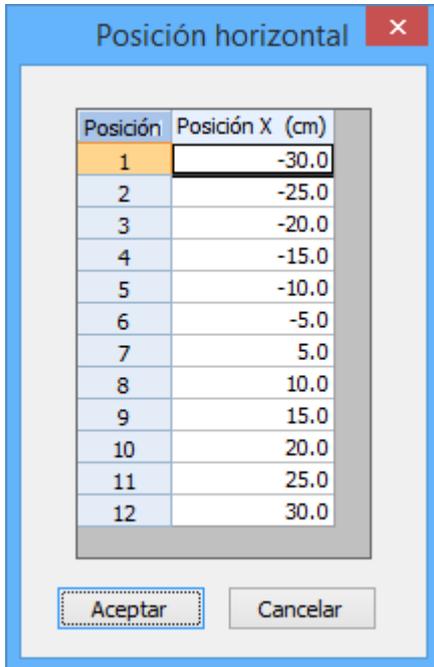


Figura 3.3.1-7: Diálogo para la definición de la posición horizontal de los cordones.

3.3.2 Orden *Geometría en apoyos*

En este apartado se pide la longitud de la culata de las vigas, esto es, la distancia del eje de apoyos al extremo de la viga.

Asimismo, en este diálogo se puede definir un recrecido del alma de las vigas en sus extremos en el caso de la sección en doble T. El usuario debe entrar para ello la longitud del tramo desde el extremo de la viga en que se recree el alma L_R , la longitud del tramo de transición entre la sección sin recreecer y la sección recrecida L_T y la anchura del alma recrecida B_R (ver figura 3.3.2-1).

También debe definirse la longitud del porexpán a disponer sobre las vigas en la zona de apoyos. En el tramo de sección con porexpán se supondrá que la viga no tiene sección colaborante en el cálculo de las mismas.

Finalmente, pueden definirse apoyos en media madera para cada una de las vigas.

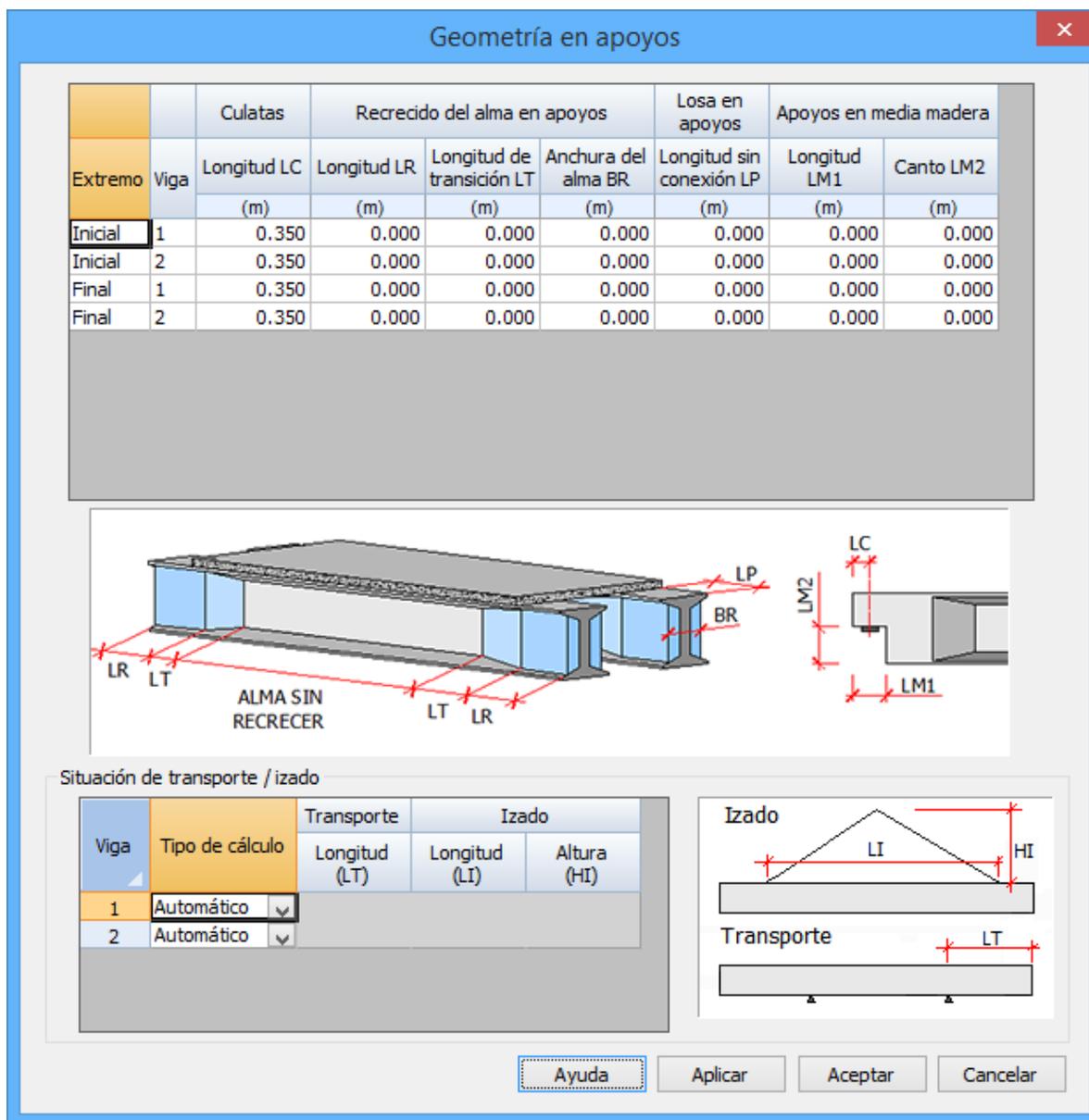


Figura 3.3.2-1: Diálogo para la definición de los apoyos de las vigas.

Asimismo, dentro de este diálogo puede configurarse la situación de transporte y de izado.

En la situación de transporte el programa considerará las acciones de peso propio y del pretensado/postensado, estudiándose la flexión negativa en los voladizos definidos por los puntos de apoyo sobre los que disponer las vigas. Tal como se explicará más adelante, el usuario puede definir un coeficiente de impacto para la consideración de los efectos dinámicos durante la operación de transporte. Este coeficiente afectará directamente a la acción y a los esfuerzos del peso propio de la viga.

En la situación de izado el programa considerará asimismo las acciones de peso propio y del pretensado/postensado, estudiándose la flexión negativa en los voladizos definidos por los puntos de elevación de las vigas. En esta situación no se considera el coeficiente de impacto, de aplicación solamente en la situación de transporte.

Existen dos posibilidades para la configuración del cálculo de la situación de transporte/izado:

a) Cálculo automático:

En este caso CivilCAD3000 analiza una serie de longitudes de vuelo, para las dos situaciones de izado y de transporte, con el objeto de determinar hasta dónde no es necesaria ninguna armadura de refuerzo para flexión negativa.

El programa considerará en el cálculo la presencia de todas las armaduras pasivas que haya definido el usuario en la orden *Entrada/Armadura/Opciones/Vigas*, así como de las armaduras activas.

b) Cálculo manual:

En este caso el usuario define la posición de los puntos de apoyos sobre los que descansa la viga en situación de transporte, así como la ubicación de los puntos de izado. CivilCAD3000 dimensiona entonces las armaduras de refuerzo necesarias para la verificación de las situaciones de transporte y de izado.

3.3.3 Orden *Pretensado*

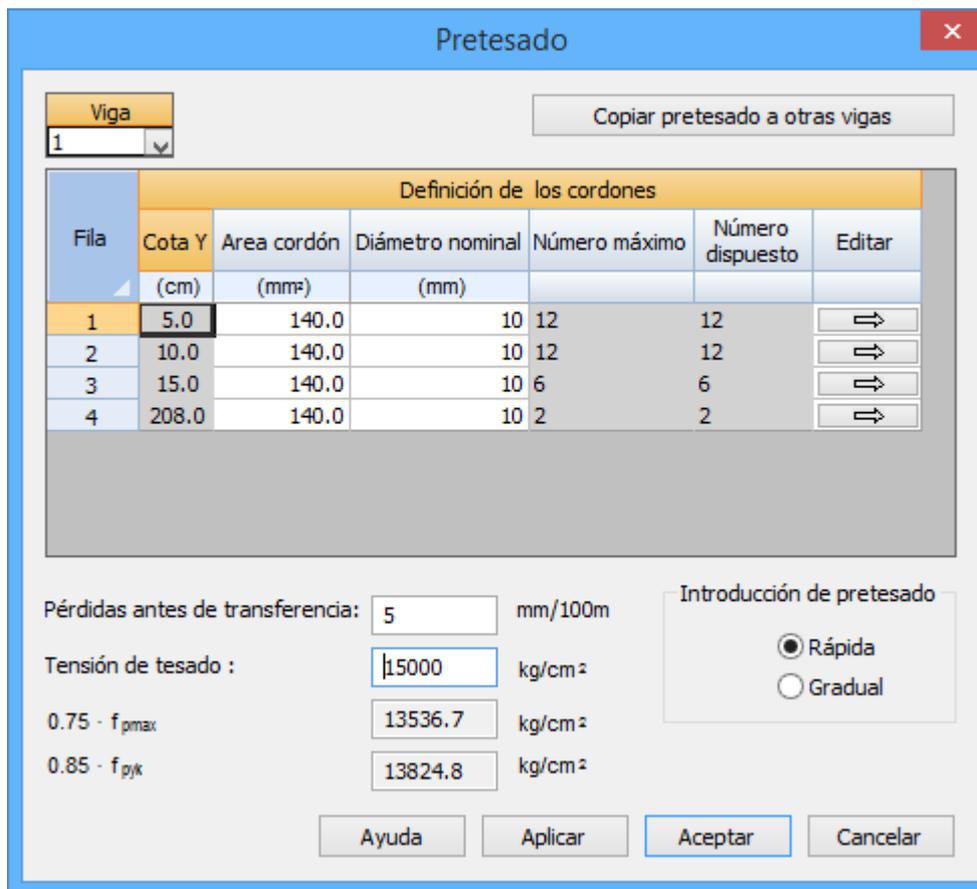


Figura 3.3.3-1: Diálogo para la definición de la armadura activa de pretesado.

El programa ofrece en este apartado la posibilidad de definir la armadura activa de pretesado a disponer en cada una de las vigas del tablero. Dicha armadura estará constituida por una serie de filas de cordones de pretesado. Cada fila será paralela al eje de la viga a lo largo de toda ella y se dispondrá a una distancia constante de la cara inferior de la viga.

Es importante recordar que en la definición de las secciones, ya se ha preestablecido para cada fila de cordones:

- La distancia del centro de la fila de cordones a la fibra inferior de la viga.
- El número máximo de cordones que se dispondrá en la fila.

Esta información puede modificarse en cualquier momento desde el diálogo de definición de las secciones de las vigas. De este modo, en el diálogo actual el usuario debe introducir la siguiente información:

- El área de la sección de acero de cada una de los cordones de la fila.
- El diámetro nominal en los cordones.
- El valor de la tensión de tesado que se aplicará a la totalidad de los cordones de pretesado de las vigas. Esta tensión será la correspondiente a la situación previa a la transferencia del pretesado a las vigas, es decir, sin incluir las pérdidas por acortamiento elástico que tengan lugar en la operación de entrada en carga del

pretesado sobre las vigas. El programa se encargará de evaluar automáticamente estas pérdidas.

- El valor de la penetración de cuña prevista durante la operación de tesado.
- El tipo de operación de pretesado prevista: gradual o rápida. La elección entre uno u otro caso repercute en la obtención del coeficiente α_1 en el cálculo de la longitud de transferencia del pretesado.
- El número total de cordones que se dispondrá en la fila. Para ello debe pulsarse el botón *Editar* correspondiente a cada fila de pretesado. Al hacerlo, se accede al diálogo para la edición de los cordones de pretesado con el aspecto siguiente:

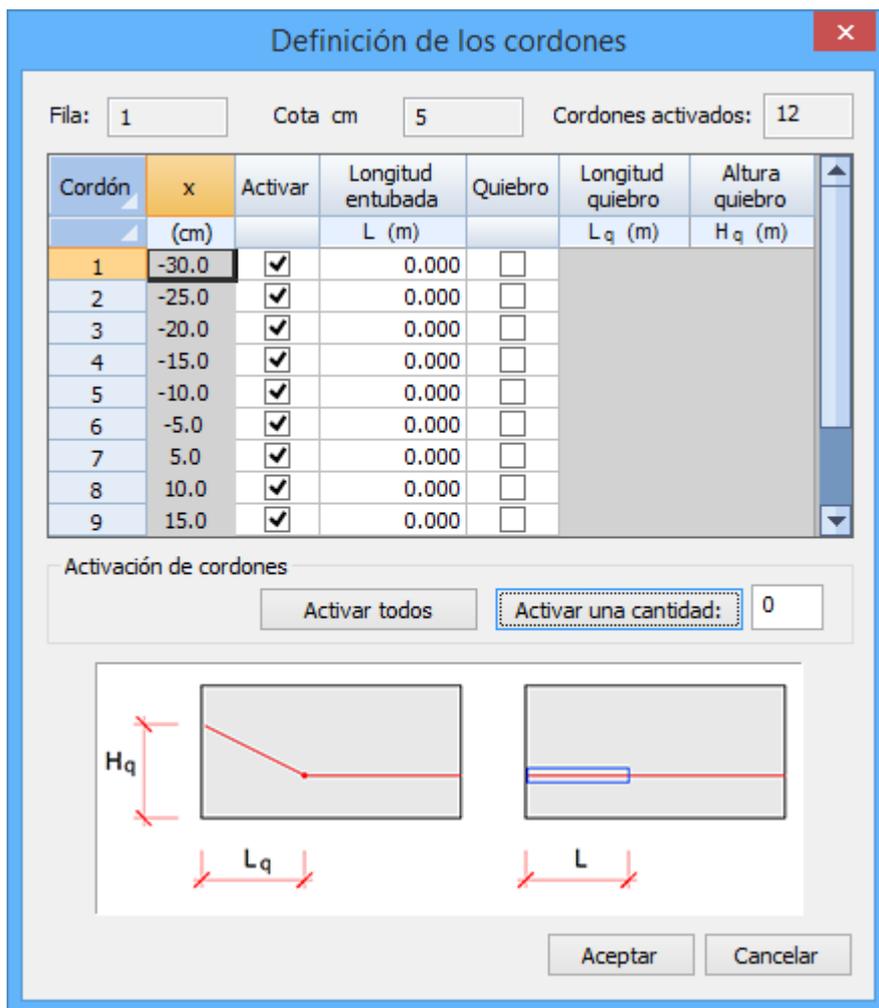


Figura 3.3.3-2: Diálogo para la definición de los cordones de pretesado.

En este diálogo, el usuario debe activar aquellos cordones que desee considerar en el cálculo. Existen adicionalmente dos utilidades, una para activarlos todos y otra para activar sólo una cantidad a especificar.

Para aquellos cordones activados, debe especificarse asimismo la información siguiente:

- Longitud del tramo inicial y final de los cordones en el que estarán entubados, es decir, en el que no estarán en contacto con el hormigón (m).

- Existencia o no de un quiebro en los cordones de pretensado.

Los cordones de pretensado con quiebros se definen de la misma forma que los cordones rectos, pero incorporan dos parámetros geométricos adicionales, que indican la forma del quiebro. Los parámetros de definición en alzado del quiebro de la fila de cordones (longitud de quiebro y la altura de quiebro) están representados en la figura 3.3.3-3:

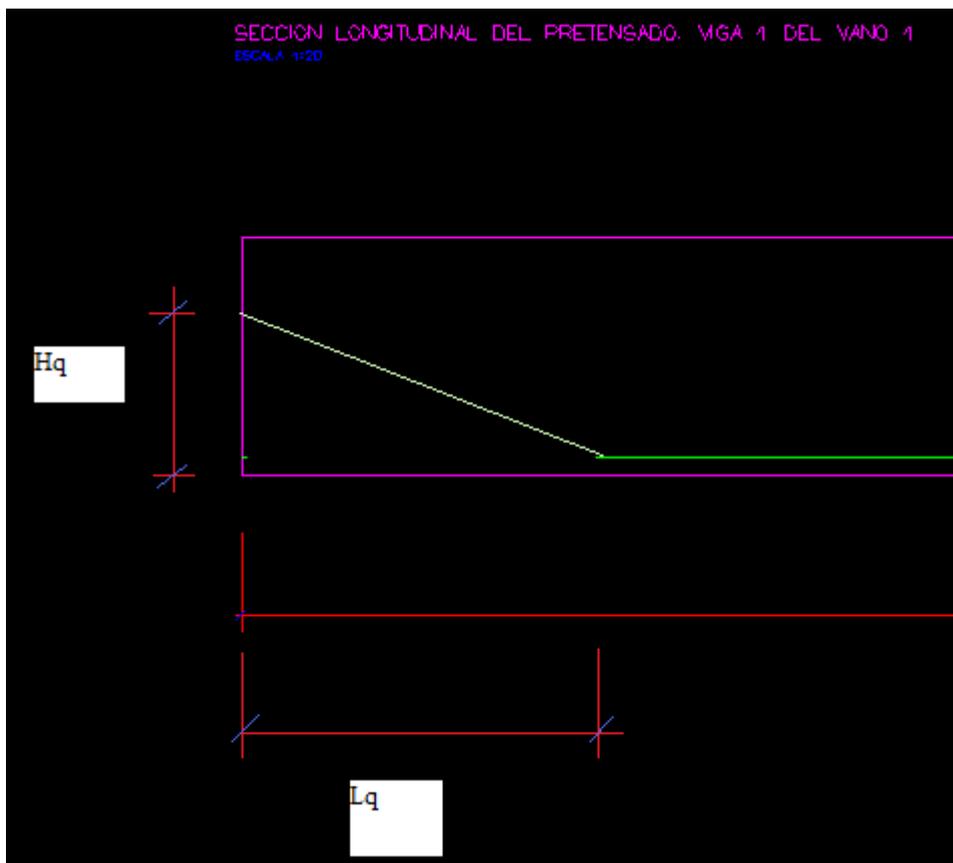


Figura 3.3.3-3: Parámetros para la definición de los cordones de pretensado.

No se puede definir simultáneamente un entubado y un quiebro en un mismo cordón de pretensado.

CivilCAD3000 ofrece la posibilidad de copiar la definición del pretensado de una viga concreta al resto de vigas del vano.

3.3.4 Orden *Postensado en las vigas*

El usuario puede definir la existencia de un postensado en cualquier viga del puente (conviene tener presente la terminología utilizada por el programa descrita en el apartado 3.3 de este Manual).

En cada viga el postensado está constituido por un número cualquiera de cables. Cada cable está formado por una serie de tendones que tienen el mismo recorrido en alzado a lo largo de la viga. El usuario debe definir para cada cable:

- El número de vainas o tendones de que consta el cable.
- El diámetro de las vainas de pretensado previstas.
- El valor de la sección de acero, suma de la contenida en todas las vainas del cable.

El usuario también debe dar valor a los siguientes parámetros:

- Coeficientes de rozamiento lineal (k) y angular (μ), a utilizar en el cálculo de pérdidas instantáneas.
- La penetración de cuña prevista para la operación de tesado.

Por otro lado, se deberá definir el trazado en alzado de cada uno de los cables previstos en cada viga (tal como muestra la figura 3.3.4-1).

En relación con los esfuerzos de tesado previstos en ambos extremos, el usuario debe entrar la siguiente información:

1) **Tesado A:** Tesado de las vigas en el parque de fabricación. Tesado en sección simple (sección de la viga aislada).

Esta operación es opcional. En caso de ser ejecutada debe introducirse la información siguiente:

- a) P_{inicial} : Esfuerzo de tesado a aplicar en el anclaje inicial del cable.
- b) P_{final} : Esfuerzo de tesado a aplicar en el anclaje final del cable.

2) **Tesado B:** Tesado de las vigas en obra. Tesado en sección simple.

Esta operación es opcional. En caso de ser ejecutada debe introducirse la información siguiente:

- a) P_{inicial} : Esfuerzo de tesado a aplicar en el anclaje inicial del cable.
- b) P_{final} : Esfuerzo de tesado a aplicar en el anclaje final del cable.

3) **Tesado C**: Tesado de las vigas en obra. Tesado en sección compuesta (sección conjunta vigas + losa).

Esta operación es opcional. En caso de ser ejecutada debe introducirse la información siguiente:

- a) $P_{inicial}$: Esfuerzo de tesado a aplicar en el anclaje inicial del cable.
- b) P_{final} : Esfuerzo de tesado a aplicar en el anclaje final del cable.

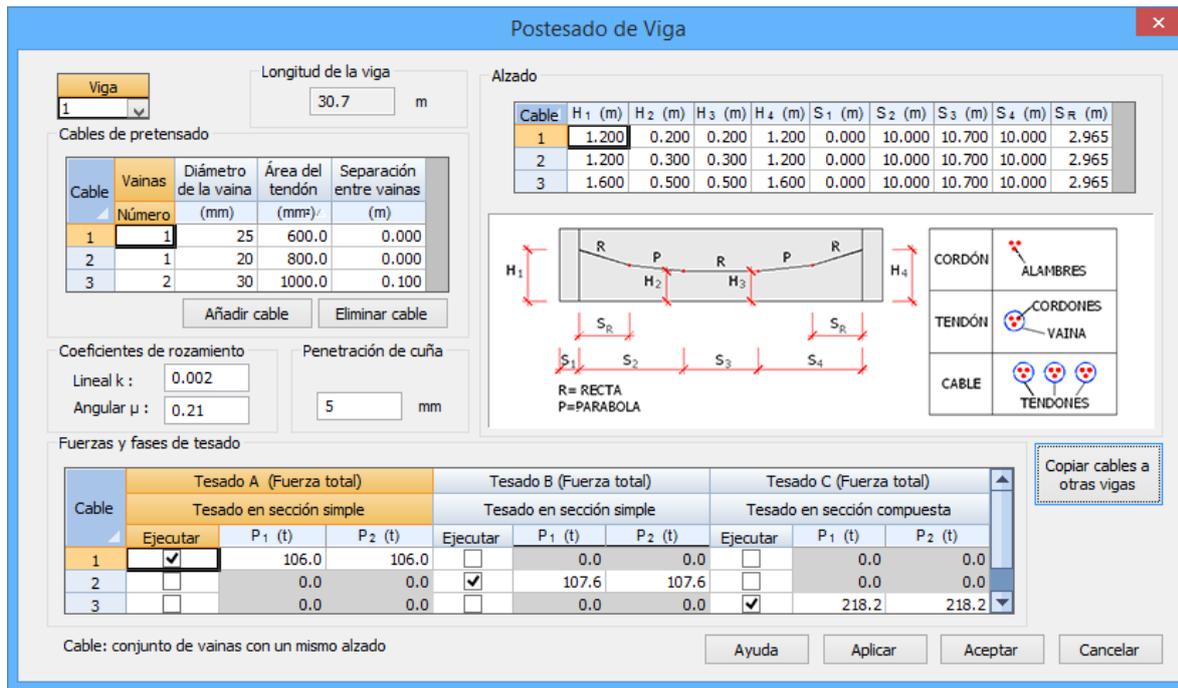


Figura 3.3.4-1: Diálogo para la definición del postesado en las vigas.

3.4 Orden *Losa*

El diálogo para la definición del espesor de la losa tiene el siguiente aspecto:

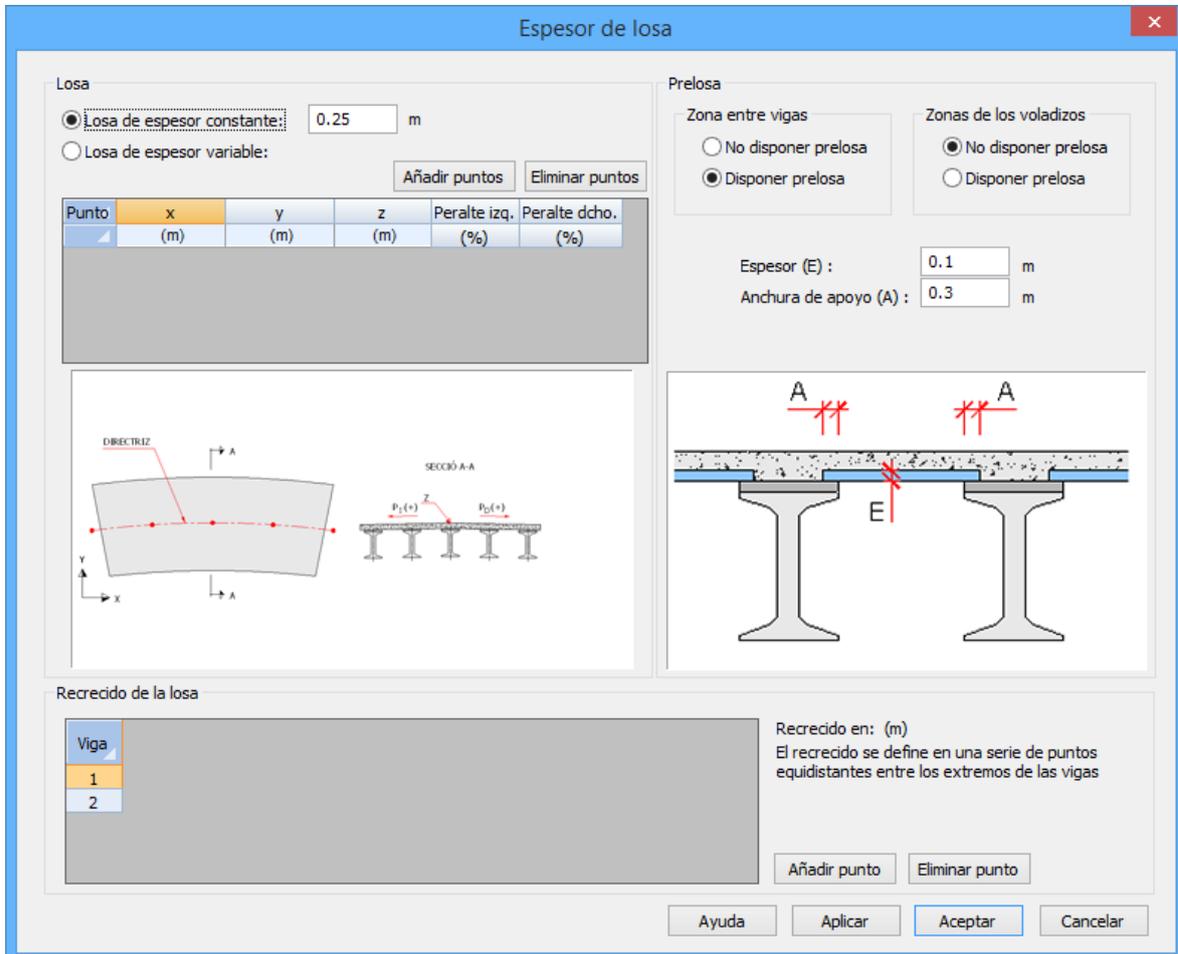


Figura 3.4-1: Diálogo para la definición del espesor de la losa.

La losa queda definida a través de los siguientes apartados:

Definición del tipo de losa

El espesor de la losa puede tomar valor constante o variable.

a) Espesor constante: debe entrarse el valor de dicho espesor.

b) Espesor variable:

En este supuesto debe definirse una poligonal a lo largo del tablero dando para cada punto de la misma su posición (coordenadas x , y), su cota (z), y la pendiente transversal del tablero a ambos lados de la poligonal. El programa se encargará de calcular el espesor de la losa en un punto cualquiera del tablero buscando su proyección a la directriz, hallando la cota del punto proyectado y sumándole la variación de cota entre el punto y su proyección debida al peralte.

Definición de la prelosa

La prelosa puede definirse en la zona entre vigas y/o en las zonas de los voladizos. Puede elegirse entre disponer o no disponer prelosa. En este último caso, el usuario debe definir el espesor de la prelosa y el ancho del tramo en que la prelosa se apoya sobre la viga.

Recrecido de la losa

CivilCAD3000 permite definir para el caso de las vigas doble T o rectangulares la existencia de un sobreespesor añadido en la losa, limitado al ala superior de la viga. El usuario debe dar valor al sobreespesor de la losa previsto a lo largo de los ejes de cada una de las vigas. Para ello debe entrar el valor del sobreespesor en una serie de puntos del eje de la viga equidistantes entre sí. El primer punto se hallará sobre el apoyo inicial de la viga. El último punto estará ubicado sobre el apoyo final de la viga.

3.5 Orden *Riostras*

El usuario define en este diálogo las riostras que quiera considerar en el tablero de vigas.

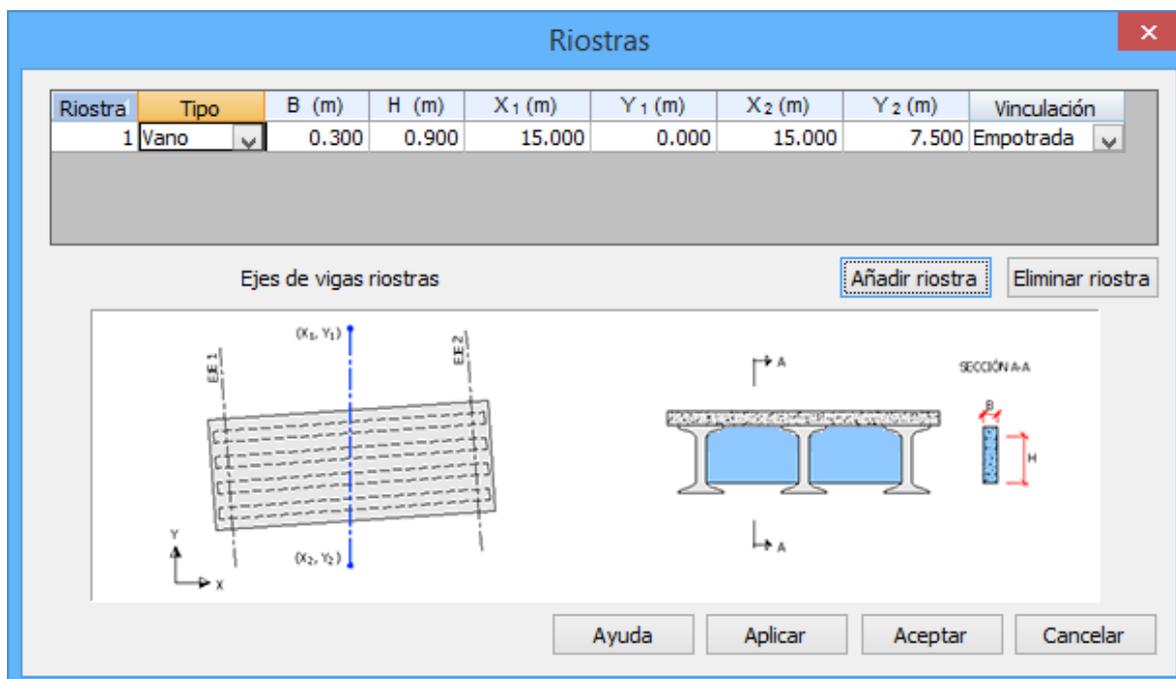


Figura 3.5-1: Diálogo para la definición de las riostras.

Para definir la sección de una riostra hay que introducir el valor de su canto y el de su ancho. CivilCAD3000 asume en el cálculo de esfuerzos que el peso propio de las riostras debe aplicarse sobre la sección de las vigas aisladas.

Las riostras pueden ser de tres tipos:

- Riostra de eje inicial.
- Riostra de eje final.
- Riostra de vano. En este caso, para definir la posición en planta de la riostra hay que definir en planta las coordenadas de dos puntos cualesquiera del eje de la riostra.

Finalmente, existen dos posibilidades de vinculación de las riostras con la losa:

- Riostras no empotradas: se asume que las riostras no son solidarias con la losa, es decir, que no se transmiten esfuerzos rasantes entre la viga y la losa.
- Riostras empotradas: se asume que las riostras son solidarias con la losa, es decir, que sí se transmiten esfuerzos rasantes entre la viga y la losa.

3.6 Orden *Materiales*

Mediante la orden *Materiales* se accede a la ventana de definición de los materiales de los diferentes elementos estructurales, donde se debe seleccionar los aceros de las armaduras pasivas, armaduras activas y los hormigones estructurales. Además se debe definir el diámetro máximo del árido para cada uno de los hormigones, y si se opta por la normativa española, también su consistencia (según se define en la Instrucción EHE-08). En las figuras 3.6-1, 3.6-2 y 3.6-3 se muestran las ventanas correspondientes a la definición de los materiales para las normas españolas, europeas y americanas respectivamente.

Las características mecánicas de estos materiales aparecerán detalladas en la memoria de cálculo del proyecto.

Los materiales a especificar en el presente apartado son los siguientes:

- Tipo de hormigón con que se ejecutarán las vigas.
- Tipo de hormigón con que se ejecutará la losa.
- Tipo de hormigón con que se ejecutarán las riostras.
- Tipo de hormigón con que se ejecutarán las prelosas.

- Tipo de acero a utilizar para la armadura pasiva de las vigas.
- Tipo de acero a utilizar para la armadura pasiva de la losa.

- Tipo de acero a utilizar para la armadura activa de pretensado de las vigas.
- Tipo de acero a utilizar para la armadura activa de postensado de las vigas.

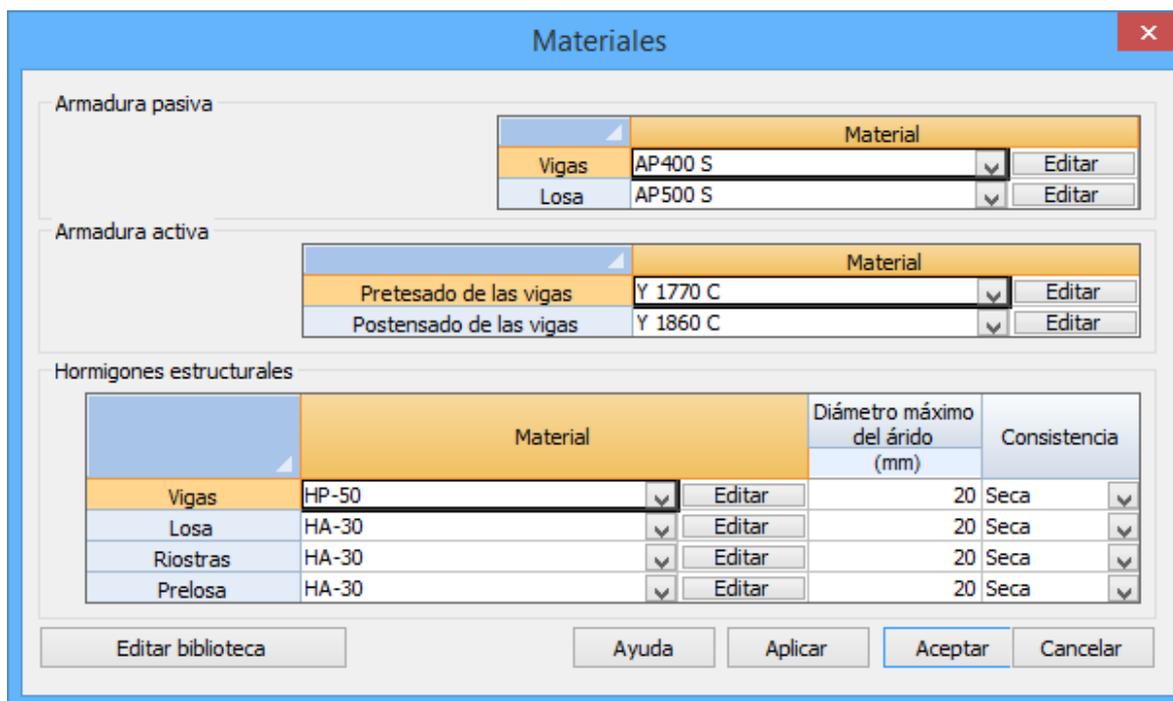


Figura 3.6-1: Diálogo para la definición de los materiales. Normativa española.

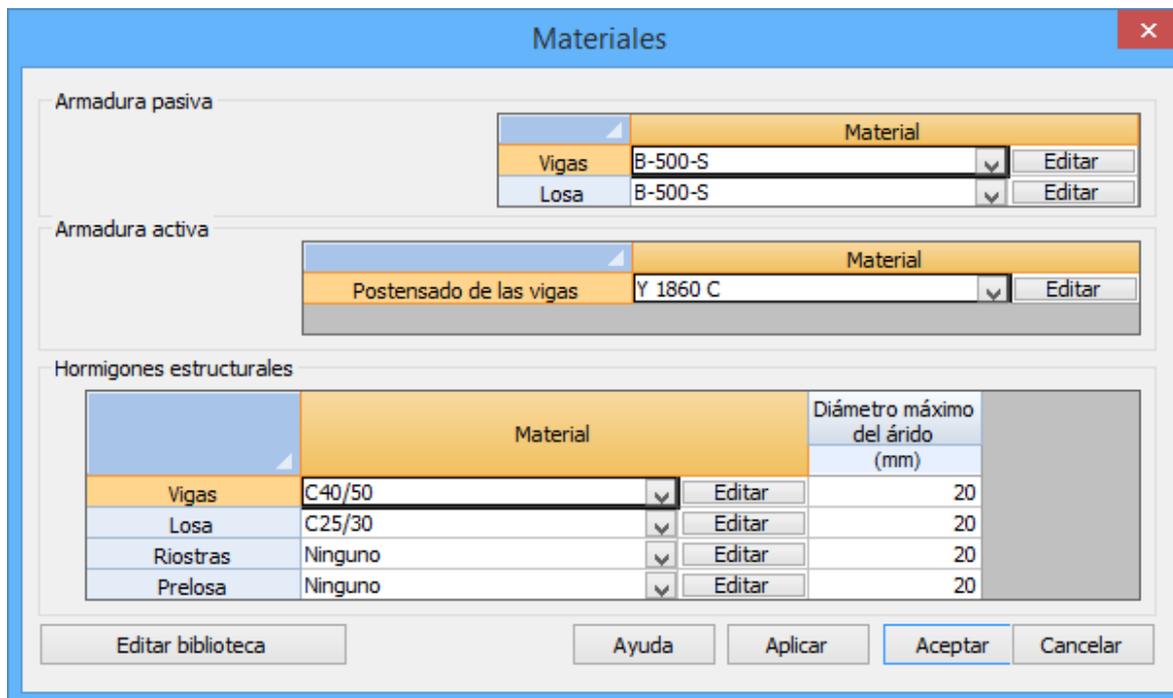


Figura 3.6-2: Diálogo para la definición de los materiales. Normativa europea.

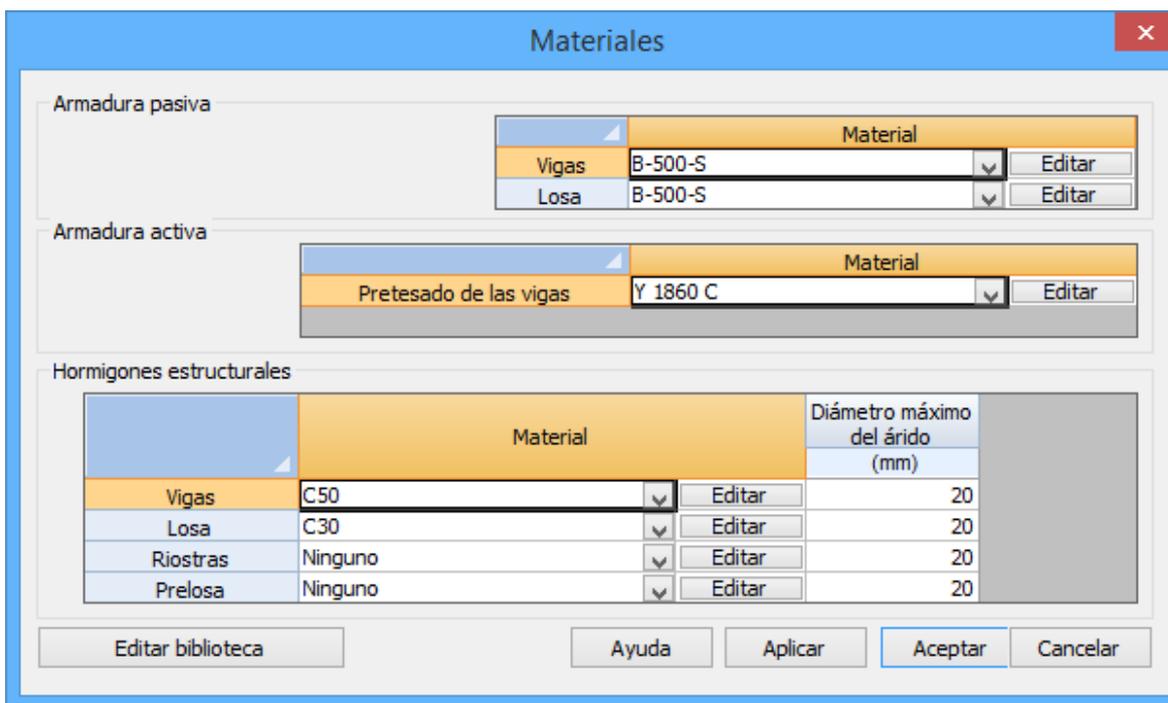


Figura 3.6-3: Diálogo para la definición de los materiales. Normativa americana.

El programa permite configurar además cada uno de los parámetros que definen cada material. Para ello puede pulsarse el botón *Editar* del material correspondiente. Al hacerlo, aparece un diálogo distinto en función de la normativa seleccionada y con el aspecto siguiente:

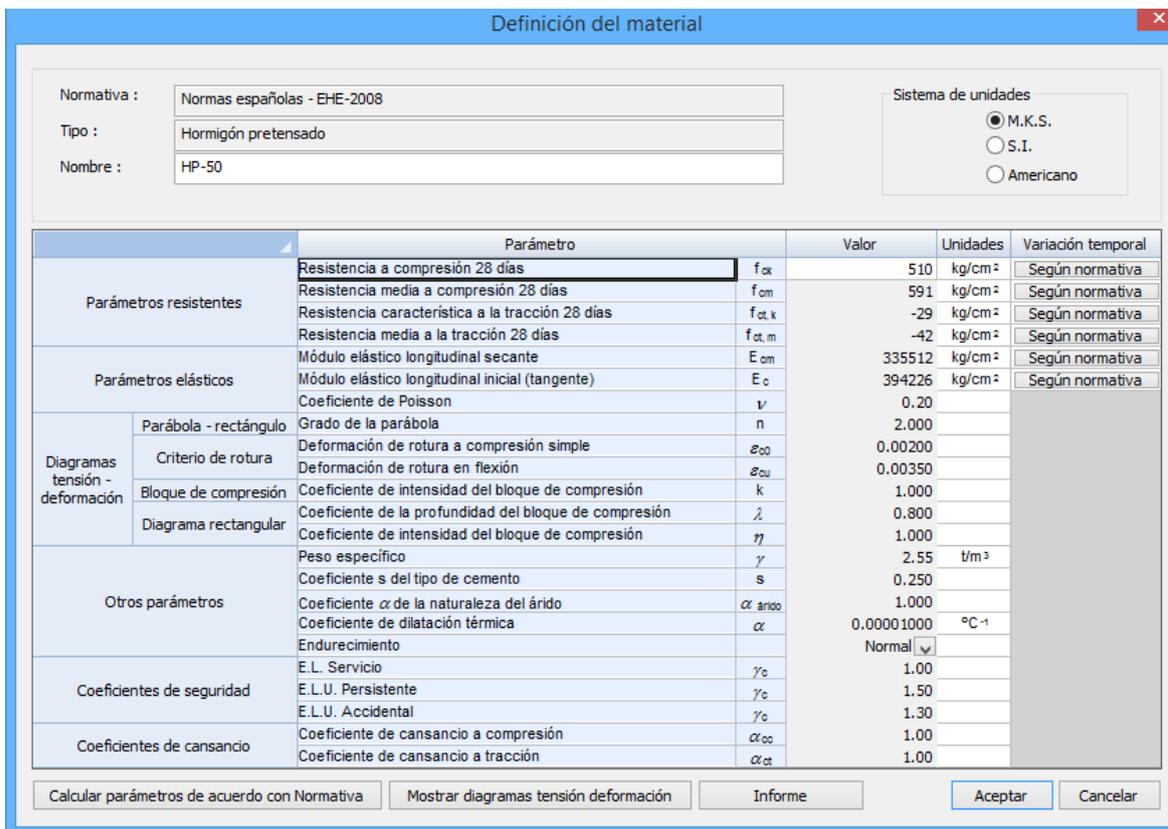


Figura 3.6-4: Diálogo para la edición de las características de un material (se muestra el caso de un hormigón utilizando las normativas españolas).

No es necesario introducir toda la información que caracteriza cada material. Por el contrario, puede seleccionarse cualquiera de los materiales de la Biblioteca del programa, en cuyo caso todos los valores se obtienen automáticamente.

Desde el mismo diálogo de selección de los materiales del tablero, un botón permite acceder directamente a la Biblioteca del programa.

En el caso de un puente de vigas, es fundamental recordar la importancia del calendario de ejecución. Dado que las vigas son pretensadas o postensadas a una edad temprana, es preciso conocer la evolución temporal de las características mecánicas de cada material. Desde el diálogo de edición de cada material de hormigón puede definirse la variación temporal de los parámetros siguientes:

- Resistencia a compresión.
- Resistencia media a compresión.
- Resistencia característica a la tracción.
- Resistencia media a la tracción.
- Módulo elástico longitudinal secante.
- Módulo elástico longitudinal inicial (tangente).

Para definir la variación temporal de los parámetros anteriores se utiliza el diálogo del tipo siguiente, al cual se accede desde el diálogo para la edición de las características de un material:

Definición del material

Normativa : Normas españolas - EHE-2008

Tipo : Hormigón pretensado

Nombre : HP-50

Sistema de unidades
 M.K.S.
 S.I.
 Americano

Parámetro		Valor	Unidad	Modificación temporal
Parámetros resistentes	Resistencia a compresión 28 días	f_{ck}	510	kg/cm ² Según normativa
	Resistencia media a compresión 28 días	f_{cm}	591	kg/cm ² Según normativa
	Resistencia característica a la tracción 28 días	$f_{ct,k}$	-29	kg/cm ² Según normativa
	Resistencia media a la tracción 28 días	$f_{ct,m}$	-42	kg/cm ² Según normativa
Parámetros elásticos	Módulo elástico longitudinal secante	E_{cm}	335512	kg/cm ² Según normativa
	Módulo elástico longitudinal inicial (tangente)	E_c	394226	kg/cm ² Según normativa
	Coefficiente de Poisson	ν	0.20	
Diagramas tensión - deformación	Parábola - rectángulo	Grado de la parábola	n	2.000
	Criterio de rotura	Deformación de rotura a compresión simple	ϵ_{co}	0.00200
		Deformación de rotura en flexión	ϵ_{cu}	0.00350
	Bloque de compresión	Coefficiente de intensidad del bloque de compresión	k	1.000
		Coefficiente de la profundidad del bloque de compresión	λ	0.800
	Diagrama rectangular	Coefficiente de intensidad del bloque de compresión	η	1.000
Otros parámetros	Peso específico	γ	2.55	t/m ³
	Coefficiente s del tipo de cemento	s	0.250	
	Coefficiente α de la naturaleza del árido	$\alpha_{árido}$	1.000	
	Coefficiente de dilatación térmica	α	0.00001000	°C ⁻¹
	Endurecimiento		Normal	
Coefficientes de seguridad	E.L. Servicio	γ_c	1.00	
	E.L.U. Persistente	γ_c	1.50	
	E.L.U. Accidental	γ_c	1.30	
Coefficientes de cansancio	Coefficiente de cansancio a compresión	α_{cc}	1.00	
	Coefficiente de cansancio a tracción	α_{ct}	1.00	

Figura 3.6-5: Acceso a la definición de la variación temporal de cada parámetro.

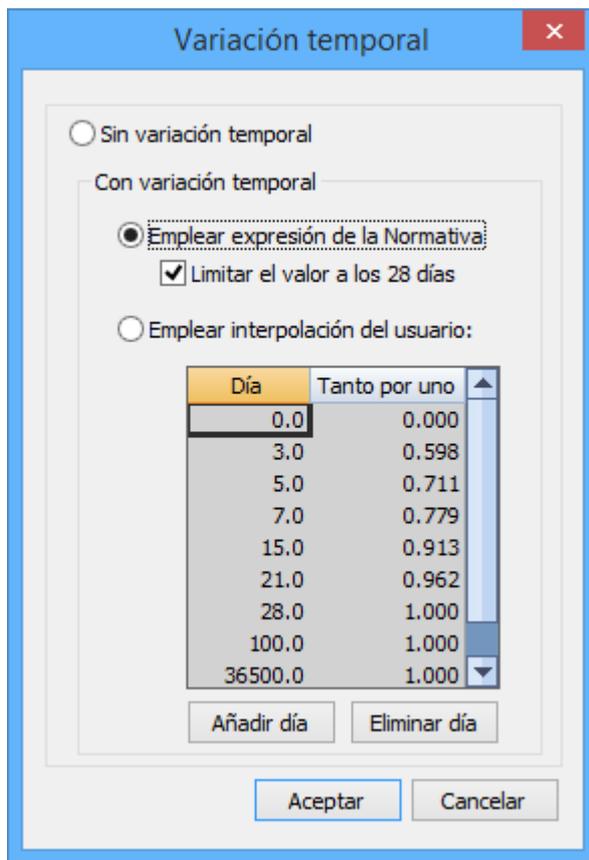


Figura 3.6-6: Diálogo para la definición de la variación temporal de cada parámetro.

3.7 Orden *Clases de exposición*

En este apartado se deben definir las clases de exposición del ambiente, que permitirán calcular los recubrimientos mínimos y las condiciones de fisuración admisible (estas opciones deben ser activadas por el usuario en las ventanas correspondientes a las órdenes *Fisuración* y *Recubrimientos*).

3.7.1 Normativa española

En el caso de la normativa española (artículo 8.2.2 de la Instrucción EHE-08) se debe definir la clase de exposición general (procesos relativos a la corrosión de las armaduras) y las clases de exposición específica (procesos de deterioro distintos de la corrosión).

Clases generales de exposición relativas a la corrosión de armaduras				
Clase general de exposición				Descripción
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso	
No agresiva		I	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> - Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones. - Elementos de hormigón en masa.
Normal	Humedad alta	IIa	Corrosión de origen diferente a los cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (> 65%) o a condensaciones. - Exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos enterrados o sumergidos.
	Humedad media	IIb	Corrosión de origen diferente a los cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.
Marina	Aérea	IIIa	Corrosión por cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar. - Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km).
	Sumergida	IIIb	Corrosión por cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel marino de bajamar.
	En zonas de carrera de mareas y en zonas de salpicaduras	IIIc	Corrosión por cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zonas de carrera de mareas.
Con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	Corrosión por cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con el agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino. - Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.

Tabla 3.7.1-1: Clases de exposición general según la Instrucción EHE-08.

Clases específicas de exposición relativas a otros procesos distintos de la corrosión				
Clase específica de exposición				Descripción
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso	
Química agresiva	Débil	Qa	Ataque químico	- Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración de hormigón con velocidad lenta (ver tabla 3.4.1-3).
	Media	Qb	Ataque químico	- Elementos en contacto con agua de mar. - Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver tabla 3.4.1-3)
	Fuerte	Qc	Ataque químico	- Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver tabla 3.4.1-3)
Con heladas	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo	- Elementos situados en contacto frecuente con el agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C.
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	- Elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C.
Erosión		E	Abrasión, cavitación	- Elementos sometidos a desgaste superficial. - Elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua.

Tabla 3.7.1-2: Clases de exposición específica según la Instrucción EHE-08

En la Tabla 3.7.1-3 se especifica la clasificación del ataque químico según el nivel de agresividad.

Tipo de medio agresivo	Parámetros	Tipo de exposición		
		Qa	Qb	Qc
		Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
Agua	Valor del pH, según UNE 83.952	6,5-5,5	5,5 – 4,5	< 4,5
	CO ₂ agresivo (mg CO ₂ /l), según UNE-EN 13.577	15-40	40-100	> 100
	Ión Amonio (mg NH ₄ ⁺ /l), según UNE 83.954.	15-30	30-60	> 60
	Ión Magnesio (mg Mg ²⁺ /l), según UNE 83.955.	300-1.000	1.000-3.000	> 3.000
	Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l), según UNE 83.956.	200-600	600-3.000	> 3.000
	Residuo Seco (mg/l), según UNE 83.957	75-150	50-75	< 50
Suelo	Grado de acidez Bauman-Gully (ml/kg), según UNE 83.962	> 200	(*)	(*)
	Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /kg de suelo seco), según UNE 83.963.	2.000-3.000	3.000-12.000	> 12.000

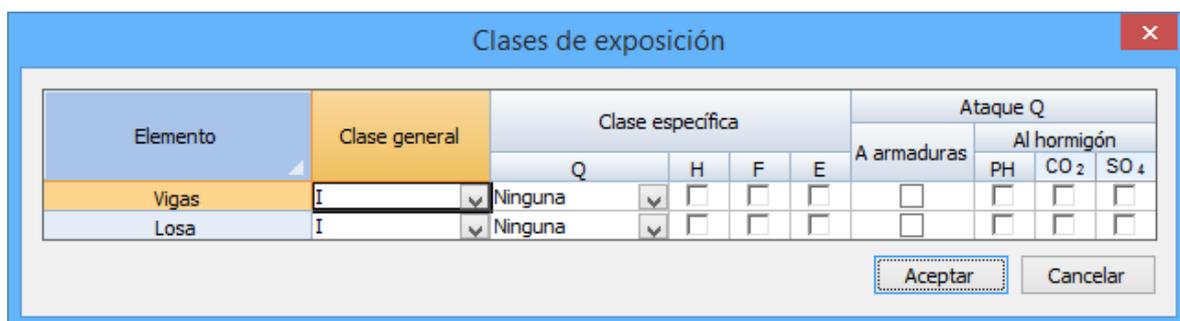
(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

Tabla 3.7.1-3: Clasificación de la agresividad química según la Instrucción EHE-08

En base a los criterios establecidos en la normativa el usuario debe seleccionar en el diálogo (ver Figura 3.7.1-4) una de las clases generales de exposición y seleccionar las clases específicas que sean de aplicación a la estructura que se está calculando. Así mismo se debe especificar si el ataque químico Q (ya sea Qa, Qb o Qc) afecta a las armaduras o no (este aspecto afecta a la limitación del ancho de fisura) y si se produce ataque al hormigón por pH, CO₂ o SO₄, lo cual interviene en la determinación del tipo de cemento a utilizar y por tanto en el recubrimiento mínimo de las armaduras.

Si se marca la casilla el programa considera que existe la clase específica o el ataque seleccionado, y en caso de no marcarla se considera que no se da dicho ataque.

En base a los datos introducidos se podrá calcular automáticamente el recubrimiento de las armaduras y la abertura máxima de fisura (estas opciones deben ser activadas por el usuario en las ventanas correspondientes a las órdenes *Fisuración* y *Recubrimientos*).



Elemento	Clase general	Clase específica				Ataque Q		
		Q	H	F	E	A armaduras	Al hormigón	
							PH	CO ₂
Vigas	I	Ninguna	<input type="checkbox"/>					
Losa	I	Ninguna	<input type="checkbox"/>					

Figura 3.7.1-4: Definición de las clases de exposición con la normativa española (EHE-08).

3.7.2 Normativa europea

El Eurocódigo EN-1992-1-1 en su artículo 4.2 establece las clases de exposición que se presentan en la siguiente Tabla 3.7.2-1.

Clase de exposición relativas a las condiciones del ambiente según EN 206-1		
Designación	Descripción del ambiente	Ejemplos
1 Sin riesgo de corrosión		
X0	- Hormigón en masa: Cualquier ambiente excepto situaciones de hielo/deshielo, abrasión o ataque químico. - Hormigón armado: Ambiente muy seco.	Hormigón en interior de edificios con muy baja humedad.
2 Corrosión inducida por carbonatación		
XC1	Seco o permanente mojado (sumergido).	- Hormigón en interior de edificios con baja humedad. - Hormigón permanentemente sumergido en el agua.
XC2	Mojado, raramente seco.	- Superficies de hormigón en contacto con el agua durante largos periodos. - Algunas cimentaciones.
XC3	Moderadamente húmedo.	- Hormigón en interior de edificios con humedad baja o moderada. - Hormigón en el exterior protegido de la lluvia.
XC4	Situaciones cíclicas de seco y mojado.	Superficies de hormigón en contacto con el agua no incluidas en XC2.
3 Corrosión inducida por cloruros		
XD1	Moderadamente húmedo.	Superficies de hormigón sometidas a ambientes aéreos con cloruros.
XD2	Mojado, raramente seco.	- Piscinas. - Hormigón en contacto con aguas industriales que contengan cloruros.
XD3	Situaciones cíclicas de seco y mojado.	- Elementos de puentes en contacto con salpicaduras que contengan cloruros. - Pavimentos. - Losas de aparcamientos.
4 Corrosión inducida por cloruros procedentes de agua marina		
XS1	Expuesto a ambiente marino pero sin contacto directo con agua marina.	- Estructuras situada en la costa.
XS2	Permanentemente sumergido.	- Partes de estructuras marinas.
XS3	Zona de mareas y salpicaduras.	- Partes de estructuras marinas.
5 Ataque por hielo-deshielo		
XF1	Zonas de saturación moderada sin sales fundentes.	- Superficies verticales de hormigón expuestas a la lluvia y a las heladas.
XF2	Zonas de saturación moderada con sales fundentes.	- Superficies verticales de hormigón de estructuras de carretera expuestas a heladas y a sales de deshielo.
XF3	Zonas muy saturadas sin sales fundentes.	- Superficies horizontales de hormigón expuestas a la lluvia y a las heladas.
XF4	Zonas muy saturadas con sales fundentes.	- Carreteras y tableros de puente expuestos a agentes de deshielo. - Superficies de hormigón expuestas directamente a salpicaduras que contengan agentes de deshielo y heladas. - Estructuras en zonas con salpicaduras de agua marina expuestas a heladas.

6 Ataque químico		
XA1	Ambiente de baja agresividad química según la Tabla 2 del EN-206-1.	
XA2	Ambiente de moderada agresividad química según la Tabla 2 del EN-206-1.	
XA3	Ambiente de alta agresividad química según la Tabla 2 del EN-206-1.	

Tabla 3.7.2-1: Clases de exposición según los Eurocódigos.

En base a los criterios establecidos en la normativa el usuario debe seleccionar en el diálogo (ver Figura 3.7.2-2) una de las clases de exposición para cada elemento estructural. En base a la clase de exposición seleccionada se podrá calcular automáticamente el recubrimiento de las armaduras y la abertura máxima de fisura (estas opciones deben ser activadas por el usuario en las ventanas correspondientes a las órdenes *Fisuración* y *Recubrimientos*).

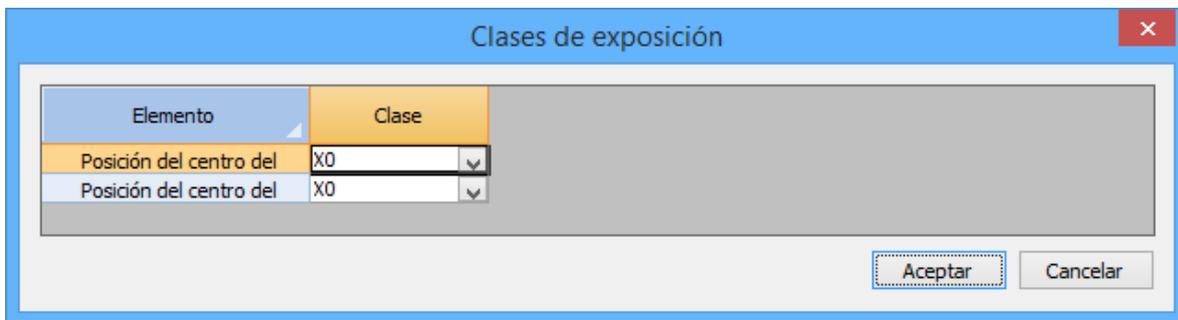


Figura 3.7.2-2: Definición de las clases de exposición según la normativa europea (Eurocódigos).

3.7.3 Normativa americana

En el caso de la normativa americana se ha adoptado la clasificación de las clases de exposición que figuran en la ACI 318 (apartado 4.2.1), al no existir una definición explícita en la AASHTO. En la tabla 3.7.3-1 se presenta dicha clasificación.

Categorías y clases de exposición según ACI 318 (Tabla 4.2.1)			
Categoría	Severidad	Clase	Condición
F : Hielo-deshielo	No aplicable	F0	Hormigón no expuesto a ciclos de hielo-deshielo.
	Moderada	F1	Hormigón expuesto a ciclos de hielo y deshielo con exposición ocasional a la humedad.
	Severa	F2	Hormigón expuesto a ciclos de hielo-deshielo en contacto continuo con la humedad.
	Muy severa	F3	Hormigón expuesto a ciclos de hielo-deshielo que estará en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes.
S : Sulfatos			Sulfatos solubles en agua (SO₄) en el suelo (% en peso)
	No aplicable	S0	SO ₄ < 0,10
	Moderada	S1	0,10 ≤ SO ₄ ≤ 0,20
	Severa	S2	0,20 ≤ SO ₄ ≤ 2,00
	Muy severa	S3	SO ₄ > 2,00
			Sulfatos (SO₄) disueltos en agua (ppm)
	No aplicable	S0	SO ₄ < 150
	Moderada	S1	150 ≤ SO ₄ ≤ 1.500 agua marina
	Severa	S2	1.500 ≤ SO ₄ ≤ 10.000
	Muy severa	S3	SO ₄ > 10.000
P: Requerimiento de baja permeabilidad.	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad.
	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad.
C: Protección de corrosión de las armaduras.	No aplicable	C0	Hormigón seco o protegido contra la humedad.
	Moderada	C1	Hormigón expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros.
	Severa	C2	Hormigón expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen.

Tabla 3.7.3-1: Clases de exposición según ACI 318.

A partir de esta clasificación *CivilCAD3000* clasifica la agresividad en Ninguna, Moderada, Severa y Muy severa, que permite obtener los factores de exposición para el cálculo a fisuración según se define en el apartado 5.7.3.4 de la AASHTO.

Además el usuario debe definir las situaciones de agresividad a las que puede estar sometido el hormigón. El usuario debe marcar para cada elemento estructural las situaciones que afectan a cada una de ellas. Estas situaciones son:

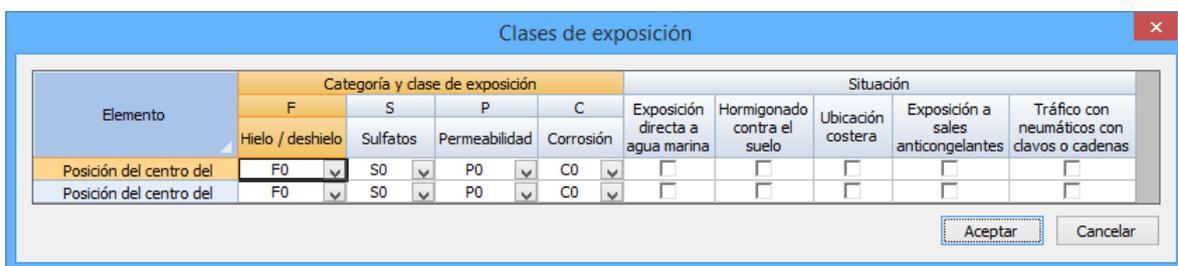
- Exposición directa a agua marina.
- Hormigonado contra el suelo.
- Ubicación costera.
- Exposición a sales anticongelantes.
- Tráfico con neumáticos de clavos o cadenas.

En la Figura 3.7.3-1 se muestra el diálogo que permite definir las clases y situaciones de exposición.

Si se marca una casilla el programa considera que la situación afecta al elemento estructural, y en caso de no marcarla se considera que no afecta.

La definición de estas situaciones permitirá calcular los recubrimientos mínimos de las armaduras según se define en el apartado 5.12.3 de la AASHTO.

En base a los datos introducidos se podrá calcular automáticamente el recubrimiento de las armaduras y los factores de exposición (estas opciones deben ser activadas por el usuario en las ventanas correspondientes a las órdenes *Fisuración y Recubrimientos*).



Elemento	Categoría y clase de exposición				Situación				
	F	S	P	C	Exposición directa a agua marina	Hormigonado contra el suelo	Ubicación costera	Exposición a sales anticongelantes	Tráfico con neumáticos con clavos o cadenas
	Hielo / deshielo	Sulfatos	Permeabilidad	Corrosión					
Posición del centro del	F0	S0	P0	C0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Posición del centro del	F0	S0	P0	C0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 3.7.3-1: Definición de las clases de exposición con la normativa americana (AASHTO).

3.7.4 Normativa española

En el caso de la normativa brasileña se debe definir la clase de exposición.

Tabla 3.7.4-1: Clases de exposición según la normativa brasileña NBR-01

En base a los criterios establecidos en la normativa el usuario debe seleccionar en el diálogo (ver Figura 3.7.4-2) una de las clases de exposición que sean de aplicación a la estructura que se está calculando.

En base a los datos introducidos se podrá calcular automáticamente el recubrimiento de las armaduras y la abertura máxima de fisura (estas opciones deben ser activadas por el usuario en las ventanas correspondientes a las órdenes *Fisuración* y *Recubrimientos*).

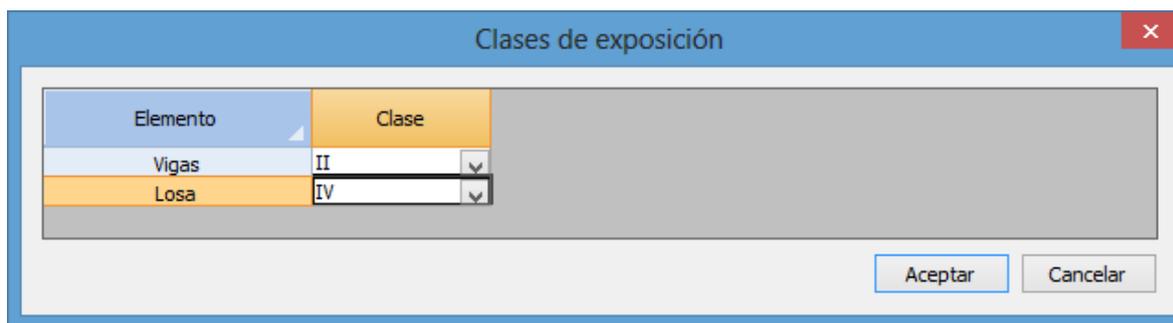


Figura 3.7.4-2: Definición de las clases de exposición con la normativa brasileña.

3.8 Orden *Fisuración*

Mediante la orden *Fisuración*, *CivilCAD3000* permite definir los niveles de fisuración admisible para cada uno de los elementos estructurales del tablero. Los valores a introducir dependen de la normativa con la que se esté calculando la estructura, los cuales se definen en los siguientes subapartados.

3.8.1 Normativa española

En la normativa española (artículo 5.1.1.2 de la EHE-08) el nivel de fisuración admisible se define a partir de la abertura de fisura máxima admisible, que depende de la clase de exposición específica y general (ver Tabla 3.8.1-1).

Clase de exposición	W_{max} (mm)	
	Hormigón armado	Hormigón pretensado
	Combinación casi permanente	Combinación frecuente
I	0,4	0,2
IIa, IIb, H	0,3	0,2
IIIa, IIIb, IV, F, Qa ⁽²⁾	0,2	Descompresión
IIIc, Qb ⁽²⁾ , Qc ⁽²⁾	0,1	

(2) La limitación relativa a la clase Q solo es de aplicación en el caso de que el ataque químico pueda afectar a la armadura.

Tabla 3.8.1-1: Anchura de fisura admisibles en función de las clases de exposición.

Para el cálculo de la fisuración se adopta la combinación casi permanente (losa) y la combinación frecuente (vigas).

Con la orden *Fisuración*, el usuario puede entrar el ancho de fisura máximo admisible para las vigas, la losa, la prelosa y las riostras (ver Figura 3.8.1-1).

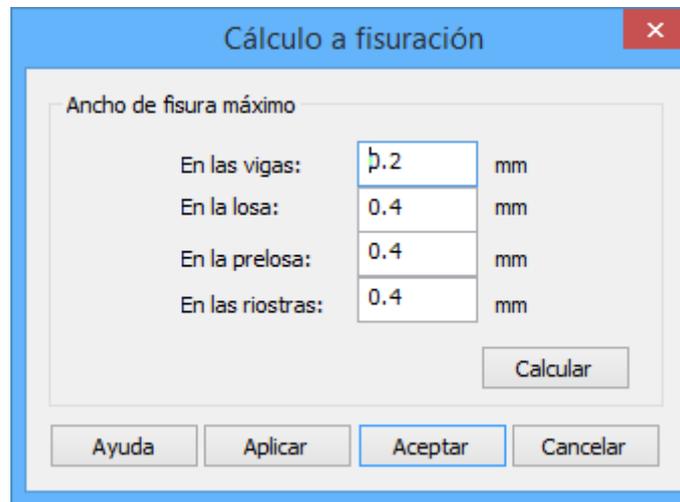


Figura 3.8.1-1: Ventana de entrada de los anchos de fisura admisibles.

CivilCAD3000 permite calcular de forma automática los anchos de fisura admisibles a partir de la clase de exposición definida en el diálogo *Clases de exposición*. Al seleccionar la opción *Calcular* (ver figura 3.8.1-1), el programa calculará los anchos de fisura admisibles para cada elemento estructural a partir de las clases de exposición definidas previamente por el usuario.

Si con posterioridad al cálculo de los anchos de fisura se modifican las clases de exposición el usuario deberá volver a calcular los anchos de fisura.

3.8.2 Normativa europea

En los Eurocódigos (apartado 7.3.1 del Eurocódigo EN-1992) el nivel de fisuración admisible se define a partir de la abertura de fisura máxima admisible, que depende de la clase de exposición (ver Tabla 3.8.2-1).

Clase de exposición	W_{max} (mm)	
	Hormigón armado y hormigón pretesado con tendones no adherentes	Hormigón pretesado con tendones adherentes
	Combinación casi permanente	Combinación frecuente
X0, XC1	0,4	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0,3	Descompresión

- (1) Para X0 y XC1, la abertura de fisura no tiene influencia sobre la durabilidad, y el límite dado garantiza una apariencia aceptable; en ausencia del requerimiento de apariencia se pueden admitir aberturas superiores.
- (2) Para estas clases de exposición, adicionalmente, se debe verificar la descompresión bajo la combinación de cargas casi permanente.

Tabla 3.8.2-1: Anchura de fisura admisibles en función de las clases de exposición. Para el cálculo de la fisuración se adopta la combinación casi permanente (losa) y la combinación frecuente (vigas).

Con la orden *Fisuración*, el usuario puede entrar el ancho de fisura máximo admisible para los distintos elementos estructurales (ver Figura 3.8.2-1).

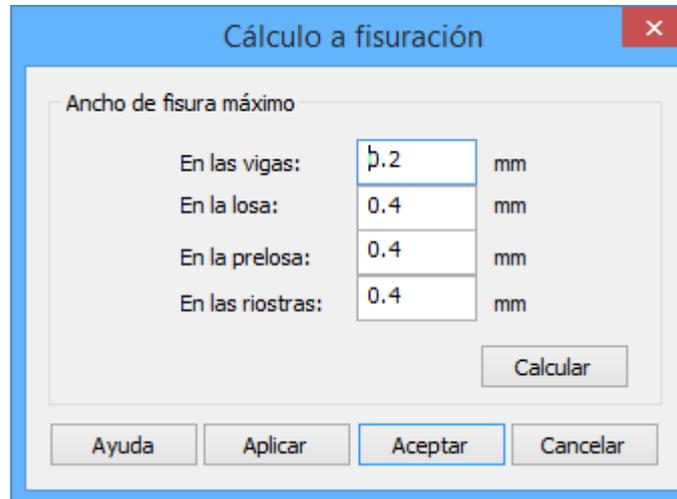


Figura 3.8.2-1: Ventana de entrada de los anchos de fisura admisibles.

CivilCAD3000 permite calcular de forma automática los anchos de fisura admisibles a partir de la clase de exposición definida en el diálogo *Clases de exposición*. Al seleccionar la opción *Calcular* (ver figura 3.8.2-1), el programa calculará los anchos de fisura admisibles para cada elemento estructural a partir de las clases de exposición definidas previamente por el usuario.

Si con posterioridad al cálculo de los anchos de fisura se modifican las clases de exposición, el usuario deberá volver a calcular los anchos de fisura.

3.8.3 Normativa americana

En la normativa AASHTO (artículo 5.7.3.4 de la AASHTO 2010), la verificación del estado límite de fisuración se realiza comprobando que la separación entre las barras de la armadura de tracción 's' es menor que una separación máxima admisible que se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$s \leq s_{adm} = \frac{700 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot f_{ss}} - 2 \cdot d_c \quad (Ex. 3.8.3 - 1)$$

, siendo:

- s Separación real entre barras (in).
- s_{adm} Separación máxima admisible entre barras (in).
- d_c Distancia de la fibra de hormigón más traccionada al centro de la barra más traccionada (in). Si solo hay una fila coincide con el recubrimiento mecánico.
- γ_e Factor de exposición que depende de la clase de exposición (adimensional).
- f_{ss} Tensión en la armadura traccionada correspondiente a estado límite de servicio (ksi).

β_s Factor β , que se obtiene de la expresión siguiente:

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0,7 \cdot (h - d_c)} \quad (\text{Ex. 3.8.3 - 2})$$

h Canto de la sección.

En el diálogo correspondiente a la Orden Fisuración (ver figura 3.8.3-1), el usuario debe introducir el valor del Factor de exposición a considerar en los cálculos.

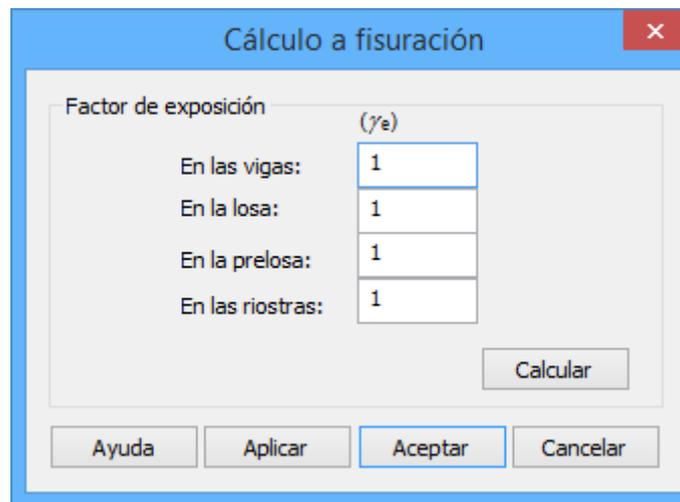


Figura 3.8.3-1: Ventana de entrada del Factor de exposición.

De acuerdo con la AASHTO, el factor de exposición toma los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \gamma_e &= 1,00 && \text{para la clase de exposición Moderada o Normal (Clase 1)} \\ \gamma_e &= 0,75 && \text{para la clase de exposición Severa (Clase 2)} \end{aligned}$$

El factor de exposición está directamente relacionado con la abertura de fisura. La Clase de exposición Moderada (*Class I*) se corresponde aproximadamente con una abertura de fisura admisible de 0,017 in (0,43 mm). Un factor de exposición de 0,5 se corresponde aproximadamente con una abertura de fisura de 0,0085 in (0,21 mm).

El cálculo a fisuración se realiza para la combinación correspondiente al estado límite de servicio I.

CivilCAD3000 permite calcular de forma automática los factores de exposición a partir de la clase de exposición definida en el diálogo *Clases de exposición*. Al seleccionar la opción *Calcular* (ver figura 3.8.3-1), el programa calculará los factores de exposición para cada elemento estructural, debiéndose por tanto haber definido previamente las clases de exposición.

Si con posterioridad al cálculo de los factores de exposición se modifican las clases de exposición, el usuario deberá volver a calcular dichos factores de exposición.

3.8.4 Normativa brasileña

En la normativa brasileña el nivel de fisuración admisible se define a partir de la abertura de fisura máxima admisible, que depende de la clase de exposición (ver Tabla 3.8.4-1).

Clase de exposición	W_{max} (mm)	
	Hormigón armado	Hormigón pretesado
	Combinación casi permanente	Combinación frecuente
I	0,4	0,2
II	0,3	0,2
III	0,2	Descompresión
IV	0,1	

Tabla 3.8.4-1: Anchura de fisura admisibles en función de las clases de exposición.

Para el cálculo de la fisuración se adopta la combinación casi permanente (losa) y la combinación frecuente (vigas).

Con la orden *Fisuración*, el usuario puede entrar el ancho de fisura máximo admisible para las vigas, la losa, la prelosa y las riostras (ver Figura 3.8.4-1).

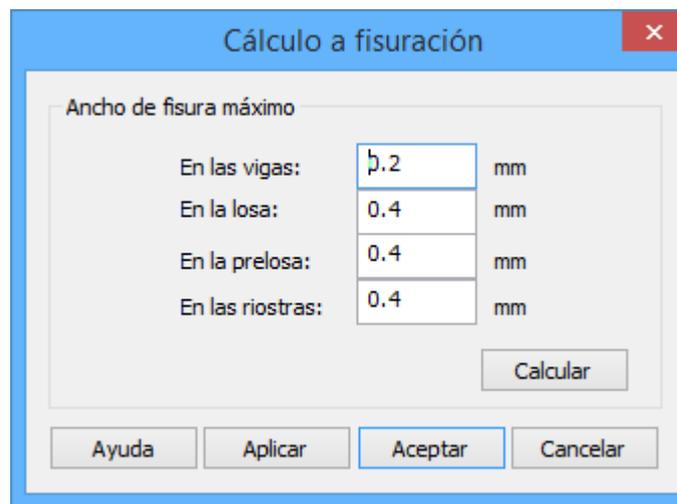


Figura 3.8.4-1: Ventana de entrada de los anchos de fisura admisibles.

CivilCAD3000 permite calcular de forma automática los anchos de fisura admisibles a partir de la clase de exposición definida en el diálogo *Clases de exposición*. Al seleccionar la opción *Calcular* (ver figura 3.8.4-1), el programa calculará los anchos de fisura admisibles para cada elemento estructural a partir de las clases de exposición definidas previamente por el usuario.

Si con posterioridad al cálculo de los anchos de fisura se modifican las clases de exposición el usuario deberá volver a calcular los anchos de fisura.

3.9 Orden *Definición de las tierras*

CivilCAD3000 permite al usuario considerar la existencia de un espesor de tierras sobre la superficie de la losa. La geometría de la línea de tierras se define de acuerdo con el diálogo siguiente:

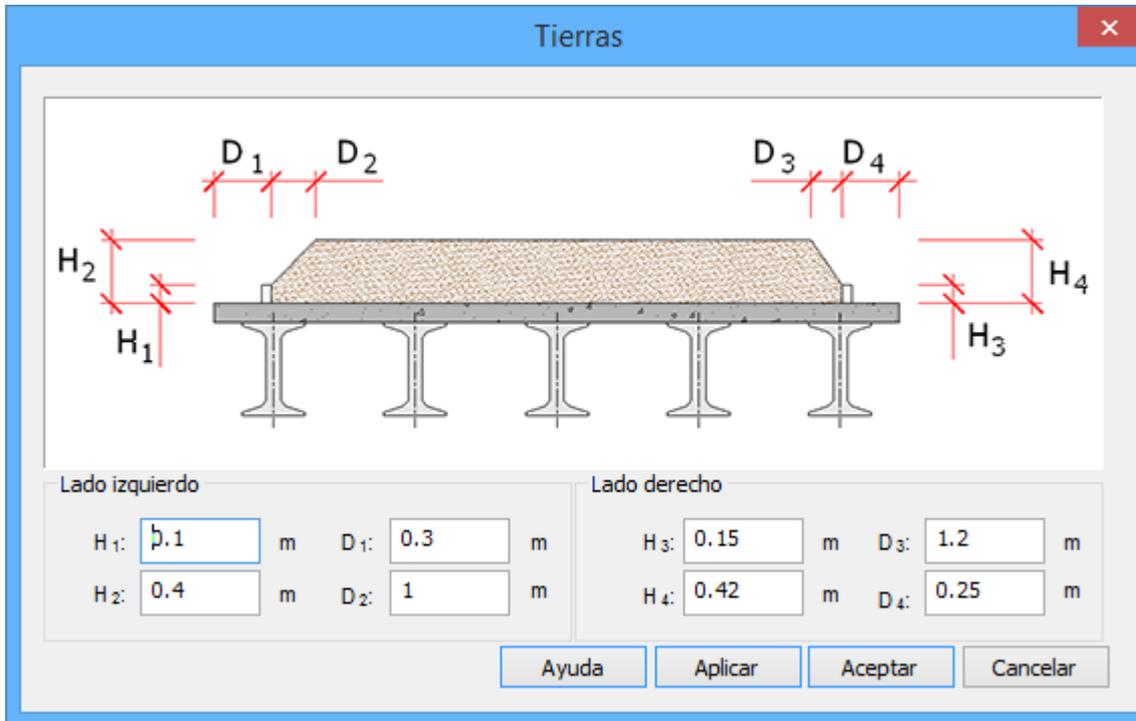


Figura 3.9-1: Diálogo para la definición de las tierras.

Las distancias horizontales están medidas respecto de los contornos exteriores del tablero (izquierdo o derecho), pudiendo ser diferentes en ambos casos.

La consideración de una línea de tierras tiene dos implicaciones en el cálculo del tablero:

- La necesidad de considerar la acción del peso propio de las tierras. El usuario puede establecer el valor de la densidad del terreno en la orden *Entrada\Acciones permanentes*, ver figura 3.9-2.
- El reparto de las cargas existentes en la superficie. El usuario puede establecer el valor del ángulo de reparto de las cargas medido con la horizontal en la opción *Entrada\Acciones permanentes*, ver figura 3.9-2.

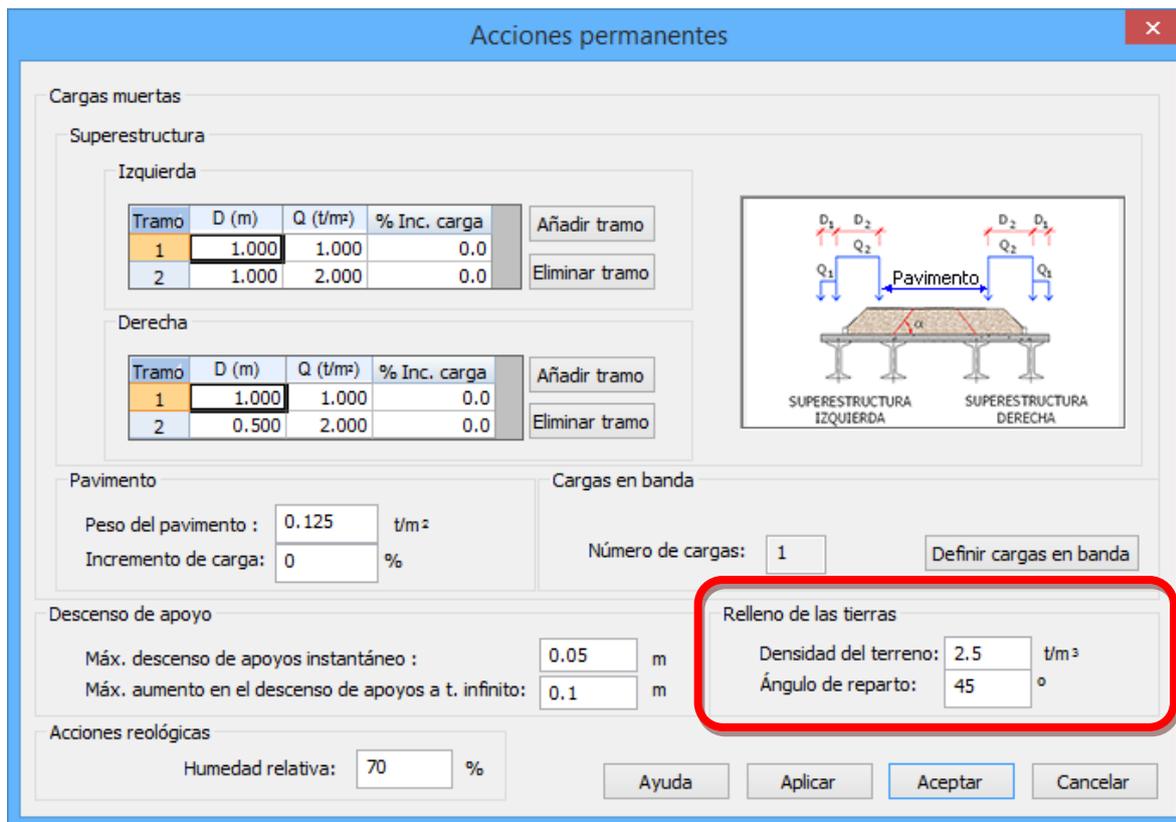


Figura 3.9-2: Diálogo de acciones permanentes.

3.10 Órdenes del grupo *Acciones*

Con la opción *Acciones* se despliegan en el menú principal las órdenes correspondientes a las acciones permanentes, a las acciones variables y a las acciones accidentales, que permiten caracterizar las acciones permanentes, variables y accidentales respectivamente.

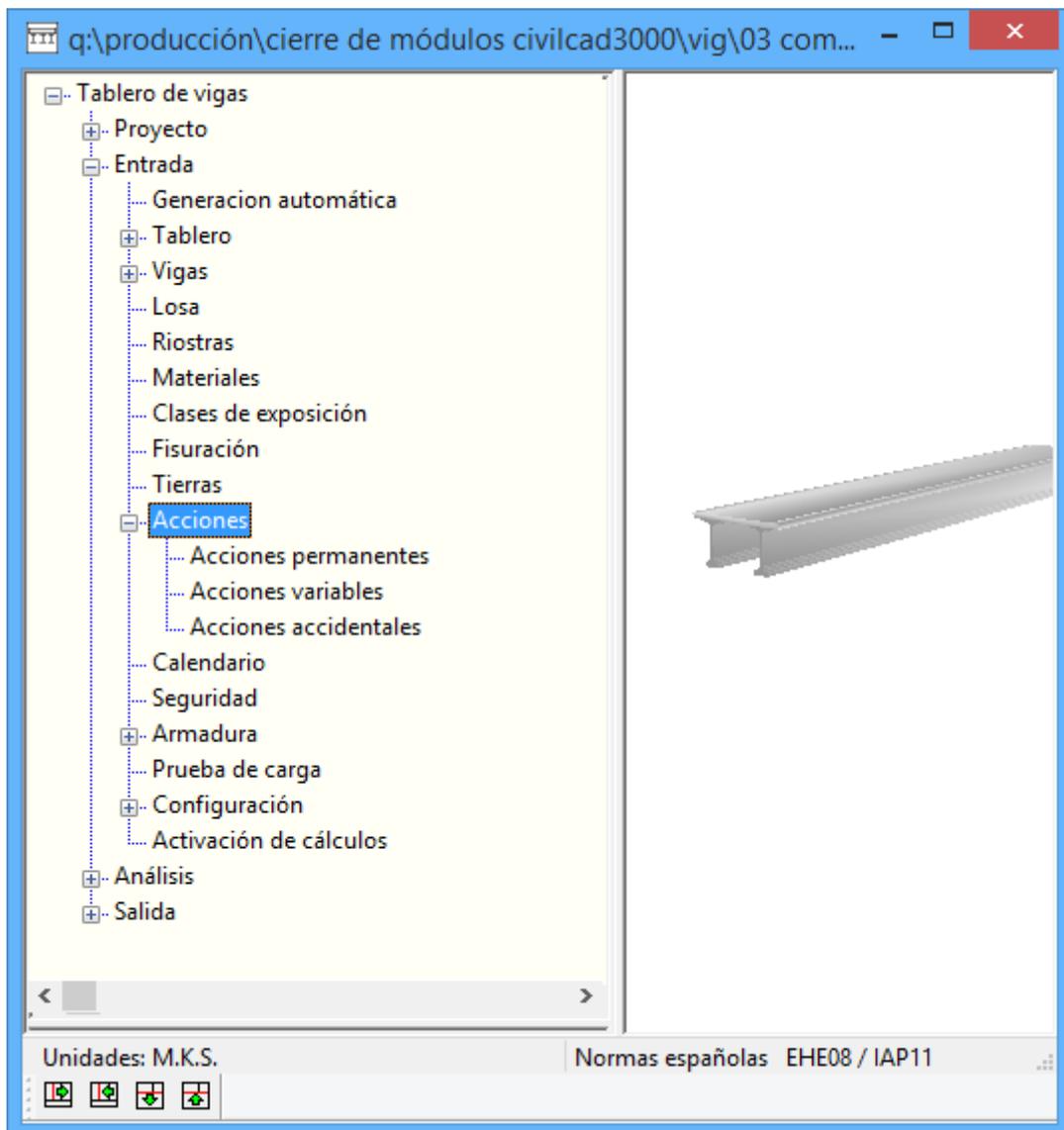


Figura 3.10-1: Orden *Acciones* del menú principal.

En los siguientes apartados se describe la información a introducir para cada una de las normativas. Los diálogos que aparecerán están particularizados para cada una de las normativas.

3.10.1 Orden *Acciones permanentes*

Esta orden permite introducir las acciones de carácter permanente, es decir, que actúan siempre sobre el tablero de vigas.

3.10.1.1 Normativa española y Eurocódigos

De acuerdo con la normativa IAP-11 / IAPF - 07 y los Eurocódigos, las acciones de carácter permanente son las siguientes:

- Peso propio de la estructura.

- Empuje del terreno.
- Cargas muertas (relleno de tierras, superestructura).

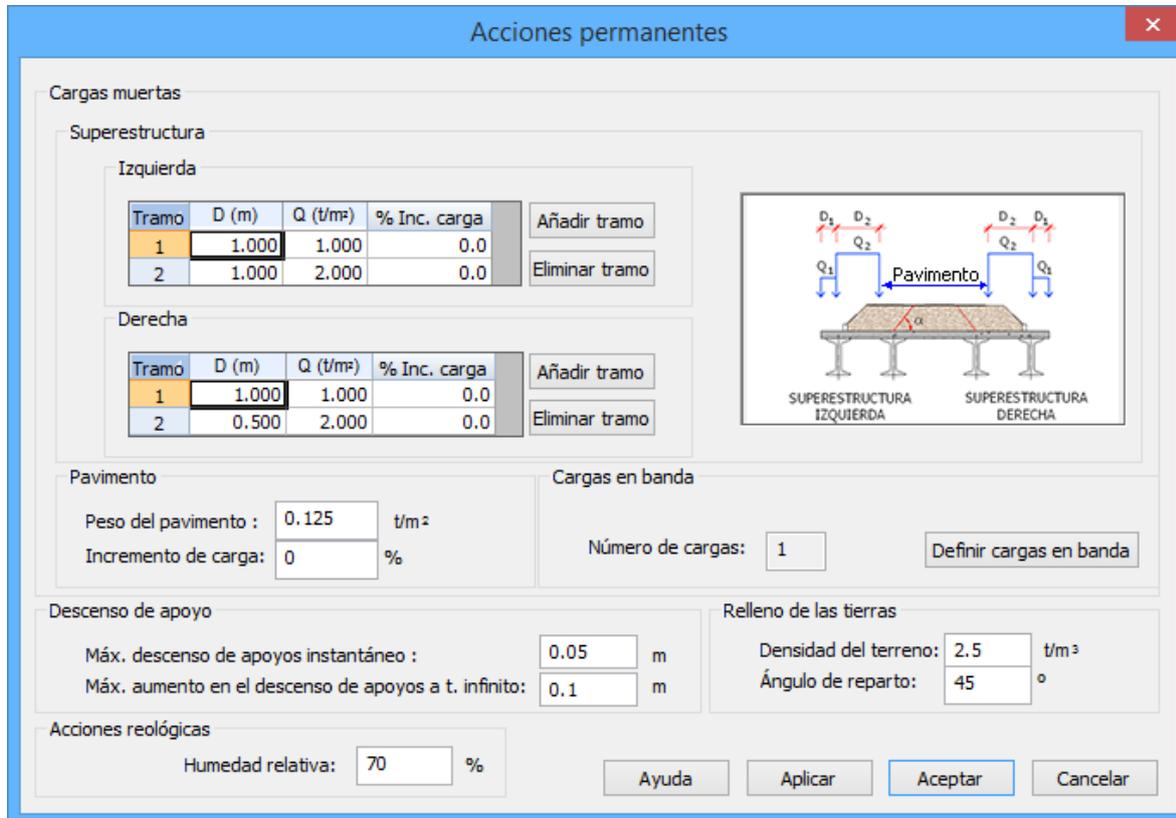


Figura 3.10.1.1-1a: Diálogo para la definición de las acciones permanentes. Puente de carretera.

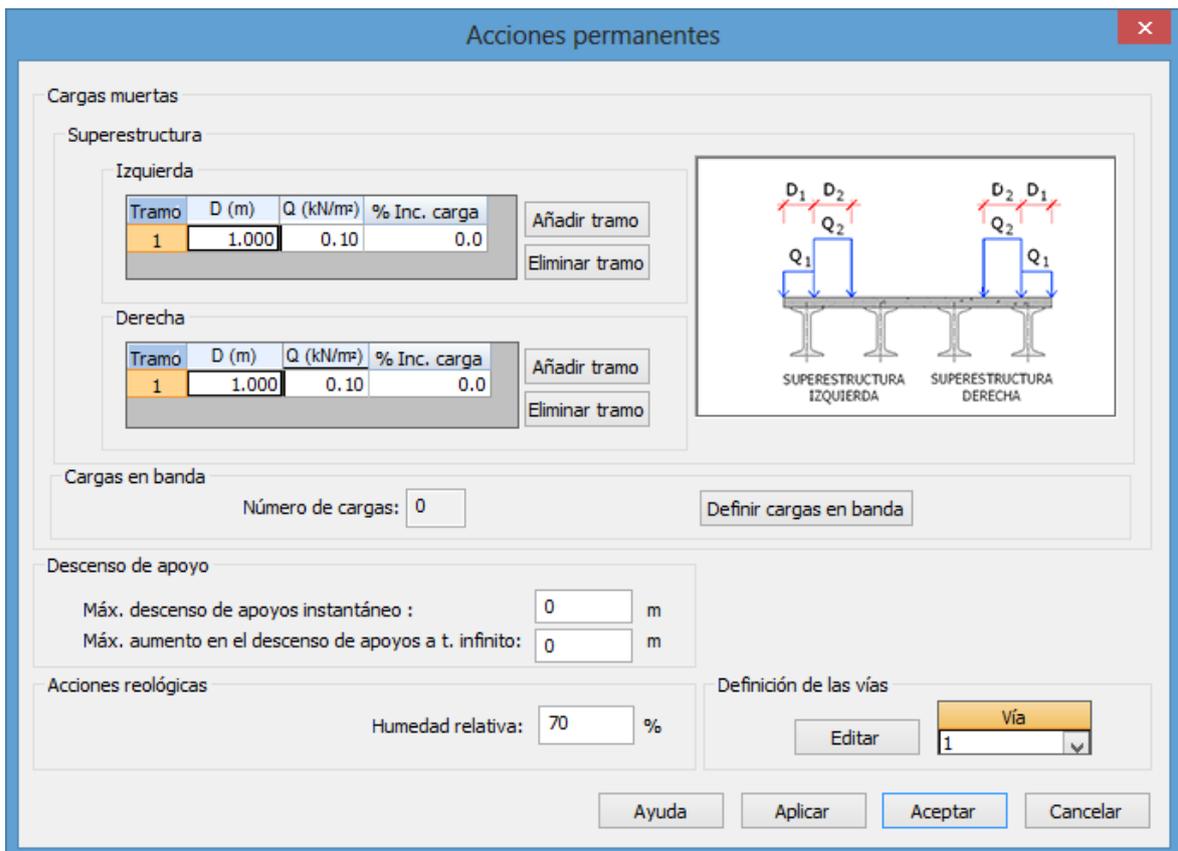


Figura 3.10.1.1-1b: Diálogo para la definición de las acciones permanentes. Puente de ferrocarril.

Las acciones permanentes consideradas por el programa son las siguientes:

1) Peso propio del hormigón

CivilCAD3000 obtiene las cargas del peso propio de la estructura de forma automática a partir de la geometría y del peso específico del hormigón de cada elemento estructural. El peso específico del hormigón puede modificarse editando el material y cambiando el valor correspondiente al peso específico en la orden *Materiales* (ver Figura 3.10.1.1-2).

Definición del material

Normativa : Normas españolas - EHE-2008

Tipo : Hormigón pretensado

Nombre : HP-50

Sistema de unidades
 M.K.S.
 S.I.
 Americano

Parámetro		Valor	Unidades	Variación temporal
Parámetros resistentes	Resistencia a compresión 28 días	f_{ck}	510	kg/cm ² Según normativa
	Resistencia media a compresión 28 días	f_{cm}	591	kg/cm ² Según normativa
	Resistencia característica a la tracción 28 días	$f_{ct,k}$	-29	kg/cm ² Según normativa
	Resistencia media a la tracción 28 días	$f_{ct,m}$	-42	kg/cm ² Según normativa
Parámetros elásticos	Módulo elástico longitudinal secante	E_{cm}	335512	kg/cm ² Según normativa
	Módulo elástico longitudinal inicial (tangente)	E_c	394226	kg/cm ² Según normativa
	Coefficiente de Poisson	ν	0.20	
Diagramas tensión - deformación	Parábola - rectángulo	Grado de la parábola	n	2.000
		Deformación de rotura a compresión simple	ϵ_{so}	0.00200
	Criterio de rotura	Deformación de rotura en flexión	ϵ_{ou}	0.00350
		Bloque de compresión	Coefficiente de intensidad del bloque de compresión	k
	Diagrama rectangular		Coefficiente de la profundidad del bloque de compresión	λ
		Coefficiente de intensidad del bloque de compresión	η	1.000
Otros parámetros	Peso específico	γ	2.55	t/m ³
	Coefficiente s del tipo de cemento	s	0.250	
	Coefficiente α de la naturaleza del árido	$\alpha_{\text{árido}}$	1.000	
	Coefficiente de dilatación térmica	α	0.00001000	°C ⁻¹
	Endurecimiento		Normal	
Coefficientes de seguridad	E.L. Servicio	γ_c	1.00	
	E.L.U. Persistente	γ_c	1.50	
	E.L.U. Accidental	γ_c	1.30	
Coefficientes de cansancio	Coefficiente de cansancio a compresión	α_{cc}	1.00	
	Coefficiente de cansancio a tracción	α_{ct}	1.00	

Figura 3.10.1.1-2: Ventana de edición de los parámetros del hormigón.

2) *Peso propio de las tierras*

El programa pide al usuario el valor del peso específico del relleno de las tierras (en caso de existir). Con él se obtendrán las cargas a aplicar en el cálculo de esfuerzos por peso propio de las tierras.

Igualmente, el usuario debe establecer el valor del ángulo de reparto de las cargas medido con la horizontal.

3) *Cargas muertas*

Las cargas muertas consideradas por el programa son las siguientes:

3.1) *Pavimento (solo puentes de FFCC)*

Se define una carga por unidad de superficie de la losa del puente, asociada al peso del pavimento. En previsión de un recrecido del pavimento, puede definirse asimismo un incremento de carga.

3.2) *Superestructura*

También pueden definirse los pesos asociados a las aceras izquierda y derecha, en cada uno de los tramos que decida el usuario. Para cada tramo debe determinarse el valor de las anchuras y el valor de la carga por unidad de superficie.

3.3) Cargas en banda

Por otra parte, el usuario tiene la posibilidad de definir la existencia de una serie de cargas en banda. Una carga en banda consiste en una cuchilla de cargas repartidas que actúa en planta a lo largo de una poligonal. El usuario define la poligonal de recorrido de la carga dando las coordenadas (x, y) en planta de los puntos que la constituyen. La carga puede variar su valor a lo largo de la poligonal. El usuario entra el valor de la carga repartida q en los puntos de la poligonal. Entre dichos puntos, el programa adoptará una variación lineal de la carga q .

El usuario puede elegir entre las siguientes posibilidades para definir las cargas en banda en cada punto de la poligonal:

- Entrar directamente una carga lineal q

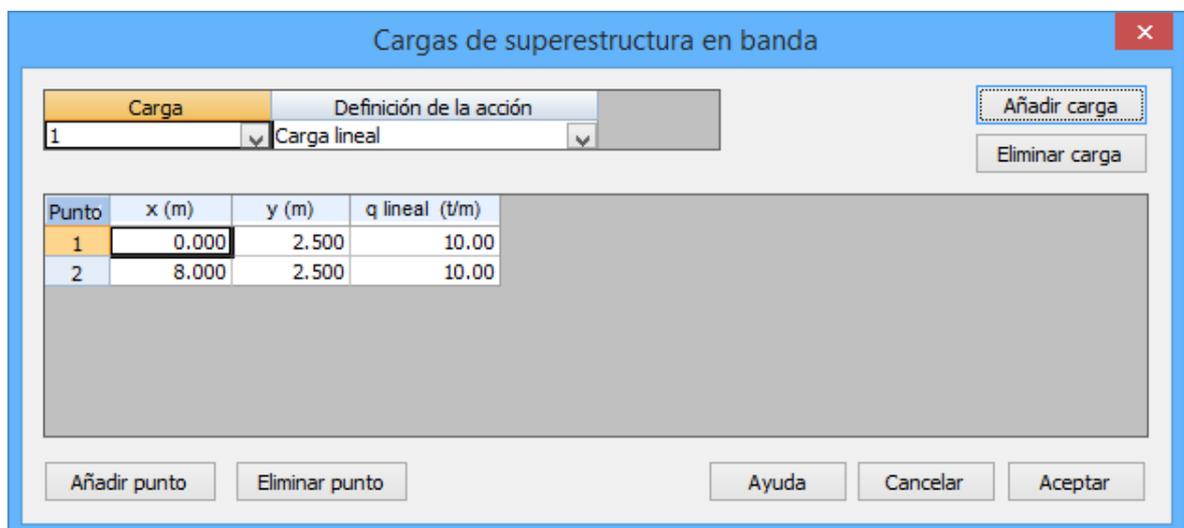


Figura 3.10.1.1-3: Diálogo para la definición de las cargas en banda de tipo lineal.

- Entrar una carga superficial q_s y el ancho de aplicación b . El programa convierte entonces dicha carga superficial en una cuchilla de cargas lineales de valor $q = q_s * b$.

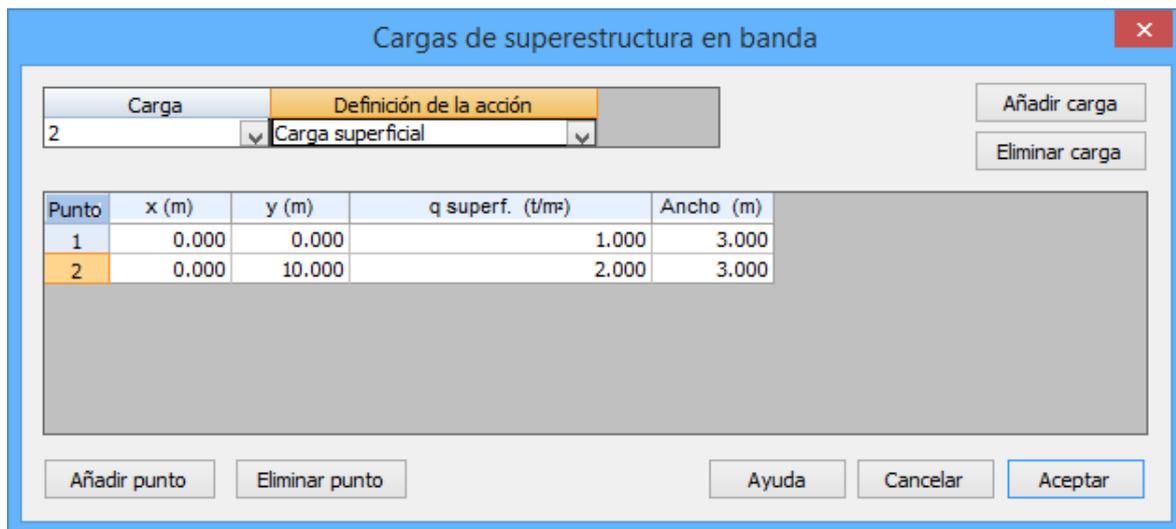


Figura 3.10.1.1-4: Diálogo para la definición de las cargas en banda de tipo superficial.

3.4) Vías del tren (solo en puentes de ferrocarril)

El usuario define las cargas permanentes correspondientes a cada una de las vías definidas sobre el puente a través del botón Editar de la figura siguiente:

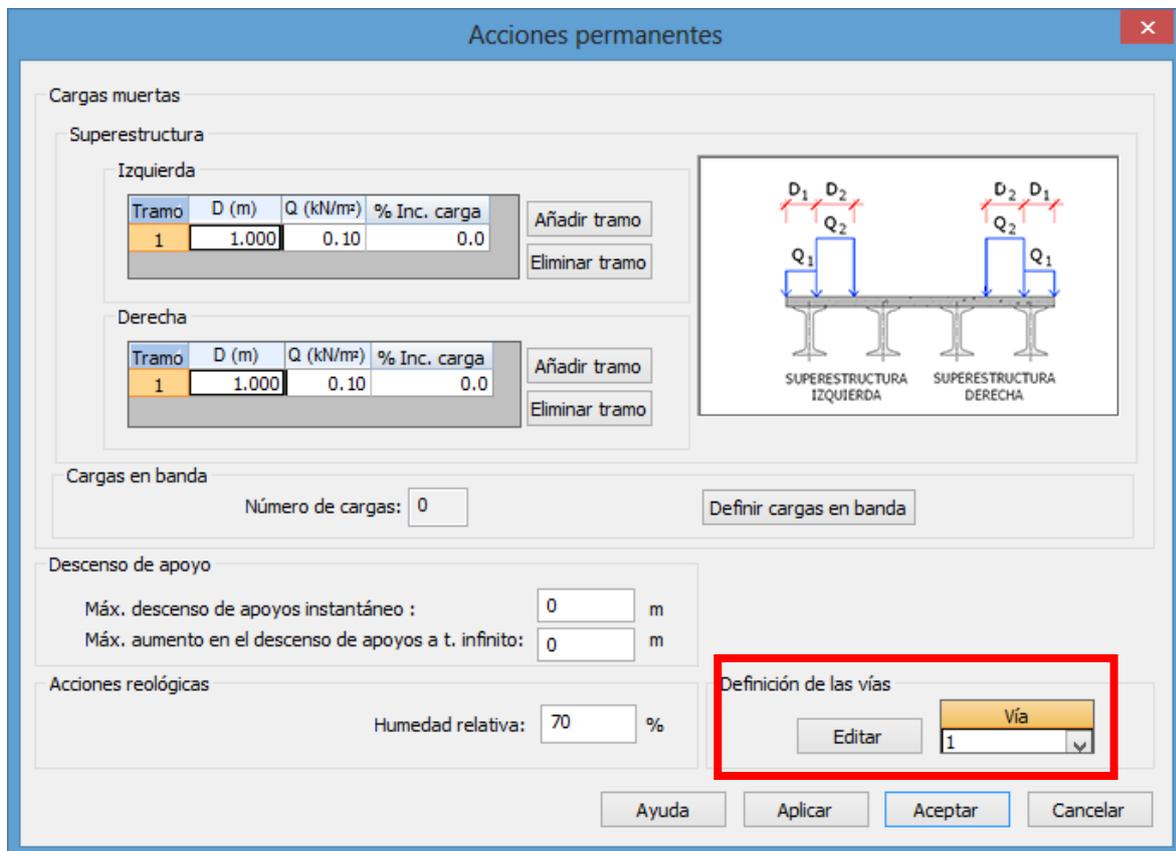


Figura 3.10.1.1-5: Edición de las vías

La siguiente figura muestra el diálogo para la edición de la definición de las vías y de las cargas permanentes correspondientes:

Definición de la vía
×

VÍA 1

Traviesas

Peso de cada traviesa : kN

Distancia entre traviesas : m

Reparto longitudinal :

Traviesa anterior : %

Traviesa central : %

Traviesa posterior : %

Superficie de aplicación de las cargas en cada carril :

Dimensión paralela a la vía : m

Dimensión perpendicular a la vía : m

Trayectoria del eje de la vía

Punto	x (m)	y (m)
1	-10.000	2.000
2	20.000	2.000

Ancho de vía : m

Definición del balasto

Disponer balasto

Peso específico del balasto : kN/m³

Coefficiente de ampliación :

Coefficiente de reducción :

Reparto : : 1, (V : H)

H₁ : m

H₂ : m

H₃ : m

H₄ : m

A₁ : m

A₂ : m

B₁ : m

B₂ : m

Figura 3.10.1.1-6: Diálogo para la definición de las vías del tren

La información a introducir es la siguiente:

- Trayectoria del eje de la vía:

Se deben definir las coordenadas en planta del eje de la vía. El mínimo número de puntos necesario es igual a dos. No es necesario que los puntos coincidan con los ejes de apoyos, o que lleguen hasta ellos. CivilCAD3000 prolongará el primer y último tramo de la poligonal definidos por el usuario.

Además, debe definirse el valor del ancho de la vía, lo que permitirá posicionar en planta cada uno de los carriles.

- Definición de las traviesas y de los carriles:

La información a introducir permitirá calcular el peso de éstas, así como definir las leyes de reparto de las cargas transmitidas por el tráfico ferroviario. De este modo, la información a introducir es la siguiente:

Parámetro	Observaciones
Peso de cada traviesa	
Peso de cada carril	
Distancia entre traviesas	
Reparto longitudinal de las cargas	CivilCAD distribuye cada carga puntual sobre cada carril en tres traviesas consecutivas. Por defecto aparecen los valores establecidos en las normativas europea (ap. 6.3.6) y española (ap. 2.3.1.4.2). NOTA: para la aplicación de las cargas sería necesario estrictamente conocer la posición de cada traviesa. En su defecto, se supone para cada carga puntual de tráfico que está ubicada sobre una traviesa.
Superficie de aplicación	El usuario debe introducir las dimensiones (paralela y perpendicular al eje de la vía) de la superficie sobre la que se repartirán las cargas puntuales debajo de éstas y de cada traviesa y en cada carril

- Definición del balasto:

Las vías pueden descansar sobre un espesor de balasto, si el usuario así lo especifica. En tal caso, es necesario caracterizarlo a través de la siguiente información:

Parámetro	Observaciones
Peso específico del balasto	
Coefficiente de reducción / coeficiente de ampliación	<p>De acuerdo con la IAPF07 (art. 2.1.2) para el balasto, se adoptará:</p> <ul style="list-style-type: none"> - valor nominal: espesor de 0.50 m para anchos de vía ibérico y UIC y 0.25 m para el ancho de vía métrico - valor inferior: disminuyendo un 30% el valor nominal - valor superior: aumentando un 30% el valor nominal <p>A través de los coeficientes de ampliación y de reducción se podrán tener en cuenta dos hipótesis para la generación de las cargas de balasto. Los coeficientes de reducción y de ampliación (0.7 y 1.3 por defecto) permiten poder considerar dicha variabilidad.</p>
Reparto de las cargas	Según la IAPF 07 (art. 2.3.1.4.2) y los EECC (art. 6.3.6) la carga sobre cada traviesa se podrá distribuir con una pendiente 4 (vertical): 1 (horizontal) a través del espesor del balasto. Estos son los valores establecidos por defecto por el programa que pueden ser modificados dentro de este apartado.
Definición geométrica del espesor de balasto	Se supone que la capa de balasto es uniforme a lo largo del eje de cada vía. La geometría puede definirse a partir de los parámetros de acuerdo con la figura H ₁ , H ₂ , H ₃ , H ₄ , A ₁ , A ₂ , B ₁ , B ₂ .

NOTA: en conclusión, las vías se definen sobre la losa y, en caso de haber definido un espesor de tierras, se definen sobre éstas. Las cargas puntuales repartidas superficialmente a través de las traviesas y en cada carril se distribuyen a continuación a través del balasto (cuando se haya definido) y a través del espesor de las tierras (en caso de existir) y a través de la losa del tablero. El modo de reparto se lleva a cabo de forma idéntica al resto de cargas definidas sobre el puente de vigas.

4) *Descenso de apoyos*

Debe indicarse el valor del descenso de apoyos que tendrá lugar a tiempo inicial y el incremento de descenso de apoyo previsto a tiempo infinito.

5) Humedad relativa

Por último, el usuario debe entrar la humedad relativa (%) que habrá en el medio ambiente en que se hallará el tablero de vigas. Se utilizará para evaluar las pérdidas diferidas de pretensado.

3.10.1.2 Normativa americana AASHTO10

En el diálogo de acciones permanentes se deben introducir aquellas acciones presentes a lo largo de toda la vida útil de la estructura:

- Peso propio de la estructura.
- Empuje del terreno.
- Superestructura (elementos no estructurales, pavimento, servicios, ...).

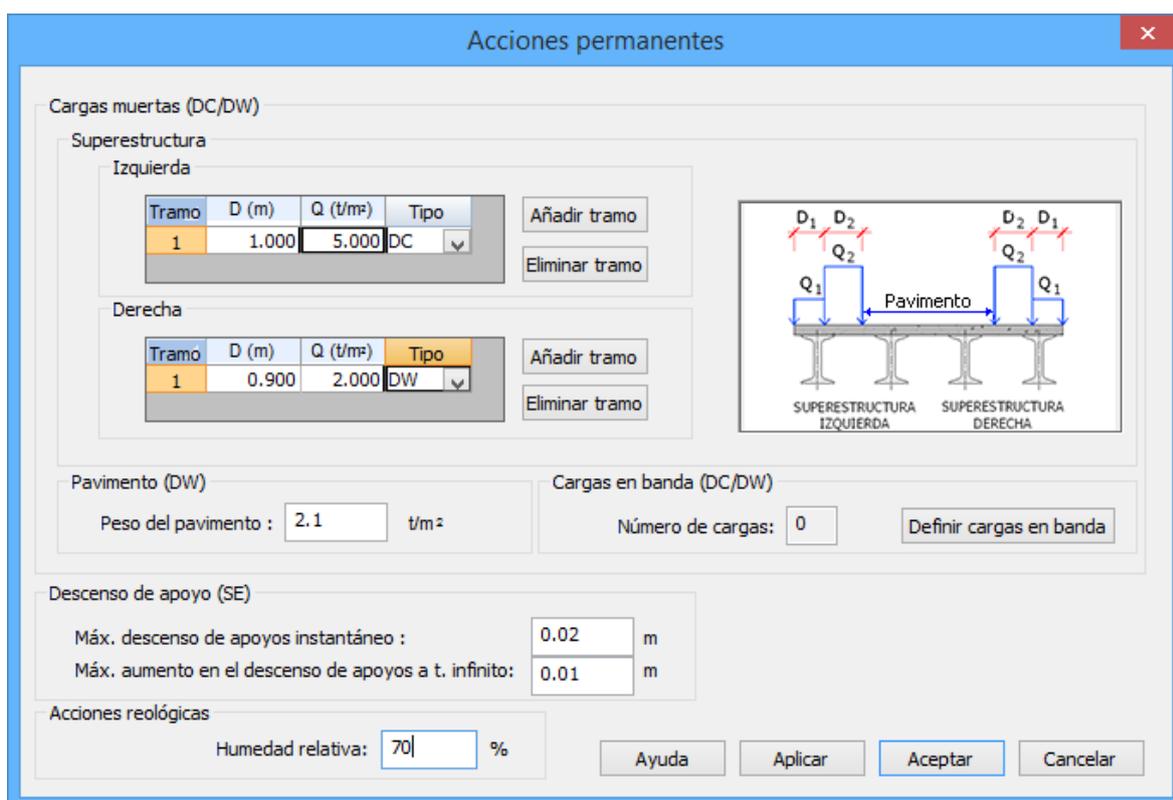


Figura 3.10.1.2-1: Diálogo para la definición de las acciones permanentes.

Las acciones permanentes consideradas por el programa son las siguientes:

- *Peso propio del hormigón*

CivilCAD3000 obtiene las cargas del peso propio de la estructura de forma automática a partir de la geometría y del peso específico del hormigón de cada elemento estructural. El

peso específico del hormigón puede modificarse editando el material y modificando el valor correspondiente al peso específico en la orden *Materiales* (ver Figura 3.10.1.2-2).

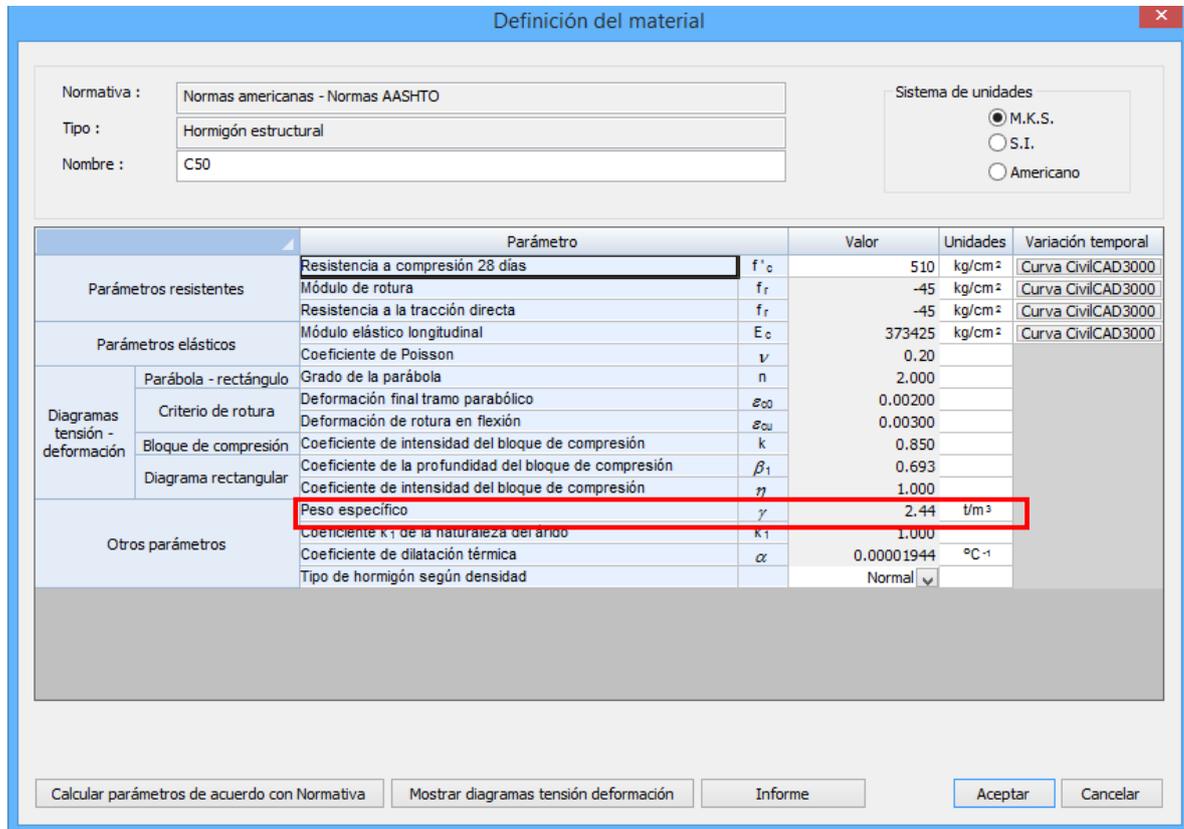


Figura 3.10.1.2-2: Ventana de edición de los parámetros del hormigón.

- *Peso propio de las tierras*

El programa pide al usuario el valor del peso específico del relleno de las tierras (en caso de existir). Con él se obtendrán las cargas a aplicar en el cálculo de esfuerzos por peso propio de las tierras.

Igualmente, el usuario debe establecer el valor del ángulo de reparto de las cargas medido con la horizontal.

- *Cargas muertas*

Dentro del concepto de cargas muertas se distinguen, (de acuerdo con el capítulo 3 de la AASHTO Ed. 2010) entre las cargas tipo DC, que corresponden a los elementos no estructurales y las cargas tipo DW, que corresponden a las cargas de pavimentos y servicios. Esta distinción debe hacerse en tanto que a cada tipo de carga se le aplica un coeficiente de mayoración de cargas distinto. Así pues, las cargas muertas consideradas por el programa son las siguientes:

- *Pavimento (DW)*

Se define una carga por unidad de superficie de la losa del puente, asociada al peso del pavimento. En previsión de un recrecido del pavimento puede definirse asimismo un incremento de carga.

- *Superestructura (DC/DW)*

También se pueden definir los pesos ocasionados por las aceras izquierda y derecha, en cada uno de los tramos de la sección transversal del puente que desee el usuario. Para cada tramo debe entrarse el valor de las anchuras y el de la carga por unidad de superficie. También es necesario especificar el tipo de superestructura (DC o DW).

- *Cargas en banda (DC/DW)*

Por otra parte, el usuario tiene la posibilidad de definir la existencia de una serie de cargas en banda. Una carga en banda consiste en una cuchilla de cargas repartidas que actúa en planta a lo largo de una poligonal. El usuario define la poligonal de la carga dando las coordenadas (x, y) en planta de los puntos que la constituyen. La carga puede variar su valor a lo largo de la poligonal. El usuario entra el valor de la carga repartida q en los puntos de la poligonal. Entre dichos puntos, el programa adoptará una variación lineal de la carga q .

El usuario puede elegir entre las siguientes posibilidades para definir las cargas en banda en cada punto de la poligonal:

- Entrar directamente la carga lineal q

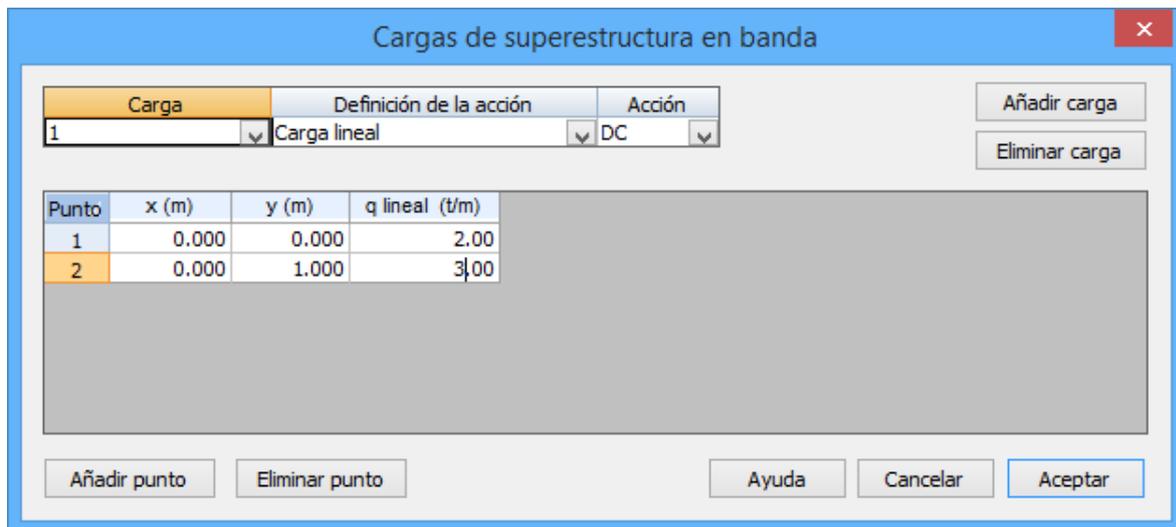


Figura 3.10.1.2-3: Diálogo para la definición de las cargas en banda de tipo lineal.

- Entrar una carga superficial q_s y el ancho de aplicación b . El programa convierte entonces dicha carga superficial en una cuchilla de cargas lineales de valor $q = q_s * b$

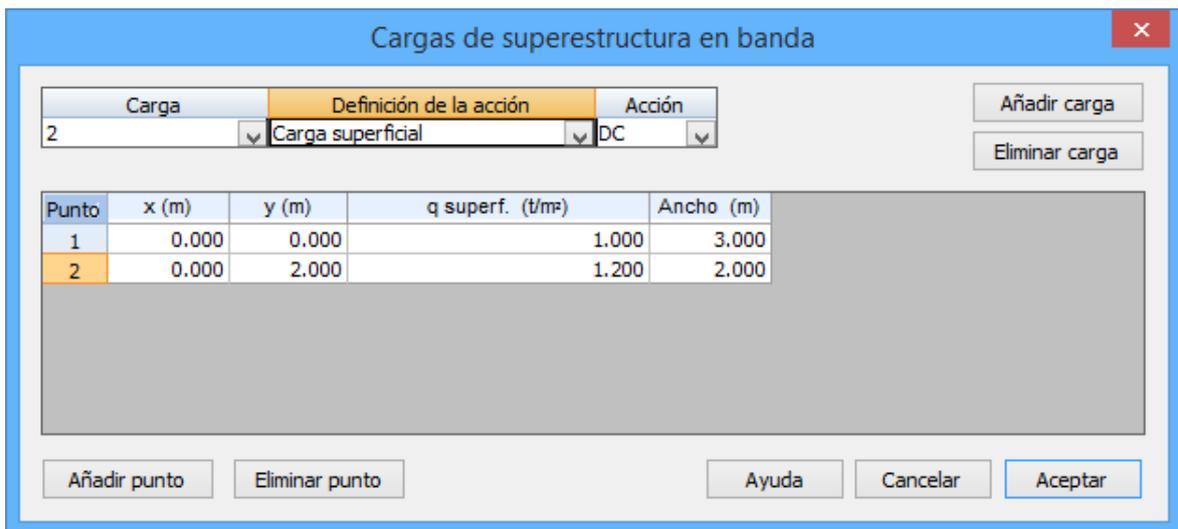


Figura 3.10.1.2-4: Diálogo para la definición de las cargas en banda de tipo superficial.

Finalmente es necesario especificar para cada en banda el tipo de acción (DC o DW).

- Descenso de apoyos (SE)

Debe indicarse el valor del descenso de apoyos que tendrá lugar a tiempo inicial y el incremento de descenso de apoyo previsto a tiempo infinito.

- Humedad relativa

Por último, el usuario debe entrar la humedad relativa (%) que habrá en el medio ambiente en que se hallará el tablero de vigas. Se utilizará para evaluar las pérdidas diferidas de pretesado.

3.10.2 Orden *Acciones variables*

La orden *Acciones Variables* permite definir las cargas variables que actúan sobre la estructura. Las acciones a introducir dependen de la normativa considerada. En los siguientes apartados se especifica la información que el usuario debe definir para cada una de ellas.

3.10.2.1 Normativa española y Eurocódigos

En la ventana correspondiente a la orden *Acciones Variables* se debe introducir el valor de las acciones variables de acuerdo con lo establecido en la normativa IAP-11 / IAPF 07.

Las acciones variables consideradas por el programa son las siguientes:

1) Gradiente de temperatura

El programa solicita al usuario las diferencias de temperatura positiva y negativa previstas entre las caras superior e inferior de la sección, así como el coeficiente de dilatación térmica a utilizar en los cálculos.

$$\nabla T = T_{cara superior} - T_{cara inferior}$$

La unidad a utilizar para definir la temperatura es el grado centígrado °C y para el coeficiente de dilatación térmica es su inverso °C⁻¹.

El coeficiente de dilatación térmica que se considera es el correspondiente al material de las vigas que se ha definido en la orden *Materiales*. Para modificarlo, el usuario debe acceder al diálogo de materiales y editar el material correspondiente al hormigón de las vigas.

CivilCAD3000 generará una hipótesis de cálculo aplicando el gradiente de temperatura únicamente en el tablero.

2) Acción vertical del viento

De acuerdo con los Eurocódigos y la IAP11, debe introducirse la información siguiente:

- Velocidad básica del viento V_b
- Coeficiente de exposición C_e
- Coeficiente de fuerza vertical $C_{f,z}$

El empuje de viento se obtiene a partir de la expresión siguiente:

$$F = 0.5 * A * 1/2 * \rho * v_c^2$$

, donde:

- A área en planta del tablero
- ρ masa específica del aire (1.25 kg/m³)

El empuje vertical está aplicado a una distancia del borde de barlovento igual a un cuarto de la anchura del tablero.

De acuerdo con la IAPF07, en cambio, debe introducirse la información siguiente:

- Velocidad de cálculo del viento V_c

El empuje de viento se obtiene entonces a partir de la expresión siguiente:

$$F = A * 1/2 * \rho * v_c^2$$

3) Acción de tráfico en puentes de carretera (IAP11 / Eurocódigos)

La acción del tráfico se define de acuerdo con lo establecido en la normativa.

3.1) División del tablero en aceras, carriles y área remanente.

A efectos del cálculo de la acción de tráfico, la sección del puente se divide en:

- Acera izquierda.
- Acera derecha.
- Plataforma (zona entre aceras).

El usuario debe introducir el valor de los anchos de las aceras izquierda y derecha.

De acuerdo con las figuras siguientes, conviene recordar que existe la posibilidad de haber definido una capa de tierras sobre la losa del tablero.

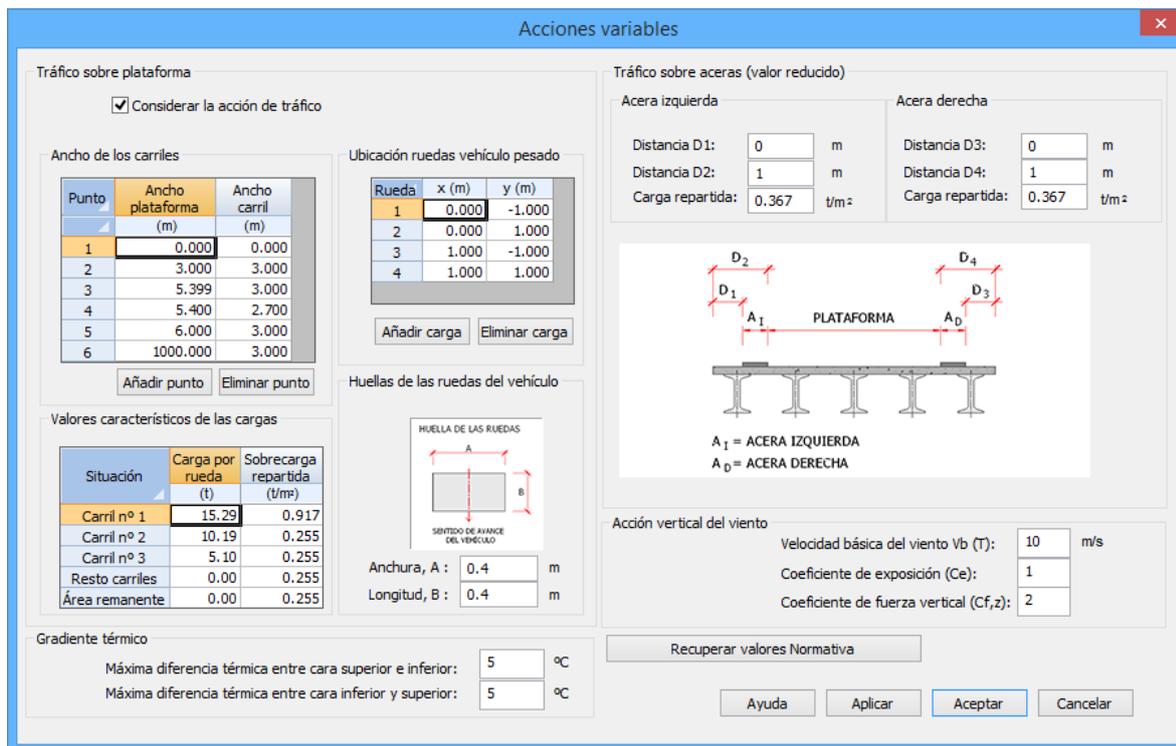


Figura 3.10.2.1-1: Diálogo para la definición de las acciones variables. Tablero sin espesor de tierras.

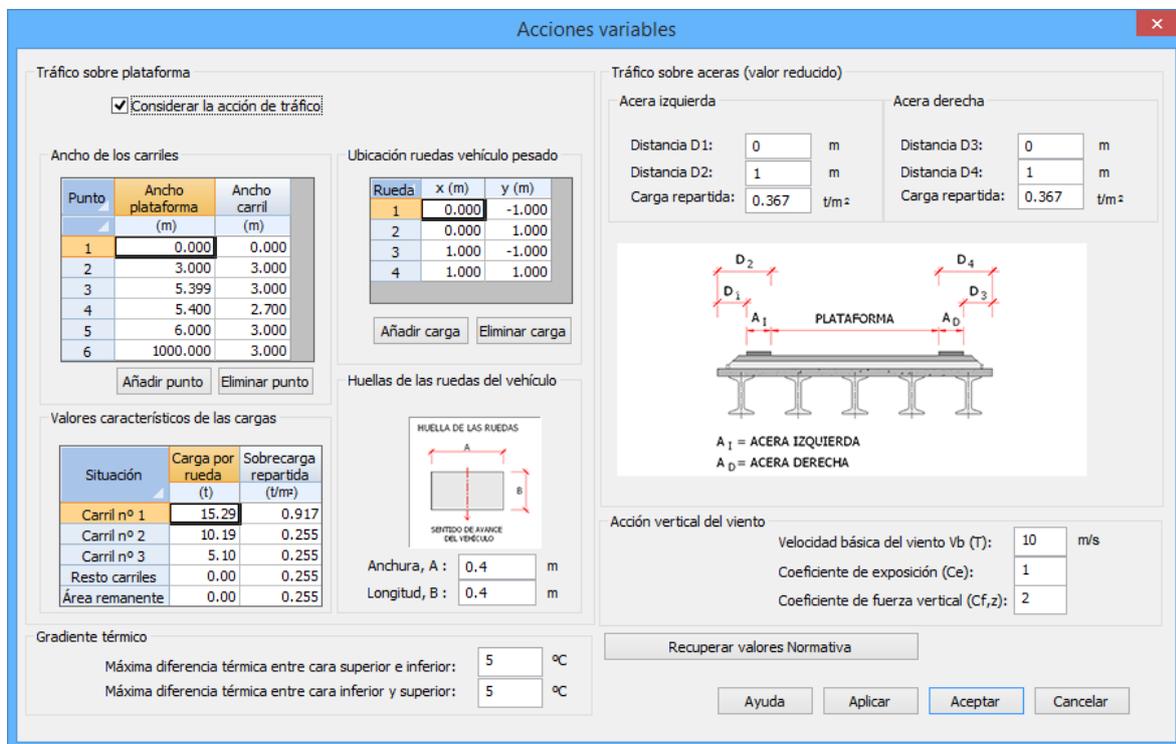


Figura 3.10.2.1-2: Diálogo para la definición de las acciones variables. Tablero con espesor de tierras.

Habida cuenta de la división anterior, cabe diferenciar entre las acciones siguientes:

- Tráfico sobre las aceras.
- Tráfico sobre la plataforma.

3.2) Tráfico sobre las aceras y sobre la plataforma

Si se desea considerar la acción de tráfico en plataforma y aceras se **debe activar la opción *Considerar la acción del tráfico en plataforma y aceras*** (ver casilla de las Figuras 3.10.2.1-1 y 2). Si esta opción está desactivada, *CivilCAD3000* no considerará la carga de tráfico aunque se hayan introducido los valores de dicha carga en el resto de casillas del diálogo.

A continuación se debe introducir la siguiente información referida a las dimensiones de la plataforma y los carriles:

- ***Definición de la plataforma y aceras:*** Se deben introducir las distancias D_1 , D_2 , D_3 y D_4 referidas todas ellas a los contornos del tablero. La acera izquierda queda definida como la zona situada entre los puntos definidos por las distancias D_1 , D_2 ; la acera derecha queda definida como la zona situada entre los puntos definidos por las distancias D_3 y D_4 ; la plataforma se define como la zona situada entre la acera izquierda y la derecha. Como *plataforma* se entiende la superficie apta para el tráfico rodado (incluyendo por tanto todos los carriles de circulación, arcenes, bandas de rodadura y marcas viales) situada a nivel de calzada y comprendida entre los bordillos de las aceras laterales –si éstas existen– cuando tengan más de 150 mm de altura, o entre caras interiores de los pretilos o barreras en el resto de casos.
- ***Definición de los anchos de carriles virtuales:*** A efectos de aplicación de la carga vertical, la plataforma de ancho w se divide en un número n_i determinado de carriles virtuales de anchura w_i . La ubicación de los carriles virtuales puede ser cualquiera; el carril que genere el efecto más desfavorable será el *carril virtual 1*, el segundo más desfavorable el *carril virtual 2*, y así sucesivamente. La zona que no esté ocupada por los carriles, se denomina *área remanente*. Según se especifica en la Instrucción IAP-11, la anchura de carriles a considerar para la ubicación de las cargas de tráfico (carriles virtuales) depende de la anchura de la plataforma. En el diálogo correspondiente a la anchura de carriles, el usuario debe definir por puntos la ley de variación de la anchura de carriles en función de la anchura de plataforma; entre dos puntos se interpola linealmente. Los anchos de plataforma se deben introducir de forma creciente. Asimismo, el primer punto debe corresponder a una anchura de plataforma nula y una anchura de carril nula. Los botones *Añadir punto* y *Eliminar punto* permiten modificar el número de puntos que definen la ley de variación de la anchura de carriles. Al entrar por primera vez en el diálogo se muestra por defecto la ley definida según la IAP-11 o según la Tabla 4-1 del Eurocódigo EN 1991-2:2003.

Una vez definida la geometría de los carriles se debe introducir la carga de tráfico, la cual está compuesta por uno o más vehículos pesados (según el número de carriles

virtuales) y una sobrecarga uniforme en cada carril. El vehículo pesado está formado por un conjunto de cargas puntuales.

- **Ubicación ruedas de vehículo pesado:** En el subdiálogo *Ubicación ruedas de vehículo pesado*, el usuario puede definir el número de cargas puntuales que configuran el vehículo pesado; con las opciones *Añadir carga* y *Eliminar carga* se pueden añadir o eliminar las cargas que se desee. Para cada una de las cargas se deben entrar las coordenadas locales que definen la geometría de las cargas. El Eje X corresponde al eje longitudinal del carril, mientras que el Eje Y corresponde al eje transversal. El origen de coordenadas locales puede estar dispuesto en cualquier punto respecto a las cargas del vehículo pesado. La Instrucción IAP-11 define el vehículo pesado como un vehículo de 2 ejes separados una distancia de 1,2 m, y con una separación transversal entre ruedas de 2 m. En este caso las coordenadas locales del vehículo pesado son las siguientes:

Carga	X (m)	Y (m)
1	0.000	-1.000
2	0.000	1.000
3	1.200	-1.000
4	1.200	1.000

El vehículo pesado se considera actuando en el eje del carril y según el eje longitudinal del carril definido por el Azimut que se ha introducido en la Orden *Planta*.

Finalmente el usuario debe definir el número de posiciones en que desea disponer el vehículo pesado en cada carril (debe ser igual o superior a tres). La primera posición se fija de forma que la última huella del vehículo pesado (en el sentido de avance del vehículo) esté dentro del tablero; la última posición corresponde a la situación en que la primera huella (en el sentido de avance del vehículo) empieza a salir del tablero. El resto de posiciones se disponen equidistantes.

- **Huellas del vehículo pesado:** Se deben introducir las dimensiones de la huella de las ruedas del vehículo pesado. Cuando existen tierras sobre el dintel, *CivilCAD3000* realiza el reparto de la carga puntual en profundidad, partiendo de la superficie de la huella.
- **Valores característicos de las cargas:** En este apartado, el usuario define el valor de las cargas puntuales del vehículo pesado y de la sobrecarga uniforme que actúa en cada uno de los carriles virtuales. Recuérdese que el carril virtual 1 es aquel carril que produce el efecto más desfavorable del estado límite que se esté analizando; el carril virtual 2 es el carril que produce el segundo valor más desfavorable, y así sucesivamente. De acuerdo con la Instrucción IAP-11 (o la tabla 4-2 del Eurocódigo), se distingue entre los carriles 1, 2, 3 y el resto de carriles y del área remanente. Para cada uno de ellos se define el valor de la carga puntual por rueda y la sobrecarga uniforme que actúa en cada uno de ellos. La Instrucción IAP-11 y/o Eurocódigo define los siguientes valores para las cargas de tráfico:

Cargas verticales de tráfico		
	Carga por rueda del vehículo pesado (kN)	Sobrecarga uniforme (kN/m ²)
Carril virtual 1	150	9,0
Carril virtual 2	100	2,5
Carril virtual 3	50	2,5
Resto de carriles	-	2,5
Área remanente	-	2,5

- **Tráfico sobre las aceras:** En las casillas correspondientes al tráfico sobre las aceras, el usuario debe introducir la carga peatonal que actúa en las aceras. El valor a introducir corresponde al valor reducido de la carga peatonal, es decir, aquel valor de la carga peatonal concomitante con las cargas de tráfico. Según la IAP-11 (apartado 4.1.4), el valor reducido de la carga peatonal es de 2,5 kN/m². Según la Tabla 4.4a del Eurocódigo EN 1991-2:2003 (apartado 4.5.1), el valor reducido de la carga peatonal es de 3,0 kN/m².

4) Acción de tráfico en puentes de ferrocarril (IAPF07 / Eurocódigos)

La acción del tráfico se define de acuerdo con lo establecido en la normativa.

4.1) Tráfico ferroviario y tráfico no ferroviario

A efectos del cálculo de la acción de tráfico, la sección del puente se divide en:

- Zona de vías.
- Zona fuera de vías:
 - o Acera izquierda.
 - o Acera derecha.
 - o Zonas entre vías

El usuario debe introducir el valor de los anchos de las aceras izquierda y derecha.

4.2) Tráfico no ferroviario

Se define a través de la información siguiente.

- **Definición geométrica de las aceras:** Se definen análogamente a lo descrito para el caso de los puentes de carretera.

- **Tráfico sobre las aceras:**

Según el artículo 2.3.1.3 de la IAPF07 las cargas en aceras, paseos de servicio y zonas del tablero no afectadas directamente por el tráfico ferroviario se asimilarán a una sobrecarga vertical uniforme de 5 kN/m^2 .

En las casillas correspondientes al tráfico sobre las aceras, el usuario debe introducir la carga peatonal que actúa en las aceras. El valor por defecto es de 5 kN/m^2 .

- **Cargas en banda:** la normativa establece que fuera de las vías debe considerarse una carga de tráfico no ferroviario igual a 5 kN/m^2 . Para poder contemplarlo, el usuario puede introducir con total libertad esta carga a través de la definición de una serie de cargas en banda. La definición de las cargas en banda se lleva a cabo análogamente a lo expuesto para el caso de cargas en banda para acciones permanentes (superestructura)

4.3) Tráfico ferroviario

Para la definición del tráfico ferroviario se debe editar el diálogo con el aspecto de la figura siguiente (accesible desde el diálogo Acciones variables):

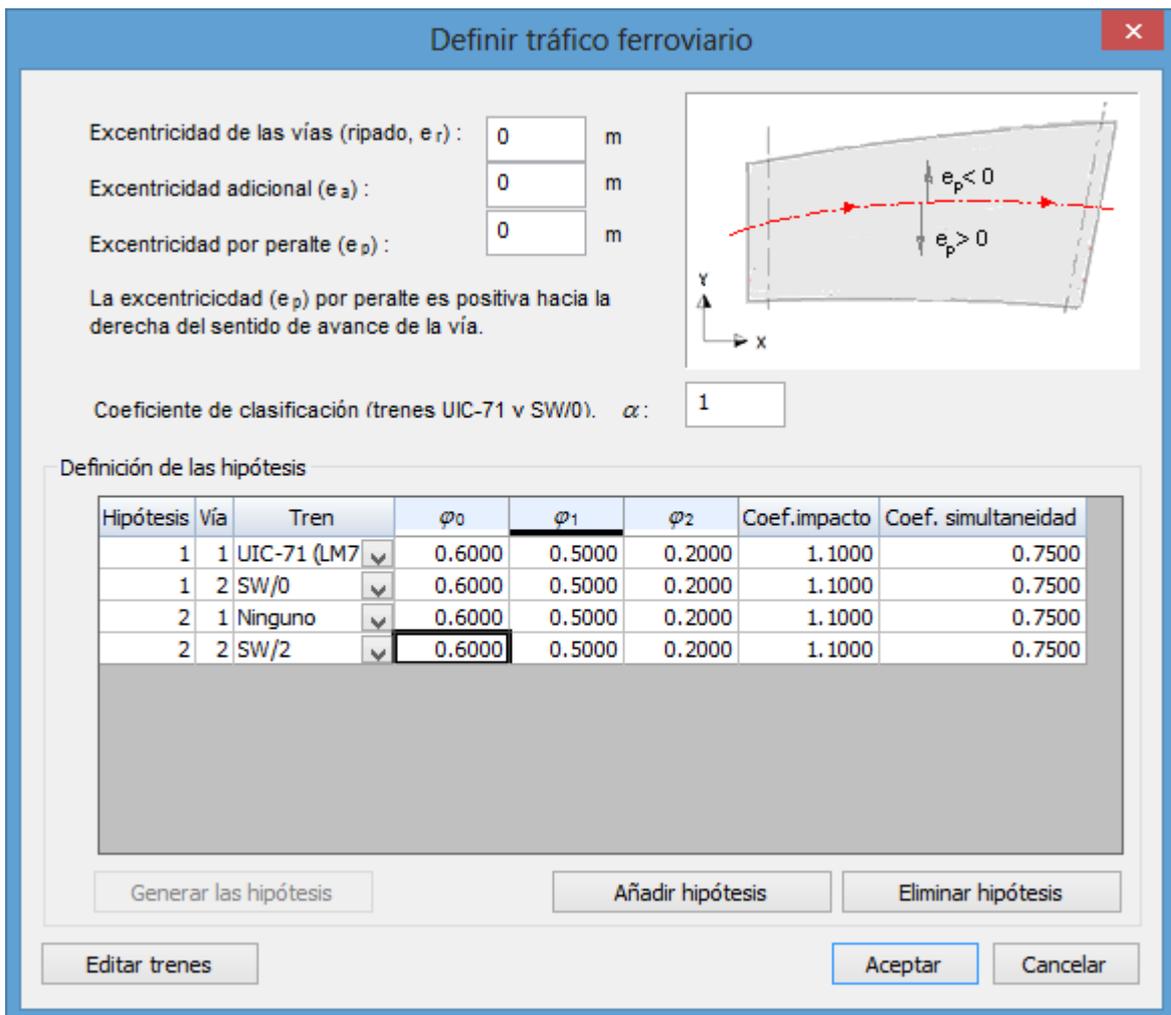


Figura 3.10.2.1-3: Diálogo para la definición del tráfico ferroviario

Así pues, el tráfico ferroviario queda definido a través de la información siguiente:

- *Excentricidad de las vías:*

De acuerdo con el artículo 2.3.1.4.3 de la IAPF07, en vías sobre balasto, u otras susceptibles de ripado, la anchura de la plataforma de vías deberá permitir un eventual desplazamiento transversal de las vías de 0.3m a ambos lados de su eje teórico.

CivilCAD permite al usuario introducir un valor para la excentricidad de las vías (valor nulo o positivo) para tener en cuenta esta consideración.

- *Excentricidad adicional:*

De acuerdo con el artículo 2.3.1.4.4, se tendrá en cuenta el efecto de una posible distribución asimétrica de las cargas verticales entre los carriles, considerando una relación de cargas entre las ruedas de cada eje igual a 1.25. La excentricidad resultante será en tones $e = r/18$ siendo r la distancia entre apoyos de ruedas.

También de acuerdo con el artículo 6.3.5 de los Eurocódigos, en los modelos LM71 y SW/0, se tendrá en cuenta el mismo tipo de efecto.

CivilCAD permite al usuario introducir un valor para la excentricidad adicional de las vías (valor nulo o positivo) para tener en cuenta esta consideración.

- Excentricidad por peralte:

Según la IAPF07, y los Eurocódigos, deberá tenerse en cuenta una excentricidad debida al peralte de la vía.

CivilCAD permite al usuario introducir un valor para la excentricidad por peralte de las vías (valor nulo o positivo) para tener en cuenta esta consideración. Un peralte se define positivo cuando está orientado hacia la derecha según el sentido de avance de la vía (la vía se define del eje inicial del puente al eje final del puente)

- Coeficiente de clasificación:

Según el artículo 2.3.1.1 de la IAPF 07 el tren de cargas ferroviarias se asimilará al tren UIC71. Las cargas se afectarán por el coeficiente de clasificación α .

Según el artículo 6.3.2 del EECC, para el tren LM71 el coeficiente de clasificación α afecta a todas las cargas del tren.

Según el artículo 6.3.3 del EECC, para el tren SW/0 el coeficiente de clasificación α afecta a todas las cargas del tren.

- Definición de las hipótesis:

Tanto la normativa IAPF07 como los Eurocódigos establecen reglas de combinación para la consideración de los trenes simultáneamente en varias vías.

CivilCAD da la máxima flexibilidad al usuario para poder definir las hipótesis de tráfico que resulten necesarias en el cálculo o análisis. De este modo, una hipótesis queda definido por la siguiente información:

A) Trenes a considerar en cada una de las vías, pudiendo no considerar ningún tren.

Existe una biblioteca de trenes que puede ser editada por el usuario desde el diálogo para las acciones de tráfico ferroviario. Por defecto, se incluyen los siguientes trenes

LM71

SW/0

SW/2

HSLM

Tren no cargado

IAPF-A

IAPF-B

Un tren, de acuerdo con el diálogo siguiente, está compuesto por una serie de cargas puntuales y por una serie de cargas repartidas (el diálogo permite editar los trenes que se quieran considerar en el programa):

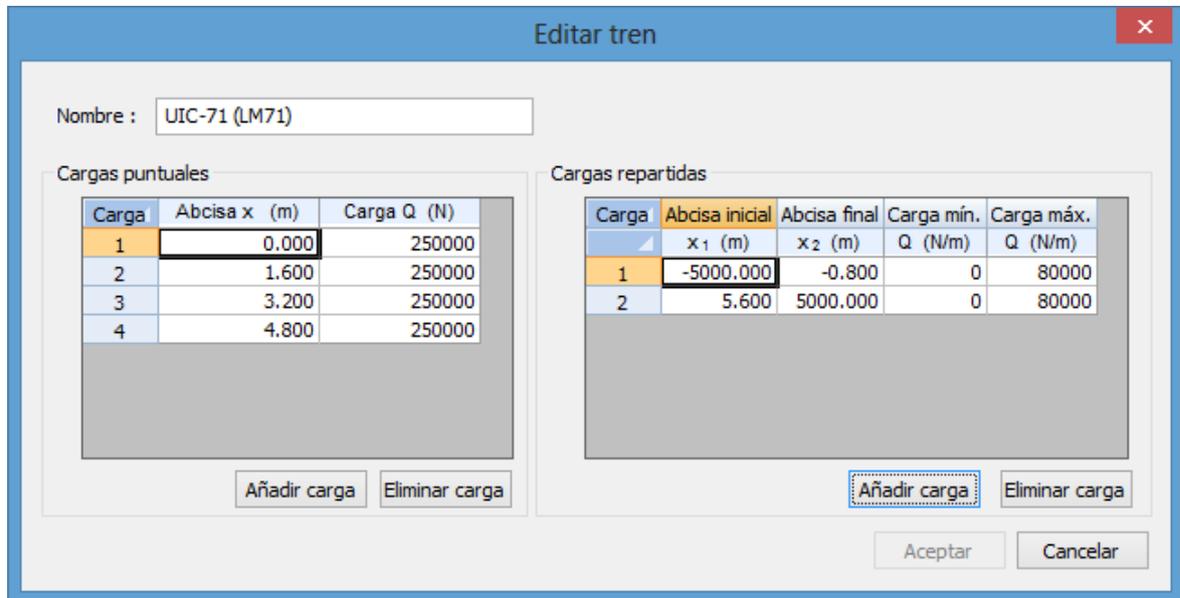


Figura 3.10.2.1-4: Diálogo para la edición de los trenes de ferrocarril.

B) Coeficientes de combinación (Ψ_0 , Ψ_1 , Ψ_2) para cada tren en cada vía

El usuario puede introducir los valores que desee. La normativa IAPF07 propone los siguientes valores (artículo 3.3):

Acciones	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Cargas de tráfico	0.8	0.8 1 vía cargada 0.6 2 vías cargadas 0.4 3 vías o más cargadas	0
Resto de acciones variables	0.6	0.5	0.2

En la tabla A2.3 del Eurocódigo figuran los coeficientes de combinación para los trenes, ya sea para las componentes individuales y ya sea para los grupos de cargas.

C) Coeficiente de impacto.

Este coeficiente debe afectar a todas las cargas ferroviarias para la consideración de los efectos dinámicos debidos al paso del tren.

D) Coeficientes de simultaneidad para cada tren en cada vía. Este valor permite tener en cuenta la probabilidad de ocurrencia de varios trenes actuando a la vez en cada una de las vías. Así por ejemplo, de acuerdo con el artículo 2.3.1.4.1 de la IAPF:

Puentes con dos o más vías: las cargas actuarán como máximo en 2 vías.

Puentes con dos o más vías: actuarán las cargas en 3 o más vías pero con el 75% del valor.

Todos los coeficientes anteriores multiplicarán los esfuerzos característicos de cada tren en el cálculo de cada hipótesis.

3.10.2.2 Normativa americana AASHTO10

Las acciones variables consideradas por el programa son las siguientes:

1) Gradiente de temperatura

El programa solicita al usuario las diferencias de temperatura positiva y negativa previstas entre las caras superior e inferior de la sección, así como el coeficiente de dilatación térmica a utilizar en los cálculos.

La unidad a utilizar para definir la temperatura es el grado centígrado ° C y para el coeficiente de dilatación térmica, es su inverso ° C⁻¹.

2) Acción vertical del viento

De acuerdo con la normativa, debe introducirse la información siguiente:

- Presión vertical básica del viento.

3) Acción de tráfico sobre la calzada

Las cargas de tráfico y de uso peatonal que actúan sobre el dintel se definen en los diálogos de las Figuras siguientes:

Acciones variables

Tráfico sobre la calzada (plataforma y aceras)
 Considerar la acción de tráfico

Definición de la calzada

Acera izquierda: Distancia D1: 0 m, Distancia D2: 0 m
 Acera derecha: Distancia D3: 0 m, Distancia D4: 0 m

A₁ = ACERA IZQUIERDA
 A₀ = ACERA DERECHA

Vehículo de diseño

Vehículos		
1	Tandem de diseño	Editar
2	Camión de diseño (14" + 30")	Editar
3	Camión de diseño (14" + 14")	Editar

Incremento por carga dinámica IM: 33 %
 Aplicar reducción por profundidad mínima de la cubierta de tierra sobre la estructura

Factor de presencia múltiple

Nº carriles cargados	Factor	
1	1.200	
2	1.000	
3	0.850	
4	>3	0.650

Carriles de circulación
 Número de carriles: 1
 Anchura de cada carril, ws: 0 m

Sobrecargas

Carga uniforme en el carril de diseño
 Carga lineal en carril de diseño: 0.948 t/m
 Anchura de aplicación de la carga: 3 m

Carga peatonal en aceras
 Sobrecarga en la acera izquierda: 0.367 t/m²
 Sobrecarga en la acera derecha: 0.367 t/m²

Gradiente térmico
 Máxima diferencia térmica entre cara superior e inferior: 0 °C
 Máxima diferencia térmica entre cara inferior y superior: 0 °C

Presión vertical del viento
 Para velocidades del viento iguales a 90 km/h: 0 t/m²
 Para velocidades del viento superiores a 90 km/h: 0 t/m²

Ayuda Aplicar **Aceptar** Cancelar

Figura 3.10.2.2-1: Diálogo para la definición de las acciones variables. Situación sin capa de tierras sobre la losa.

Acciones variables

Tráfico sobre la calzada (plataforma y aceras)
 Considerar la acción de tráfico

Definición de la calzada

Acera izquierda: Distancia D1: 0 m, Distancia D2: 0 m
 Acera derecha: Distancia D3: 0 m, Distancia D4: 0 m

A₁ = ACERA IZQUIERDA
 A₀ = ACERA DERECHA

Vehículo de diseño

Vehículos		
1	Tandem de diseño	Editar
2	Camión de diseño (14" + 30")	Editar
3	Camión de diseño (14" + 14")	Editar

Incremento por carga dinámica IM: 33 %
 Aplicar reducción por profundidad mínima de la cubierta de tierra sobre la estructura

Factor de presencia múltiple

Nº carriles cargados	Factor	
1	1.200	
2	1.000	
3	0.850	
4	>3	0.650

Carriles de circulación
 Número de carriles: 1
 Anchura de cada carril, ws: 0 m

Sobrecargas

Carga uniforme en el carril de diseño
 Carga lineal en carril de diseño: 0.948 t/m
 Anchura de aplicación de la carga: 3 m

Carga peatonal en aceras
 Sobrecarga en la acera izquierda: 0.367 t/m²
 Sobrecarga en la acera derecha: 0.367 t/m²

Gradiente térmico
 Máxima diferencia térmica entre cara superior e inferior: 0 °C
 Máxima diferencia térmica entre cara inferior y superior: 0 °C

Presión vertical del viento
 Para velocidades del viento iguales a 90 km/h: 0 t/m²
 Para velocidades del viento superiores a 90 km/h: 0 t/m²

Ayuda Aplicar **Aceptar** Cancelar

Figura 3.10.2.2-2: Diálogo para la definición de las acciones variables. Situación con capa de tierras sobre la losa.

Si se desea considerar la acción de tráfico en plataforma y aceras se **debe activar la opción *Considerar la acción del tráfico en plataforma y aceras***. Si esta opción está desactivada, *CivilCAD3000* no considerará la carga de tráfico aunque se hayan introducido los valores de dicha carga en el resto de casillas del diálogo.

A continuación se debe introducir la siguiente información referida a las dimensiones de la plataforma y los carriles:

- ***Definición de la calzada y las aceras:*** Se deben introducir las distancias D_1 , D_2 , D_3 y D_4 referidas todas ellas a los contornos del tablero. La acera izquierda queda definida como la zona situada entre los puntos definidos por las distancias D_1 , D_2 ; la acera derecha queda definida como la zona situada entre los puntos definidos por las distancias D_3 y D_4 ; la calzada se define como la zona situada entre la acera izquierda y la derecha. Como *calzada* se entiende la superficie apta para el tráfico rodado (incluyendo por tanto todos los carriles de circulación, arcenes, bandas de rodadura y marcas viales) situada a nivel de calzada y comprendida entre los bordillos de las aceras laterales –si éstas existen- o entre caras interiores de los pretilos o barreras en el resto de casos.
- ***Definición de los anchos de los carriles de circulación:*** El número de carriles de diseño (n_d), así como su anchura (w_d) se definen según el apartado 3.6.1.1.1 de la normativa AASHTO a partir de la anchura de la calzada definida anteriormente ($A_{calzada}$), y la anchura de los carriles de circulación (w_c) y del número de carriles de circulación (n_c) definidos en el diálogo.

Si la anchura del carril de circulación definido por el usuario es inferior a 12 ft (3,6576 m) se adopta un número de carriles de diseño igual al número de carriles de circulación ($n_d = n_c$), y una anchura del carril de diseño igual a la anchura del carril de circulación ($w_d = w_c$). Resulta por tanto un área no cargada cuya anchura ‘A’ vale:

$$A = \text{Anchura calzada} - n_d \times w_d$$

Si la anchura del carril de circulación es mayor o igual a 12 ft y la anchura de la plataforma se encuentra comprendida entre 20 ft (6,096 m) y 24 ft (7,3152 m) entonces se consideran 2 carriles de diseño ($n_d = 2$) con una anchura igual al ancho de la calzada dividida por dos.

Finalmente en caso de no estar en ninguno de los supuestos anteriores se consideran carriles de diseño de 12 ft de anchura ($w_d=12$ ft) y un número de carriles de diseño igual a la parte entera resultante de la división del ancho de calzada por la anchura del carril de diseño (12 ft). Resulta por tanto un área no cargada cuya anchura ‘A’ vale:

$$A = \text{Anchura calzada} - n_d \times w_d$$

Una vez definida la geometría de los carriles se debe introducir la carga de tráfico, la cual está compuesta por uno o más vehículos de diseño y una sobrecarga uniforme en cada carril, así como una sobrecarga uniforme en las aceras.

- **Vehículos de diseño:** En este subdiálogo se deben definir los diferentes tipos de vehículos pesados que deben considerarse en los cálculos. *CivilCAD3000* realizará los cálculos para todos los tipos de vehículos definidos y adoptará la envolvente de los esfuerzos calculados. Los botones *Añadir hipótesis* y *Eliminar hipótesis* permiten añadir o eliminar un vehículo.

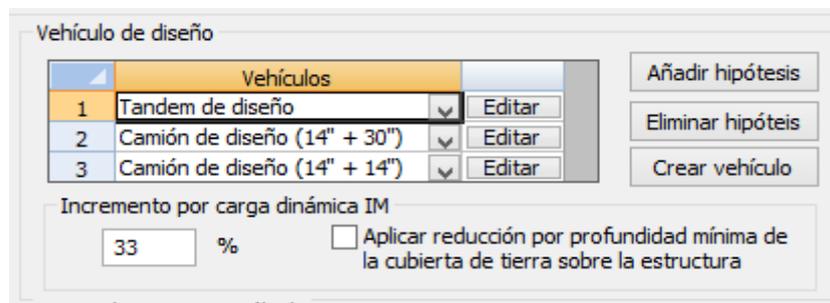


Figura 3.10.2.2-3: Opción para Añadir/Eliminar vehículos.

Una vez añadido un vehículo debe seleccionarse el tipo de vehículo que se desea mediante el botón correspondiente. Al desplegarse el menú aparecerán los vehículos que están definidos por defecto o aquellos que el usuario haya creado con la opción *Crear Vehículo*.

Los botones *Editar* permiten acceder al diálogo de definición del vehículo y modificar sus características. Concretamente, al seleccionar la opción *Editar* aparecerá el diálogo de la Figura 3.10.2.2-4, en el que se pueden añadir y/o eliminar cargas (botones *Añadir carga* y *Eliminar carga*) definir cada una de las cargas que componen el vehículo entrando el valor de la carga y las coordenadas X e Y de su situación relativa. El eje X corresponde al eje longitudinal del carril, mientras que el eje Y corresponde al eje transversal. El origen de coordenadas locales puede estar dispuesto en cualquier punto respecto a las cargas del vehículo pesado. Finalmente se deben definir las dimensiones de las huellas de las cargas.

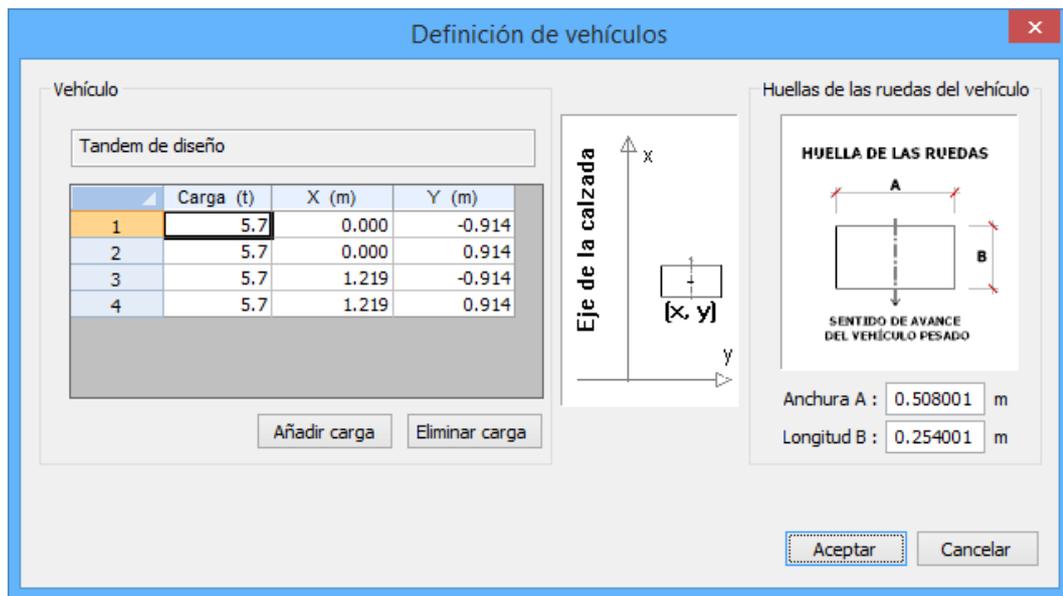


Figura 3.10.2.2-4: Diálogo de edición de las características de los vehículos.

Para añadir un nuevo vehículo, se debe seleccionar la opción *Crear vehículo*, apareciendo en este caso el diálogo de la Figura 3.10.2.2-5 que incorpora respecto al diálogo anterior las opciones *Añadir tipo de camión* y *Eliminar Tipo de camión*.

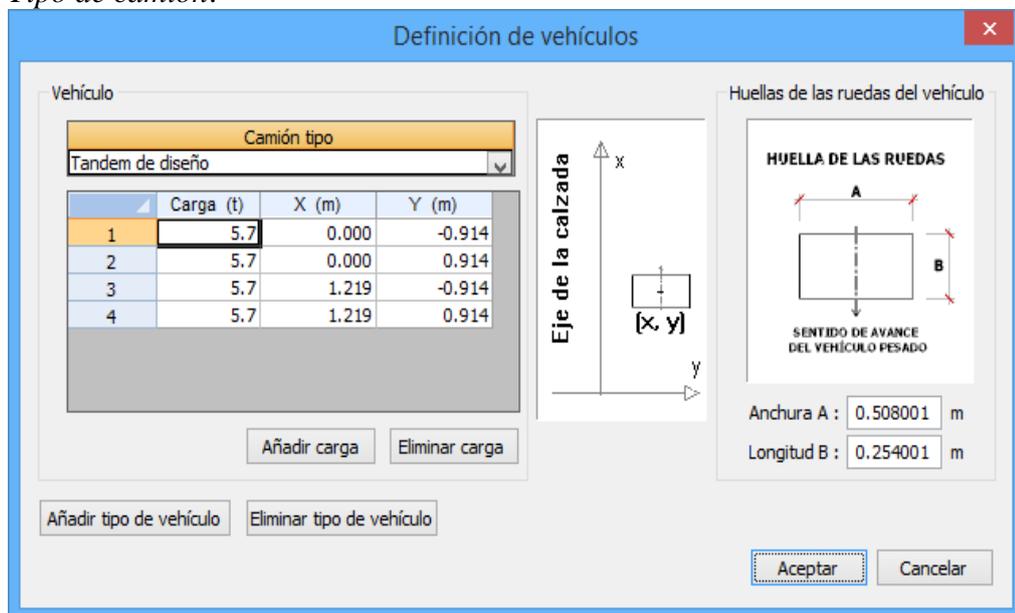


Figura 3.10.2.2-5: Diálogo de definición de nuevos vehículos.

Una vez creado el nuevo vehículo podrá seleccionarse en el diálogo de hipótesis de carga.

A continuación se debe definir el **porcentaje IM de incremento de las cargas de los vehículos por amplificación dinámica** (ver apartado 3.6.2.1 de la normativa AASHTO). Las cargas estáticas de los vehículos se multiplicarán

por el coeficiente $(1 + IM/100)$. Si se selecciona la opción “*Aplicar reducción por profundidad mínima de la cubierta de tierra sobre la estructura*”, el coeficiente de amplificación dinámica IM se reducirá multiplicándolo por el coeficiente K siguiente (ver apartado 3.6.2.2 de la AASHTO):

$$K = 1 - 0,125 \cdot D_e \geq 0$$

Donde D_e es la altura mínima de tierras sobre el dintel en la anchura de la calzada en ft.

- **Factores de presencia múltiple:** Para considerar la simultaneidad de las cargas actuando en diferentes carriles, se definen los Factores de presencia múltiple. Estos coeficientes multiplican a las cargas de tráfico (vehículos pesados y sobrecarga uniforme) en función del número de carriles de diseño cargados que se consideran en cada una de las hipótesis. CivilCAD3000 analiza todas las hipótesis posibles cargando 1, 2, hasta n_d carriles en todas las configuraciones posibles aplicando en cada caso el coeficiente de simultaneidad que corresponda. A efectos de aplicación del factor de presencia múltiple, las aceras se consideran como un carril más.
- **Carga uniforme en el carril de diseño:** Simultáneamente a los vehículos, actúa en los carriles de diseño una carga superficial en un determinado ancho. Se debe definir el valor de la carga actuante por unidad de longitud y la anchura en la que actúa.
- **Carga peatonal en aceras:** En las casillas correspondientes a la carga peatonal en aceras, el usuario debe introducir la carga peatonal prevista en ellas.

3.10.2.3 Normativa brasileña

En la ventana correspondiente a la orden *Acciones Variables* se debe introducir el valor de las acciones variables de acuerdo con lo establecido en la normativa NB-6.

Las acciones variables consideradas por el programa son las siguientes:

1) Gradiente de temperatura

El programa solicita al usuario las diferencias de temperatura positiva y negativa previstas entre las caras superior e inferior de la sección, así como el coeficiente de dilatación térmica a utilizar en los cálculos.

$$\nabla T = T_{cara superior} - T_{cara inferior}$$

La unidad a utilizar para definir la temperatura es el grado centígrado °C y para el coeficiente de dilatación térmica es su inverso °C⁻¹.

El coeficiente de dilatación térmica que se considera es el correspondiente al material de las vigas que se ha definido en la orden *Materiales*. Para modificarlo, el usuario debe acceder al diálogo de materiales y editar el material correspondiente al hormigón de las vigas.

CivilCAD3000 generará una hipótesis de cálculo aplicando el gradiente de temperatura únicamente en el tablero.

2) Acción vertical del viento

Debe introducirse la presión vertical del viento. *CivilCAD3000* generará 4 hipótesis excluyentes de viento, dos en sentido ascendente y dos en sentido descendente.

En cada caso se aplica el valor de la carga total del viento ejercida sobre la planta del tablero pero aplicada en cada mitad (izquierda y/ derecha) según el eje longitudinal del puente.

3) Acción de tráfico (NB-6)

La acción del tráfico se define de acuerdo con lo establecido en la normativa.

3.1) División del tablero en aceras y plataforma

A efectos del cálculo de la acción de tráfico, la calzada del puente se divide en:

- Acera izquierda.
- Acera derecha.
- Plataforma (zona entre aceras).

El usuario debe introducir el valor de los anchos de las aceras izquierda y derecha.

De acuerdo con las figuras siguientes, conviene recordar que existe la posibilidad de haber definido una capa de tierras sobre la losa del tablero.

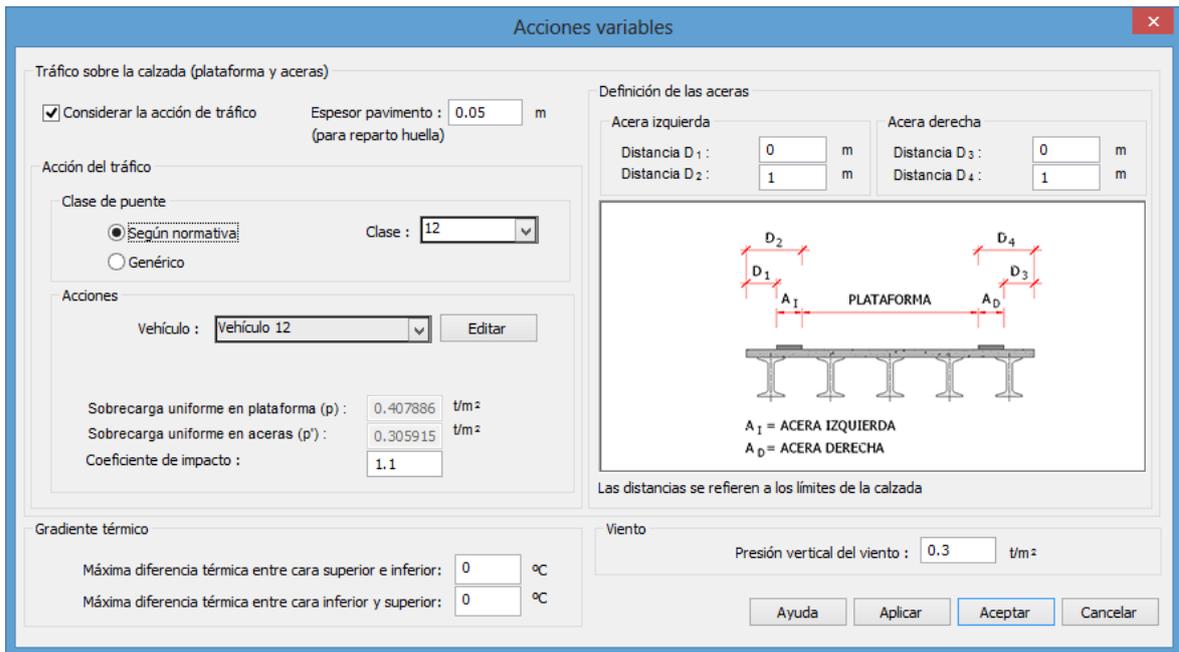


Figura 3.10.2.3-1: Diálogo para la definición de las acciones variables. Tablero sin espesor de tierras.

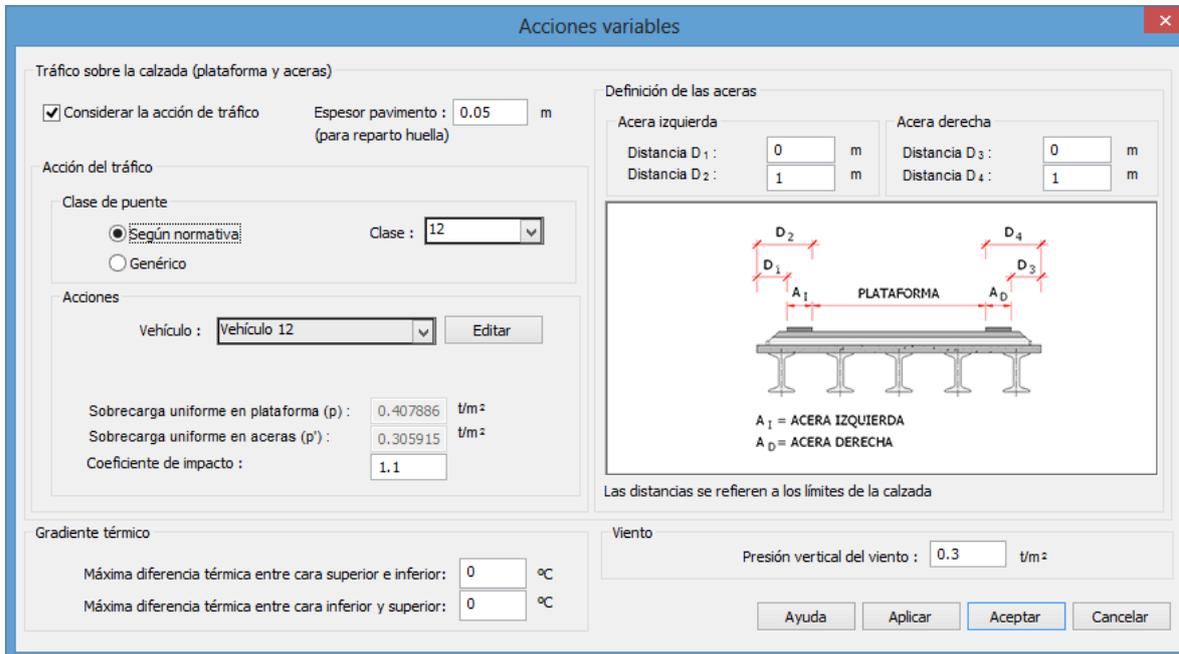


Figura 3.10.2.3-2: Diálogo para la definición de las acciones variables. Tablero con espesor de tierras.

Habida cuenta de la división anterior, cabe diferenciar entre las acciones siguientes:

- Tráfico sobre las aceras.
- Tráfico sobre la plataforma.

3.2) Tráfico sobre las aceras y sobre la plataforma

Si se desea considerar la acción de tráfico en plataforma y aceras se **debe activar la opción *Considerar la acción del tráfico*** (ver casilla de las Figuras 3.10.2.3-1 y 2). Si esta opción está desactivada, *CivilCAD3000* no considerará la carga de tráfico aunque se hayan introducido los valores de dicha carga en el resto de casillas del diálogo.

A continuación se debe introducir la siguiente información referida a las dimensiones de la plataforma y los carriles:

- **Definición de la plataforma y aceras:** Se deben introducir las distancias D_1 , D_2 , D_3 y D_4 referidas todas ellas a los contornos del tablero. La acera izquierda queda definida como la zona situada entre los puntos definidos por las distancias D_1 , D_2 ; la acera derecha queda definida como la zona situada entre los puntos definidos por las distancias D_3 y D_4 ; la plataforma se define como la zona situada entre la acera izquierda y la derecha.

Una vez definida la geometría de la calzada se debe introducir la carga de tráfico, la cual está compuesta por:

- Una sobrecarga uniforme en la plataforma
- Una sobrecarga uniforme en las aceras
- Un vehículo pesado. El vehículo pesado está formado por un conjunto de cargas puntuales definidas en un sistema de ejes locales. Cada carga puntual queda definida por sus coordenadas en dicho sistema, por el valor de la carga puntual y por las dimensiones $A \times B$ de las huellas. Esta información puede editarse desde el diálogo para la Definición de los vehículos.

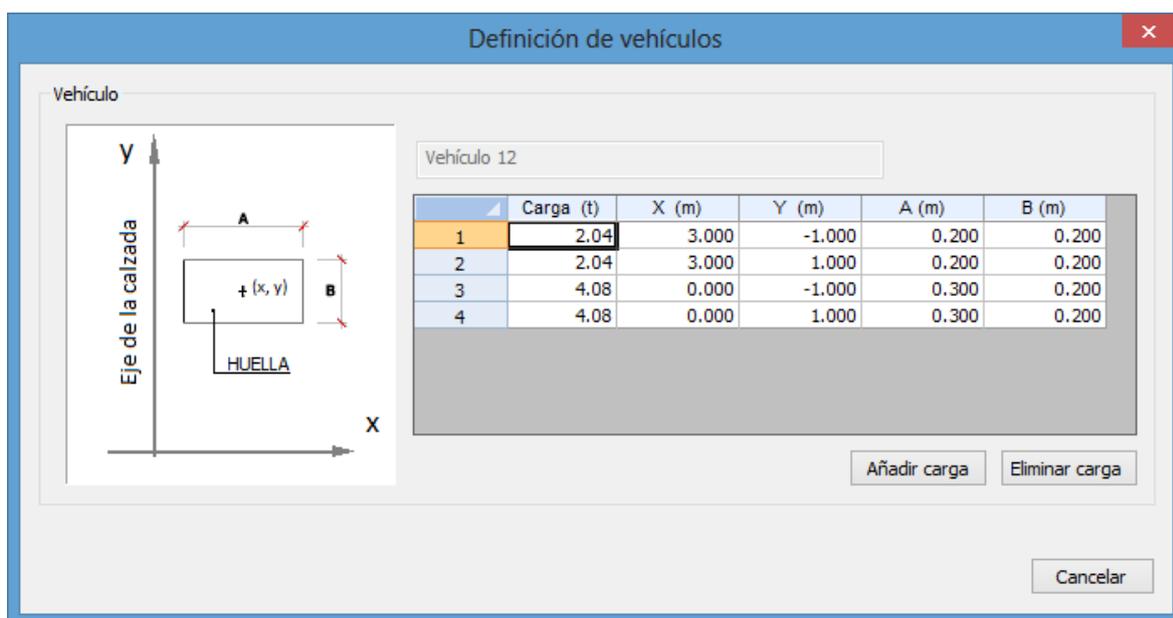


Figura 3.10.2.3-2: Diálogo para la edición del vehículo

En el subdiálogo anterior, el usuario puede definir el número de cargas puntuales que configuran el vehículo pesado; con las opciones *Añadir carga* y *Eliminar carga* se pueden añadir o eliminar las cargas que se desee. Para cada

una de las cargas se deben entrar las coordenadas locales que definen la geometría de las cargas. El Eje X corresponde al eje longitudinal del tráfico, mientras que el Eje Y corresponde al eje transversal. El origen de coordenadas locales puede estar dispuesto en cualquier punto respecto a las cargas del vehículo pesado.

En el diálogo anterior, se deben introducir también las dimensiones de la huella de las ruedas del vehículo pesado. Cuando existen tierras sobre el dintel, *CivilCAD3000* realiza el reparto de la carga puntual en profundidad, partiendo de la superficie de la huella. Se considera además el espesor del pavimento definido por el usuario en el diálogo para la definición de las Acciones variables.

3.3) Definición de la acción del tráfico en función de la clase del puente.

La norma NBR establece tres tipos de clases de puentes:

- Clase 12:
- Clase 30
- Clase 45

Según la clase del puente, se generan los vehículos y sobrecargas siguientes:

Clase	Vehículo	Sobrecarga uniforme en plataforma (t/m²)	Sobrecarga uniforme en aceras (t/m²)
12	Vehículo 12	0.407886	0.305915
30	Vehículo 30	0.509858	0.305915
45	Vehículo 45	0.509858	0.305915
Genérica	Definido por el usuario	Definido por el usuario	Definido por el usuario

3.10.3 Orden Acciones accidentales

Existen dos tipos de acciones accidentales consideradas por el programa:

- a) Acción accidental sísmica:

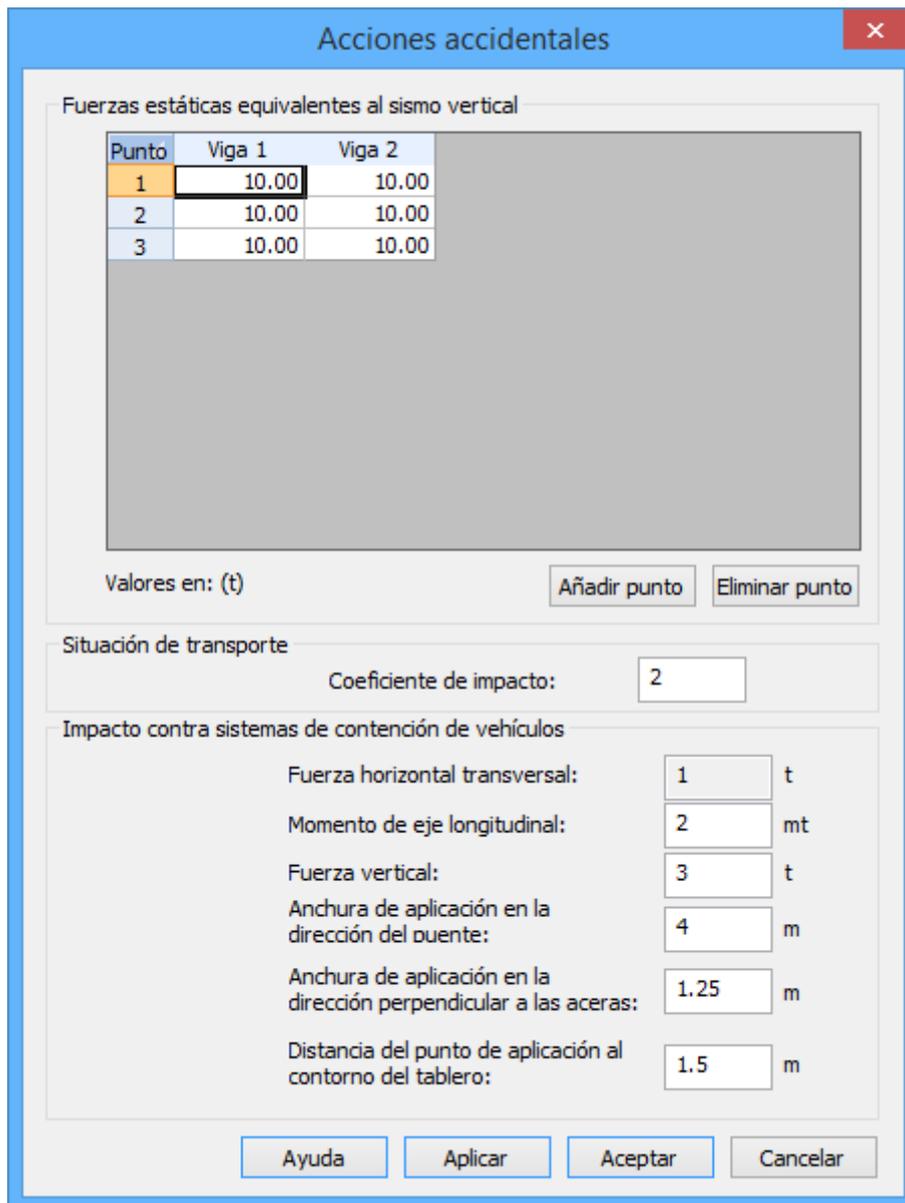
En este caso puede definirse una serie de cargas verticales en una serie de puntos equidistantes a lo largo de cada una de las vigas del puente. *CivilCAD3000* generará con ellas dos hipótesis sísmicas, una con signo vertical positivo y otra con signo negativo.

- b) Acción accidental no sísmica (impacto contra sistemas de contención de vehículos):

Esta acción se considera solamente para los puentes de carretera.

Para la consideración de la acción de impacto, el usuario puede introducir el valor de:

- Una fuerza horizontal transversal por unidad de longitud.
- Un momento de eje longitudinal por unidad de longitud.
- Una fuerza vertical por unidad de longitud.
- La anchura de aplicación en la dirección del puente.
- La anchura de aplicación en la dirección perpendicular a las aceras.
- La distancia del punto de aplicación al contorno del tablero.



Acciones accidentales

Fuerzas estáticas equivalentes al sismo vertical

Punto	Viga 1	Viga 2
1	10.00	10.00
2	10.00	10.00
3	10.00	10.00

Valores en: (t)

Situación de transporte

Coeficiente de impacto:

Impacto contra sistemas de contención de vehículos

Fuerza horizontal transversal: t

Momento de eje longitudinal: mt

Fuerza vertical: t

Anchura de aplicación en la dirección del puente: m

Anchura de aplicación en la dirección perpendicular a las aceras: m

Distancia del punto de aplicación al contorno del tablero: m

Figura 3.10.3-1: Diálogo para la definición de las acciones variables.

La acción de impacto será considerada en el cálculo de los esfuerzos en la losa.

Finalmente, desde este diálogo, el usuario puede definir el coeficiente de impacto. Este coeficiente amplificará los esfuerzos de peso propio para tener en cuenta los efectos

dinámicos durante la operación de transporte. Asimismo, no se tendrá en cuenta dicho coeficiente para la situación de izado de las vigas.

3.10.4 Orden Acciones de fatiga

CivilCAD3000 lleva a cabo el cálculo del ELU de fatiga, de acuerdo con cada normativa. La información a introducir depende de cada normativa.

3.10.4.1 Normativa española

Carga variable de fatiga

En relación con las cargas variables de fatiga CivilCAD3000 permite al usuario considerar varias hipótesis para el cálculo de fatiga. Para cada hipótesis, las cargas variables de fatiga vienen definidas por la siguiente información:

- *Modelo de cargas:* el modelo de cargas viene definido por una serie de cargas puntuales expresadas en un sistema de ejes locales (X, Y), por el valor de las cargas y las dimensiones A x B de la superficie de aplicación.

Por defecto, para el caso de puentes de carretera, y de acuerdo con el artículo 4.1.5 de la IAP11 CivilCAD3000 considerará el tren de cargas representado por el modelo de cargas siguiente (el artículo 4.1.5 comenta que no se considerará ninguna carga horizontal):

Carga	X(m)	Y(m)	Q(kN)	A(m)	B(m)
1	0.0	0	120	0.4	0.4
2	1.2	0	120	0.4	0.4
3	7.2	0	120	0.4	0.4
4	8.4	0	120	0.4	0.4
5	0.0	2	120	0.4	0.4
6	1.2	2	120	0.4	0.4
7	7.2	2	120	0.4	0.4
8	8.4	2	120	0.4	0.4

Tabla 3.10.4.1: cargas de fatiga según la IAP

- *Coefficiente de impacto adicional y Distancia a la junta de calzada:* el modelo propuesto por la IAP11 incluye el coeficiente de impacto correspondiente a una superficie de rodadura de buena calidad. Para la comprobación de aquellos elementos estructurales que estén a una distancia menor de 6 m de una junta de calzada se tomará un coeficiente de impacto adicional de 1.3. Estos valores son los propuestos por defecto por CivilCAD3000 para el coeficiente de impacto adicional y para la máxima distancia a la junta de calzada.

Comprobaciones a realizar en las armaduras activas y pasivas

El artículo 48.2.2 de la EHE especifica que debe satisfacerse la condición:

$$\Delta\sigma_{sf} < \Delta\sigma_d$$

, siendo

$\Delta\sigma_{sf}$ Máxima variación de tensión debida a las sobrecargas que producen fatiga
 $\Delta\sigma_d$ Límite de fatiga definido en la tabla 38.10

CivilCAD3000 pide al usuario los valores de los límites de fatiga por separado para las armaduras:

- Las armaduras pasivas
- Las armaduras activas de pretesado
- Las armaduras activas de postesado

Comprobaciones a realizar en el hormigón

El artículo 48.2.1 (EHE) especifica que se deben limitar los valores máximos de tensión de compresión producidos, tanto por tensiones normales como por tensiones tangenciales (bielas comprimidas), debidas a las cargas permanentes y sobrecargas que producen fatiga.

CivilCAD3000 no lleva a cabo la comprobación relativa a las tensiones tangenciales.

Según la EHE, los valores admisibles se determinarán según bibliografía, por lo que se adopta el criterio de los Eurocódigos, pidiéndose al usuario el valor a considerar en el cálculo para el límite de fatiga en el hormigón ($f_{ctd,fat}$).

Los valores anteriores deben ser introducidos desde el diálogo de la figura siguiente:

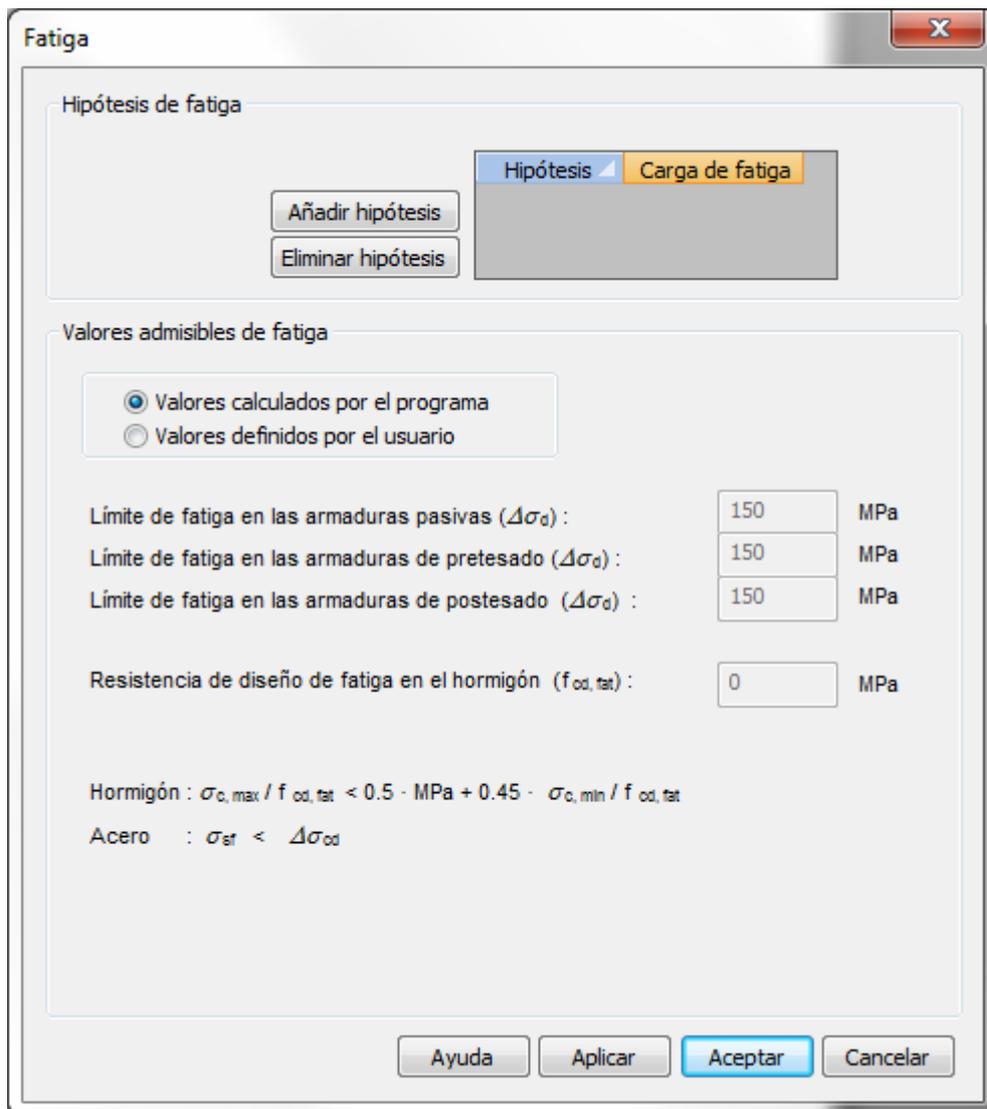


Figura 3.10.4.1-1: diálogo para las acciones de fatiga. Normativa española

A su vez, las hipótesis de fatiga se definen a través de los botones *Editar* de las cargas de fatiga.

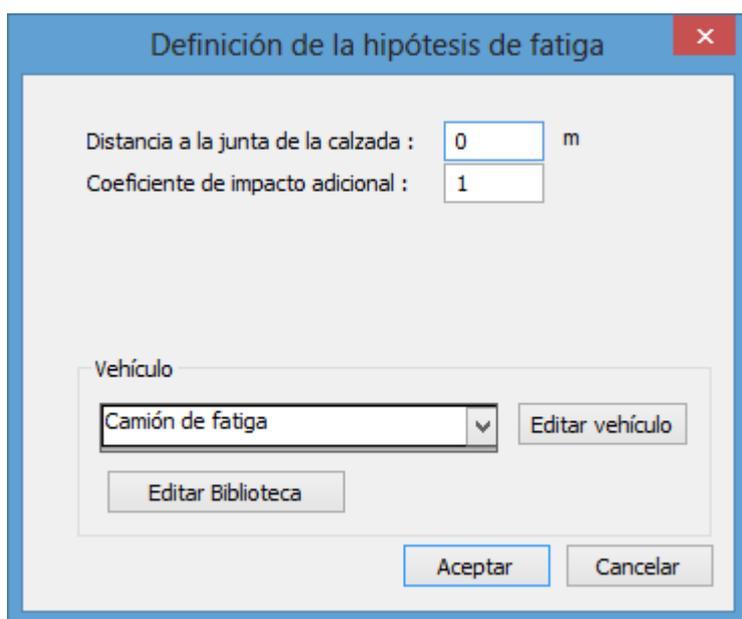


Figura 3.10.4.1-2: diálogo para la edición de las hipótesis de fatiga. Normativa española

Desde el diálogo anterior, se puede acceder al siguiente diálogo para la edición de las cargas de fatiga.

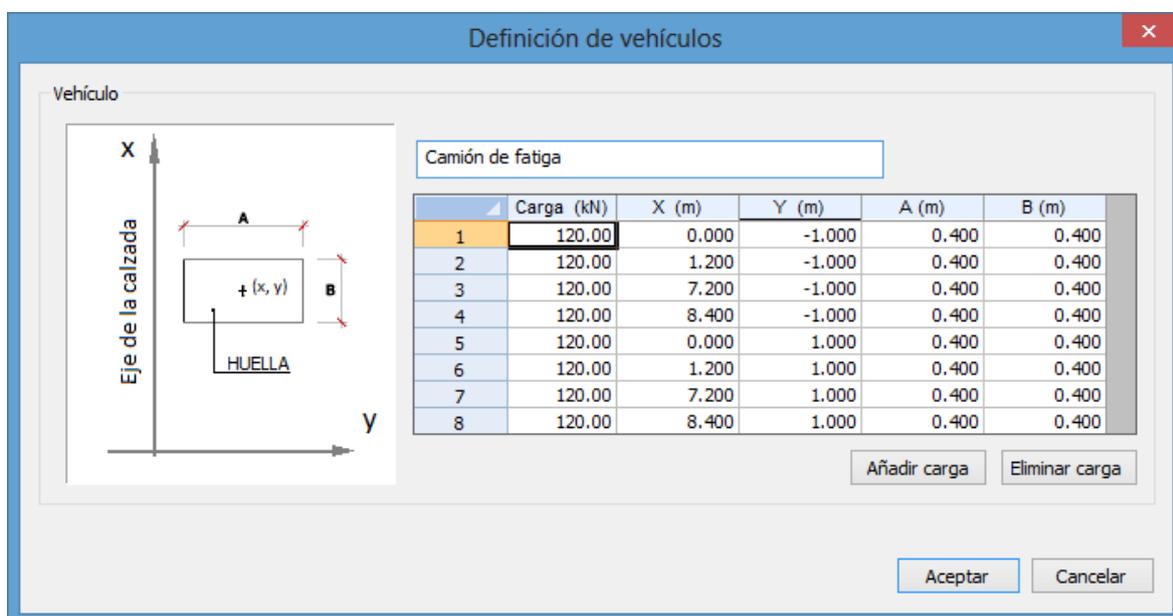


Figura 3.10.4.1-3: diálogo para las acciones de fatiga.

3.10.4.2 Normativa europea

Modelos para las cargas variables de fatiga

En relación con las cargas variables de fatiga CivilCAD3000 permite al usuario considerar varias hipótesis para el cálculo de fatiga. Para cada hipótesis, las cargas variables de fatiga vienen definidas por la siguiente información:

- *Modelo de cargas:* el modelo de cargas viene definido por una serie de cargas puntuales expresadas en un sistema de ejes locales (X, Y), por el valor de las cargas y las dimensiones A x B de la superficie de aplicación.

Los artículos 4.6.2, 4.6.3, 4.6.4, 4.6.5 y 4.6.6 del Eurocódigo E₂ definen los modelos 1, 2, 3, 4 y 5 constituidos por unas cargas vehiculares. Por defecto, CivilCAD3000 propone al usuario el modelo de cargas correspondiente al modelo 3 (artículo 4.6.4). Este es el modelo más apropiado para el caso que nos ocupa (por lo demás, en los comentarios del artículo 4.6 del Eurocódigo E₂ se aconseja el modelo de cargas número 1 para el caso de puentes de acero y se desaconseja para el caso de puentes de hormigón, por lo que este modelo queda descartado, siendo el único que incluye cargas repartidas además de las cargas puntuales).

Carga	X(m)	Y(m)	Q(kN)	A(m)	B(m)
1	0.0	0	120	0.4	0.4
2	1.2	0	120	0.4	0.4
3	7.2	0	120	0.4	0.4
4	8.4	0	120	0.4	0.4
5	0.0	2	120	0.4	0.4
6	1.2	2	120	0.4	0.4
7	7.2	2	120	0.4	0.4
8	8.4	2	120	0.4	0.4

Tabla: cargas de fatiga propuestas por CivilCAD3000 y correspondientes al modelo 3 del Eurocódigo

Comprobaciones a realizar en las armaduras activas y pasivas

De acuerdo con los comentarios anteriores, CivilCAD3000 pide al usuario los valores de los límites de fatiga por separado para:

- Las armaduras pasivas. (valor por defecto, 162.5 MPA)
- Las armaduras activas de pretensado. (valor por defecto, 185 MPA)
- Las armaduras activas de postesado. (valor por defecto, 120 MPA)

Comprobaciones a realizar en el hormigón

De acuerdo con el artículo 6.8.7, se cumple la condición sobre el hormigón siempre que:

$$\sigma_{c,max} / f_{cd,fat} < 0.50 \text{ MPA} + 0.45 \sigma_{c,min} / f_{cd,fat}$$

$$< 0.9 \text{ MPA para } f_{ck} < 50 \text{ MPA}$$

$$< 0.8 \text{ MPA para } f_{ck} > 50 \text{ MPA}$$

Siendo,

$\sigma_{c,min}$ mínima compresión concomitante en la fibra superior. Si el valor es de tracción, se tomará 0.

$\sigma_{c,max}$ máxima compresión en la fibra superior de la viga bajo la combinación frecuente (compresiones positivas)

$$f_{cd,fat} = k_1 * \beta_{cc}(t_0) * f_{cd} * (1 - f_{ck}/250)$$

k_1 valor recomendado igual a 0.85

f_{cd} resistencia de cálculo

f_{ck} resistencia característica

$\beta_{cc}(t_0)$ coeficiente de resistencia del hormigón definido en 3.1.2 (6) del Eurocódigo y

t_0 tiempo en días en que empiezan a actuar las cargas cíclicas

CivilCAD3000 pregunta al usuario el valor de $f_{cd,fat}$. Por defecto es un valor calculado por el programa, pudiendo el usuario modificar dicho valor.

Análogamente al caso de la normativa española, la información anterior se define desde los diálogos de las figuras siguientes.

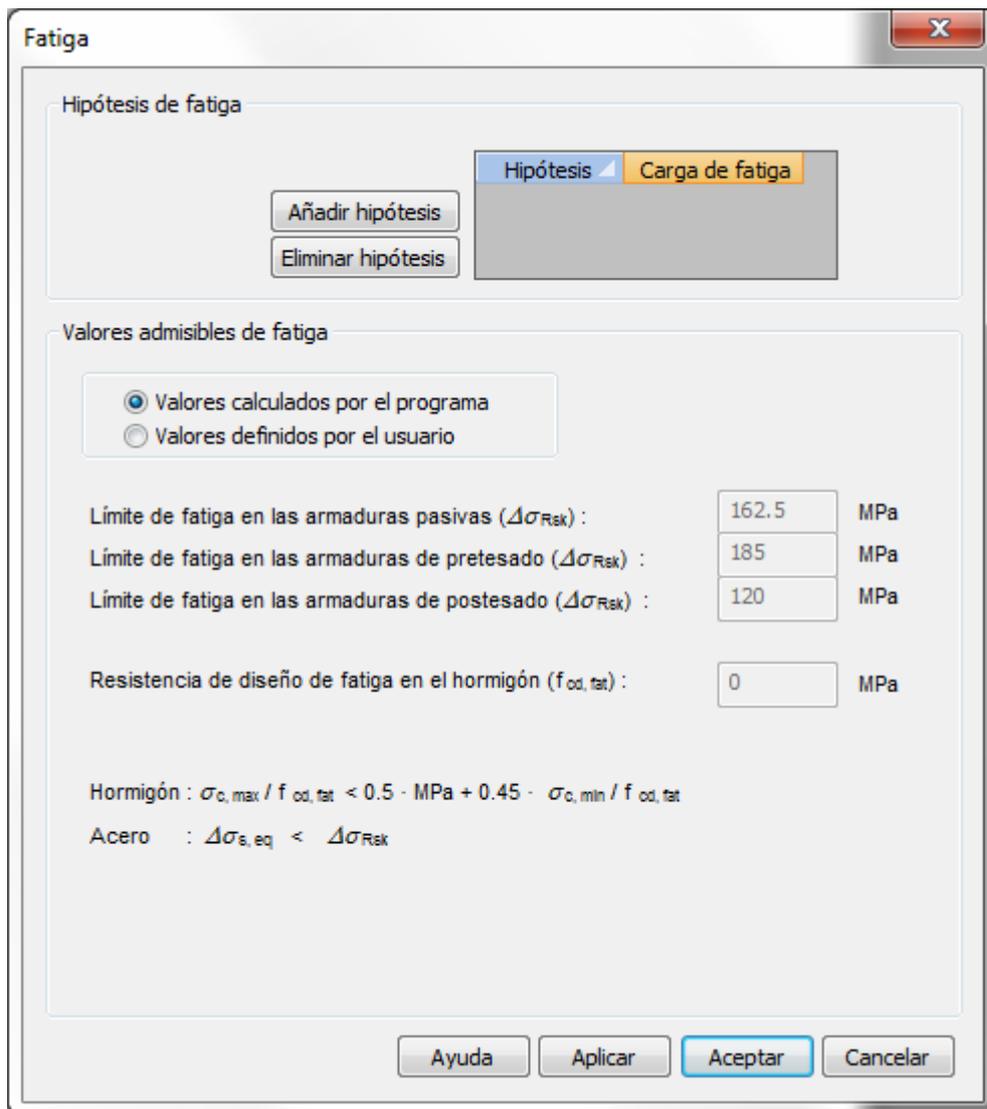


Figura 3.10.4.2-1: diálogo para las acciones de fatiga. Normativa europea

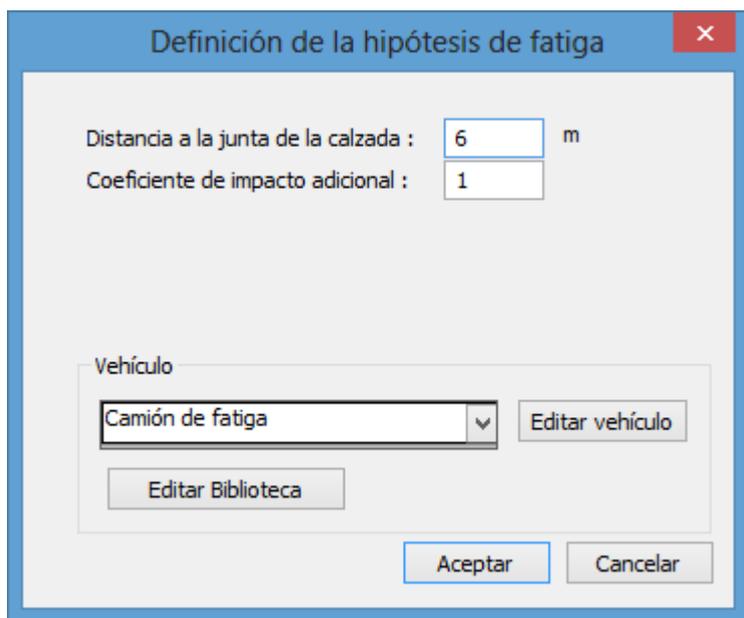


Figura 3.10.4.2-2: diálogo para la edición de las hipótesis de fatiga. Normativa europea

3.10.4.3 Normativa americana

Carga variable de fatiga

En relación con las cargas variables de fatiga CivilCAD3000 permite al usuario considerar varias hipótesis para el cálculo de fatiga. Para cada hipótesis, las cargas variables de fatiga vienen definidas por la siguiente información:

- *Modelo de cargas:* el modelo de cargas viene definido por una serie de cargas puntuales expresadas en un sistema de ejes locales (X, Y), por el valor de las cargas y las dimensiones A x B de la superficie de aplicación.

Por defecto, CivilCAD3000 considera la carga de fatiga establecida por el artículo 3.6.1.4.1, que se corresponde con el camión especificado en 3.6.1.2.2 con una separación constante de 9000 mm entre los ejes de 145000N. El tren de cargas está representado por tanto por el modelo de cargas siguiente:

Carga	X(m)	Y(m)	Carga(KIP)
1	0	-0.9144	4
2	0	0.9144	4
3	4.2672	-0.9144	16
4	4.2672	0.9144	16
5	13.4112	-0.9144	16
6	13.4112	0.9144	16

Tabla: cargas de fatiga según AASHTO

- *Incremento por carga dinámica/ reducción por profundidad mínima de la cubierta de tierra sobre la estructura:* a la carga de fatiga se le deberá aplicar el incremento

por carga dinámica especificado en el artículo 3.6.2., aplicando o no la reducción por profundidad mínima de la cubierta de tierra sobre la estructura.

En consecuencia, CivilCAD3000 pregunta al usuario el valor del incremento por carga dinámica (valor por defecto igual al 33%), así como si desea aplicar la reducción por profundidad mínima de la cubierta de tierra sobre la estructura.

Comprobaciones a realizar en las armaduras pasivas y activas

De acuerdo con el artículo 5.5.3 no se exige la comprobación para aquellos elementos que satisfacen la condición tensional en la combinación de Servicio III con la limitación de la tabla 5.9.4.2.2-1. CivilCAD3000 lleva a cabo esta comprobación.

En caso contrario, y de acuerdo con el artículo 5.5.3.1 se debe cumplir la condición siguiente:

$$\gamma \Delta f < \Delta F_{TH}$$

, siendo

γ coeficiente de seguridad especificado en la tabla 3.4.1-1 para la combinación de fatiga Fatiga I

Δf rango de tensión debida a la carga de fatiga especificada en 3.6.1.4.

ΔF_{TH} rango de tensión admisible de acuerdo con el artículo 5.5.3.2 (armaduras pasivas) y el artículo 5.5.3.3 (armaduras activas)

Cálculo de ΔF_{TH} en armaduras activas:

El rango de tensión ΔF_{TH} admisible no deberá ser mayor que:

125 MPa para radios de curvatura mayores que 9000 mm

70 MPa para radios de curvatura menores que 3600 mm

Para valores intermedios, se puede interpolar linealmente.

Cálculo de ΔF_{TH} en armaduras pasivas:

For straight reinforcement and welded wire reinforcement without a cross weld in the high – stress region:

$$\Delta F_{TH} < \Delta F - 0.33 f_{\min}$$
$$\Delta F = 24 \text{ ksi}$$

Straight welded wire reinforcement with a cross weld in the high – stress region:

$$\Delta F_{TH} < \Delta F - 0.33 f_{\min}$$

$$\Delta F = 16 \text{ ksi}$$

, siendo:

f_{\min} mínima tensión por sobrecarga resultante de la combinación de cargas correspondiente a fatiga, combinada con la tensión más severa debida a cargas permanentes. La tracción se considera positiva, la compresión negativa (ksi)

CivilCAD3000 permite al usuario imponer unos valores predeterminados sobre ΔF .

CivilCAD3000 llevará a cabo automáticamente la corrección relativa al término f_{\min}

Comprobaciones a realizar en el hormigón

De acuerdo con el artículo 5.5.3.1 la máxima tensión de compresión debida a la combinación Fatiga I y la mitad de la suma del pretensado y de las cargas permanentes no excederán el valor de $0.40 * f'c$ después de pérdidas.

Por considerar que debe considerarse la totalidad de las cargas, en la versión actual, CivilCAD3000 adopta el criterio siguiente:

La máxima tensión de compresión debida a la combinación Fatiga I y la suma del pretensado y de las cargas permanentes no excederán el valor de $0.40 * f'c$ después de pérdidas.

En el diálogo de acciones de fatiga, el usuario puede modificar el valor de la máxima compresión admisible definida para el hormigón.

Análogamente al caso de la normativa española, la información anterior se define desde los diálogos de las figuras siguientes.

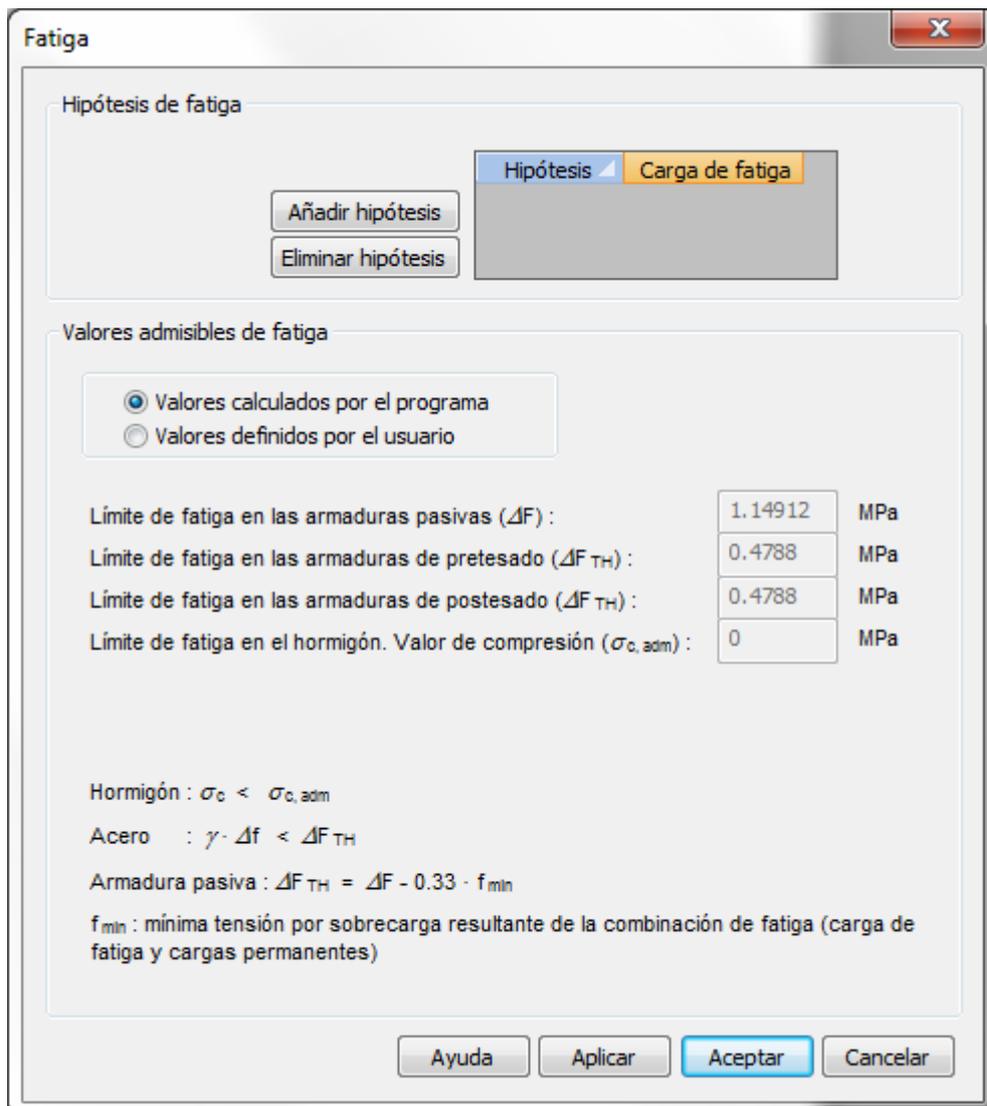


Figura 3.10.4.3-1: diálogo para las acciones de fatiga. Normativa americana

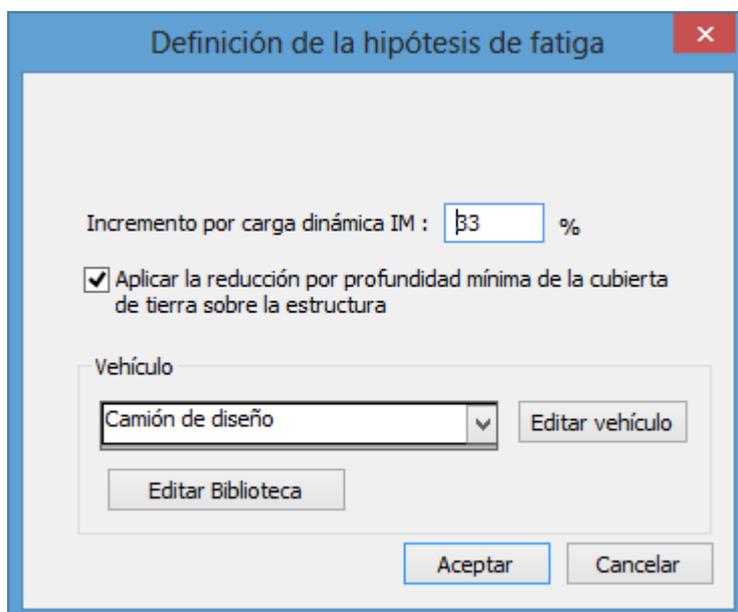


Figura 3.10.4.3-2: diálogo para la edición de las hipótesis de fatiga. Normativa americana

3.10.4.4 Normativa brasileña

Carga variable de fatiga

No se define explícitamente la carga de fatiga por lo que se deduce que coincide con la carga de tráfico. Por ello, las cargas variables de fatiga propuestas por defecto por el programa coinciden con los 3 camiones de diseño de la normativa brasileña (vehículos de la clase 12, 30 y 45).

Comprobaciones a realizar en las armaduras activas y pasivas

CivilCAD3000 lleva a cabo las comprobaciones siguientes para cada hipótesis de fatiga, para cada viga y en una serie de puntos equidistantes.

De acuerdo con el artículo 23.5.5, debe satisfacerse la condición:

$$\gamma_F \Delta \sigma_{ss} < \Delta f_{sd,fad}$$

, siendo

$\Delta \sigma_{ss}$ Máxima variación de tensión debida a las sobrecargas que producen fatiga en la combinación frecuente. Se comprueba análogamente a lo expuesto para el caso de los Eurocódigos.

$\Delta f_{sd,fad}$ Límite de fatiga definido en la tabla 23.2 (artículo 23.5.5) para las armaduras pasivas y activas.

De acuerdo con los comentarios anteriores, CivilCAD3000 pide al usuario los valores de los límites de fatiga por separado para:

- Las armaduras pasivas
- Las armaduras activas de pretesado
- Las armaduras activas de postesado

Comprobaciones a realizar en el hormigón

CivilCAD3000 lleva a cabo las comprobaciones siguientes para cada hipótesis de fatiga, para cada viga y en una serie de puntos equidistantes.

De acuerdo con los artículos 23.5.4.1 y 23.5.4.2 deben llevarse a cabo dos comprobaciones:

Hormigón en compresión

Se debe verificar:

$$\eta_c \gamma_F \sigma_{c,max} < f_{cd,fad}$$

, donde

$$f_{cd,fad} = 0.45 * f_{cd}$$

$$\eta_c = 1 / (1.5 - 0.5 * (|\sigma_{c1}| / |\sigma_{c2}|))$$

De forma simplificada, CivilCAD3000 adopta el valor de $\eta_c = 1/1.5$

$$\gamma_F = 1$$

$\sigma_{c,max}$	máxima compresión en el hormigón en la combinación frecuente
σ_{c1}	menor valor absoluto de la tensión de compresión a una distancia no mayor que 300 mm de la fibra superior
σ_{c2}	mayor valor absoluto de la tensión de compresión a una distancia no mayor que 300 mm de la fibra superior

Hormigón en tracción

Se debe verificar:

$$\gamma_F \sigma_{ct,max} < f_{ctd,fad}$$

$$f_{ctd,fad} = 0.30 * f_{ctd,inf}$$

$\sigma_{ct,max}$ máxima tracción en el hormigón en la combinación frecuente de fatiga

En el diálogo de acciones de fatiga, el usuario puede modificar los valores de la mínima y máxima compresión admisible definida para el hormigón.

Análogamente al caso de la normativa española, la información anterior se define desde los diálogos de las figuras siguientes.

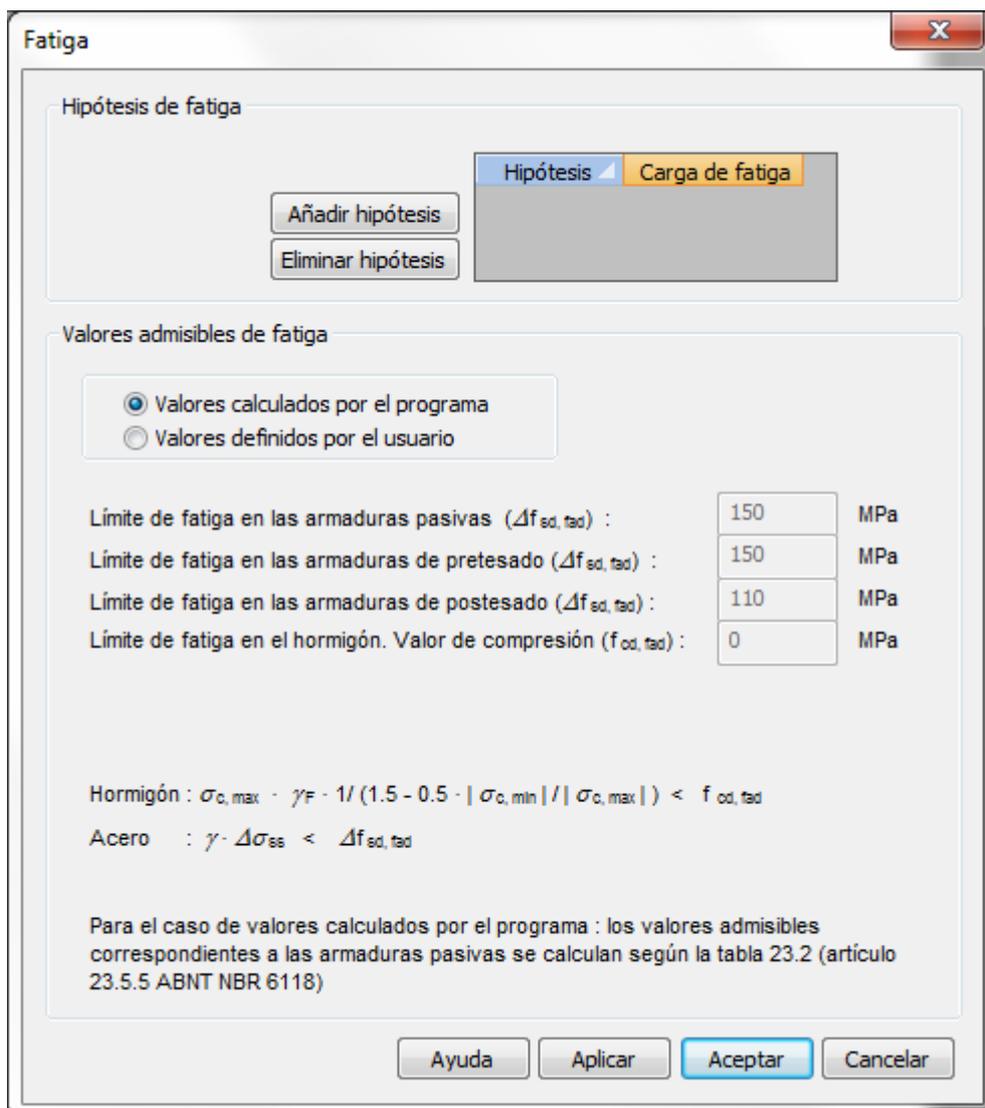


Figura 3.10.4.4-1: diálogo para las acciones de fatiga. Normativa brasileña

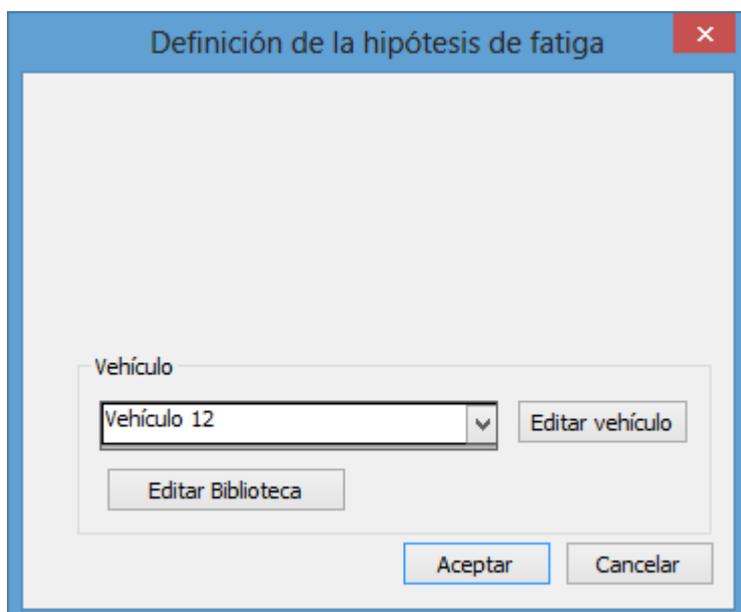


Figura 3.10.4.4-2: diálogo para la edición de las hipótesis de fatiga. Normativa brasileña

3.11 Orden *Calendario*

El proceso constructivo depende naturalmente del tipo de puente a ejecutar, según cómo lo haya establecido el usuario. Las posibilidades que da a escoger el programa son las siguientes:

- Puente con vigas pretesas.
- Puente con vigas postensadas.
- Puente con vigas pretesas y postensadas.

En el caso de definir un postensado, para cada uno de los cables introducidos, el programa admite las siguientes operaciones de tesado:

- **Tesado “A”:** Tesado en el parque de fabricación.
- **Tesado “B”:** Tesado en obra actuando sobre la sección simple (viga aislada).
- **Tesado “C”:** Tesado en obra actuando sobre la sección compuesta (vigas + losa).

Recuérdese asimismo:

- Se pueden disponer o no una serie de riostras transversales.
- Se puede disponer o no de una capa de tierras sobre el tablero.

Habida cuenta de lo anterior, en el caso más genérico, CivilCAD3000 considera los siguientes instantes en la historia constructiva del puente:

Instante	Descripción
T ₀	Hormigonado de las vigas.
T ₁	Pretesado de las vigas.
T ₂	Tesado “A”: Postensado en el parque de fabricación.
T ₃	Tesado “B”: Postensado en obra sobre la sección simple.
T ₄	Disposición de cargas permanentes sobre la sección simple (peso de las riostras).
T ₅	Hormigonado de losa.
T ₆	Tesado “C”: Postensado en obra sobre la sección compuesta
T ₇	Disposición de la superestructura.
T ₈	Apertura al tráfico.
T ₉	Tiempo infinito.

El usuario debe concretar en el presente diálogo las fechas de los momentos singulares del calendario constructivo previsto para el tablero de vigas, ya que de ello depende el cálculo de pérdidas de pretensado. El día en que se hormigonan las vigas se toma como día 0.

El programa pregunta a continuación cuantos días se prevé que transcurran entre el hormigonado de la viga y los siguientes eventos:

En el caso más genérico (un puente pretensado y postensado al mismo tiempo), los instantes serían los siguientes: (para el caso de puentes pretensados o postensados, se ocultarían las casillas correspondientes a los instantes que no tienen lugar)

En sección simple (viga aislada):

- Momento en que se transfiere el pretensado en el parque de las vigas.
- Momento en que se aplica el postensado en obra.
- Momento en que se procede a hormigonar la losa “*in situ*”.

En sección compuesta (viga + losa):

- Momento en que se aplica el postensado en obra.
- Momento en que entra en acción la carga permanente que va a disponerse sobre la losa (superestructura).

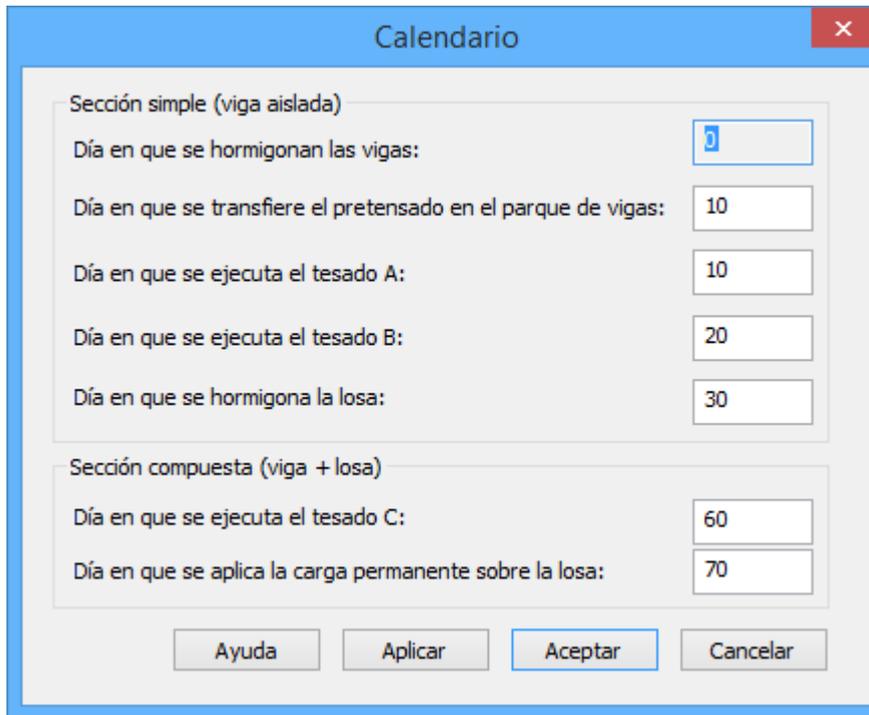


Figura 3.11-1: Diálogo para la definición del calendario constructivo.

3.12 Orden *Seguridad*

3.12.1 Normativa española

En la normativa española las verificaciones están basadas en la teoría de los *estados límite*. Se definen como *estados límite* aquellas condiciones para las que puede considerarse que, de ser superadas, la estructura no cumple alguno de los requisitos del proyecto. Se clasifican en *estados límite últimos* (aquellos que si se sobrepasan producen el agotamiento o colapso de la estructura) y en *estados límite de servicio* (aquellos que si se sobrepasan la

estructura deja de cumplir el cometido para el que fue proyectada por razones funcionales, de durabilidad o de aspecto).

Estados límites estructurales:

- Estado límite Último de rotura por flexión.
- Estado límite Último de rotura por cortante.
- Estado límite Último de rotura por torsión.
- Estado límite Último de rasante.
- Estado límite de Servicio por deformaciones.
- Estado límite de Servicio por fisuración.

Para cada estado límite se verifican una serie de situaciones y combinaciones. Las situaciones y combinaciones consideradas en este módulo son las siguientes.

Estado Límite	Situación	Combinación
E.L. Último de rotura por flexión	Persistente	Fundamental
		Sísmica
		Accidental
E.L. Último de rotura por cortante	Persistente	Fundamental
		Sísmica
		Accidental
E.L. Último de rotura por torsión	Persistente	Fundamental
		Sísmica
		Accidental
E.L. Último de rotura por rasante	Persistente	Fundamental
		Sísmica
E.L. Servicio por fisuración	Persistente	Casi permanente
		Frecuente
		Característica
E.L. Servicio por deformaciones	Persistente	Característica

Tabla 3.12.1-1: Estados límite, situaciones y combinaciones según Norma española.

Para cada situación y combinación se definen tantas hipótesis de carga como sean necesarias para obtener los esfuerzos más desfavorables.

La normativa española define por una parte los coeficientes de mayoración de acciones y por otra los coeficientes de minoración de la resistencia de los materiales. Adicionalmente se definen los coeficientes de combinación de acciones que se aplican en las distintas situaciones y combinaciones de cálculo.

Al seleccionar la opción “*Seguridad*” del menú principal aparece el diálogo de la Figura 3.12.1-1.

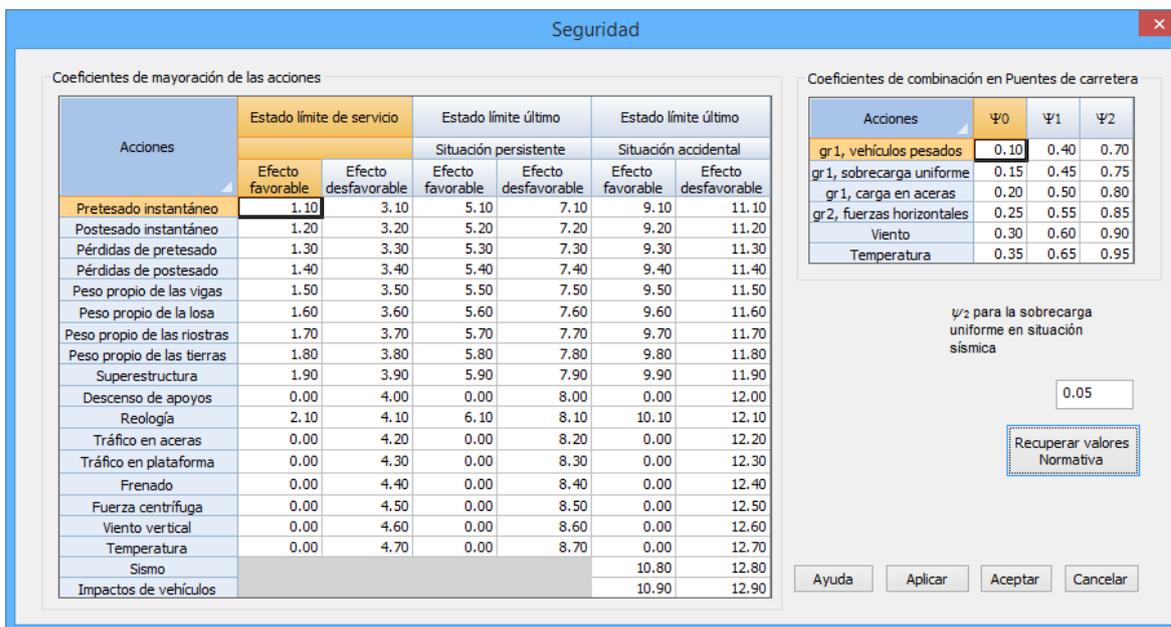


Figura 3.12.1-1a: Coeficientes de seguridad y combinación de la normativa española. Normativa IAP11

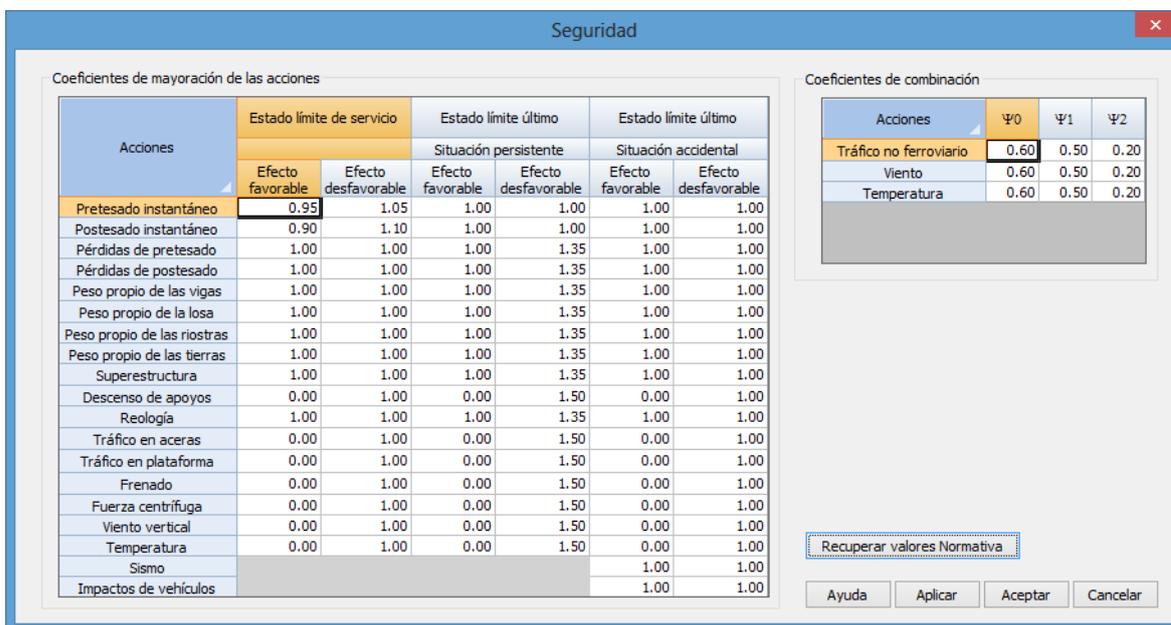


Figura 3.12.1-1b: Coeficientes de seguridad y combinación de la normativa española. Normativa IAPF07

Por defecto aparecerán los coeficientes de seguridad definidos por la normativa, pudiendo el usuario modificarlos según su criterio. En cualquier momento se pueden recuperar los valores de la normativa pulsando el botón *Recuperar valores Normativa* (ver Figura 3.12.1-1).

Coefficientes de mayoración de las acciones

El usuario debe definir para cada una de las acciones los coeficientes de mayoración de acciones favorables y desfavorables que desee adoptar para cada uno de los estados límite y para cada una de las situaciones de cálculo.

Para la definición de los estados límites estructurales se han seguido los criterios de la normativa. El efecto de las combinaciones de las acciones mayoradas debe ser inferior a la resistencia de la sección o estructura en general en el caso de los estados límites últimos, e inferiores a los valores admisibles en el caso de los estados límites de servicio.

Coefficientes de combinación

Para cada una de las acciones variables deben introducirse los coeficientes de combinación según se definen en la normativa. Los coeficientes de combinación son:

- **Valor de combinación** $\psi_0 \cdot Q_k$: Valor de la acción cuando se dé con alguna otra acción variable.
- **Valor frecuente** $\psi_1 \cdot Q_k$: Valor de la acción tal que sea sobrepasado durante un periodo de corta duración respecto a la vida útil de la estructura.
- **Valor casi-permanente** $\psi_2 \cdot Q_k$: Valor de la acción tal que sea sobrepasado durante una gran parte de la vida útil de la estructura.

Para la combinación de estado límite último accidental debe definirse el valor Ψ_2 para la sobrecarga uniforme, ya que de acuerdo con la normativa puede tomar un valor distinto al considerado para el estado límite de servicio.

Coefficientes de minoración de los materiales

Para cada uno de los materiales definidos por el usuario (hormigón de las vigas, losa, riostras y prelosas, y acero para las armaduras pasiva y activa), se deben definir los siguientes coeficientes de minoración de los materiales:

Para el material tipo hormigón:

- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite de Servicio.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite Último en situación persistente.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite Último en situación accidental.
- Factor de cansancio en compresión, α_{cc} .
- Factor de cansancio en tracción, α_{ct} .

Para el material tipo acero para armaduras pasivas:

- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite de Servicio.

- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite Último en situación persistente.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite Último en situación accidental.

Los coeficientes de minoración de la resistencia para los materiales se definen en el artículo 15.3 de la EHE-08, siendo los valores propuestos por la normativa los que se presentan en las siguientes tablas:

Coeficientes de minoración para Estados Límite de Servicio		
Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero γ_s
Persistente o transitoria	1,00	1,00
Accidental	1,00	1,00

Tabla 3.12.1-2: Coeficiente de minoración de materiales en ELS según EHE-08.

Coeficientes de minoración para Estados Límite Últimos		
Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero γ_s
Persistente o transitoria	1,50	1,15
Accidental	1,30	1,00

Tabla 3.12.1-3: Coeficiente de minoración de materiales en ELU según EHE-08.

Los factores de cansancio se definen en el artículo 39.4 de la EHE-08. Este coeficiente multiplica a la resistencia del hormigón para tener en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión (α_{cc}) o tracción (α_{ct}) debido a cargas de larga duración. Con carácter general se adopta el valor unidad (1,0) para ambos coeficientes.

3.12.2 Normativa Eurocódigos

Los Eurocódigos basan las verificaciones en la teoría de los *estados límite*. Se definen como *estados límite* aquellas condiciones para las que puede considerarse que, de ser superadas, la estructura no cumple alguno de los requisitos del proyecto. Se clasifican en *Estados Límites Últimos* (aquellos que si se sobrepasan producen el agotamiento o colapso de la estructura) y en *Estados Límites de Servicio* (aquellos que si se sobrepasan la estructura deja de cumplir el cometido para el que fue proyectada por razones funcionales, de durabilidad o de aspecto).

A su vez, los estados límites últimos se clasifican en:

- *Estados límites de equilibrio* (EQU): Pérdida de equilibrio de la estructura o del terreno, considerada como un sólido rígido, en los que la resistencia del terreno o de los materiales de la estructura no son relevantes para contribuir a la estabilidad.
- *Estados límites estructurales* (STR): Rotura o deformación excesiva de la estructura en los cuales la resistencia de los materiales de la estructura son determinantes en proporcionar resistencia.

- *Estados límites geotécnicos (GEO)*: Rotura o deformación excesiva del terreno en los cuales la resistencia del terreno es determinante para proporcionar resistencia.

En el caso de los tableros de vigas, las verificaciones tienen carácter estructural (STR) (ver apartado 2.4.7.3.1 del EN-1997:2004).

Cada estado límite se debe verificar para las distintas *situaciones de proyecto*. Se define situación de proyecto como un conjunto de condiciones físicas que representan las circunstancias reales que pueden presentarse durante un cierto intervalo de tiempo. Las situaciones consideradas son:

- *Situación persistente*: Corresponde a las condiciones de uso normal de la estructura durante su vida útil
- *Situación accidental sísmica*: Corresponde a condiciones excepcionales aplicables a la estructura durante un evento sísmico.
- *Situación accidental no sísmica*: Corresponde a condiciones excepcionales aplicables a la estructura durante un evento no sísmico (impacto de vehículos).

Para cada situación se definen una serie de combinaciones y tantas hipótesis de carga como sean necesarias para obtener los esfuerzos más desfavorables.

La seguridad en los Eurocódigos se establece a partir de una serie de coeficientes de seguridad relacionados con las acciones, los materiales y los efectos globales de cada estado límite, así como a partir de los coeficientes de combinación.

Así deben definirse en función del estado límite considerado los siguientes coeficientes:

- Los coeficientes de mayoración de acciones (γ_F)
- Los coeficientes de combinación (Ψ)

Estados límites estructurales:

- Estado límite Último de rotura por flexión.
- Estado límite Último de rotura por cortante.
- Estado límite Último de rotura por torsión.
- Estado límite Último de rasante.
- Estado límite de Servicio por deformaciones.
- Estado límite de Servicio por fisuración.

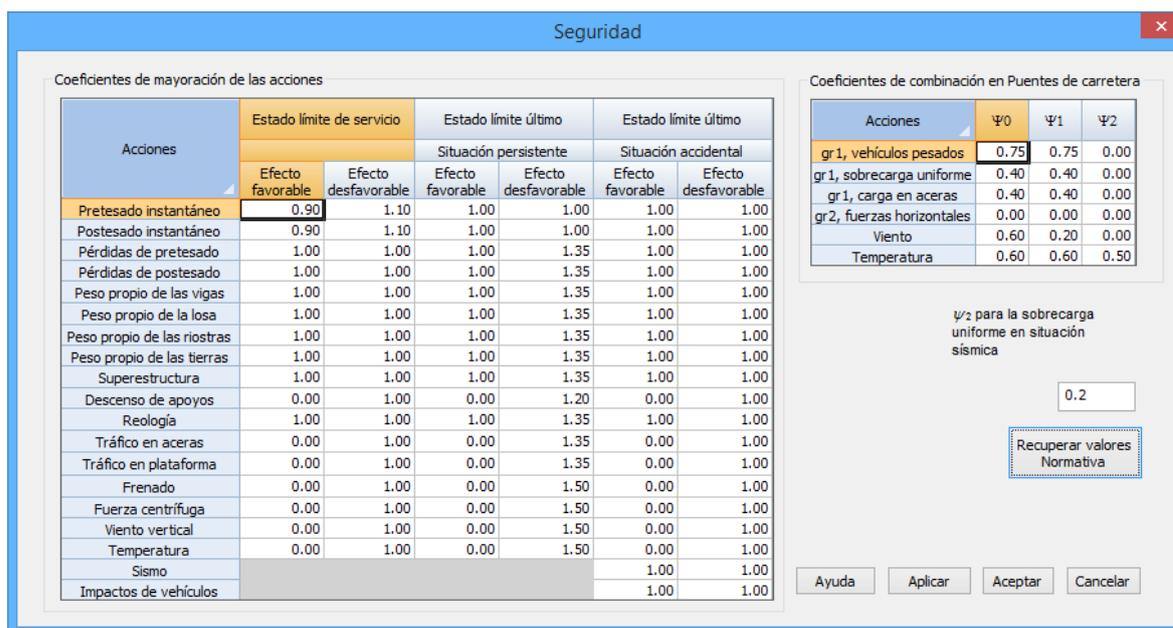
Para cada estado límite se verifican una serie de situaciones y combinaciones. Las situaciones y combinaciones consideradas en este módulo son las siguientes:

Estado Límite	Situación	Combinación
E.L. Último de rotura por flexión	Persistente	Fundamental
		Sísmica

E.L. Último de rotura por cortante	Persistente	Accidental
		Fundamental
		Sísmica
E.L. Último de rotura por torsión	Persistente	Accidental
		Fundamental
		Sísmica
E.L. Último de rotura por rasante	Persistente	Fundamental
		Sísmica
E.L. Servicio por fisuración	Persistente	Casi permanente
		Frecuente
		Característica
E.L. Servicio por deformaciones	Persistente	Característica

Tabla 3.12.2-1: Estados límite, situaciones y combinaciones según los Eurocódigos.

Todos estos valores pueden definirse al seleccionar la opción “*Seguridad*” del menú principal, apareciendo en pantalla el diálogo de la Figura 3.12.2-1.



Coeficientes de mayoración de las acciones

Acciones	Estado límite de servicio		Estado límite último		Estado límite último	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Situación persistente		Situación accidental	
			Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Pretesado instantáneo	0.90	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00
Postesado instantáneo	0.90	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00
Pérdidas de pretesado	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Pérdidas de postesado	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Peso propio de las vigas	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Peso propio de la losa	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Peso propio de las riostras	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Peso propio de las tierras	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Superestructura	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Descenso de apoyos	0.00	1.00	0.00	1.20	0.00	1.00
Reología	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Tráfico en aceras	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.00
Tráfico en plataforma	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.00
Frenado	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Fuerza centrífuga	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Viento vertical	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Temperatura	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Sismo					1.00	1.00
Impactos de vehículos					1.00	1.00

Coeficientes de combinación en Puentes de carretera

Acciones	Ψ0	Ψ1	Ψ2
gr 1, vehículos pesados	0.75	0.75	0.00
gr 1, sobrecarga uniforme	0.40	0.40	0.00
gr 1, carga en aceras	0.40	0.40	0.00
gr 2, fuerzas horizontales	0.00	0.00	0.00
Viento	0.60	0.20	0.00
Temperatura	0.60	0.60	0.50

Ψ2 para la sobrecarga uniforme en situación sísmica:

Figura 3.12.2-1a: Coeficientes de seguridad y combinación de los Eurocódigos. Puentes de carretera

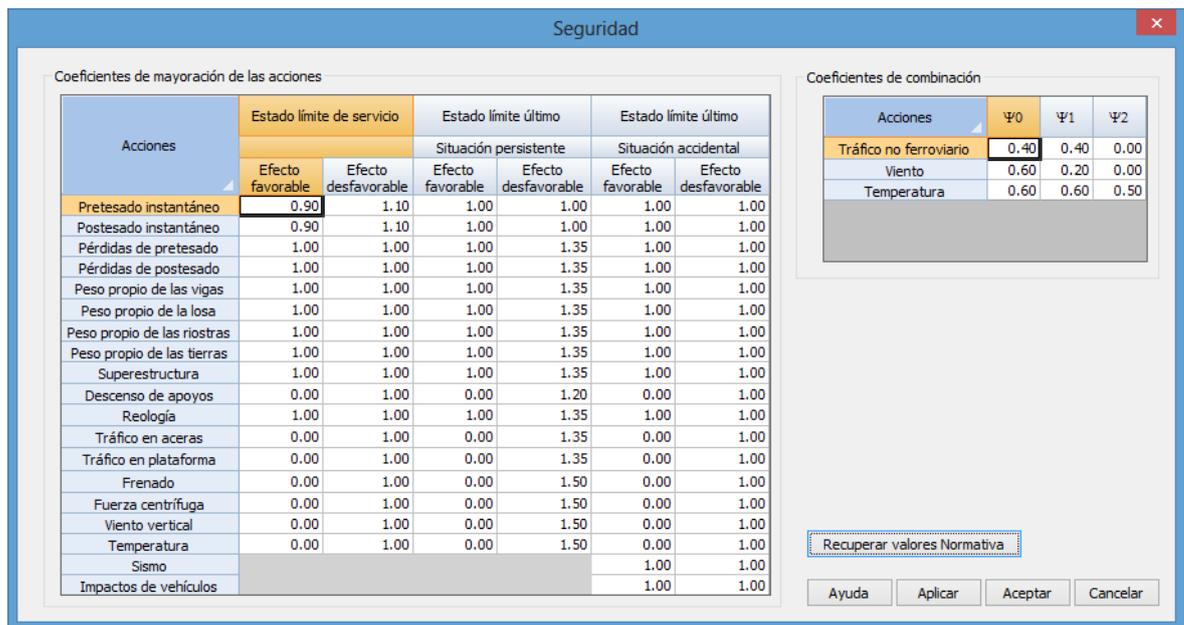


Figura 3.12.2-1b: Coeficientes de seguridad y combinación de los Eurocódigos. Puentes de ferrocarril

Por defecto aparecerán los coeficientes de seguridad definidos por la normativa, pudiendo el usuario modificarlos según su criterio. En cualquier momento se pueden recuperar los valores de la normativa mediante el botón *Recuperar valores Normativa* (ver Figura 3.7.2-1).

Coeficientes de mayoración de las acciones

De acuerdo con el planteamiento expuesto en el apartado anterior, se deben definir los coeficientes de mayoración de acciones asociados a cada estado límite, a cada situación y al enfoque que se haya seleccionado. Deben introducirse para cada acción los coeficientes correspondientes al efecto favorable y al efecto desfavorable.

Coeficientes de combinación

Se deben definir los coeficientes de combinación de las acciones variables (tráfico, viento y nivel freático), que permitirán calcular el valor representativo de cada acción a utilizar en las distintas combinaciones de cálculo según se estable en el Eurocódigo EN-1990:2001. Los coeficientes de combinación son:

- **Valor de combinación** $\psi_0 \cdot Q_k$: Valor de la acción cuando se dé con alguna otra acción variable.
- **Valor frecuente** $\psi_1 \cdot Q_k$: Valor de la acción tal que sea sobrepasado durante un periodo de corta duración respecto a la vida útil de la estructura.
- **Valor casi-permanente** $\psi_2 \cdot Q_k$: Valor de la acción tal que sea sobrepasado durante una gran parte de la vida útil de la estructura.

Para la combinación de estado límite último accidental sísmico debe definirse el valor Ψ_2 para la sobrecarga uniforme, ya que de acuerdo con la normativa puede tomar un valor distinto al considerado para el estado límite de servicio.

Los coeficientes de combinación se definen en el Anejo A2 del Eurocódigo 1990:2001 para puentes y obras de carretera en general.

Los valores que aparecen por defecto en *CivilCAD3000* corresponden a los valores propuestos en el Eurocódigo.

Coefficientes de minoración de los materiales

Para cada uno de los materiales definidos (hormigón de las vigas, hormigón de la losa, hormigón de las prelasas y hormigón de las riostras y acero de la armadura pasiva), se deben definir los siguientes coeficientes de minoración de los materiales:

Para el material tipo hormigón:

- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite de Servicio.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite Último en situación persistente.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite Último en situación accidental.
- Factor de cansancio en compresión, α_{cc} .
- Factor de cansancio en tracción, α_{ct} .

Para el material tipo acero para armaduras pasivas:

- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite de Servicio.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite Último en situación persistente.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite Último en situación accidental.

Los coeficientes de minoración de la resistencia para los materiales se definen en el artículo 2.4.2.4 del Eurocódigo EN-1992-1-1, siendo los valores propuestos por la normativa los que se presentan en las siguientes tablas:

Coeficientes de minoración para Estados Límite de Servicio		
Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero γ_s
Persistente o transitoria	1,00	1,00
Accidental	1,00	1,00

Tabla 3.12.2-2: Coeficiente de minoración de materiales en ELS según EN-1992-1-1.

Coeficientes de minoración para Estados Límite Últimos		
Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero γ_s
Persistente o transitoria	1,50	1,15
Accidental	1,20	1,00

Tabla 3.12.2-3: Coeficiente de minoración de materiales en ELU según EN-1992-1-1.

Los factores de cansancio se definen en el artículo 3.1.6 del Eurocódigo EN-1992-2:2005. Este coeficiente multiplica a la resistencia del hormigón para tener en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión (α_{cc}) o tracción (α_{ct}) debido a cargas de larga duración.

Con carácter general el Eurocódigo propone valores entre 0,8 y 1,0 para ambos coeficientes, remitiendo a los correspondientes anejos nacionales para su determinación; no obstante recomienda en su ausencia los siguientes valores:

$$\alpha_{cc} = 0,8$$

$$\alpha_{ct} = 1,0$$

3.12.3 Normativa americana AASHTO10

En la normativa AASHTO deben definirse por un lado los coeficientes de mayoración de cargas y por otro los factores de resistencia a aplicar para cada verificación (estado límite).

Al seleccionar la opción Seguridad del menú principal aparece en pantalla el diálogo de la Figura 3.12.3-1 en el que se podrán introducir estos valores.

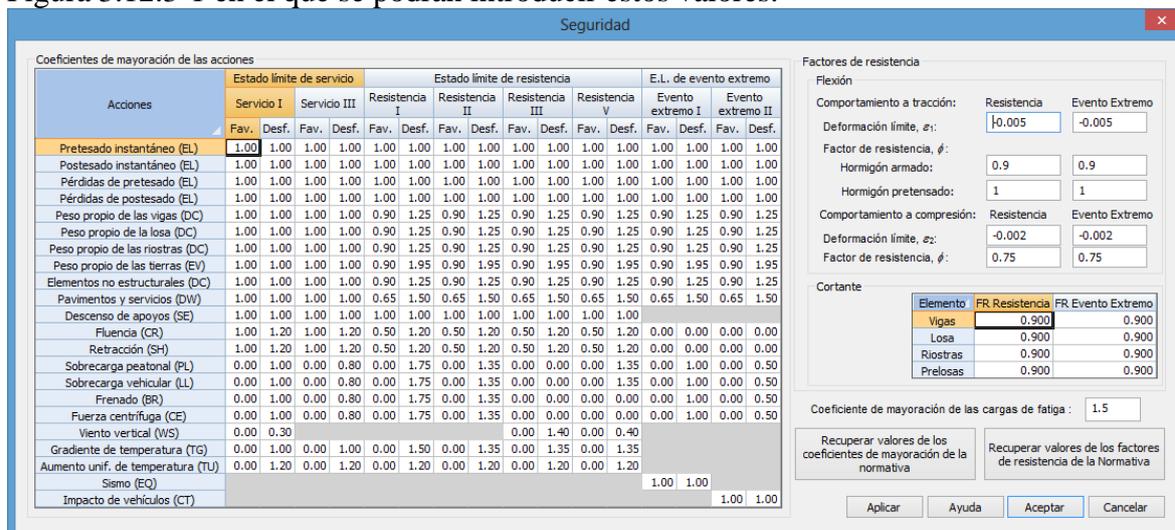


Figura 3.12.3-1: Diálogo de seguridad para la normativa AASHTO.

Por defecto aparecerán los coeficientes de seguridad definidos por la normativa, pudiendo el usuario modificarlos según su criterio. En cualquier momento se pueden recuperar los valores de la normativa mediante el botón *Recuperar valores Normativa* (ver Figura 3.12.3-1).

Coefficientes de mayoración de las acciones

El usuario debe completar un cuadro de diálogo en el que se definen los coeficientes de seguridad a utilizar para cada tipo de carga. El programa precisa conocer los coeficientes de mayoración favorables y desfavorables a aplicar en los cálculos siguientes:

- Los estados límites de servicio S_I, S_{III}
- Los estados límites últimos de resistencia $R_I, R_{II}, R_{III}, R_V$
- Los estados límites últimos de evento extremo EE_I, EE_{II}

Concretamente, se pide además el valor del coeficiente de mayoración de las cargas de fatiga, que es el valor que se utilizará dentro de la comprobación del ELU de fatiga.

Factores de resistencia

En la normativa AASHTO la resistencia mayorada (R_R) se obtiene como producto de la resistencia nominal (R_n) por el Factor de resistencia φ .

$$R_R = R_n \cdot \varphi \quad (\text{Ex. 3.12.3 - 1})$$

Para que se verifique la condición de resistencia se debe cumplir la expresión 3.12.3-2:

$$R_u \leq R_R \quad (\text{Ex. 3.12.3 - 2})$$

, siendo R_u el efecto de la acción mayorada por los coeficientes de mayoración de acciones.

Para cada verificación se deben definir pues los factores de resistencia a aplicar. En el caso del módulo Tableros de vigas se deben definir los factores de resistencia para la verificación de la rotura a flexión y para la rotura a cortante. Para los estados límite de servicio los factores de resistencia toman el valor unidad (1,0).

Se deben introducir los factores de resistencia para los estados límite de Servicio, Resistencia y de Evento Extremo para cada una de las comprobaciones a realizar. A continuación se detalla el significado de cada uno de ellos.

Rotura a flexión: Para la obtención del momento resistente mayorado M_R , debe definirse el factor de resistencia a flexión φ_f .

$$M_R = \varphi_f \cdot M_n \quad (\text{Ex. 3.12.3 - 3})$$

, siendo M_n el momento resistente nominal.

No obstante en el caso de la rotura por flexión no existe un valor único del factor de resistencia para cada estado límite (resistencia y evento extremo), sino que su valor depende de la deformación de la armadura más traccionada. Se define pues en este caso una función que relaciona dicha deformación con el factor de resistencia a adoptar; la forma de esta función es la que se muestra en la Figura 3.12.3-2.

$$\phi_f = FR(\varepsilon) \quad (\text{Ex. 3.12.3 - 4})$$

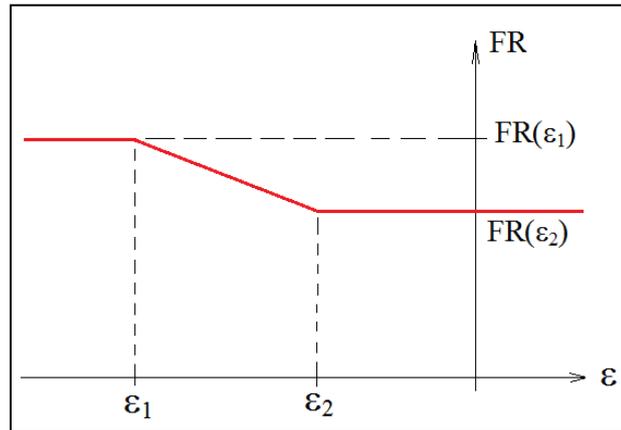


Figura 3.12.3-2: Variación del factor de resistencia a flexión en función de la deformación

El usuario debe definir las deformaciones límite ε_1 y ε_2 y el valor del factor de resistencia asociados a estas deformaciones (deformación negativa equivale a tracción).

En la Figura 3.7.3-3 se muestran los valores definidos en la AASHTO para un acero Grado-60.

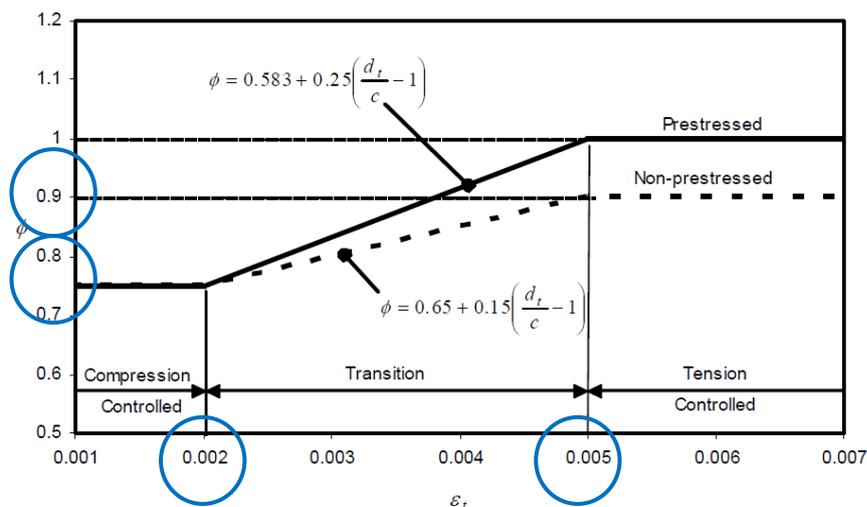


Figura 3.12.3-3: Valores por defecto de los factores de resistencia a flexión.

Rotura a cortante: Debe definirse el factor de resistencia a cortante que multiplicará a la resistencia nominal para obtener la resistencia mayorada a cortante, tanta para el estado límite de Resistencia como de Evento Extremo.

$$V_r = \phi \cdot V_n \quad (\text{Ex. 3.7.3} - 5)$$

, con los siguientes significados:

V_n Resistencia a cortante nominal.

V_r Resistencia a cortante mayorada.

ϕ Factor de resistencia a cortante (ver artículo 5.5.4.2 de la AASHTO 2010).

El factor de resistencia a cortante depende del tipo de hormigón (densidad, normal, áridos livianos, etc.). Por defecto CivilCAD3000 propone el factor de resistencia que corresponde al hormigón seleccionado.

3.12.4 Normativa brasileña

En la normativa brasileña las verificaciones están basadas en la teoría de los *estados límite*. Se definen como *estados límite* aquellas condiciones para las que puede considerarse que, de ser superadas, la estructura no cumple alguno de los requisitos del proyecto. Se clasifican en *estados límite últimos* (aquellos que si se sobrepasan producen el agotamiento o colapso de la estructura) y en *estados límite de servicio* (aquellos que si se sobrepasan la estructura deja de cumplir el cometido para el que fue proyectada por razones funcionales, de durabilidad o de aspecto).

Estados límites estructurales:

- Estado límite Último de rotura por flexión.
- Estado límite Último de rotura por cortante.
- Estado límite Último de rotura por torsión.
- Estado límite Último de rasante.
- Estado límite de Servicio por deformaciones.
- Estado límite de Servicio por fisuración.

Para cada estado límite se verifican una serie de situaciones y combinaciones. Las situaciones y combinaciones consideradas en este módulo son las siguientes.

Estado Límite	Situación	Combinación
E.L. Último de rotura por flexión	Normal	Fundamental
	Excepcional	Sísmica
	Excepcional	Accidental
E.L. Último de rotura por cortante	Normal	Fundamental
	Excepcional	Sísmica
	Excepcional	Accidental
E.L. Último de rotura por torsión	Normal	Fundamental
	Excepcional	Sísmica
	Excepcional	Accidental
E.L. Último de rotura por rasante	Normal	Fundamental
	Excepcional	Sísmica
E.L. Servicio por fisuración	Normal	Casi permanente

	Normal	Frecuente
	Normal	Característica
E.L. Servicio por deformaciones	Normal	Característica

Tabla 3.12.4-1: Estados límite, situaciones y combinaciones según Norma brasileña.

Para cada situación y combinación se definen tantas hipótesis de carga como sean necesarias para obtener los esfuerzos más desfavorables.

La normativa brasileña define por una parte los coeficientes de mayoración de acciones y por otra los coeficientes de minoración de la resistencia de los materiales. Adicionalmente se definen los coeficientes de combinación de acciones que se aplican en las distintas situaciones y combinaciones de cálculo.

Al seleccionar la opción “*Seguridad*” del menú principal aparece el diálogo de la Figura 3.12.4-1.

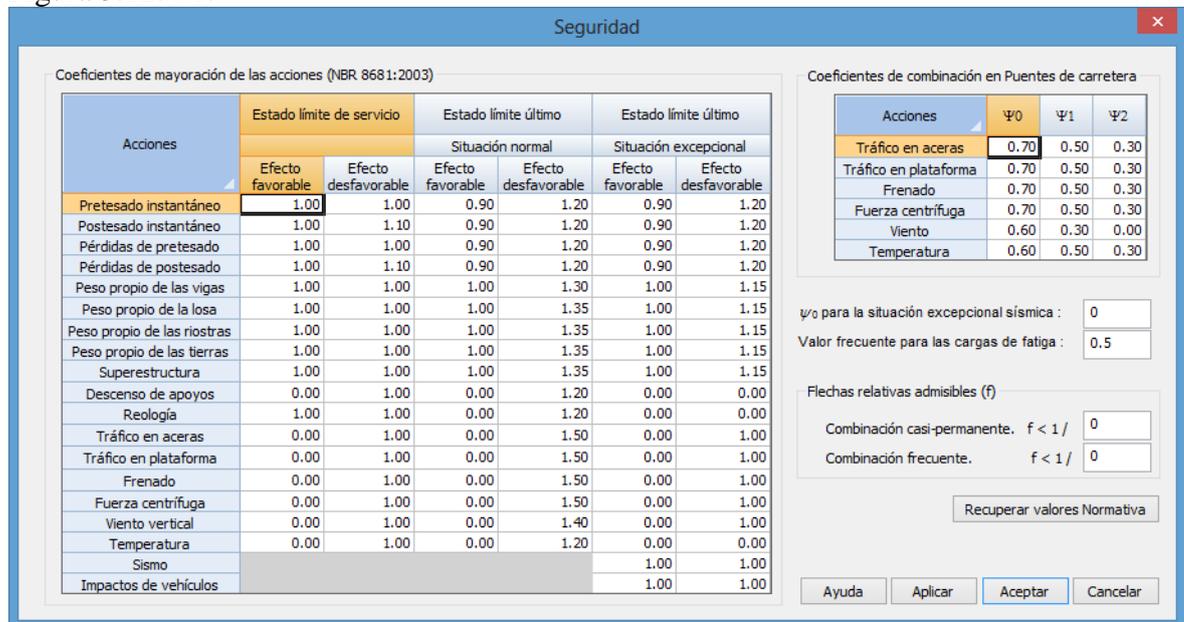


Figura 3.12.4-1: Coeficientes de seguridad y combinación de la normativa brasileña.

Por defecto aparecerán los coeficientes de seguridad definidos por la normativa, pudiendo el usuario modificarlos según su criterio. En cualquier momento se pueden recuperar los valores de la normativa pulsando el botón *Recuperar valores Normativa* (ver Figura 3.12.4-1).

Coeficientes de mayoración de las acciones

El usuario debe definir para cada una de las acciones los coeficientes de mayoración de acciones favorables y desfavorables que desee adoptar para cada uno de los estados límite y para cada una de las situaciones de cálculo.

Para la definición de los estados límites estructurales se han seguido los criterios de la NBR 8681. El efecto de las combinaciones de las acciones mayoradas debe ser inferior a la resistencia de la sección o estructura en general en el caso de los estados límites últimos, e inferiores a los valores admisibles en el caso de los estados límites de servicio.

Coefficientes de combinación

Para cada una de las acciones variables deben introducirse los coeficientes de combinación según se definen en la tabla 6 del ap. 5.1.4.4 de la NBR-8681. Los coeficientes de combinación son:

- **Valor de combinación $\psi_0 \cdot Q_k$** : Valor de la acción cuando se dé con alguna otra acción variable.
- **Valor frecuente $\psi_1 \cdot Q_k$** : Valor de la acción tal que sea sobrepasado durante un periodo de corta duración respecto a la vida útil de la estructura.
- **Valor casi-permanente $\psi_2 \cdot Q_k$** : Valor de la acción tal que sea sobrepasado durante una gran parte de la vida útil de la estructura.

Para la combinación de estado límite último excepcional debe definirse el valor Ψ_2 , ya que de acuerdo con la normativa puede tomar un valor distinto al considerado para el estado límite de servicio.

Análogamente, para la combinación frecuente de fatiga debe definirse el valor Ψ_1 a utilizar para las cargas de fatiga.

Coefficientes de minoración de los materiales

Para cada uno de los materiales definidos por el usuario (hormigón de las vigas, losa, riostras y prelosas, y acero para las armaduras pasiva y activa), se deben definir los siguientes coeficientes de minoración de los materiales:

Para el material tipo hormigón:

- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite de Servicio.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite Último en situación persistente.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite Último en situación accidental.
- Factor de cansancio en compresión, α_{cc} .
- Factor de cansancio en tracción, α_{ct} .

Para el material tipo acero para armaduras pasivas:

- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite de Servicio.

- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite Último en situación normal.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite Último en situación excepcional.

3.13 Órdenes del grupo *Armadura*

La orden Armadura permite definir los recubrimientos geométricos de las armaduras de las vigas y la losa, así como establecer la configuración para la realización del despiece de armaduras.

En los siguientes apartados se exponen cada una de estas órdenes.

3.13.1 Orden *Recubrimientos*

En esta opción, se deben introducir los recubrimientos geométricos (distancia del paramento a la generatriz más exterior de la armadura más superficial) de las vigas, la losa, las prelosas y las riostras.



Figura 3.13.1-1: Ventana para la definición de los recubrimientos.

CivilCAD3000 ofrece la posibilidad de calcular de forma automática los recubrimientos geométricos mediante el botón Calcular. Al seleccionar esta opción se calcularán los recubrimientos geométricos en base a las clases de exposición y tipo de hormigón definidos; es necesario por tanto haber definido los materiales y las clases de exposición.

En caso de que con posterioridad al cálculo de los recubrimientos, se modifique alguno de los parámetros que afectan a su cálculo, el usuario debe entrar de nuevo en la ventana de Recubrimientos y recalcularlos.

3.13.2 Orden *Opciones*

Desde las órdenes agrupadas por el ítem *Opciones*, el usuario puede imponer una serie de criterios sobre la generación del armado en las vigas y en la losa.

3.13.2.1 Orden *Vigas*

Las armaduras en las vigas son de los tipos siguientes:

- 1) Armaduras activas de postensado, en caso de existir.
- 2) Armaduras activas de pretesado, en caso de existir.
- 3) Armaduras pasivas. Existen los siguientes tipos de armaduras pasivas:
 - a) Armadura perimetral o de piel. Sirven para absorber la torsión así como para resistir la situación de transporte y de izado.
 - b) Armadura pasiva longitudinal de refuerzo a rotura por flexión. Se utilizan como refuerzo cuando sea necesario para verificar el ELU de rotura por flexión.
 - c) Armadura de refuerzo en las zonas de anclaje de las armaduras activas de postensado, en caso de existir. También se utilizan como refuerzo cuando sea necesario para verificar el ELU de rotura por flexión. Hay que observar que en los extremos de las vigas, los cordones de pretesado no tienen longitud de anclaje suficiente para garantizar el 100% de su capacidad, lo que obliga fácilmente a necesitarse de este tipo de refuerzos.
 - d) Armadura transversal. Las armaduras transversales se definen en una serie de tramos a lo largo de cada viga. En caso de ser la viga simétrica, las armaduras se disponen también de forma simétrica en cada mitad de la viga. Para las armaduras transversales, hay que definir tanto los diámetros y separaciones como las formas de los hierros.

Para determinar los apartados anteriores (a, b, c y d) al seleccionar la orden *Vigas* aparece en pantalla la ventana de la Figura 3.13.1-1.

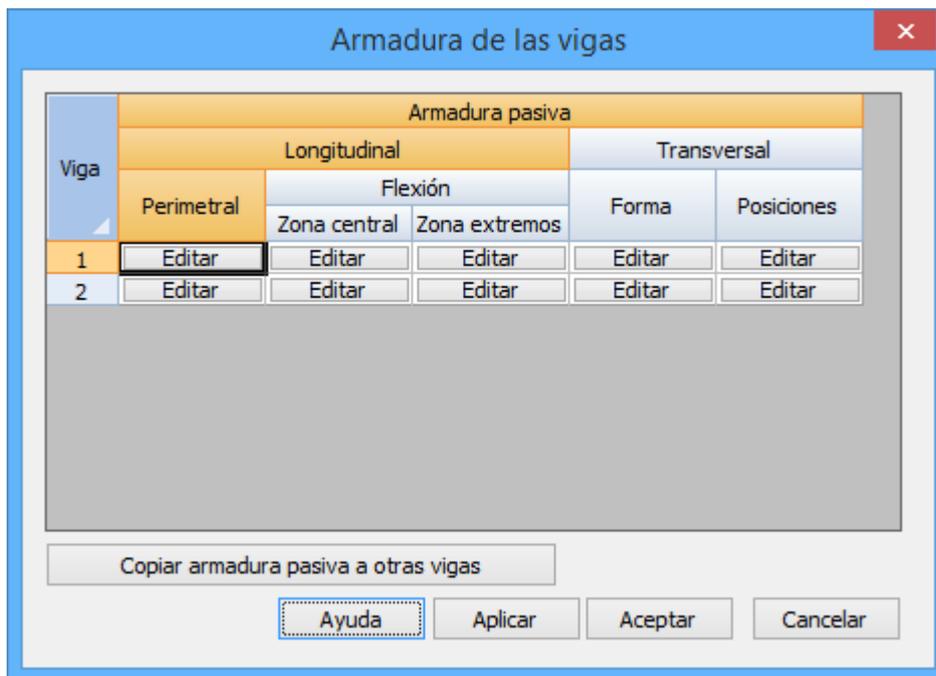


Figura 3.13.2.1-1: Ventana para la configuración del armado de las vigas.

Desde el diálogo anterior, el usuario tiene igualmente la posibilidad de:

- Copiar la sección definida en una viga a las otras vigas.
- Acceder a cada una de las opciones del armado de las vigas:
 - Armadura pasiva longitudinal perimetral.
 - Armadura pasiva longitudinal de flexión.
 - Armadura pasiva transversal. Forma.
 - Armadura pasiva transversal. Posiciones.
 - Armadura pasiva longitudinal. Anclajes.

A continuación se describe cada una de las opciones anteriores.

1) Armadura pasiva longitudinal perimetral.

En este caso, se define la armadura perimetral o de piel de las vigas.

Estas armaduras pueden ser definidas por el usuario o pueden ser calculadas por el programa. La información que el usuario puede introducir es la que aparece en el diálogo de la figura:

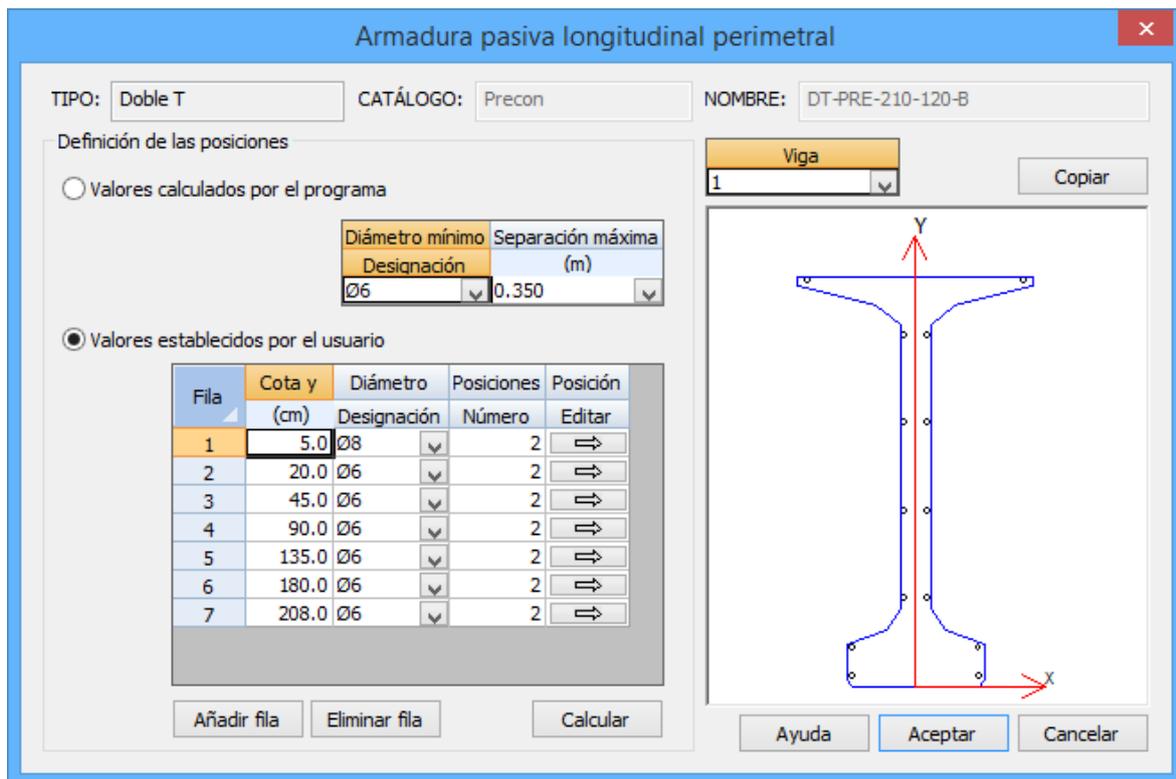


Figura 3.13.2.1-2: diálogo con la definición de la armadura de piel.

Hay dos opciones para la definición de las armaduras:

1) Armaduras definidas por el usuario.

En tal caso, se imponen sobre la sección las armaduras perimetrales que haya establecido el usuario. Se define la armadura de piel mediante una serie de filas. Cada fila queda determinada mediante:

- La altura o distancia a la fibra inferior de la viga.
- El diámetro de las armaduras.
- El número de posiciones.
- La posición horizontal de cada posición. Al editar la posición horizontal aparece un diálogo con el aspecto siguiente:

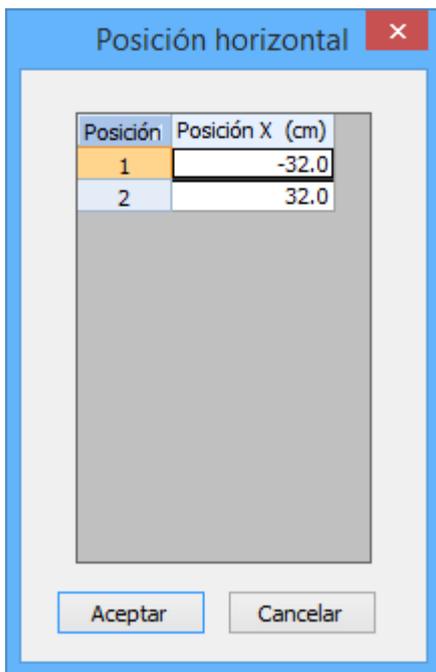


Figura 3.13.2.1-3: Diálogo para la definición de la posición horizontal de las armaduras.

Existe un botón *Calcular* el cual permite generar automáticamente las armaduras a imponer. En tal caso, aparece el siguiente diálogo, donde se define el valor del diámetro, las separaciones mínima y máxima, y el recubrimiento geométrico a considerar.

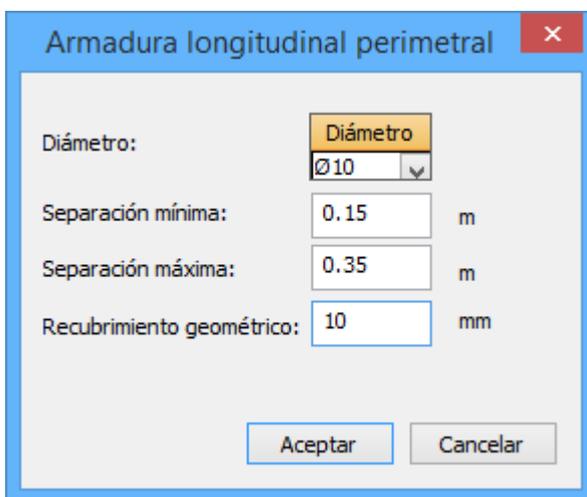


Figura 3.13.2.1-4: Diálogo para el cálculo de las armaduras a imponer.

2) Cálculo automático de las armaduras.

Alternativamente, en lugar de imponer una armadura, las armaduras de piel pueden ser calculadas por el programa, en cuyo caso debe establecerse el valor del diámetro mínimo de las armaduras, así como la separación máxima entre las armaduras.

CivilCAD3000 calcula previamente el valor de la armadura longitudinal por torsión. Para ello obtiene el máximo valor analizando todas las situaciones, combinaciones e instantes para los que se ha llevado la comprobación de rotura por torsión.

A continuación, CivilCAD3000 busca el valor de los diámetros y separaciones que satisfacen el valor de la máxima cuantía por torsión, a partir del diámetro mínimo y de la separación máxima que el usuario haya definido en el diálogo de la figura.

Para este tipo de armaduras, no se define longitud de recorte y además se considera siempre el 100% del valor del área de la armadura pasiva.

Las armaduras perimetrales resultantes del cálculo o bien impuestas por el usuario son tenidas en cuenta para la situación de transporte y de izado.

2) Armadura pasiva longitudinal de flexión.

En este caso, se define la armadura de refuerzo a rotura por flexión.

Estas armaduras pueden ser definidas por el usuario o pueden ser calculadas por el programa. La información que el usuario puede introducir es la que aparece en el diálogo de la figura:

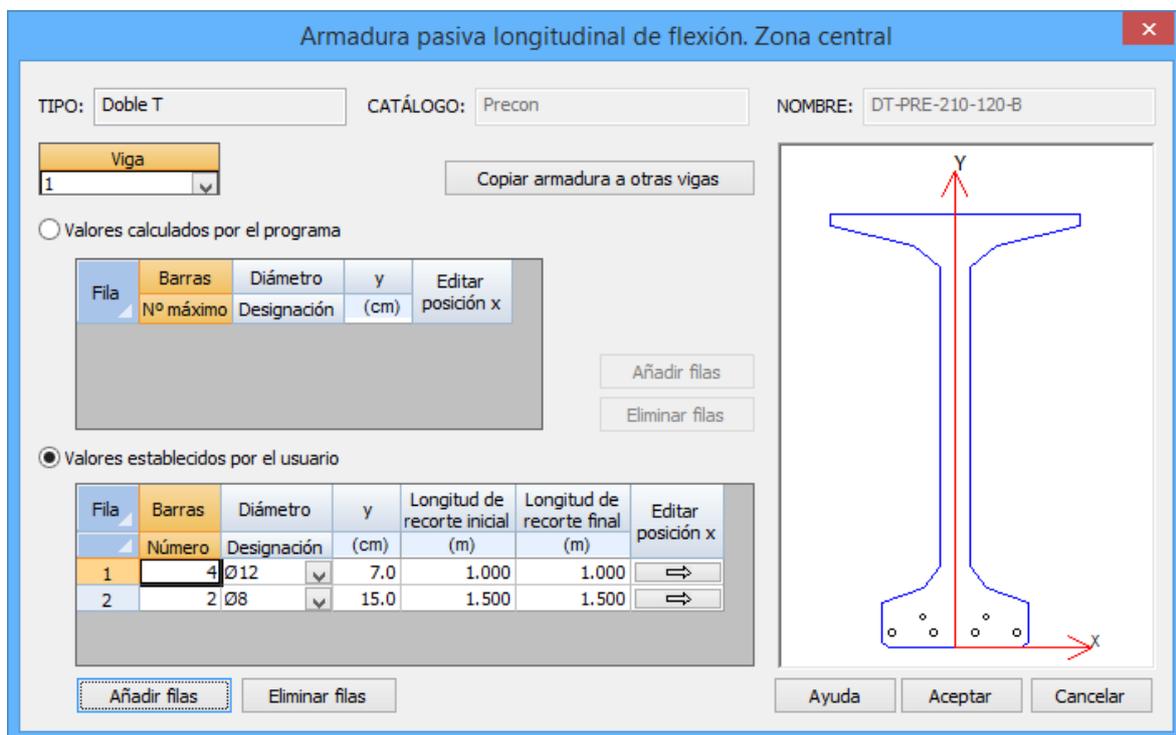


Figura 3.13.2.1-4: diálogo con la definición de la armadura de refuerzo a rotura por flexión.

Hay dos opciones para la definición de las armaduras:

- 1) Armaduras definidas por el usuario.

En tal caso, se imponen sobre la sección las armaduras que haya establecido el usuario. Se define la armadura mediante una serie de filas. Cada fila queda determinada mediante:

- La altura o distancia a la fibra inferior de la viga.
- El diámetro de las armaduras.
- El número de posiciones.
- Las longitudes de recorte en los extremos inicial y final de cada viga.
- La posición horizontal de cada posición. Al editar la posición horizontal aparece un diálogo con el aspecto siguiente:

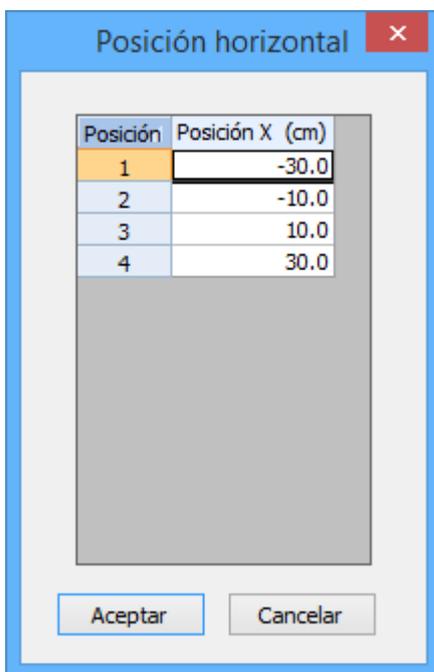


Figura 3.13.2.1-5: Diálogo para la definición de la posición horizontal de las armaduras.

2) Cálculo automático de las armaduras.

Alternativamente, en lugar de imponer unas armaduras, éstas pueden ser calculadas por el programa, en cuyo caso debe establecerse:

- La altura o distancia a la fibra inferior de la viga.
- El diámetro de las armaduras (se puede dejar un valor libre).
- El número máximo de posiciones y su posición horizontal. La edición de las posiciones es análoga a la descrita anteriormente.

CivilCAD3000 incrementa el número de posiciones hasta cumplir con la condición del ELU de rotura por flexión. Cuando sea necesario, se añadirán también las posiciones de los anclajes que se obtienen tal como se describe en el siguiente apartado.

3) Armadura pasiva longitudinal. Anclajes.

Pueden ser definidas por el usuario o pueden ser calculadas por el programa. La información que el usuario puede introducir es la siguiente:

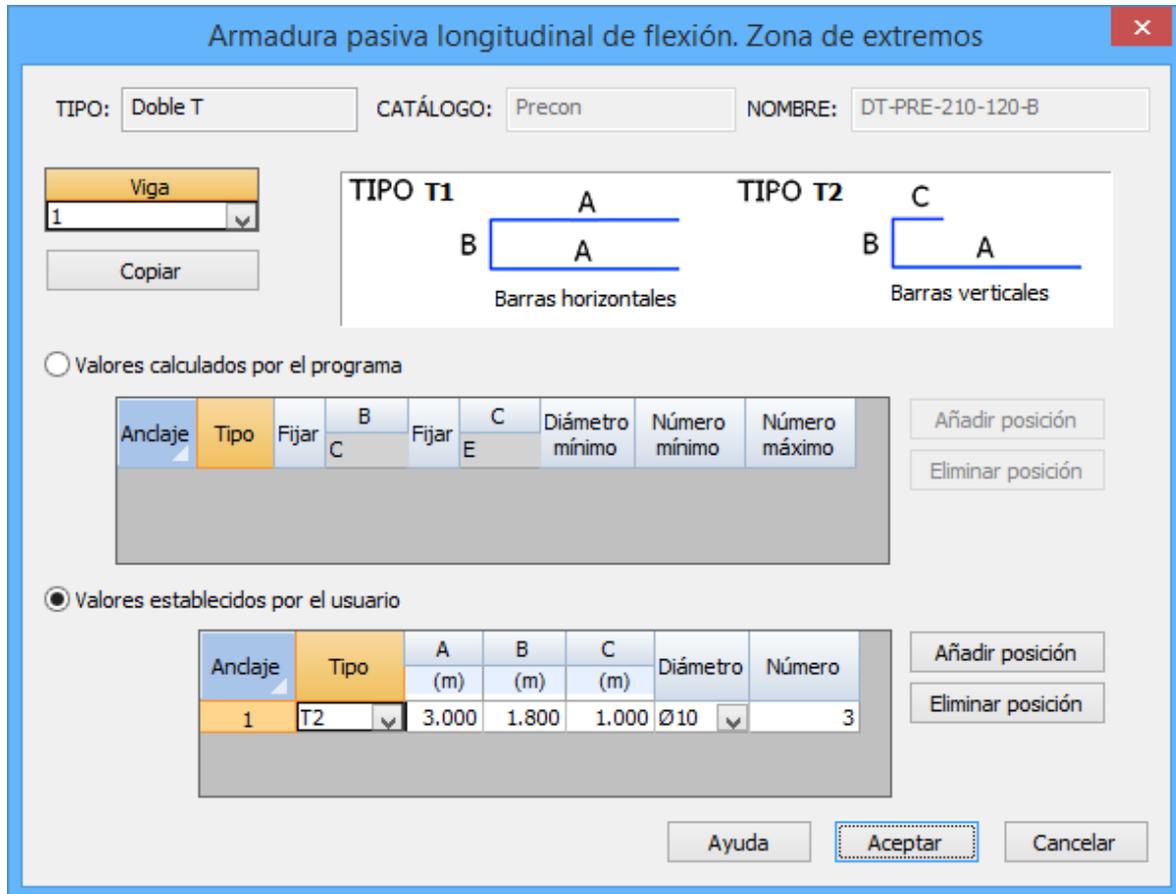


Figura 3.13.2.1-6: diálogo con la definición de la armadura de los anclajes.

Las posiciones de anclaje, definidas por el usuario o bien calculadas por el programa, se generarán de acuerdo con lo siguiente:

- El número de barras dependerá del número de ramas de la posición de anclaje, según sea tipo 1 (2 ramas horizontales) o tipo 2 (1 rama vertical).
- La cota de las barras dependerá de los anclajes a disponer. El primer anclaje se ubicará a una cota igual a:

$$y = r_g + \phi/2$$

, donde

r_g recubrimiento geométrico de la viga.

ϕ diámetro de la barra

- Los siguientes anclajes se ubicarán de forma que la distancia entre los centros de barras será igual a:

$$d = (\phi_1 + \phi_2)/2$$

, donde ϕ_1 y ϕ_2 son los diámetros de las dos barras.

Cuando las armaduras son calculadas por el programa, CivilCAD3000 dimensiona las armaduras de forma que se verifique el ELU de rotura por flexión en los extremos de las vigas. Téngase en cuenta que en esta zona en general no podrá contarse con el 100% de las armaduras de pretensado o las armaduras de refuerzo de rotura por flexión, dado que no siempre estarán suficientemente ancladas, lo que obliga a disponer este tipo de armaduras.

4) Armaduras pasivas transversales. Forma.

De acuerdo con el diálogo siguiente, cabe diferenciar entre las siguientes clases de armaduras:

- Armadura en el alma.
- Armadura de rasante viga-losa.
- Armadura del ala inferior.
- Armadura del ala superior.

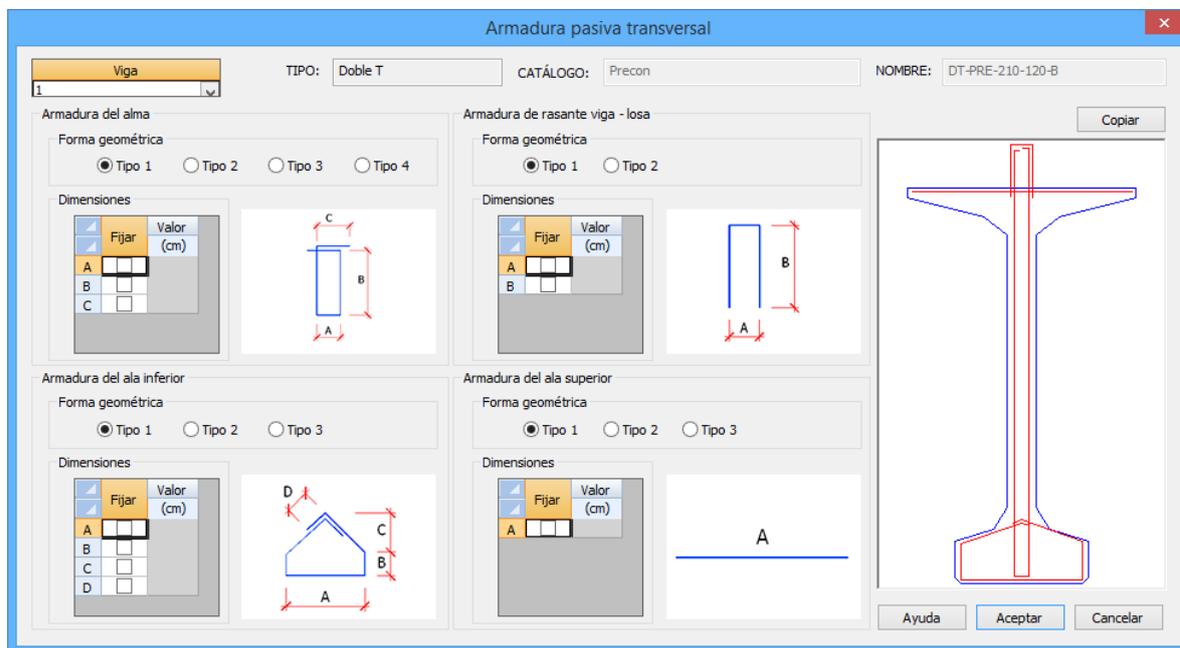


Figura 3.13.2.1-7: Diálogo para la definición de la armadura pasiva transversal.

Para cada una de las armaduras anteriores, el usuario tiene las siguientes posibilidades:

- a) Escoger los tipos de armadura. Se plantean 4 tipos para las armaduras del alma, 2 tipos para la armadura de rasante viga-losa, 3 tipos para la armadura en el ala inferior y 3 tipos para el ala superior.

Para las armaduras del **alma**:

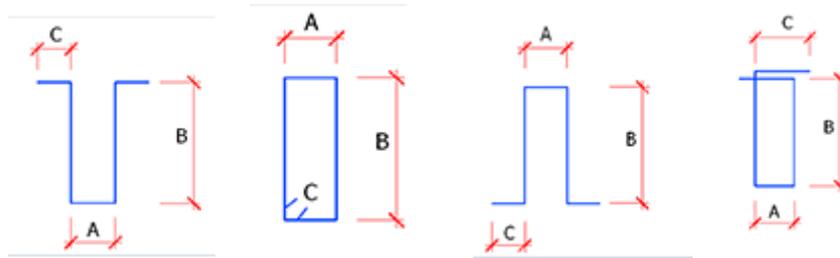


Figura 3.13.2.1-8: Tipos de armaduras en el alma.

Para las armaduras del **ala superior**:

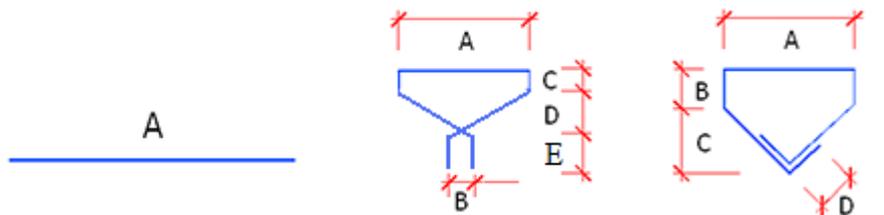


Figura 3.13.2.1-9: Tipos de armaduras en el ala superior.

Para las armaduras del **ala inferior**:

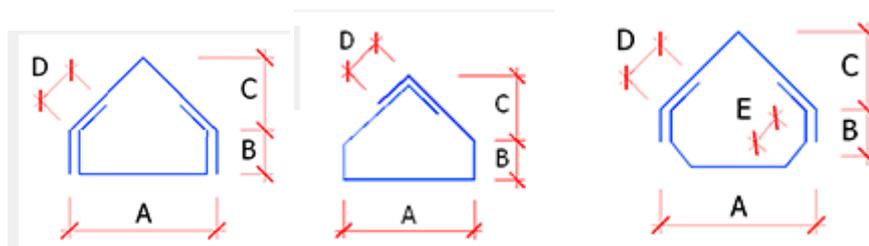


Figura 3.13.2.1-10: Tipos de armaduras en el ala inferior.

Para la armadura de **refuerzo a rasante** se puede seleccionar uno de los dos tipos siguientes:

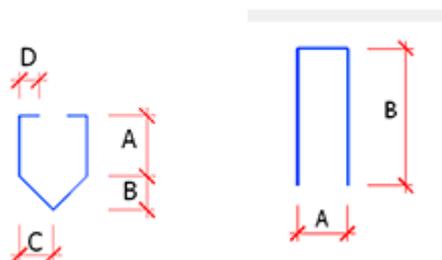


Figura 3.13.2.1-11: tipos de armaduras de rasante viga-losa.

b) Prefijar o no las longitudes de los tramos de las armaduras anteriores. Si se prefijan las longitudes, CivilCAD3000 no verificará la validez de los valores impuestos por el usuario.

5) Armadura pasiva transversal. Posiciones.

Existen 4 tipos de armaduras transversales:

- Armadura transversal en el alma.
- Armadura transversal en el ala inferior.
- Armadura transversal en el ala superior.
- Armadura de refuerzo de rasante entre las vigas y la losa.

En este apartado se describe el cálculo, para cada tramo y para cada tipo de armadura, de lo siguiente:

- El número de hierros.
- La separación entre los hierros.
- El diámetro de los hierros.

El usuario puede configurar el cálculo de las armaduras transversales a través del diálogo de configuración, el cual tiene el siguiente aspecto:

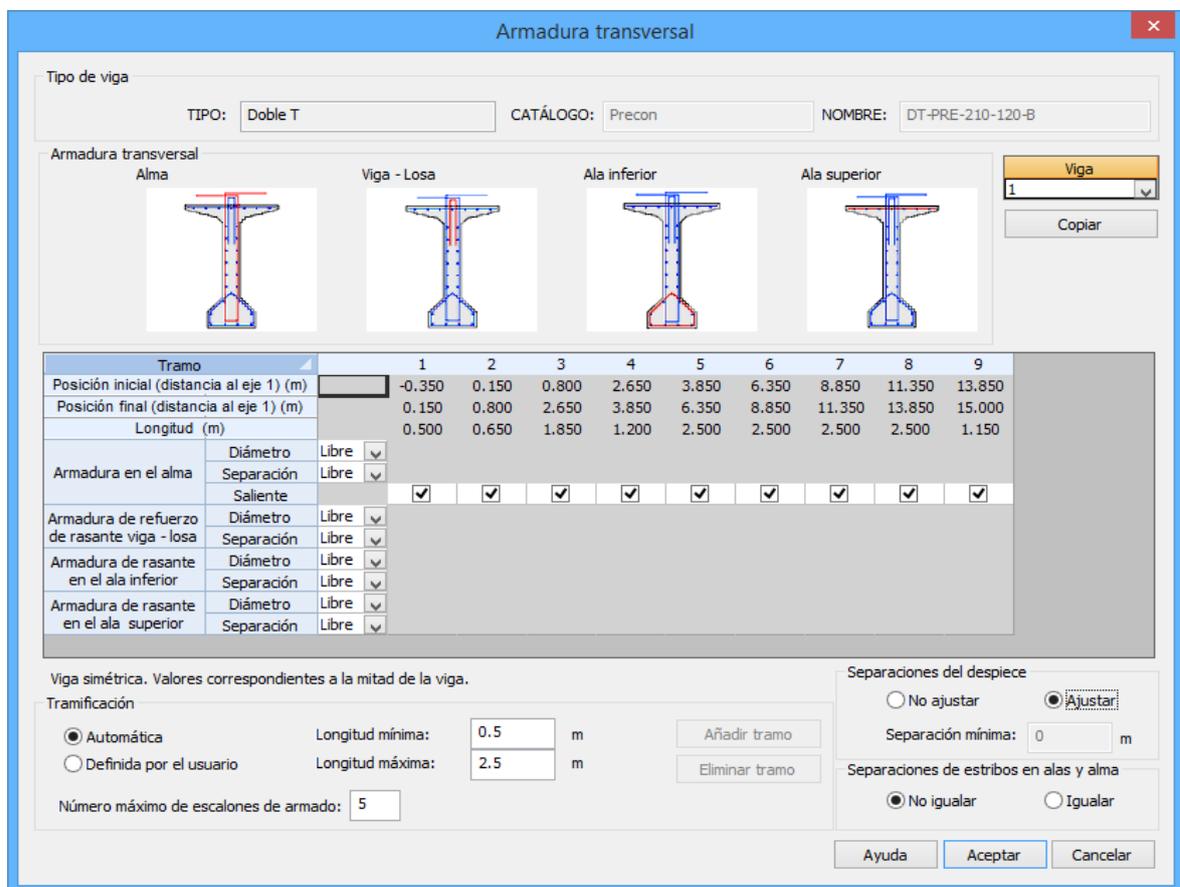


Figura 3.13.2.1-12a: diálogo con las opciones de configuración para el cálculo de las armaduras transversales.

Las posibilidades del usuario, desde el diálogo que se muestra en la figura anterior, son las siguientes:

- Se puede fijar el valor de los diámetros.
- Se puede fijar el valor de las separaciones. (Como caso particular, se pueden fijar al mismo tiempo para una posición los diámetros y las separaciones. Esta opción es útil para el peritaje de un tablero de vigas).

- Se puede definir la armadura transversal del alma como saliente o como no saliente. En función de ello, dicha armadura se contabilizará en el cálculo de la armadura de rasante viga-losa.

- Se puede igualar o no las separaciones entre estribos. En el caso de igualar las separaciones de los hierros, las separaciones de las armaduras de refuerzo de rasante viga-losa, y las armaduras en las alas inferior y superior serán iguales a las separaciones obtenidas para las armaduras en el alma.

- Se pueden ajustar o no las separaciones entre estribos a las separaciones del sistema de despiece. En este caso, las separaciones entre estribos se ajustan a los valores definidos en el diálogo *Entrada/Configuración*.

- Se puede establecer una tramificación definida por el usuario. En caso de ser definidas por el programa, los tramos se calculan a partir de los datos siguientes introducidos en el diálogo de opciones de armaduras:
 - Longitud mínima del tramo.
 - Longitud máxima del tramo.
 - Número de intervalos.

El número de intervalos hace referencia a cuántas veces se dividirá el máximo valor de la cuantía en el alma a lo largo de la viga. CivilCAD3000 obtiene los tramos tal como se muestra en la figura siguiente:

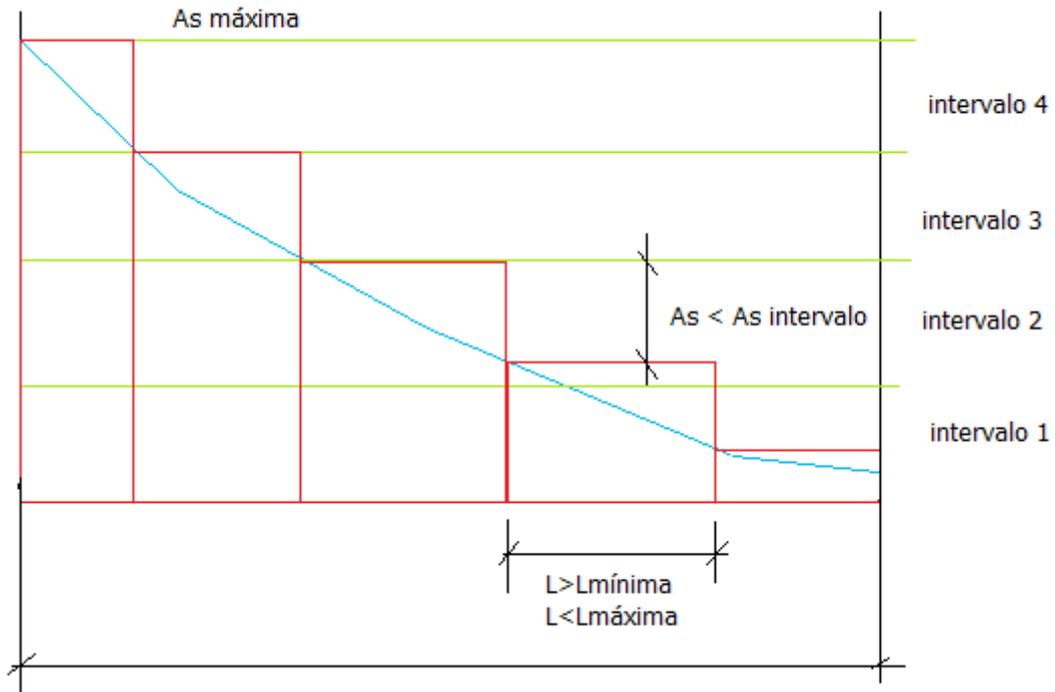


Figura 3.13.2.1-12b: tramificación de la ley de cuantías por cortante a partir del número de intervalos y de la longitud mínima y máxima.

3.13.2.2 Orden *Losa*

El usuario debe especificar en el presente apartado las opciones de configuración del cálculo de las armaduras pasivas previstas para la losa de hormigón. La armadura consistirá en unas filas horizontales de barras de acero en dirección longitudinal y transversal de la losa y en las caras superior e inferior de la misma.

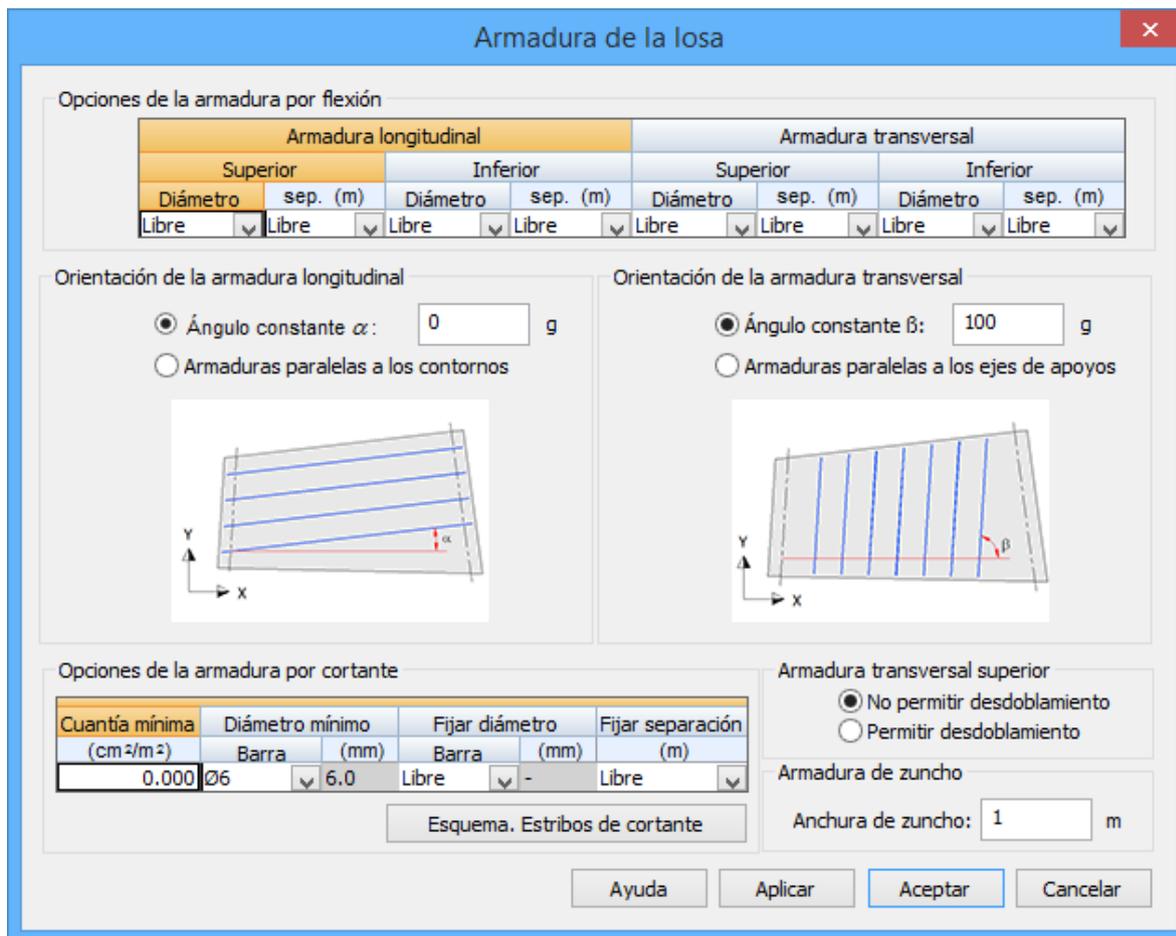


Figura 3.13.2.2-1: Diálogo para la definición de la armadura pasiva en la losa.

Para la generación de los despieces, conviene tener presente las siguientes explicaciones.

Para el despiece de la losa, CivilCAD3000 genera 7 tipos de armaduras:

- Armadura longitudinal inferior. Estas armaduras son paralelas entre sí y su orientación queda definida por el usuario en el diálogo de la figura.
- Armadura longitudinal superior. Estas armaduras son paralelas entre sí y su orientación queda definida por el usuario en el diálogo de la figura.
- Armadura transversal inferior. Estas armaduras son paralelas entre sí y su orientación queda definida por el usuario en el diálogo de la figura.
- Armadura transversal superior. Estas armaduras son paralelas entre sí y su orientación queda definida por el usuario en el diálogo de la figura.
- Armadura de cortante. Se ejecuta mediante unos estribos verticales en aquellas zonas donde sea necesario.
- Armadura de zuncho en los ejes de apoyo. Se trata de una armadura de refuerzo que es paralela a los ejes de apoyos.
- Armadura de contorno. Se trata de una armadura de borde que es paralela a los contornos izquierdo y derecho de la losa.

El procedimiento de cálculo es el siguiente.

1) Definición de las bandas de armado.

De acuerdo con las orientaciones definidas en el diálogo de la figura 3.13.2.2-1 para las armaduras longitudinal y superior, CivilCAD3000 establece las siguientes bandas para el cálculo de las armaduras longitudinales y transversales.

a) Bandas de armado longitudinales.

Las bandas de armado se definen tal como se muestra en la figura 3.13.2.2-2. Se generan 3 bandas. Para ello, se calculan los puntos de tangencia interiores y exteriores en los contornos izquierdo y derecho. Estas rectas tangentes son paralelas a la dirección del armado longitudinal, orientación definida por el usuario en el diálogo de la figura 3.13.2.2-1.

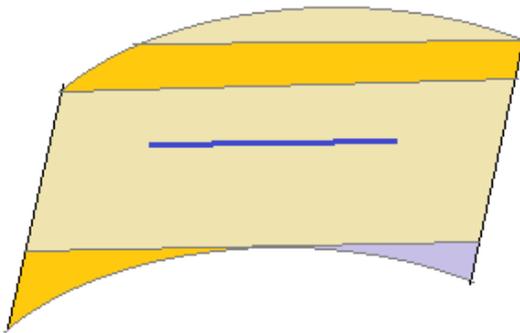


Figura 3.13.2.2-2: definición de las bandas de armado longitudinales.

b) Bandas de armado transversales

Las bandas de armado se definen tal como se muestra en la figura 3.13.2.2-3. Los lados que definen los límites de cada zona son paralelos a la dirección del armado transversal, orientación definida por el usuario en el diálogo de la figura 3.13.2.2-1.

Se consideran tres zonas diferenciadas:

- Zonas de ejes: ver figura 3.13.2.2-4.

Las zonas de ejes se construyen del modo siguiente: se calculan los puntos Z_1 , Z_2 , Z_3 y Z_4 , intersección de los contornos del tablero con unas paralelas a los ejes de apoyos a una distancia igual a la longitud de zuncho (longitud cuyo valor define el usuario en el diálogo de la figura **3.13.2.2-1**). A continuación se obtienen los puntos Z_5 y Z_6 , de forma que las rectas Z_1 y Z_2 y Z_5 y Z_6 son paralelas a la orientación de las armaduras transversales.

- Zona central: ver figura 3.13.2.2-3.

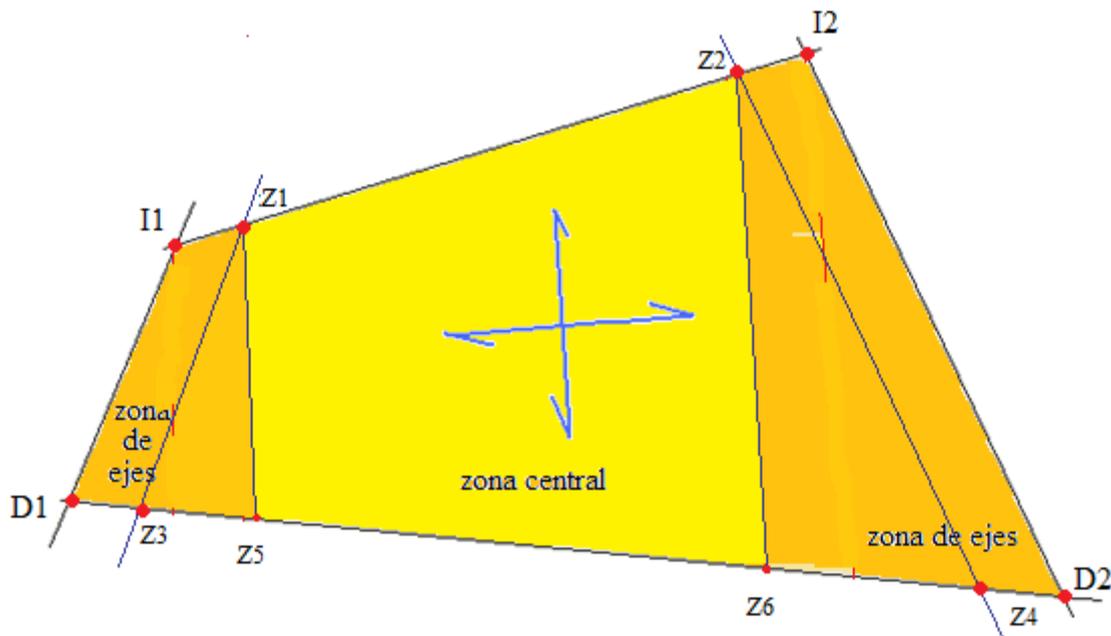


Figura 3.13.2.2-3: definición de las bandas de armado transversales. Zona central y zona de ejes.

- Zonas de zuncho: ver figura 3.13.2.2-3.

Asimismo es necesario considerar una zona de zuncho en cada eje de apoyos, definida por las líneas paralelas a los ejes de apoyos. El zuncho se generará siempre que el tablero en planta no sea rectangular.

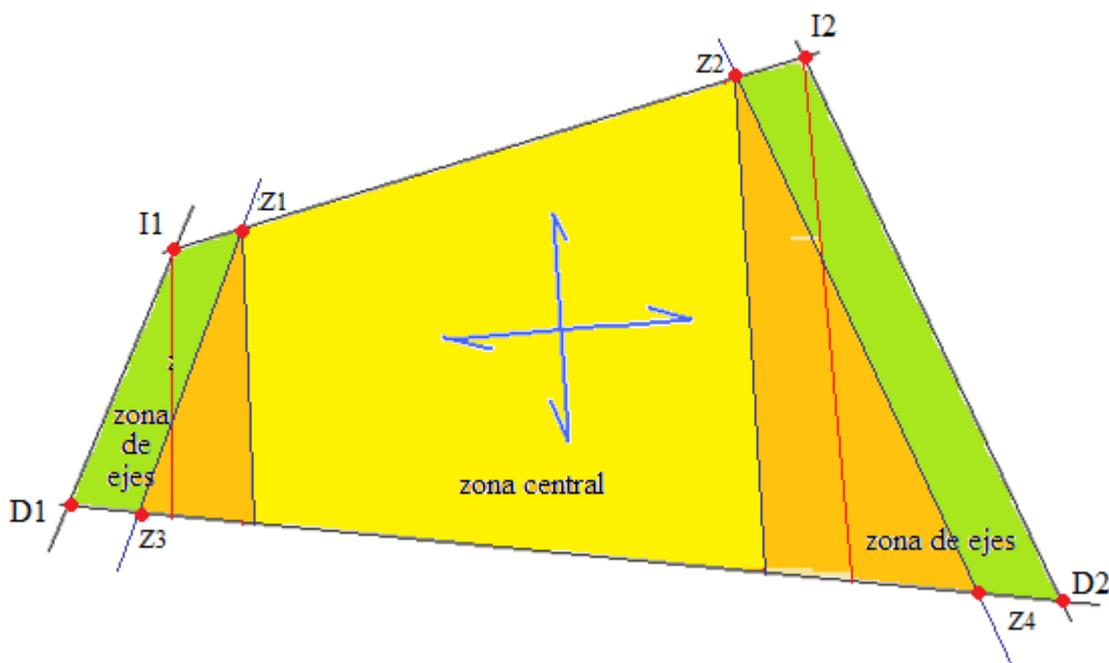


Figura 3.13.2.2-4: definición de las bandas de armado transversales. Zonas de zunchos.

2) Comprobación en la dirección longitudinal

A partir de los resultados del cálculo a flexión, y llevando a cabo el cálculo de fisuración, CivilCAD3000 obtiene para cada una de las bandas longitudinales los máximos valores correspondientes a:

- Las armaduras longitudinales inferiores.
- Las armaduras longitudinales superiores.

3) Comprobación en la dirección transversal

El planteamiento es absolutamente análogo al expuesto en el caso anterior, pero con las siguientes diferencias:

a) Se tiene en cuenta en el cálculo de las armaduras las cuantías por rasante viga-losa. **Por dicho motivo, para calcular la losa es necesario llevar a cabo el cálculo de todas las vigas.**

Al llevar a cabo el dimensionamiento por fisuración, los despieces obtenidos son del tipo siguiente:

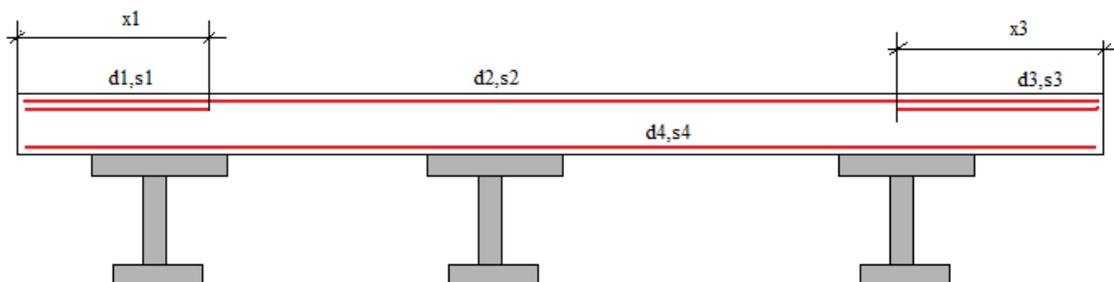


Figura 3.13.2.2.-5: resultados del dimensionamiento por fisuración.

Armadura inferior:

- diámetros y separaciones $d_{4,s4}$

Armadura superior:

En el diálogo de la figura 3.13.2.2.-1 CivilCAD3000 permite al usuario poder desdoblar la armadura transversal superior en los contornos de la losa, en cuyo caso, se obtiene, cuando sea necesario:

- diámetros y separaciones $d_{2,s2}$
- diámetros y separaciones de refuerzo en el contorno izquierdo $d_{1,s1}$
- diámetros y separaciones de refuerzo en el contorno derecho $d_{3,s3}$

Las posiciones de refuerzo aparecerán en función de los resultados del cálculo de dimensionamiento. En caso de existir se dispondrán en una longitud x según se muestra en la figura.

Las armaduras transversales se extienden en toda la superficie de la losa. No obstante, no se consideran para el cálculo a flexión aquellos puntos ubicados dentro de las zonas de zunchos, en caso de existir.

b) Armadura en las zonas de zunchos.

CivilCAD3000 obtiene para cada una de las zonas definidas por los zunchos:

- La armadura longitudinal inferior.
- La armadura longitudinal superior.
- La armadura transversal inferior.
- La armadura transversal superior.

Estas armaduras constituyen un refuerzo adicional a la armadura transversal extendida en toda la superficie de la losa.

Habida cuenta de las explicaciones anteriores, el usuario debe entrar la siguiente información en el diálogo de la figura 3.13.2.2.-1:

1) Opciones para los diámetros y separaciones de la armadura por flexión

Existen los 4 tipos de armaduras siguientes: armadura longitudinal inferior, armadura longitudinal superior, armadura transversal inferior y armadura transversal superior. Para cada una de estas armaduras, el usuario puede imponer unos diámetros y/o unas separaciones entre barras. De forma particular, se pueden imponer unos diámetros y unas separaciones simultáneamente, lo que es interesante de cara a la comprobación o peritaje de un tablero de vigas. CivilCAD3000 llevará a cabo la comprobación de los estados límites analizados con las condiciones impuestas por el usuario.

2) Opciones para los diámetros y separaciones de la armadura por cortante

Análogamente, pueden definirse para las armaduras de cortante, cuando sean necesarias, una cuantía mínima, un diámetro mínimo, e igualmente pueden imponerse unos diámetros y separaciones, y también simultáneamente.

3) Orientación de la armadura por flexión

En la versión actual del programa puede definirse una armadura longitudinal y transversal con ángulo constante (no está permitida todavía la opción de armaduras paralelas a los ejes de apoyo y/a los contornos). La posibilidad de definir una orientación a las armaduras es muy útil dado que, por ejemplo, permite definir las armaduras transversales de forma que sean paralelas a los ejes de apoyo o bien perpendiculares a los ejes de las vigas.

Todas las armaduras, longitudinales y transversales serán paralelas entre sí.

3) Configuración del cálculo de la armadura transversal superior

Para optimizar las cuantías de armado, en el diálogo de la figura 3.13.2.2.-1 CivilCAD3000 permite al usuario poder desdoblar la armadura transversal superior en los contornos de la losa.

4) Configuración para el cálculo de la armadura de zuncho

CivilCAD3000 genera las posiciones de armadura paralelas entre sí según la orientación de armado definida por el usuario en toda la extensión de la losa. Para optimizar la solución de armado, existe la posibilidad de definir un zuncho, esto es, una banda de armadura (inferior y superior) que es paralela a los ejes de los apoyos. Dentro del diálogo de la figura 3.13.2.2-1 el usuario puede establecer el valor de la longitud del zuncho (de longitud igual a 1 m por defecto).

3.14 Orden *Cálculo de la prueba de carga*

El programa permite efectuar el cálculo del tablero de vigas sometido a una prueba de carga definida por el usuario.

El diálogo para la definición de la prueba de carga tiene el siguiente aspecto:

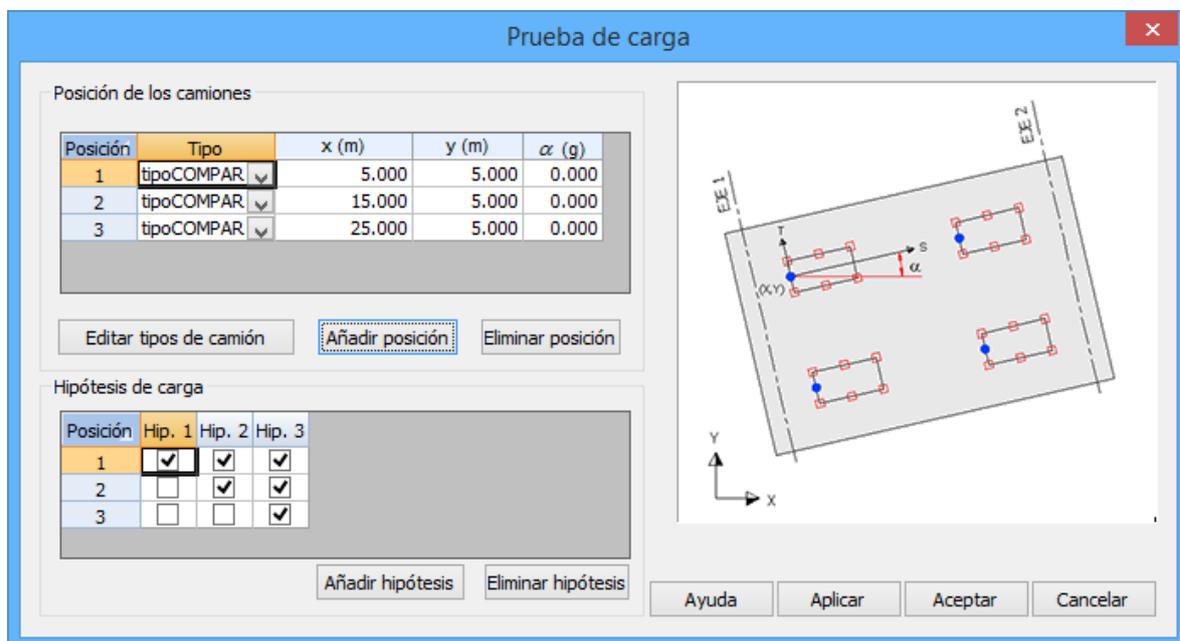


Figura 3.14-1: Diálogo para la definición de la prueba de carga.

Dentro del diálogo, debe introducirse la siguiente información:

- 1) Posición de los camiones a situar en el tablero en la prueba de carga.

- Coordenadas de posición del origen de coordenadas locales de cada camión respecto de los ejes globales (x, y) utilizados para dar las coordenadas de los puntos de definición de los contornos de la losa y de los ejes de las vigas.
- Ángulo α (g) que forma la alineación del eje local d_1 del camión con el eje global x de definición del tablero.
- Tipo de camión ubicado en cada posición. Los tipos de camión pueden editarse desde el botón *Editar tipos de camión*, accediendo entonces al siguiente diálogo:

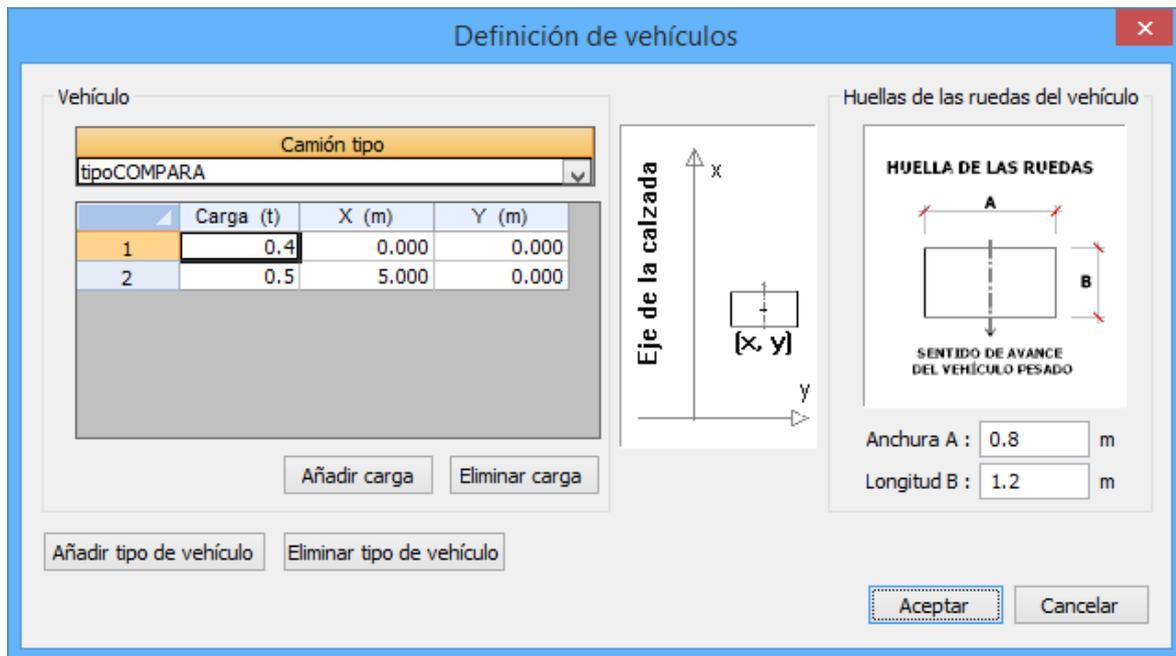


Figura 3.14-2: Diálogo para la definición de los vehículos.

En el diálogo de la Figura, en el que se pueden añadir y/o eliminar cargas (botones *Añadir carga* y *Eliminar carga*) definir cada una de las cargas que componen el vehículo definiendo el valor de la carga y las coordenadas X e Y de su situación relativa. El eje X corresponde al eje longitudinal del carro, mientras que el eje Y corresponde al eje transversal. El origen de coordenadas locales puede estar dispuesto en cualquier punto respecto a las cargas del vehículo pesado. Finalmente se deben definir las dimensiones de las huellas de las cargas.

2) Definición de las hipótesis de carga.

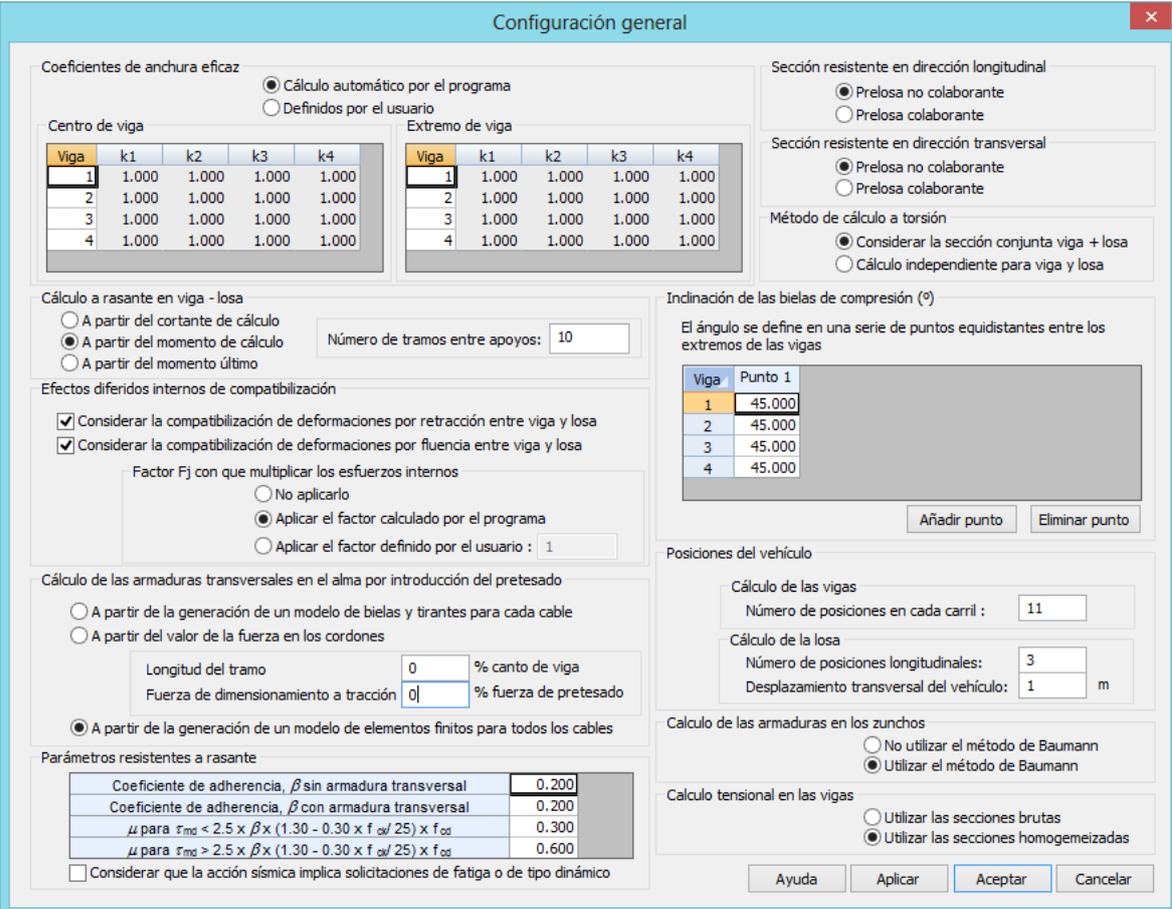
El usuario puede definir varias hipótesis de carga. El programa obtendrá para cada una de ellas los resultados de la prueba de carga. Para definir una hipótesis basta con seleccionar las posiciones del carro definidas que se deseen considerar en la hipótesis.

3.15 Órdenes del grupo *Configuración*

Con la orden *Configuración* se puede acceder a los diálogos de configuración del modelo de cálculo para la obtención de los esfuerzos, y a la configuración de algunos aspectos del cálculo general y la configuración del cálculo relativo a las tensiones admisibles.

3.15.1 Orden General

El diálogo con las opciones de configuración general tiene el siguiente aspecto, en función de la normativa seleccionada:



Configuración general

Coefficientes de anchura eficaz

Cálculo automático por el programa
 Definidos por el usuario

Centro de viga

Viga	k1	k2	k3	k4
1	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.000	1.000	1.000	1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000

Extremo de viga

Viga	k1	k2	k3	k4
1	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.000	1.000	1.000	1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000

Sección resistente en dirección longitudinal

Prelosa no colaborante
 Prelosa colaborante

Sección resistente en dirección transversal

Prelosa no colaborante
 Prelosa colaborante

Método de cálculo a torsión

Considerar la sección conjunta viga + losa
 Cálculo independiente para viga y losa

Cálculo a rasante en viga - losa

A partir del cortante de cálculo
 A partir del momento de cálculo
 A partir del momento último

Número de tramos entre apoyos: 10

Efectos diferidos internos de compatibilización

Considerar la compatibilización de deformaciones por retracción entre viga y losa
 Considerar la compatibilización de deformaciones por fluencia entre viga y losa

Factor Fj con que multiplicar los esfuerzos internos

No aplicarlo
 Aplicar el factor calculado por el programa
 Aplicar el factor definido por el usuario : 1

Cálculo de las armaduras transversales en el alma por introducción del pretensado

A partir de la generación de un modelo de bielas y tirantes para cada cable
 A partir del valor de la fuerza en los cordones

Longitud del tramo: 0 % canto de viga
 Fuerza de dimensionamiento a tracción: 0 % fuerza de pretensado

A partir de la generación de un modelo de elementos finitos para todos los cables

Parámetros resistentes a rasante

Coefficiente de adherencia, β sin armadura transversal	0.200
Coefficiente de adherencia, β con armadura transversal	0.200
μ para $\tau_{ms} < 2.5 \times \beta \times (1.30 - 0.30 \times f_{os}/25) \times f_{os}$	0.300
μ para $\tau_{ms} > 2.5 \times \beta \times (1.30 - 0.30 \times f_{os}/25) \times f_{os}$	0.600

Considerar que la acción sísmica implica solicitaciones de fatiga o de tipo dinámico

Inclinación de las bielas de compresión (°)

El ángulo se define en una serie de puntos equidistantes entre los extremos de las vigas

Viga	Punto 1
1	45.000
2	45.000
3	45.000
4	45.000

Añadir punto Eliminar punto

Posiciones del vehículo

Cálculo de las vigas

Número de posiciones en cada carril: 11

Cálculo de la losa

Número de posiciones longitudinales: 3
 Desplazamiento transversal del vehículo: 1 m

Cálculo de las armaduras en los zunchos

No utilizar el método de Baumann
 Utilizar el método de Baumann

Cálculo tensional en las vigas

Utilizar las secciones brutas
 Utilizar las secciones homogeneizadas

Ayuda Aplicar Aceptar Cancelar

Figura 3.15.1-1 Diálogo con las opciones para la configuración general. Normativa española IAP11.

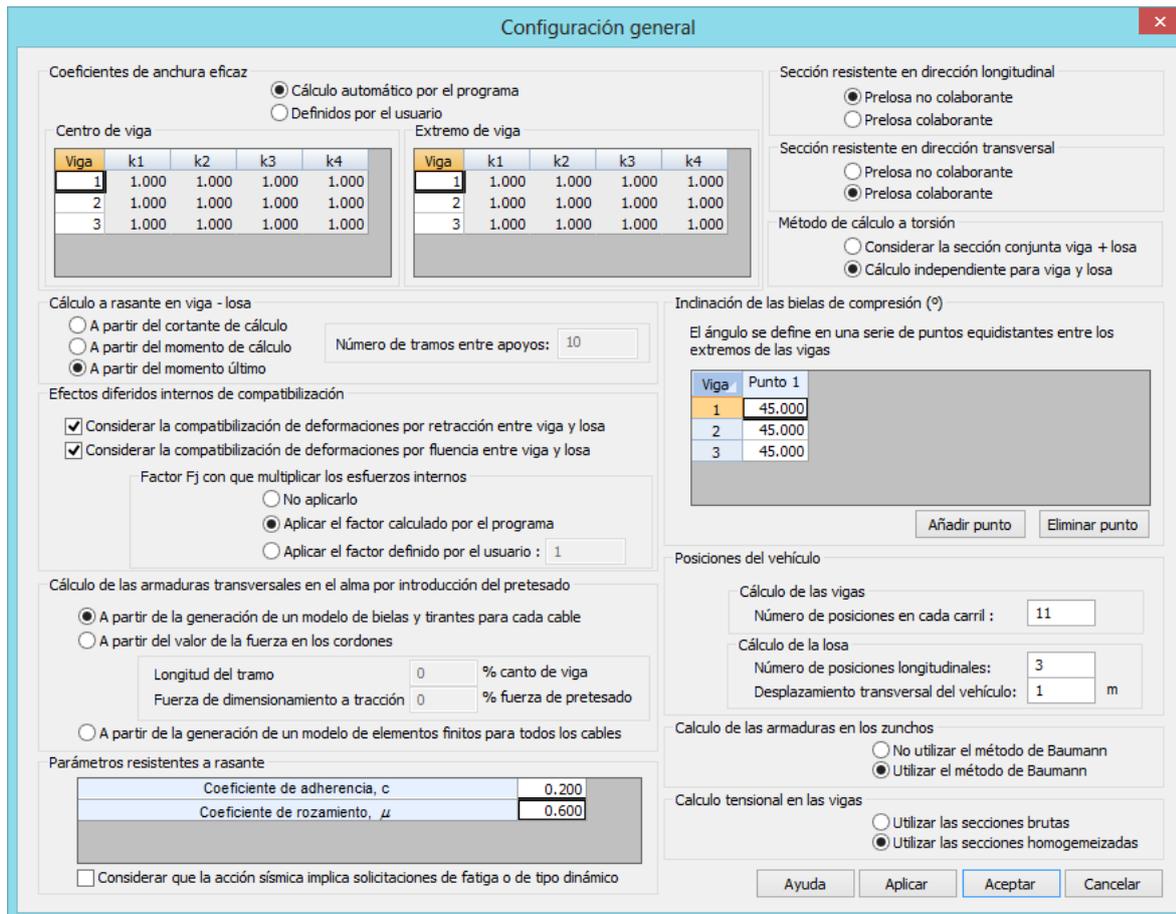


Figura 3.15.1-2 Diálogo con las opciones para la configuración general. Normativa europea Eurocódigos.

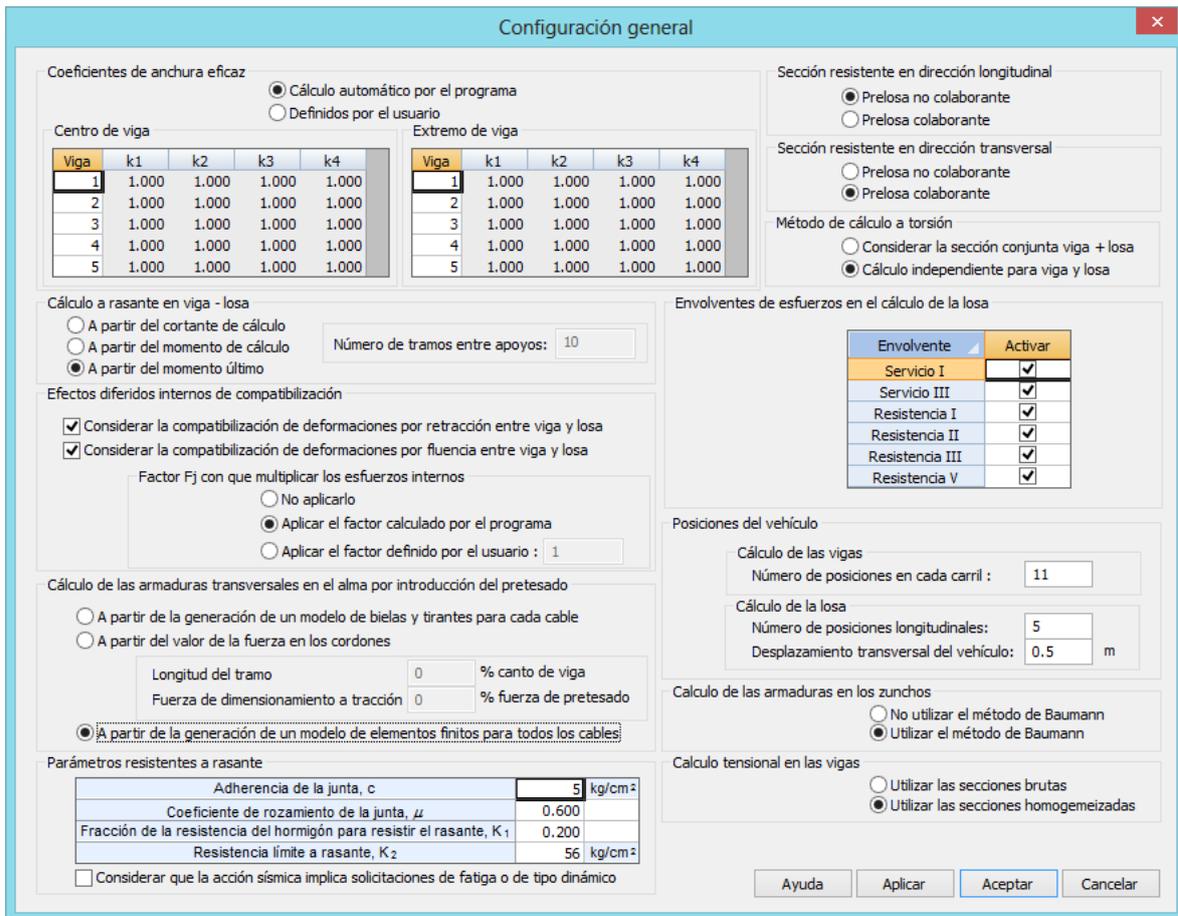


Figura 3.15.1-3 Diálogo con las opciones para la configuración general. Normativa americana AASHTO.

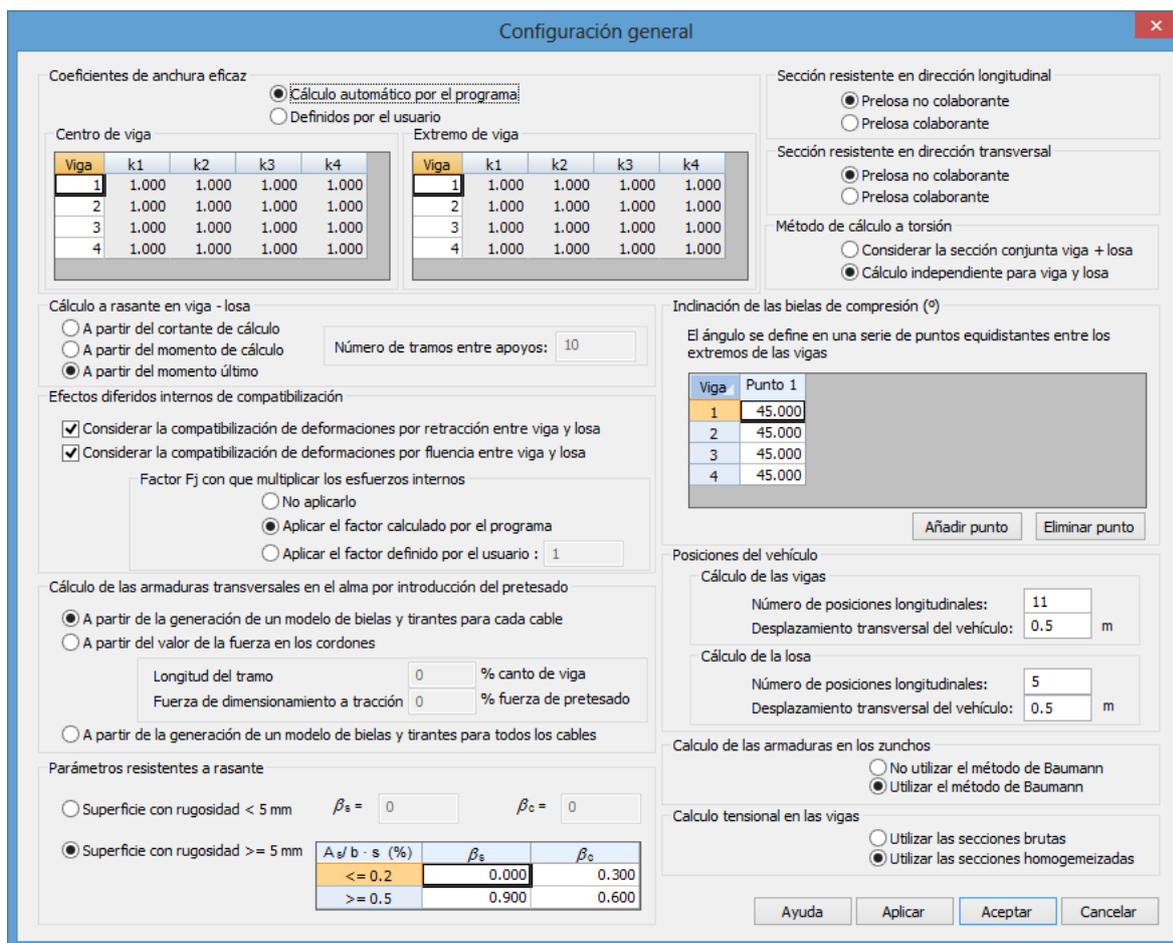


Figura 3.15.1-4 Diálogo con las opciones para la configuración general. Normativa brasileña NBR.

Todas las opciones vienen definidas por defecto. Los apartados que pueden configurarse son los siguientes.

1) Coeficientes de anchura eficaz

El usuario debe introducir el valor de los coeficientes de anchura eficaz de la sección a emplear en los cálculos tensionales y a rotura. El programa pide para cada viga el valor de 4 coeficientes en el centro de viga y 4 coeficientes en el extremo de la viga:

Coeficientes de anchura eficaz para el cálculo tensional:

- K_1 : Coeficiente a emplear para la parte izquierda de la losa que se halle sobre la viga.
- K_2 : Coeficiente a emplear para la parte derecha de la losa que se halle sobre la viga.

Coeficientes de anchura eficaz para el cálculo a rotura por flexión:

- K_3 : Coeficiente a emplear para la parte izquierda de la losa que se halle sobre la viga.
- K_4 : Coeficiente a emplear para la parte derecha de la losa que se halle sobre la viga.

La variabilidad del valor de los coeficientes anteriores a lo largo de la viga cumple la ley descrita en la figura 4.5.1 de la RPX-95.

En todos los casos descritos, el coeficiente de anchura eficaz K_i es utilizado de la siguiente forma:

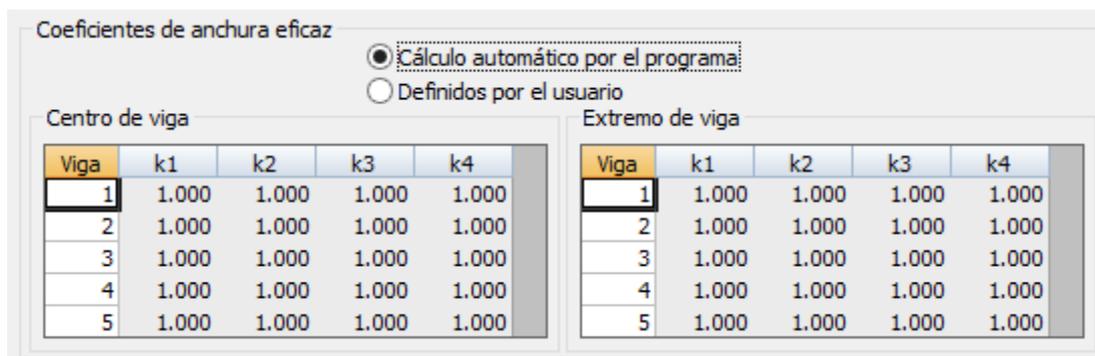
$$B_{\text{eficaz}} = K_i * B_{\text{real}}$$

, donde

B_{real} , anchura real del segmento de losa sobre la viga.

B_{eficaz} , anchura de la losa que se utilizar para realizar el cálculo correspondiente.

El usuario puede optar por dejar que el programa evalúe automáticamente los coeficientes de anchura eficaz (utilizando entonces los valores que se muestran en gris en el diálogo, obtenidos de acuerdo con los criterios expuestos en la RPX-95) o bien por elegir él mismo los valores que desea que sean utilizados en los cálculos tensionales o a rotura.



Coeficientes de anchura eficaz

Cálculo automático por el programa

Definidos por el usuario

Centro de viga

Viga	k1	k2	k3	k4
1	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.000	1.000	1.000	1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000
5	1.000	1.000	1.000	1.000

Extremo de viga

Viga	k1	k2	k3	k4
1	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.000	1.000	1.000	1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000
5	1.000	1.000	1.000	1.000

Figura 3.15.1-5 opciones del diálogo a considerar en el cálculo de los coeficientes de anchura eficaz.

2) Efectos diferidos internos de compatibilización

El usuario puede escoger entre las siguientes posibilidades:

- Incluir o no en el cálculo de la viga los esfuerzos generados en la viga y la losa a tiempo infinito por la compatibilización de las deformaciones por retracción del hormigón que se dan en la viga y en la losa.
- Incluir o no en el cálculo de la viga los esfuerzos generados en la viga y la losa a tiempo infinito por la compatibilización de las deformaciones por fluencia del hormigón que se dan en la viga y en la losa.
- Elegir la forma de obtener el coeficiente F_j que multiplica los esfuerzos internos de compatibilización por retracción y fluencia. Este factor (en tanto por uno) se aplicará a los esfuerzos obtenidos al compatibilizar las deformaciones de fluencia a tiempo infinito. El factor F_j tiene en cuenta que la compatibilización es progresiva

en el tiempo y por tanto induce unos esfuerzos menores que los evaluados directamente con la fluencia a tiempo infinito. Se puede optar entre 3 posibilidades:

- No aplicar el coeficiente F_j .
- Introducir un valor concreto que el usuario quiera imponer en el cálculo.
- Hacer que el programa calcule directamente el coeficiente. *CivilCAD3000* empleará entonces la expresión siguiente:

$$F_j = 1 / (1 + \chi * \phi)$$

, donde

χ es el coeficiente de envejecimiento.

ϕ es el coeficiente de fluencia a tiempo infinito.

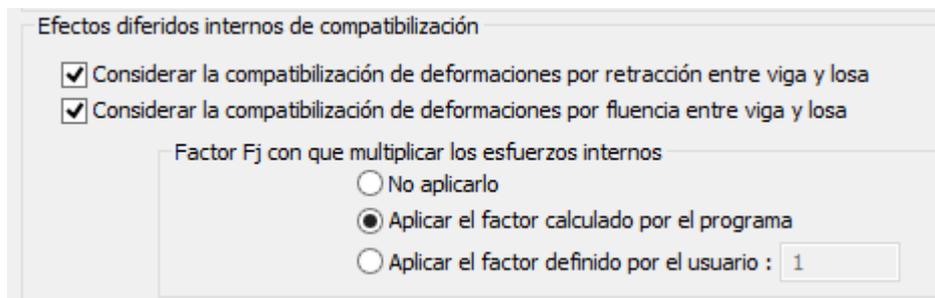


Figura 3.15.1-6 opciones del diálogo a considerar para el cálculo de los efectos diferidos por compatibilización de deformaciones.

3) Cálculo de las armaduras transversales en el alma por introducción del pretesado.

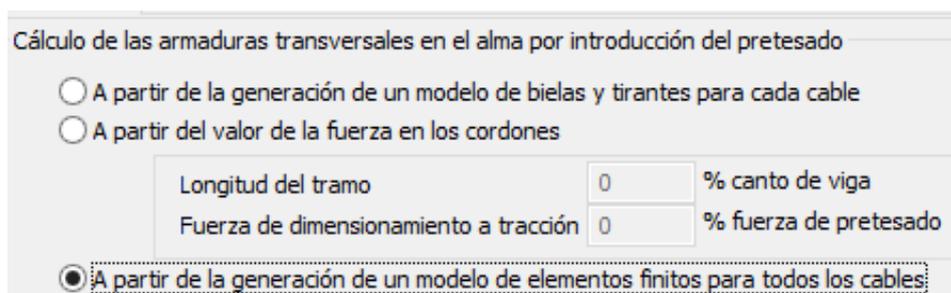


Figura 3.15.1-7a opciones del diálogo a considerar en el cálculo de las armaduras transversales en el alma por introducción del pretesado.

Las leyes para cada cordón se calcularán en función del método escogido por el usuario:

A) Método basado en la generación de un modelo de bielas y tirantes para cada cable:

En tal caso se genera el siguiente modelo de bielas y tirantes:

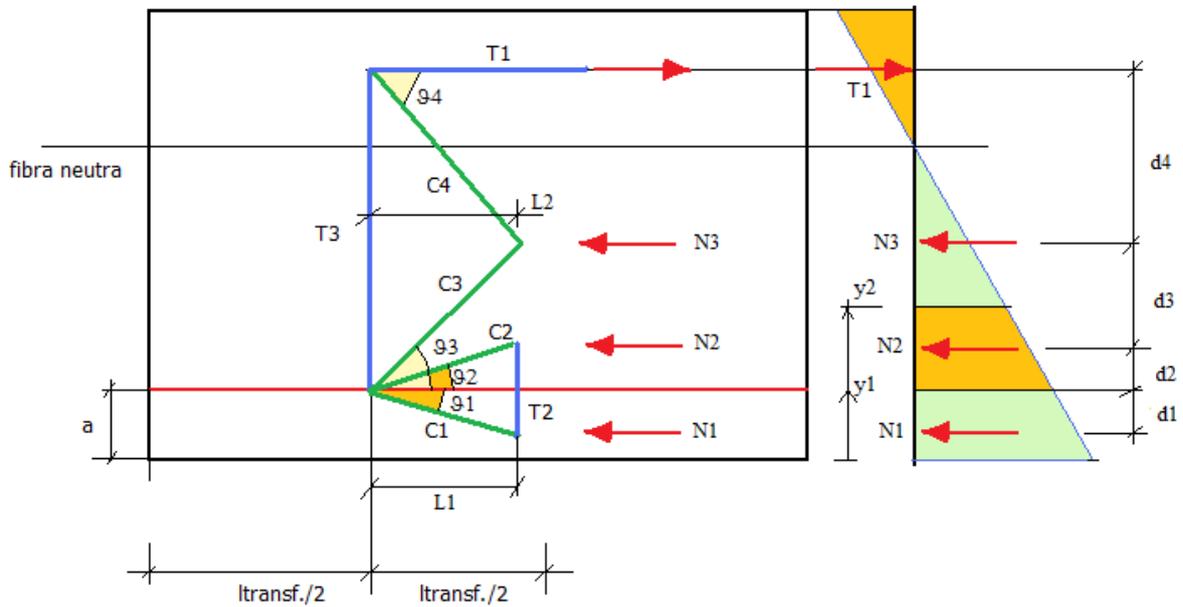


Figura 3.15.1-7b: modelo de bielas y tirantes generado para cada cordón.

NOTA: no se consideran aquellos cordones que están ubicados en la mitad superior de la viga.

B) Método basado en la fuerza del pretensado:

En este caso, en la entrada de datos se da valor a los siguientes parámetros:

% Pretensado tanto por ciento de la fuerza de pretensado instantáneo a considerar.
 %canto tanto por ciento del canto de la viga considerar.

A partir de los parámetros anteriores, en cada extremo se obtienen los valores que definen la ley para cada cordón (A_{s1} , L_1) y (A_{s2} , L_2):

$$L_1 = L_2 = h_{\text{viga}} * f_{\text{canto}}$$

$$A_{s1} = A_{s2} = P_{\text{pretensado}} * f_{\text{pretensado}} / L_1 / f_y$$

, siendo:

h_{viga} canto de la viga

$P_{\text{pretensado}}$ fuerza máxima de pretensado en el cordón considerado a lo largo del mismo.

f_y límite elástico a considerar en el acero:

a) Normativa española y europea:

Límite elástico de la armadura activa, valor limitado a $f_{yd \text{ máx.}} = 20.000 \text{ t/m}^2$.

Esta limitación viene recomendada en la publicación Hormigón Pretensado, de Carlos G. Pericot y Fernando S. Amillátegui

b) Normativa americana:

f_y tensión de fluencia, valor limitado a $f_y < 140\text{N/mm}^2$

NOTA: La suma de los tramos L1 + L2 se limita al valor de la longitud no entubada del cordón considerado.

C) A partir de un modelo de elementos finitos

En este método, *CivilCAD3000* realiza un modelo de la viga con elementos finitos tipo membrana, e introduciendo las fuerzas localizadas de pretensado. El cálculo de las armaduras de refuerzo verticales se realiza integrando el campo de tensiones obtenido.

4) Parámetros resistentes a rasante

El cálculo a rasante en la viga-losa, en el ala inferior, y en el ala superior se lleva a cabo según las expresiones de la normativa seleccionada. En el presente diálogo, el usuario puede definir los valores de los parámetros que intervienen en las expresiones de cálculo y que reproducimos en las figuras siguientes.

Parámetros resistentes a rasante

Coefficiente de adherencia, β sin armadura transversal	0.200
Coefficiente de adherencia, β con armadura transversal	0.350
μ para $\tau_{md} < 2.5 \times \beta \times (1.30 - 0.30 \times f_{cv} / 25) \times f_{cd}$	0.300
μ para $\tau_{md} > 2.5 \times \beta \times (1.30 - 0.30 \times f_{cv} / 25) \times f_{cd}$	0.600

Considerar que la acción sísmica implica solicitaciones de fatiga o de tipo dinámico

Figura 3.15.1-8 opciones del diálogo a considerar en el cálculo a rasante. Normativa española. (EHE08)

Parámetros resistentes a rasante

Coefficiente de adherencia, c	0.350
Coefficiente de rozamiento, μ	0.600

Considerar que la acción sísmica implica solicitaciones de fatiga o de tipo dinámico

Figura 3.15.1-9 opciones del diálogo a considerar en el cálculo a rasante. Normativa europea (Eurocódigos)

Parámetros resistentes a rasante

Adherencia de la junta, c	5	kg/cm ²
Coefficiente de rozamiento de la junta, μ	0.600	
Fracción de la resistencia del hormigón para resistir el rasante, K_1	0.200	
Resistencia límite a rasante, K_2	56	kg/cm ²

Considerar que la acción sísmica implica solicitaciones de fatiga o de tipo dinámico

Figura 3.15.1-10 opciones del diálogo a considerar en el cálculo a rasante. Normativa americana (AASHTO)

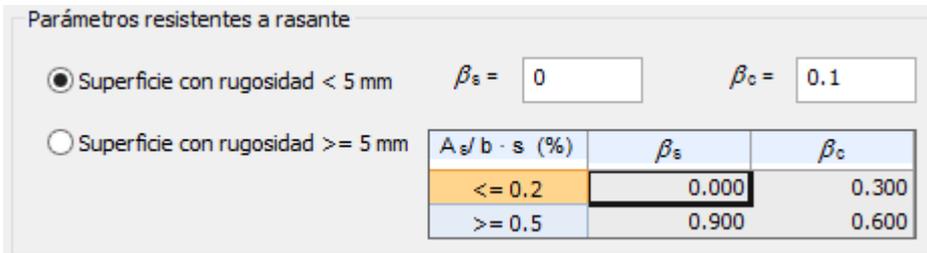


Figura 3.15.1-11 opciones del diálogo a considerar en el cálculo a rasante. Normativa brasileña (NBR)

5) Definición de las secciones resistentes

El usuario puede elegir entre incluir o no la prelosa en la sección resistente de la viga + losa. Ello se puede configurar por separado en la dirección longitudinal y en la dirección transversal.

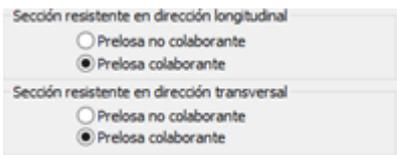


Figura 3.15.1-12a opciones del diálogo relativas a la inclusión de la prelosa en el cálculo.

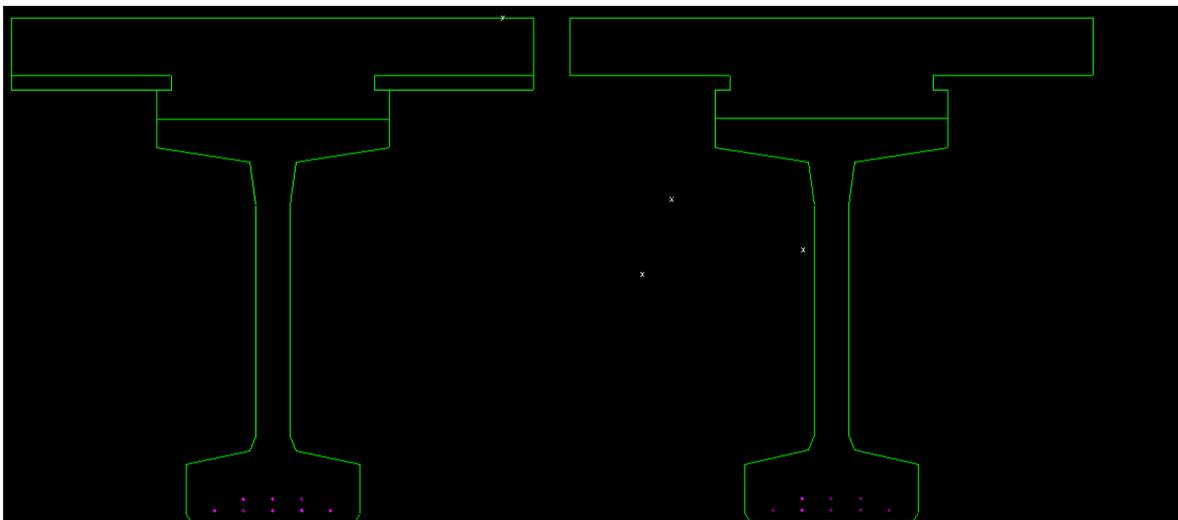


Figura 3.15.1-12b: generación del contorno de la sección resistente de la losa; prelosa colaborante y no colaborante en la sección resistente en la dirección longitudinal.

6) Métodos del cálculo a torsión



Figura 3.15.1-13 opciones del diálogo a considerar en el cálculo a torsión.

CivilCAD3000 permite considerar dos metodologías de cálculo para la torsión:

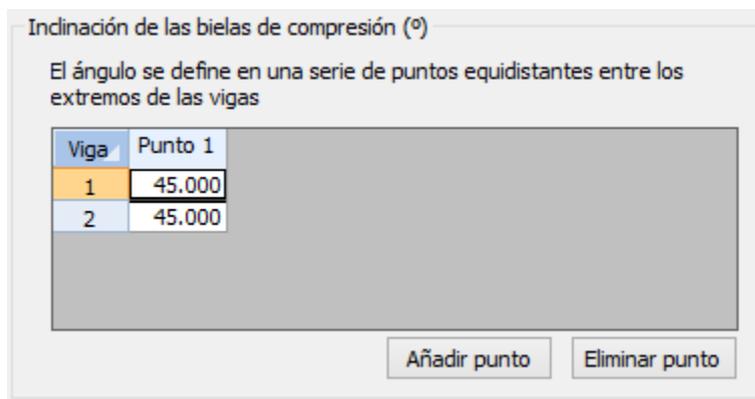
Método 1: Cálculo conjunto viga + losa

En este método se considera la sección conjunta de viga más losa para el cálculo a torsión, obteniéndose una única armadura longitudinal y transversal de la viga y la losa. El torsor considerado es el torsor total que actúa en la sección viga + losa. La tensión normal que actúa en la sección se obtiene dividiendo el axil (pretelado) por el área total de viga más losa.

Método 2: Cálculo independiente de la viga y la losa

Éste método permite comprobar a torsión de forma independiente la viga y la losa. El torsor total que se obtiene del módulo de cálculo se reparte proporcionalmente a las rigideces torsionales de la viga y la losa. Se realiza un cálculo a torsión para la viga y otro para la losa, de forma que se obtienen armados distintos en ambos elementos. La tensión normal en la sección que es debida al pretelado se considera que actúa únicamente en la viga.

7) Inclinación de las bielas de compresión (solamente normativas española (IAP11), europea (Eurocódigos) y brasileña)



Inclinación de las bielas de compresión (°)

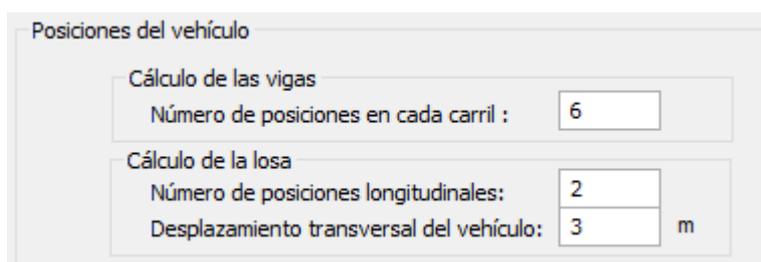
El ángulo se define en una serie de puntos equidistantes entre los extremos de las vigas

Viga	Punto 1
1	45.000
2	45.000

Añadir punto Eliminar punto

Figura 3.15.1-14 opciones del diálogo a considerar en lo relativo a la inclinación de las bielas de compresión.

8) Definición de las posiciones del vehículo



Posiciones del vehículo

Cálculo de las vigas

Número de posiciones en cada carril : 6

Cálculo de la losa

Número de posiciones longitudinales: 2

Desplazamiento transversal del vehículo: 3 m

Figura 3.15.1-15 opciones del diálogo a considerar en lo relativo a las posiciones del vehículo pesado.

En relación con las cargas puntuales de tráfico, el usuario puede establecer:

- En el cálculo de las vigas: el número de posiciones en cada carril.
- En el cálculo de la losa: el número de posiciones longitudinales y el desplazamiento transversal del vehículo.

9) Configuración del cálculo a rasante viga-losa

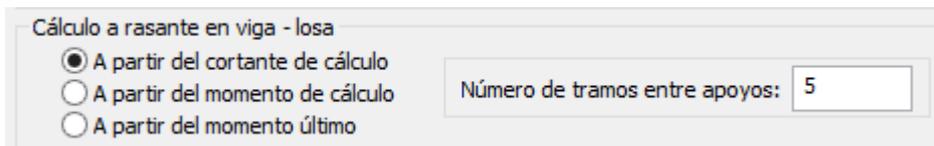


Figura 3.15.1-16 opciones del diálogo a considerar en lo relativo al cálculo a rasante viga-losa.

La tensión de rasante se calcula del modo siguiente, en función del método de cálculo escogido por el usuario:

A) Utilizando el cortante de cálculo

En tal caso, la tensión de rasante se obtiene a partir del cortante de cálculo a partir de la siguiente expresión:

$$\tau_{rd} = \beta_F * V_d / p / z$$

, donde

- β_F coeficiente de valor igual a 1.
- V_d , cortante de cálculo.
- p , ancho de la junta.
- z , brazo mecánico.

B) Utilizando el momento de cálculo

La tensión de rasante se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\tau_{rd} = \beta_F * IncF_d / p / z$$

En la expresión anterior, $IncF_d$ se corresponde con el bloque que es necesario transmitir a lo largo de la junta definida por la longitud de cada tramo considerado, de forma que:

$$IncF_d = F_1 - F_2$$

, siendo F_1 y F_2 los bloques de compresiones sobre la sección de la losa a inicio y fin de cada tramo considerado. Los bloques de compresiones se obtienen integrando las tensiones

de los planos de deformaciones correspondientes a los momentos máximos de cálculo actuando sobre las secciones del hormigón a inicio y a fin de tramo.

C) Utilizando el momento último de rotura.

A diferencia del caso anterior, el bloque de compresiones se obtiene a partir de integrar las tensiones en la losa y correspondientes al plano de rotura.

10) Cálculo tensional

El programa permite abordar la comprobación tensional en cualquier sección S_p a lo largo de cada viga realizándose los cálculos tal como describimos a continuación. La expresión que se emplea para obtener las tensiones es lineal:

$$\sigma = N / A + M * v / I$$

, donde

σ , tensión normal calculada.

N, axil actuante.

M, flector actuante.

A, área bruta / homogeneizada de la sección.

I, inercia bruta / homogeneizada de la sección.

v, distancia del centro de gravedad de la sección bruta / homogeneizada a la fibra en la que se está evaluando la tensión.

Los parámetros de la sección se obtienen con los valores brutos u homogeneizados en función de la configuración establecida por el usuario en la entrada de datos. Por defecto, se utilizan los valores homogeneizados. Utilizar los valores brutos permite considerar un factor de seguridad mayor en el encaje tensional.

11) Cálculo de las armaduras en los zunchos

El cálculo de las armaduras en la losa se lleva a cabo en toda la losa utilizando el método de Wood&Arner. Este método puede resultar conservador en los ejes de apoyos y en el caso de ejes esviados. Para optimizar el cálculo de las armaduras, CivilCAD3000 permite al usuario utilizar alternativamente y en la zona de apoyos el método de Baumann. Dicho método está ampliamente descrito en el Manual Técnico correspondiente.

3.15.2 Orden Modelos de cálculo

CivilCAD3000 genera 3 tipos de modelos para la obtención de los esfuerzos:

- Modelo 1: para el cálculo de los esfuerzos en las vigas en sección simple.
- Modelo 2: para el cálculo de los esfuerzos en las vigas en sección compuesta.
- Modelo 3: para el cálculo de los esfuerzos en la losa.

Las siguientes figuras ilustran los 3 modelos para un ejemplo constituido por 3 vigas:



Figura 3.15.2-1: Modelo para el cálculo de los esfuerzos en las vigas en sección simple.

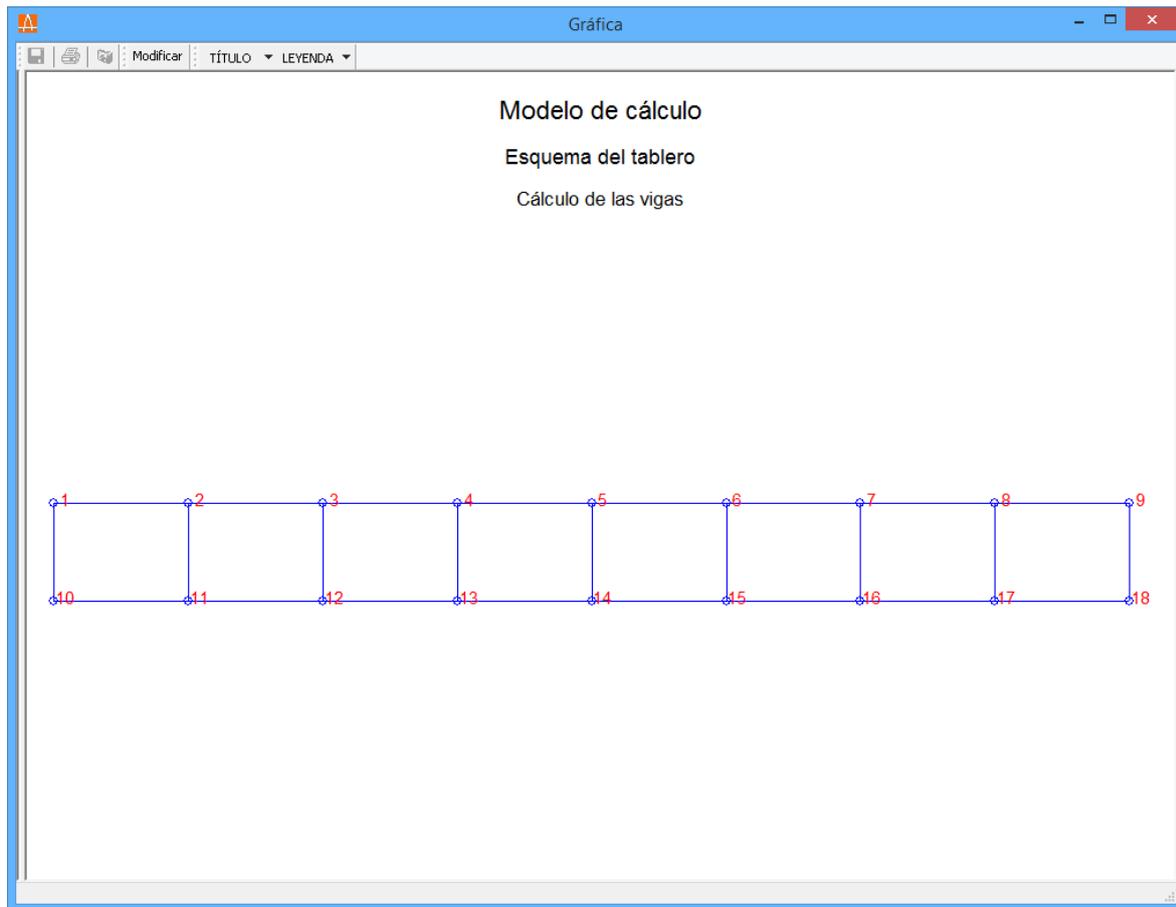


Figura 3.15.2-2: Modelo para el cálculo de los esfuerzos en las vigas en sección compuesta.

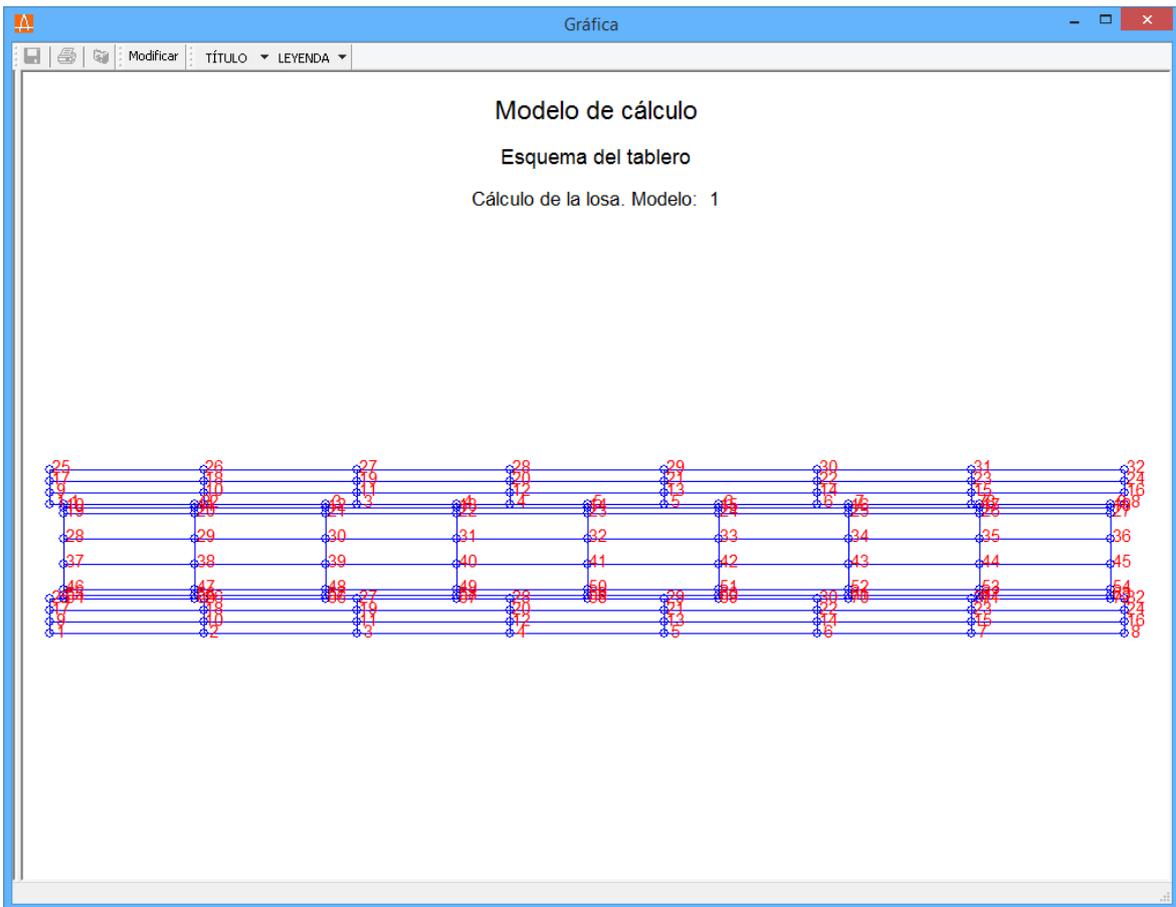


Figura 3.15.2-3: Modelo para el cálculo de los esfuerzos en la losa.

Para los modelos “2” y “3” CivilCAD3000 genera barras de 4 tipos diferentes:

- Barras longitudinales, que representan, bien a las vigas en sección compuesta, bien a la losa en la dirección longitudinal.
- Barras transversales, que representan la conexión entre vigas.
- Barras transversales sobre los ejes de apoyos.
- Barras transversales correspondientes a las riostras, en caso de existir.

La generación de los modelos es automática, a partir de la configuración con los valores por defecto que aparecen en el diálogo siguiente y que pueden ser modificados por el usuario:

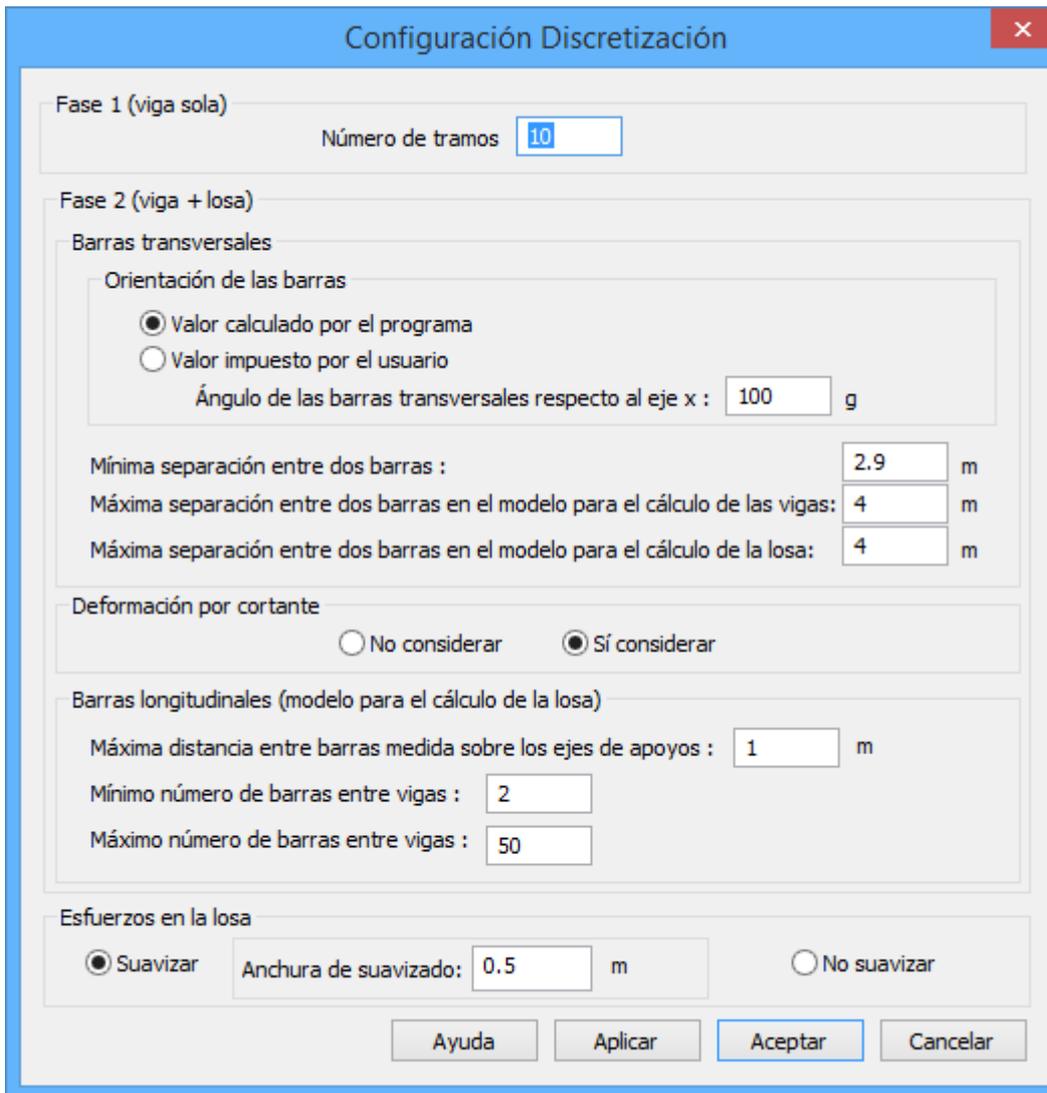


Figura 3.15.2-4: diálogo con las opciones de configuración para la generación de los modelos de cálculo.

Las opciones de configuración son las siguientes:

1) Sobre el modelo 1, para el cálculo de los esfuerzos en las vigas en sección simple

CivilCAD3000 generará un modelo con el número de barras igual al número de tramos definido, por defecto 10.

2) Sobre los modelos 2 y 3: para el cálculo de los esfuerzos en las vigas en sección compuesta y en la losa

2.1) Barras transversales

Las barras transversales son todas ellas paralelas entre sí a una orientación que puede definir el usuario, y que por defecto es calculada por el programa, de forma que sean perpendiculares a la dirección promediada de los ejes longitudinales de las vigas.

Asimismo, puede controlarse la densidad de barras transversales imponiendo una separación mínima y una separación máxima. En este último caso, la separación máxima puede definirse por separado para los modelos “2” y “3”.

Finalmente, puede tenerse en cuenta opcionalmente la deformación por cortante, en cuyo caso se considerará el término correspondiente en la matriz de rigidez dentro del cálculo matricial de esfuerzos. El efecto de la deformación por cortante es importante para puentes con vigas separadas. Se considera siempre por defecto, dado que ello no implica mayor lentitud en el cálculo.

2.2) Barras longitudinales (solo para el modelo “3”)

Análogamente, puede controlarse la densidad de las barras longitudinales que representan a la losa ubicada entre las vigas. Para controlar la densidad de barras se pueden establecer 3 condiciones: un número mínimo de barras entre vigas, un número máximo, y la máxima distancia entre barras medida sobre los ejes de apoyos.

Las barras longitudinales a las que se hace referencia no son las barras ubicadas en los extremos de las alas, ni las barras ubicadas a una distancia igual al canto útil (destacadas en color verde en la figura 3.14.2-5). Se trata de las barras ubicadas entre éstas últimas (destacadas en color verde en la figura).

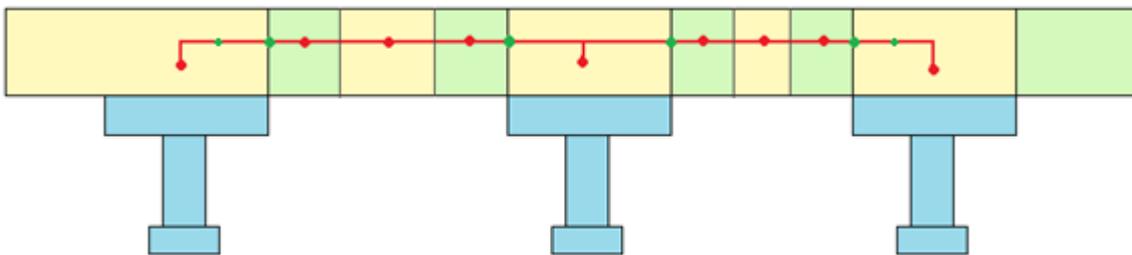


Figura 3.15.2-5: Sección transversal de un modelo de barras con barras tipo “3”. En verde se destacan los nodos adicionales para recoger las flexiones en los extremos de las alas.

2.3) Suavizado de esfuerzos

El usuario puede establecer un “suavizado” para las puntas de los valores de esfuerzos longitudinales y transversales. En tal caso, CivilCAD3000 recalculará los esfuerzos en cada nodo de cada alineación de barras longitudinales y/o transversales teniendo en cuenta la longitud de “suavizado” definida por el usuario (0.5 m por defecto).

3.15.3 Orden Tensiones admisibles

Las verificaciones se llevan a cabo de acuerdo con la configuración establecida por el usuario en el diálogo relativo al cálculo de las tensiones admisibles, que reproducimos a continuación:

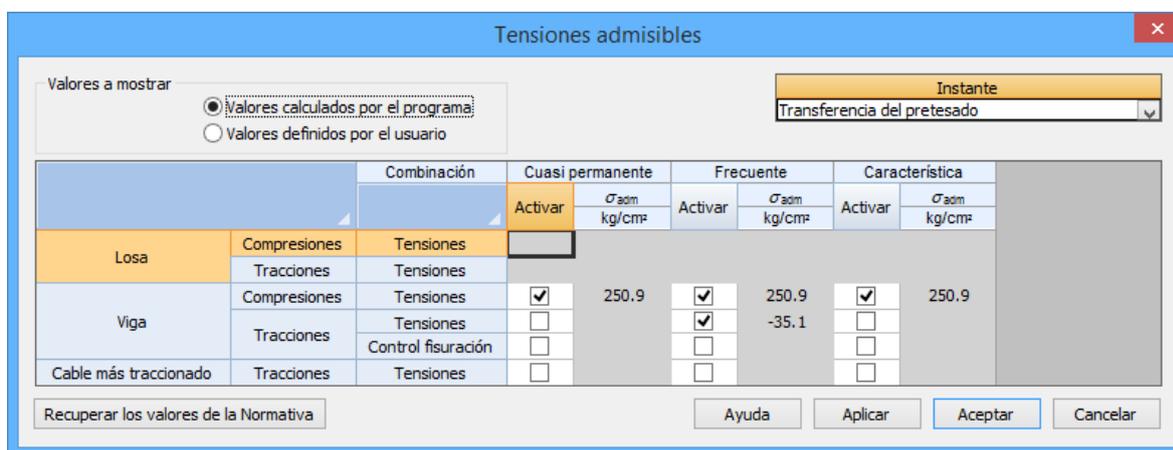


Figura 3.15.3-1: diálogo con las opciones para el cálculo del armado de la losa.

En el diálogo anterior, el usuario puede adoptar la configuración establecida por el programa, o bien imponer alternativamente otros criterios. Las posibilidades son, para cada instante y combinación de acciones:

- Activar o no activar la comprobación tensional en las fibras de la viga.
- Activar o no activar la comprobación tensional en las fibras de la losa.
- Activar o no activar la comprobación tensional en el hormigón en el cable más traccionado (según la normativa española, el hormigón debe estar en zona de compresión bajo la combinación casi permanente).
- Activar o no la comprobación del cálculo de la abertura de fisura.
- Modificar los valores de las tensiones admisibles según la normativa.

En el caso de adoptarse los valores calculados por el programa, las tensiones son comparadas con los siguientes valores de tensiones admisibles, en función de la normativa seleccionada:

Normativas española:

a) Tensiones máximas admisibles de compresión. De acuerdo con el artículo 49.2.1 de la EHE para todas las situaciones y combinaciones debe verificarse:

$$\sigma_{\text{admisible}} = 0.60 * f_{ckj}$$

f_{ckj} es la resistencia a la compresión en el hormigón de la viga o de la losa en el instante j.

b) Tensiones máximas admisibles de tracción:

De acuerdo con la tabla 5.1.1.2 de la EHE, se debe considerar la combinación frecuente.

Allí se establece lo siguiente:

Clase de exposición	Wmax (mm) para el caso de hormigón pretesado (para la combinación frecuente de acciones)
I	0.2
IIa,IIb,H	0.2
IIIa,IIIb,IV,F,Qa	Descompresión
IIIc,Qb,Qc	Descompresión

Tabla 3.15.3-1: Aberturas de fisura en función de la clase de exposición según la tabla 5.1.1.2 de la EHE.

En *CivilCAD3000* se está adoptando los criterios siguientes, quedando del lado de la seguridad:

Clase de exposición	Tensiones de tracción admisibles para el caso de hormigón pretesado (para la combinación frecuente de acciones)
I	$\sigma_{\text{admisible}} = f_{\text{ctmj}}$
IIa,IIb,H	$\sigma_{\text{admisible}} = f_{\text{ctmj}}$
IIIa,IIIb,IV,F,Qa	$\sigma_{\text{admisible}} = 0$
IIIc,Qb,Qc	$\sigma_{\text{admisible}} = 0$

Tabla 3.15.3-2: criterios adoptados por CivilCAD3000.

f_{ctmj} es la resistencia media a la tracción en el hormigón de la viga o de la losa en el instante j.

Además, CivilCAD3000 comprueba que en las armaduras activas, y bajo la combinación de acciones cuasi permanente, y para los ambientes IIa, IIb y H, las tensiones en el hormigón deben ser de compresión.

Normativa europea:

a) Tensiones máximas admisibles de compresión. De acuerdo con el artículo 5.10.2.2 del Eurocódigo para todas las situaciones y combinaciones debe verificarse:

$$\sigma_{\text{admisible}} = 0.60 * f_{\text{ckj}}$$

f_{ckj} es la resistencia a la compresión en el hormigón de la viga o de la losa en el instante j .

b) Tensiones máximas admisibles de tracción:

De acuerdo con la tabla 7.1N del art. 7.3.1 del Eurocódigo, se debe considerar la combinación frecuente.

Allí se establece lo siguiente:

Clase de exposición	Wmax (mm) para el caso de hormigón pretensado con tendones adherentes (para la combinación frecuente de acciones)
X0,XC1	0.2
XC2,XC3,XC4	0.2
XD1,XD2,XS1,XS2,XS3	Descompresión

Tabla 3.15.3-3: Aberturas de fisura en función de la clase de exposición según la tabla 7.1N del Eurocódigo.

En *CivilCAD3000* se está adoptando los criterios siguientes, quedando del lado de la seguridad:

Clase de exposición	Tensiones de tracción admisibles para el caso de hormigón pretensado con tendones adherentes (para la combinación frecuente de acciones)
X0,XC1	$\sigma_{\text{admisible}} = f_{\text{ctmj}}$
XC2,XC3,XC4	$\sigma_{\text{admisible}} = f_{\text{ctmj}}$
XD1,XD2,XD3,XS1,XS2,XS3	$\sigma_{\text{admisible}} = 0$

Tabla 3.15.3-4: criterios adoptados por CivilCAD3000.

f_{ctmj} es la resistencia media a la tracción en el hormigón de la viga o de la losa en el instante j .

Normativa americana (AASHTO Ed. 2010)

Se consideran las tensiones correspondientes a las situaciones y combinaciones siguientes:

- Combinación de Servicio I.
- Combinación de Servicio III.

La normativa AASHTO (Ed. 2010) define en su apartado 5.9.4 las tensiones máximas de tracción y compresión, las cuales se resumen en el siguiente cuadro en lo que a puentes de vigas se refiere:

Tensiones límite en Estado Límite de Servicio en elementos totalmente pretensados (no fisurados en ELS Servicio)				
Situación	Compresión		Tracción	
	Estado Límite	Valor límite (ksi)	Estado Límite	Valor límite (ksi)
Situaciones temporales antes de	I / III	$0,6 \cdot f'_{ci}$	I / III	$0,24 \cdot \sqrt{f'_{ci}} \quad (2)$

pérdidas				
Después de pérdidas	I	Pretesado + Cargas permanentes $\rightarrow 0,45 \cdot f'_c$	III	Ambiente leve $\rightarrow 0,19 \cdot \sqrt{f'_c}$
		Pretesado + Cargas permanentes + Sobrecarga tráfico $\rightarrow 0,60 \cdot \phi_w \cdot f'_c$		Ambiente moderado $\rightarrow 0,19 \cdot \sqrt{f'_c}$
				Ambiente severo $\rightarrow 0,0948 \cdot \sqrt{f'_c}$

(1) f'_c y f'_{ci} en ksi

(2) Esta limitación se refiere a zonas con armadura adherente (activa o pasiva) suficiente para resistir la fuerza de tracción del hormigón asumiendo sección no fisurada, y dimensionada con una tensión de la armadura de $0,5 \cdot f_y \leq 30$ ksi.

La tabla siguiente resume los criterios adoptados para considerar los tipos de situaciones en función del instante de cálculo considerado.

Instante	Tipo de situación	EL a comprobar para compresiones	EL a comprobar para tracciones
Pretesado	Sit. temporal	I / III	I / III
Postensado A	Sit. temporal	I / III	I / III
Postensado B	Sit. temporal	I / III	I / III
Hormigonada Losa	Sit. temporal	I / III	I / III
Postensado C	Sit. temporal	I / III	I / III
Superestructura	Después de pérdidas	I	III
Tráfico	Después de pérdidas	I	III
Tiempo infinito	Después de pérdidas	I	III

Tabla 3.15.3-5: resumen de los criterios adoptados.

Normativas brasileña:

3.16 Orden Activación de cálculos

La opción *Activación de los cálculos* del menú principal (ver Figura 3.16-1) permite seleccionar las vigas del tablero que se desean calcular de entre todas las que componen la estructura, así como que estados límites se quieren comprobar. También puede seleccionarse o deseleccionarse el cálculo de la losa. Esta opción está pensada para poder realizar un cálculo rápido que permita encajar las dimensiones de la estructura sin tener para ello que realizar todas las comprobaciones ni el cálculo de todas las partes del puente, optimizando así el tiempo de cálculo.

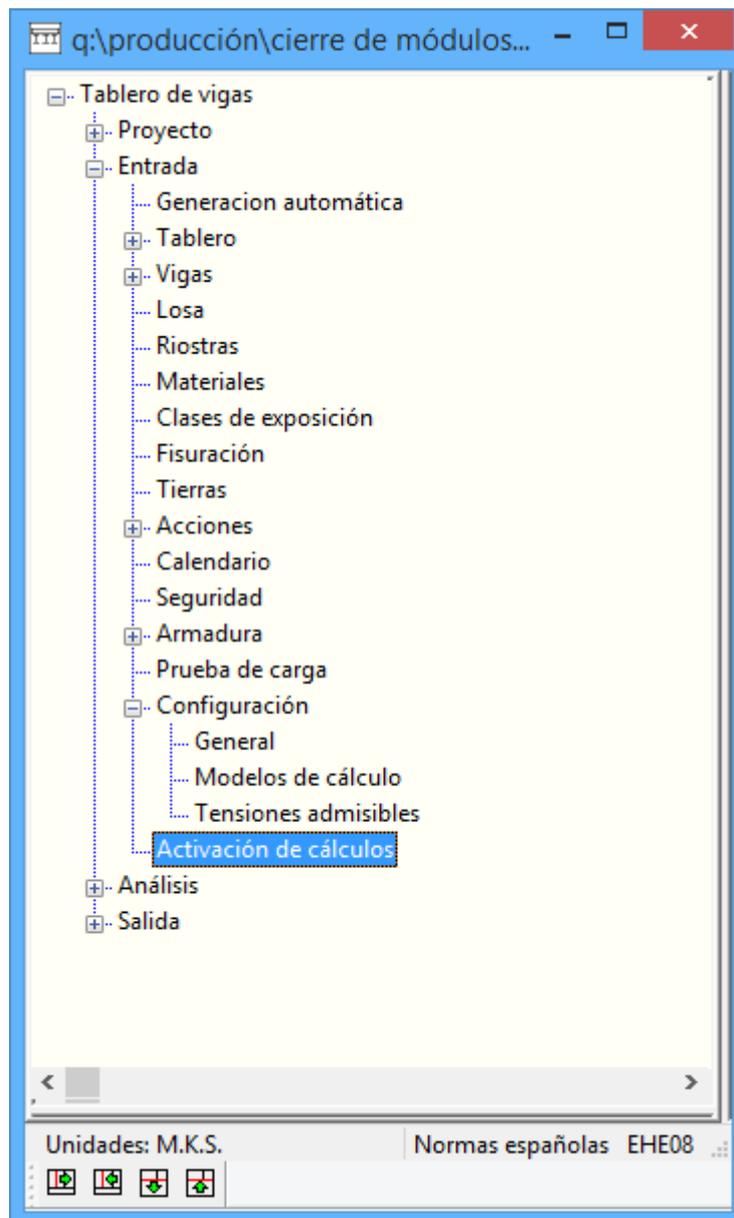


Figura 3.16-1: Opción de Activación de los cálculos.

Al activar esta opción aparece una ventana con el diálogo de la Figura 3.16-2. El caso que se muestra en la figura está compuesto por 4 vigas y por la losa, estando todos elementos y cálculos activados (opción definida por defecto).

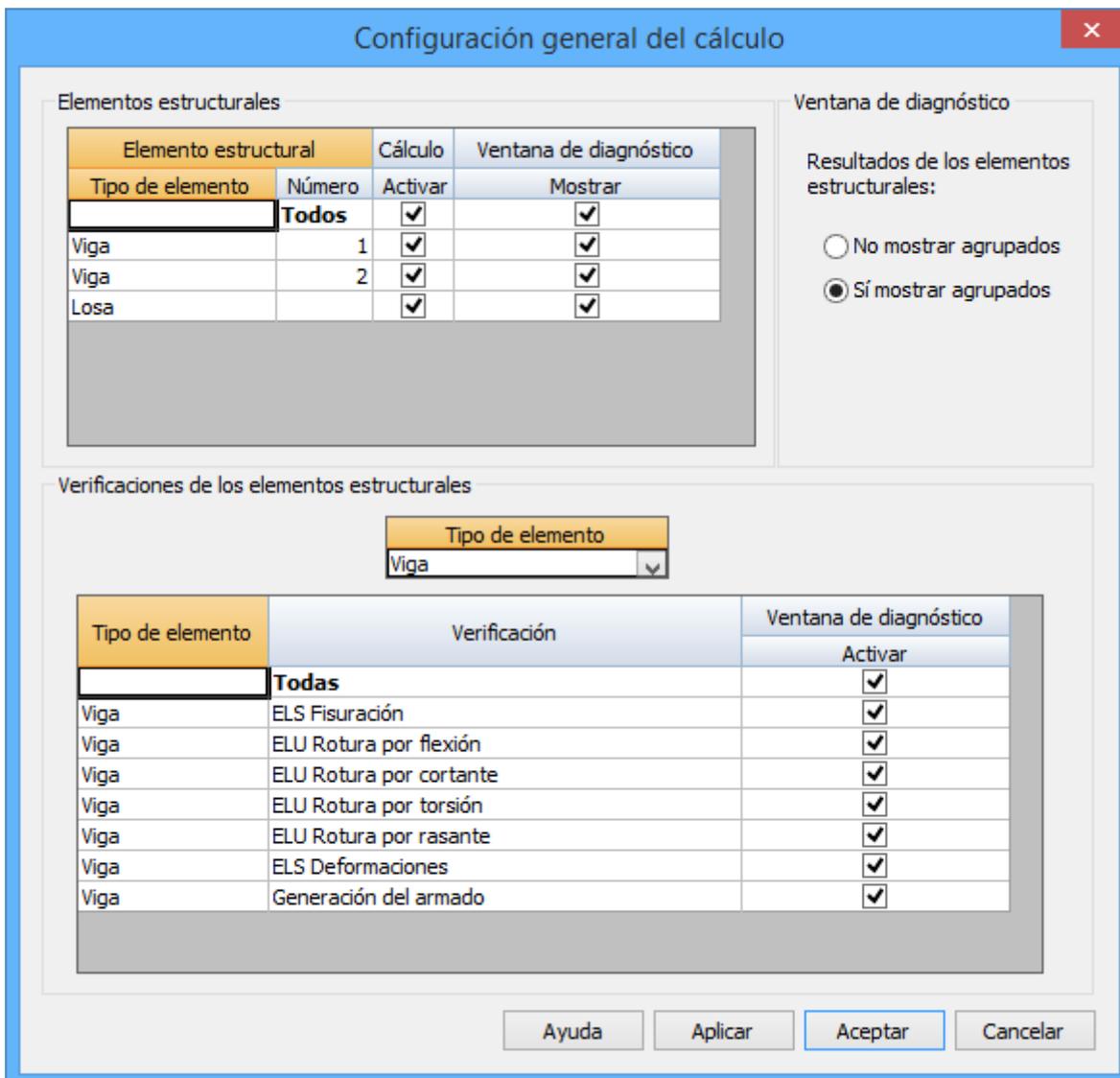


Figura 3.16-2: Diálogo de activación de los cálculos.

Con este diálogo el usuario puede desactivar aquellas vigas que no desee calcular, así como la losa.

En la mitad superior del diálogo se definen los elementos estructurales (vigas del tablero y la losa) que se desean calcular; para ello es necesario activar las que se desean calcular y desactivar las que no se quieren calcular en la columna correspondiente.

Adicionalmente en la columna de Ventana de diagnóstico / Mostrar el usuario puede seleccionar qué elementos estructurales quiere que se muestren en la *Ventana de diagnóstico* de entre aquellos que se haya activado.

La activación de las verificaciones que se desea calcular se realiza en el subdiálogo Verificaciones de los elementos estructurales situado en la mitad inferior del diálogo.

Para cada uno de los elementos estructurales (que en el caso del módulo Tablero de vigas son las vigas y la losa) el usuario debe activar aquellas verificaciones que quiera calcular.

Para ello debe seleccionar en primer lugar el Tipo de elemento (Vigas o Losa) y activar en la columna de *Ventana de diagnóstico/Activar* las verificaciones que se desee calcular.

De este modo en la *Ventana de diagnóstico* solo se mostrarán aquellos elementos estructurales y aquellas verificaciones seleccionadas. Al apretar el botón *Calcular* de la *Ventana de diagnóstico* solo se ejecutaran los cálculos correspondientes a los elementos y verificaciones activadas.

Finalmente en el mismo diálogo se da la opción de que en la ventana de diagnóstico se muestren todos los elementos estructuras agrupados o de forma individual (para cada viga y para la losa).

En un caso con 4 vigas y la losa con todas las opciones activadas, si está seleccionada la opción *No mostrar agrupados*, la ventana de diagnóstico tiene el aspecto de la Figura 3.16-3; por el contrario si está seleccionada la opción *Sí mostrar agrupados* el aspecto de la venta de diagnóstico es el que se muestra en la Figura 3.16-4.

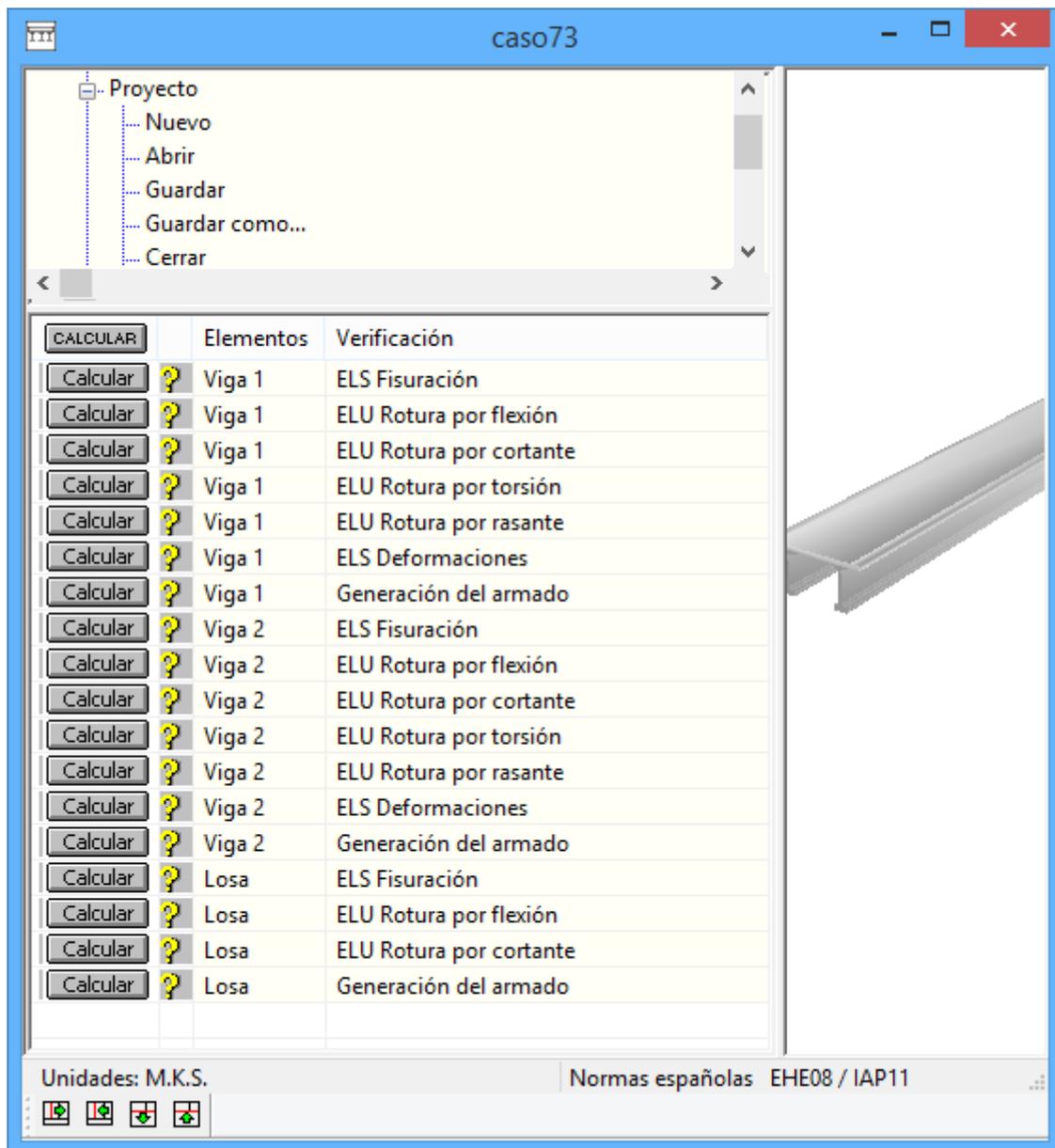


Figura 3.16-3: Ventana de diagnóstico sin elementos agrupados.

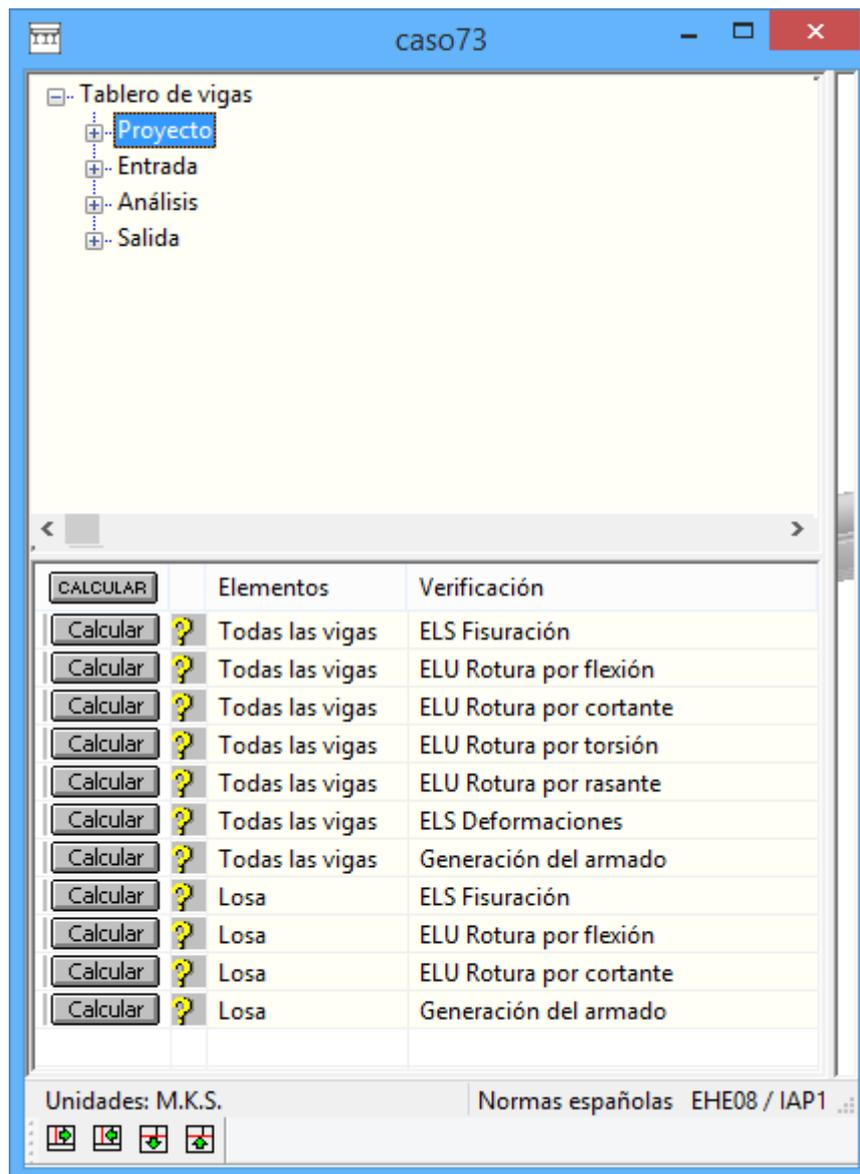


Figura 3.16-4: Ventana de diagnóstico con elementos agrupados.

4 ANÁLISIS

La opción de *Análisis* de la *Ventana de proyecto* permite acceder al menú de análisis de las diferentes verificaciones que se llevan a cabo para el cálculo completo de la estructura. Permite pues visualizar los resultados de los cálculos realizados para cada verificación.

Se agrupan en siete apartados correspondientes a los cálculos de las distintas vigas del tablero, y los cálculos de la losa, los cuales se desarrollan a continuación.

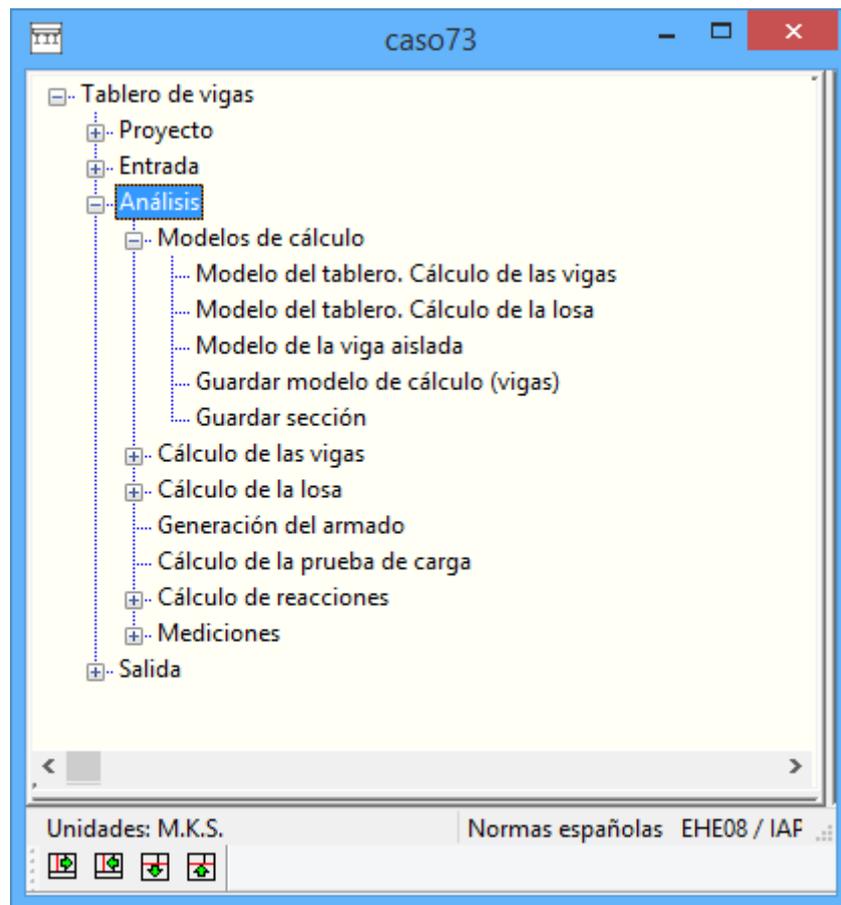


Figura 4-1: Menú de la opción de Análisis de la ventana de Órdenes.

4.1 Órdenes del grupo *Modelos de cálculo*

4.1.1 Orden *Modelo del tablero. Cálculo de las vigas*

Esta opción permite visualizar el modelo de barras que utiliza *CivilCAD3000* para la obtención de los esfuerzos para el cálculo de las vigas en sección compuesta. Al seleccionar la opción aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.1.1-1 en el que se debe seleccionar las opciones que se deseen en cuanto a visualización de la numeración de nodos, numeración de barras y numeración de materiales.

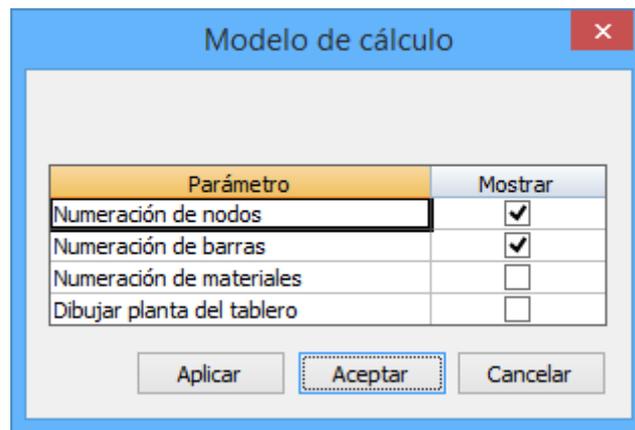


Figura 4.1.1-1: Diálogo para la consulta del modelo de cálculo del tablero.

En la Figura 4.1.1-2 se muestra un ejemplo de modelo utilizado. Los nodos se visualizan mediante círculos de color azul.

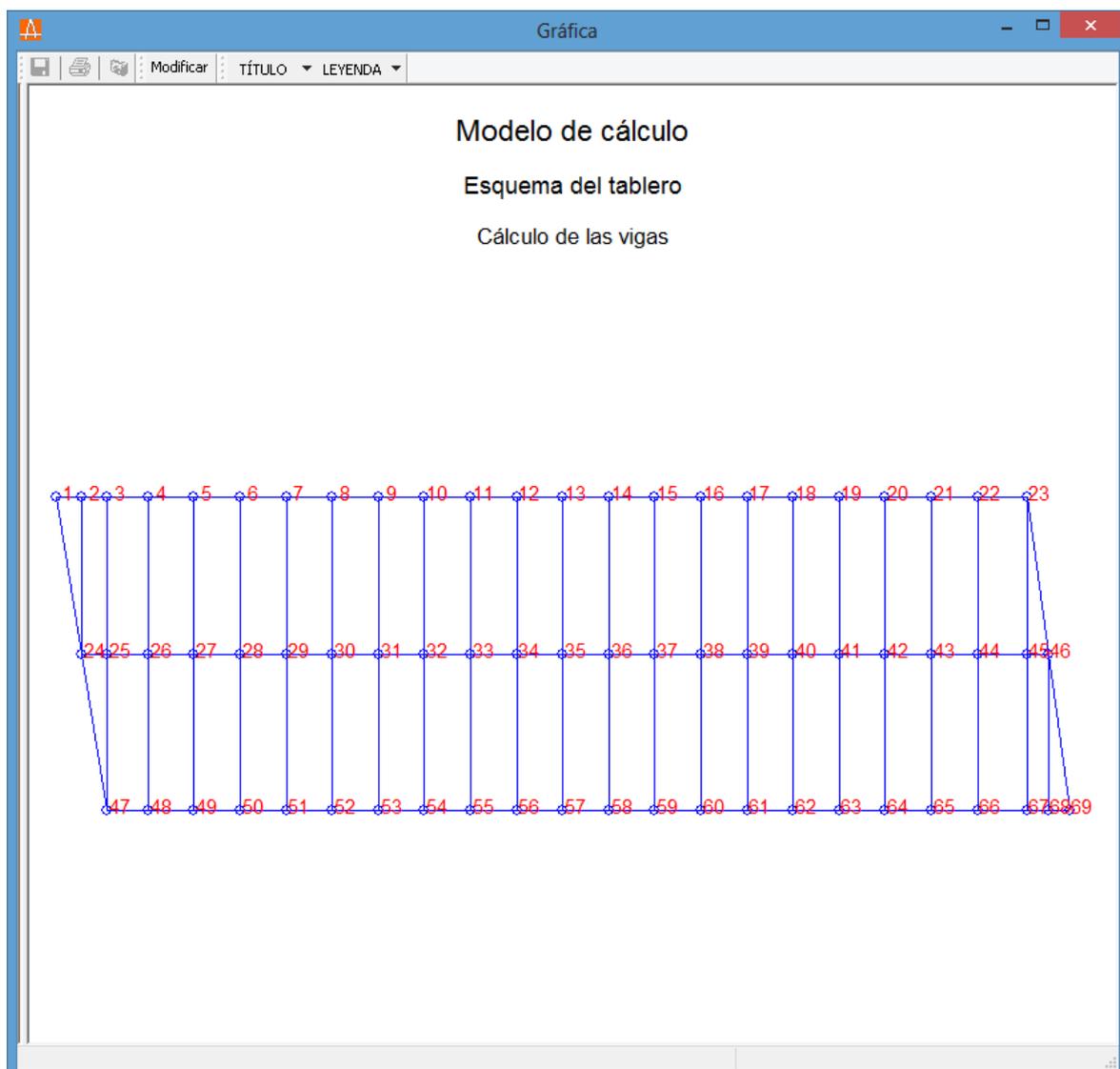


Figura 4.1.1-2: Ejemplo de modelo de discretización del tablero.

4.1.2 Orden *Modelo del tablero. Cálculo de la losa*

Esta opción permite visualizar el modelo de barras que utiliza *CivilCAD3000* para la obtención de los esfuerzos para el cálculo de la losa. Al seleccionar la opción aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.1.2-1 en el que se debe seleccionar las opciones que se deseen en cuanto a visualización de la numeración de nodos, numeración de barras y numeración de materiales.

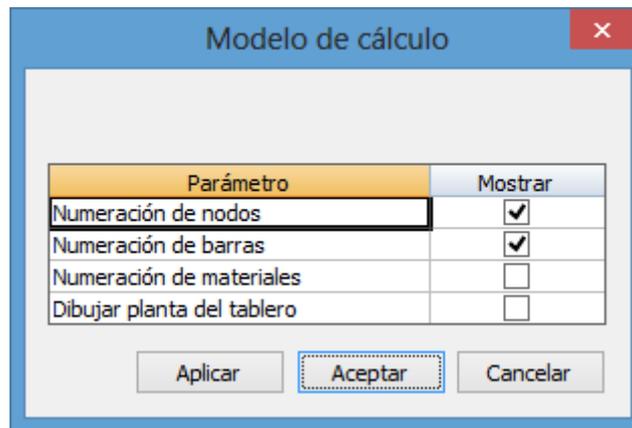


Figura 4.1.2-1: Diálogo para la consulta del modelo de cálculo del tablero.

En la Figura 4.1.2-2 se muestra un ejemplo del modelo utilizado por el programa. Los nodos se visualizan mediante círculos de color azul.

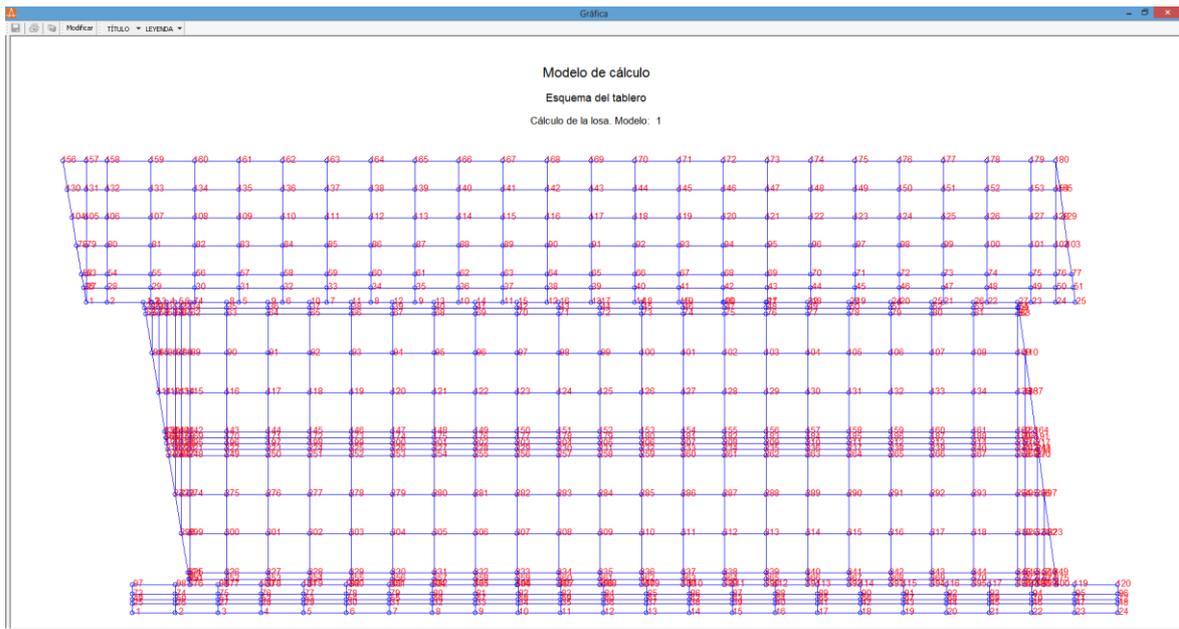


Figura 4.1.2-2: Ejemplo de modelo de discretización del tablero.

4.1.3 Orden *Modelo de la viga aislada*

Esta opción permite visualizar el modelo de barras que utiliza *CivilCAD3000* para la obtención de los esfuerzos en las vigas en sección simple. Al seleccionar la opción aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.1.3-1 en el que se debe seleccionar la viga de la cual se quiere obtener el modelo, y las opciones que se deseen en cuanto a visualización de la numeración de nodos, numeración de barras y numeración de materiales.

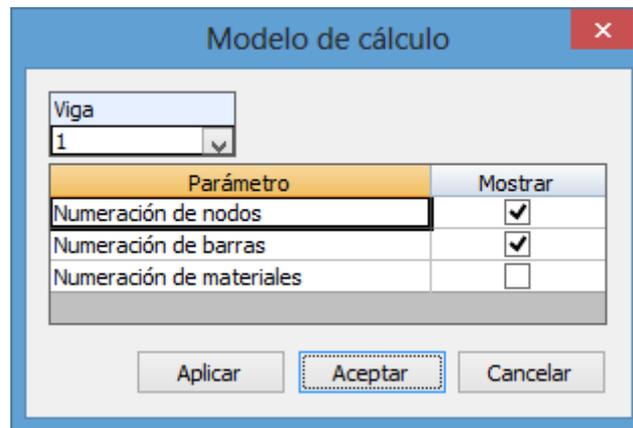


Figura 4.1.3-1: Diálogo para la consulta del modelo de cálculo del tablero.

En la Figura 4.1.3-2 se muestra un ejemplo de modelo utilizado por el programa. Los nodos se visualizan mediante círculos de color azul, a excepción de los nodos en los que se disponen los apoyos elásticos de la solera, que se visualizan en color magenta.

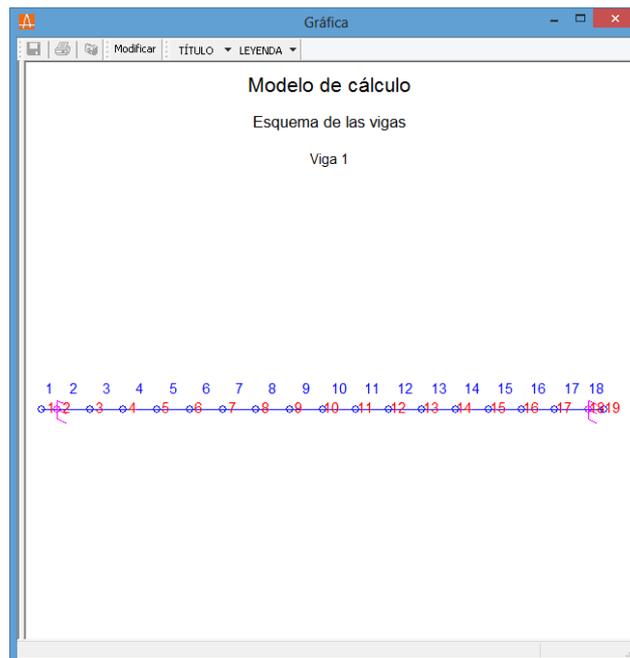


Figura 4.1.3-2: Ejemplo de modelo de discretización del tablero.

4.2 Órdenes del grupo *Cálculo de las vigas*

4.2.1 Orden *Esfuerzos característicos*

La opción de *Esfuerzos característicos* permite visualizar los esfuerzos característicos (esto es sin mayorar) en las vigas para cada una de las acciones definidas. *CivilCAD3000* permite visualizar dichos esfuerzos mediante una gráfica o mediante una tabla. Para ello, cuando se selecciona la opción de Esfuerzos característicos, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.2.1-1 con las opciones genéricas de salida de resultandos, de las cuales, en este caso están activas las opciones de *Gráfica* y de *Tabla*.



Figura 4.2.1-1: Opciones para la consulta de resultados.

Al seleccionar la opción aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.2.1-2 en que se deben seleccionar:

- las acciones que se deseen visualizar.
- los esfuerzos a mostrar.
- las vigas.
- el tipo de valores mostrar (mínimos y / o máximos).

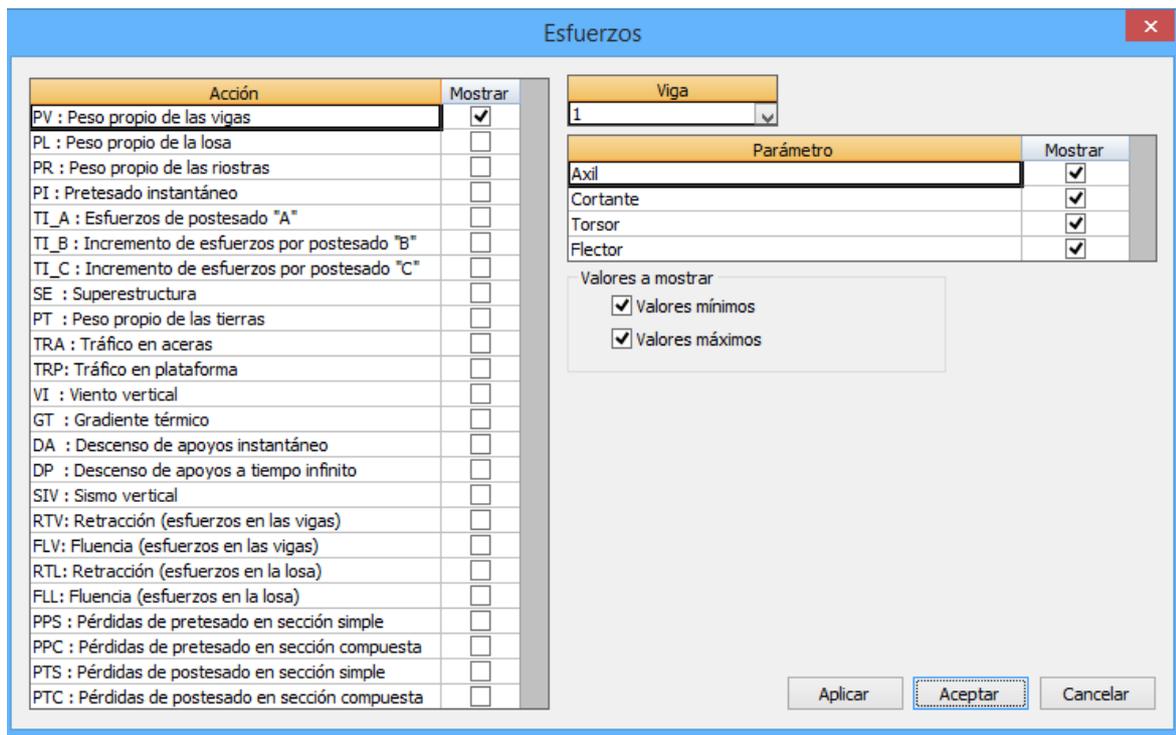


Figura 4.2.1-2: Selección de acciones y esfuerzos a visualizar en la salida gráfica.

Es importante destacar que se pueden mostrar simultáneamente varias acciones, varios esfuerzos, varias vigas y varios tipos de valores, lo que permite realizar un análisis cómodo de los resultados del cálculo de la estructura.

En el caso de haber seleccionado un resultado tipo Gráfica, siempre se mostrarán los 4 tipos de esfuerzos (axiles, cortantes, torsores y flectores).

Una vez seleccionadas las opciones, apretando el botón Aceptar se visualizarán los resultados cuyo aspecto se muestra en las Figuras 4.2.1-3 y 4.2.1-4. Para el caso de los esfuerzos característicos, se puede obtener tanto gráficas como tablas.

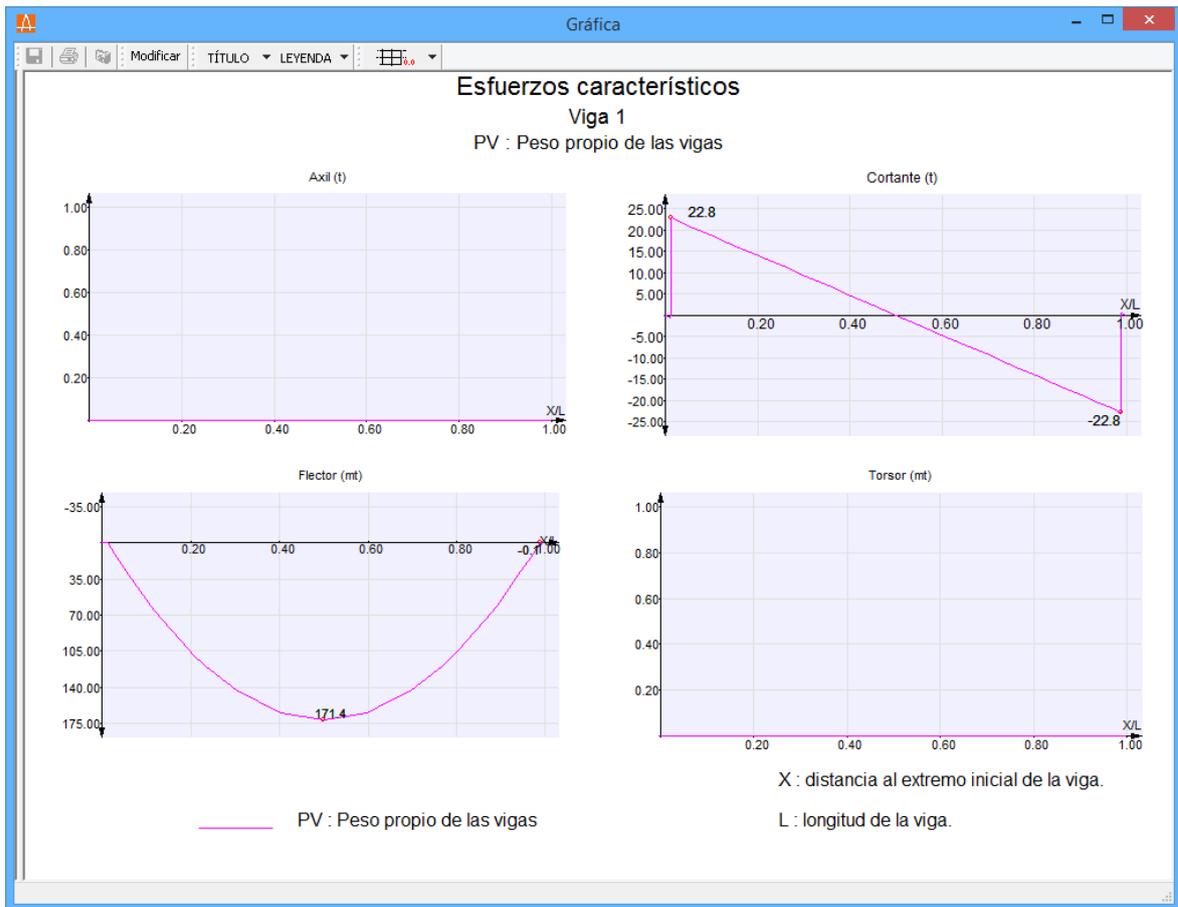


Figura 4.2.1-3: Esfuerzos característicos. Ejemplo de gráfica.

Resultados
 Viga 1
 Esfuerzos: Axil (t) Cortante (t) Torsor (mt) Flector (mt)
 PV : Peso propio de las vigas

f (tanto por uno)	s (m)	Valores mínimos				Valores máximos				
		Axil (t) Viga 1 PV	Cortante (t) Viga 1 PV	Torsor (mt) Viga 1 PV	Flector (mt) Viga 1 PV	Axil (t) Viga 1 PV	Cortante (t) Viga 1 PV	Torsor (mt) Viga 1 PV	Flector (mt) Viga 1 PV	
1	-0.012	-0.350	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0
2	-0.011	-0.340	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0
3	-0.000	-0.010	0.0	-0.5	0.0	-0.1	0.0	-0.5	0.0	-0.1
4	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1
5	0.000	0.010	0.0	22.8	0.0	0.1	0.0	22.8	0.0	0.1
6	0.018	0.530	0.0	22.1	0.0	10.8	0.0	22.1	0.0	10.8
7	0.028	0.837	0.0	21.6	0.0	17.1	0.0	21.6	0.0	17.1
8	0.050	1.500	0.0	20.6	0.0	30.8	0.0	20.6	0.0	30.8
9	0.088	2.650	0.0	18.8	0.0	54.4	0.0	18.8	0.0	54.4
10	0.100	3.000	0.0	18.3	0.0	61.6	0.0	18.3	0.0	61.6
11	0.127	3.799	0.0	17.1	0.0	74.4	0.0	17.1	0.0	74.4
12	0.150	4.500	0.0	16.0	0.0	85.6	0.0	16.0	0.0	85.6
13	0.188	5.650	0.0	14.3	0.0	104.0	0.0	14.3	0.0	104.0
14	0.200	6.000	0.0	13.7	0.0	109.6	0.0	13.7	0.0	109.6
15	0.226	6.784	0.0	12.5	0.0	118.6	0.0	12.5	0.0	118.6
16	0.250	7.500	0.0	11.4	0.0	126.8	0.0	11.4	0.0	126.8
17	0.300	9.000	0.0	9.1	0.0	143.9	0.0	9.1	0.0	143.9
18	0.350	10.500	0.0	6.9	0.0	154.2	0.0	6.9	0.0	154.2
19	0.400	12.000	0.0	4.6	0.0	164.5	0.0	4.6	0.0	164.5
20	0.450	13.500	0.0	2.3	0.0	167.9	0.0	2.3	0.0	167.9
21	0.500	15.000	0.0	0.0	0.0	171.4	0.0	0.0	0.0	171.4

Figura 4.2.1-4: Esfuerzos característicos. Ejemplo de tabla.

4.2.2 Orden *Fuerza de pretensado*

La opción *Fuerza de pretensado* permite obtener un informe con las fuerzas de pretensado en los cables de pretensado. Para ello, en el siguiente diálogo es necesario introducir el nombre del documento y seleccionar el formato del documento.

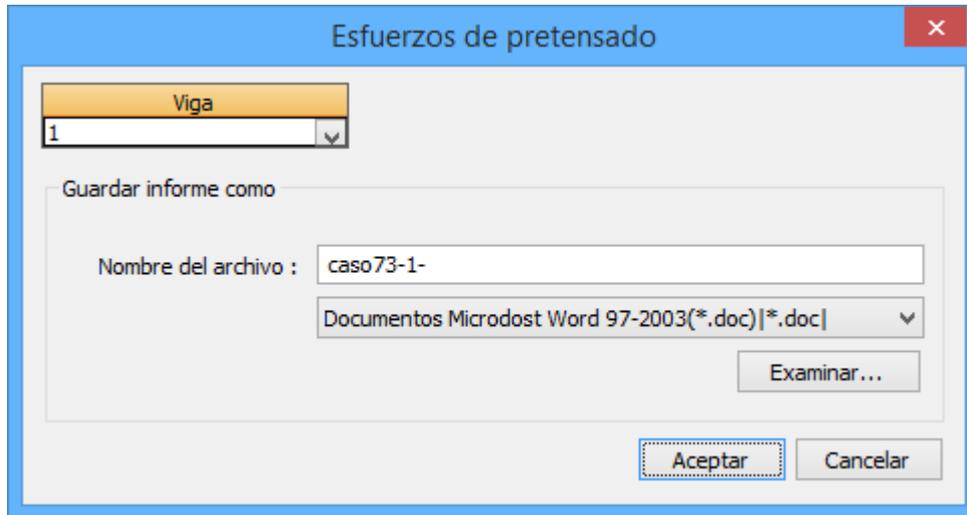


Figura 4.2.2-1: diálogo de configuración para la generación del informe con las fuerzas de pretensado.

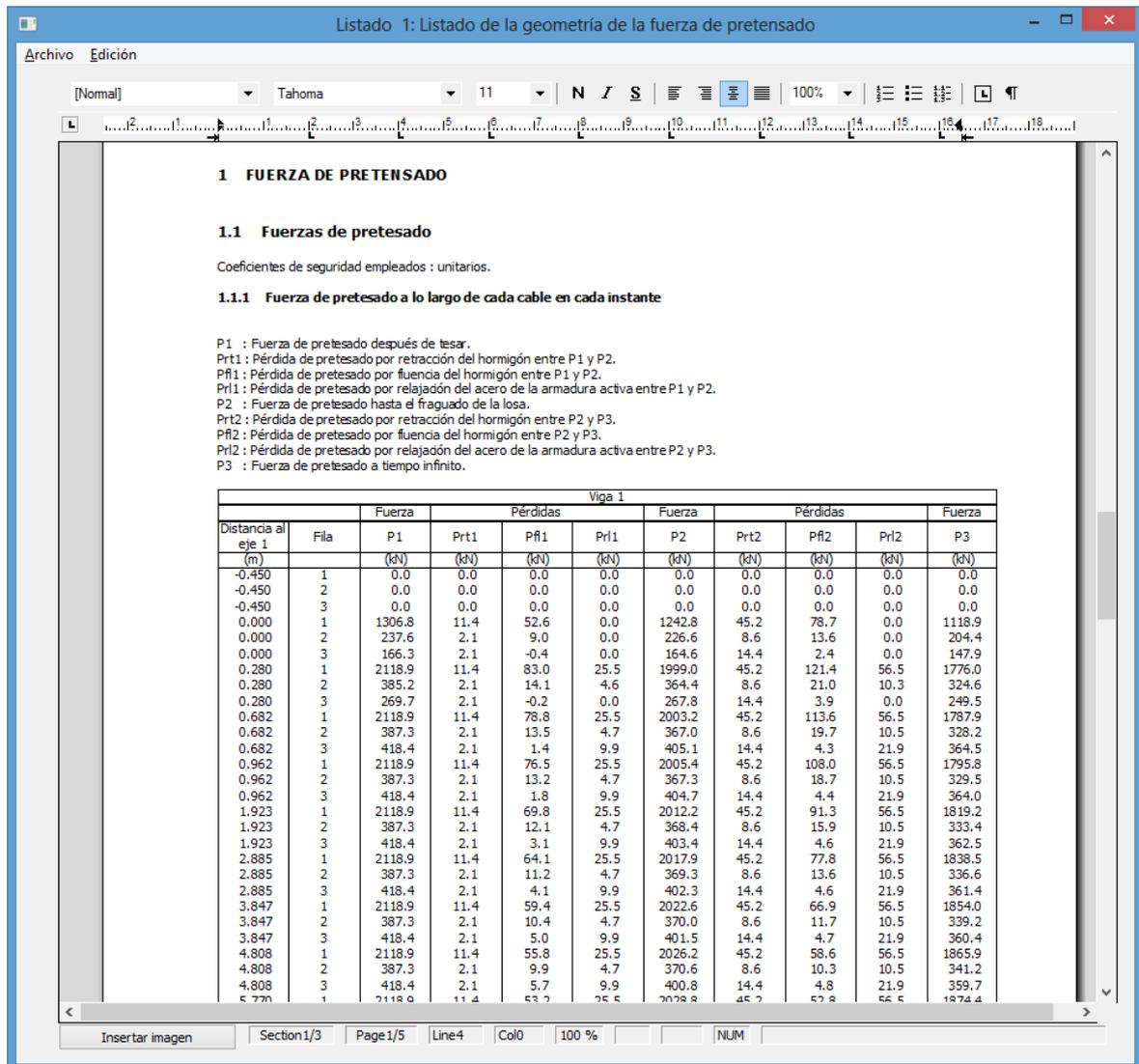


Figura 4.2.2-2: Fuerza de pretesado. Ejemplo de informe.

4.2.3 Orden *ELS Fisuración*

La opción de *ELS Fisuración* permite visualizar las tensiones en las vigas para cada una de las 4 fibras (fibras inferior/superior en viga/losa). *CivilCAD3000* permite visualizar dichas tensiones mediante una gráfica, mediante una gráfica de isovalores, mediante una consulta y / o mediante una tabla. Para ello, cuando se selecciona la opción de *ELS Fisuración*, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.2.3-1 con las distintas posibles salidas de resultados, de las cuales, en este caso están activas las opciones de *Gráfica*, *Consulta*, *Isovalores* y de *Tabla*.

No se calculan las tensiones en las prelosas, en caso de existir.



Figura 4.2.3-1: Opciones para la consulta de resultados.

Al seleccionar la opción aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.2.3-2 en que se deben seleccionar:

- las combinaciones que se deseen visualizar.
- los instantes de cálculo que se deseen visualizar.
- las tensiones a mostrar.
- las vigas.
- el tipo de valores (mínimos y / o máximos).

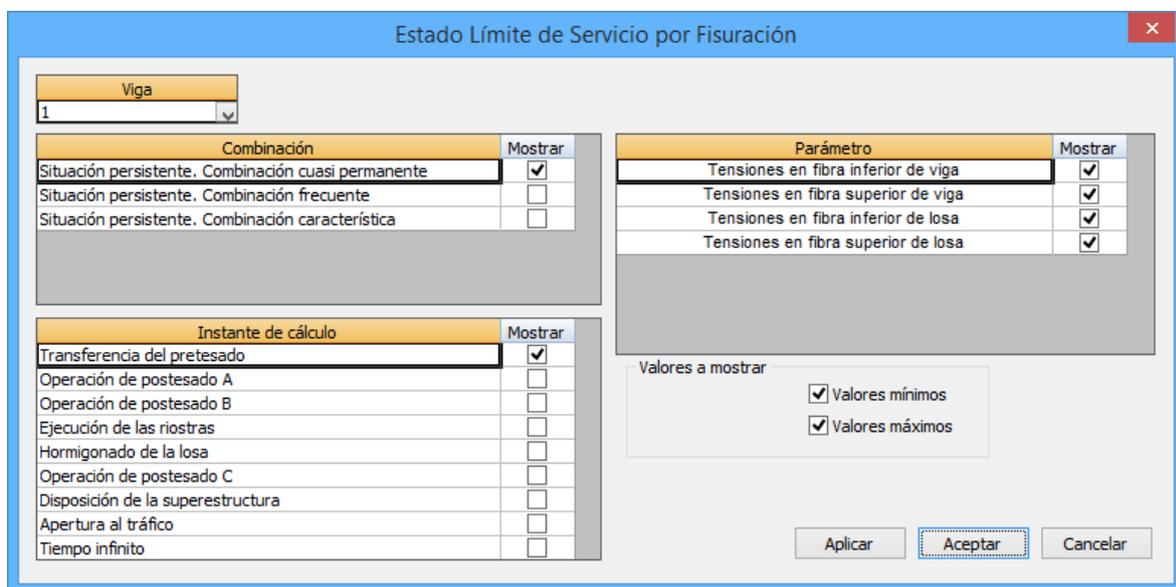


Figura 4.2.3-2: Opciones de configuración para el estado límite de fisuración.

Es importante destacar que se pueden mostrar simultáneamente varias fibras, varias combinaciones e instantes, varias vigas y varios tipos de valores, lo que permite realizar un análisis cómodo de los resultados.

En el caso de haber seleccionado un resultado tipo Gráfica, se mostrarán siempre los 4 tipos de fibras (inferior/superior en viga/losa).

Una vez seleccionadas las opciones, apretando el botón Aceptar se visualizarán los resultados cuyo aspecto se muestra en las figuras siguientes.

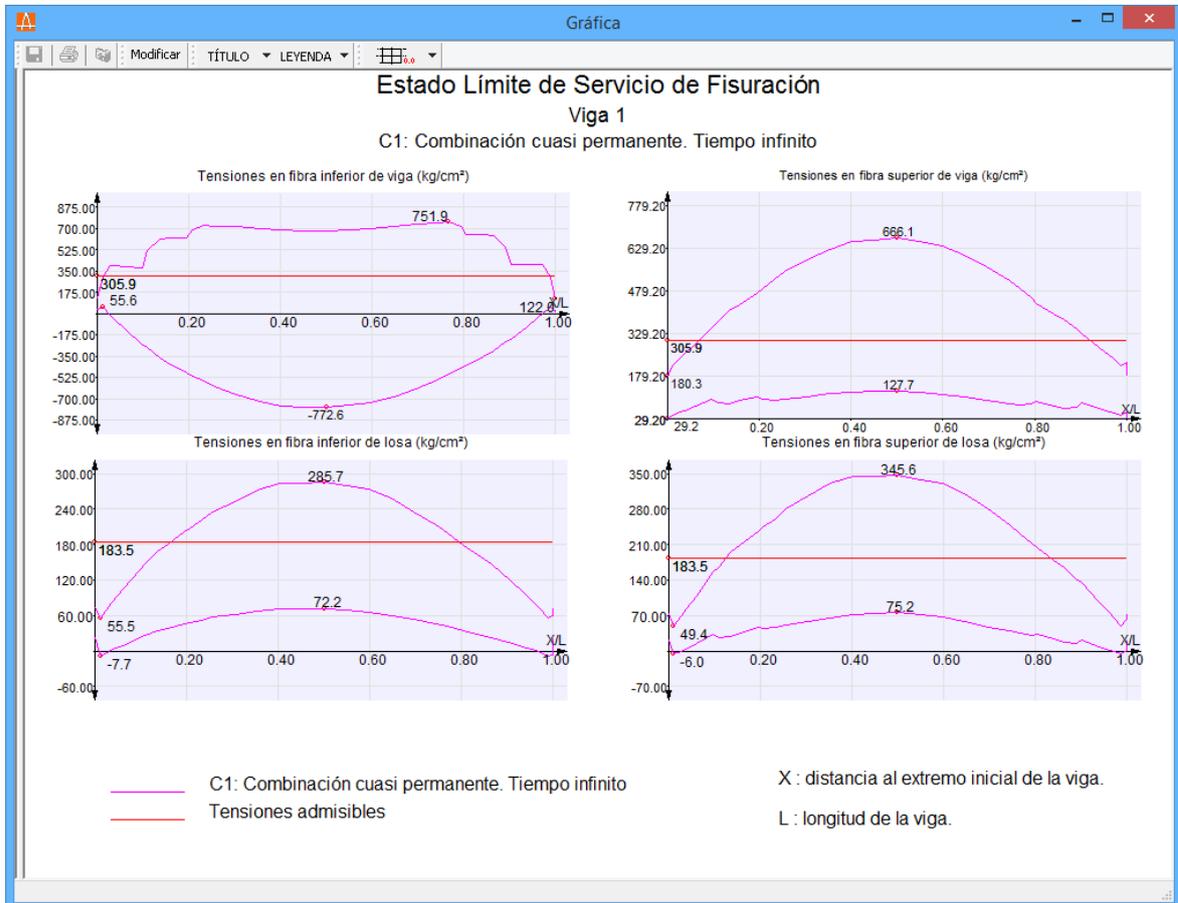


Figura 4.2.3-3: Estado límite de Servicio de Fisuración. Ejemplo de gráfica.

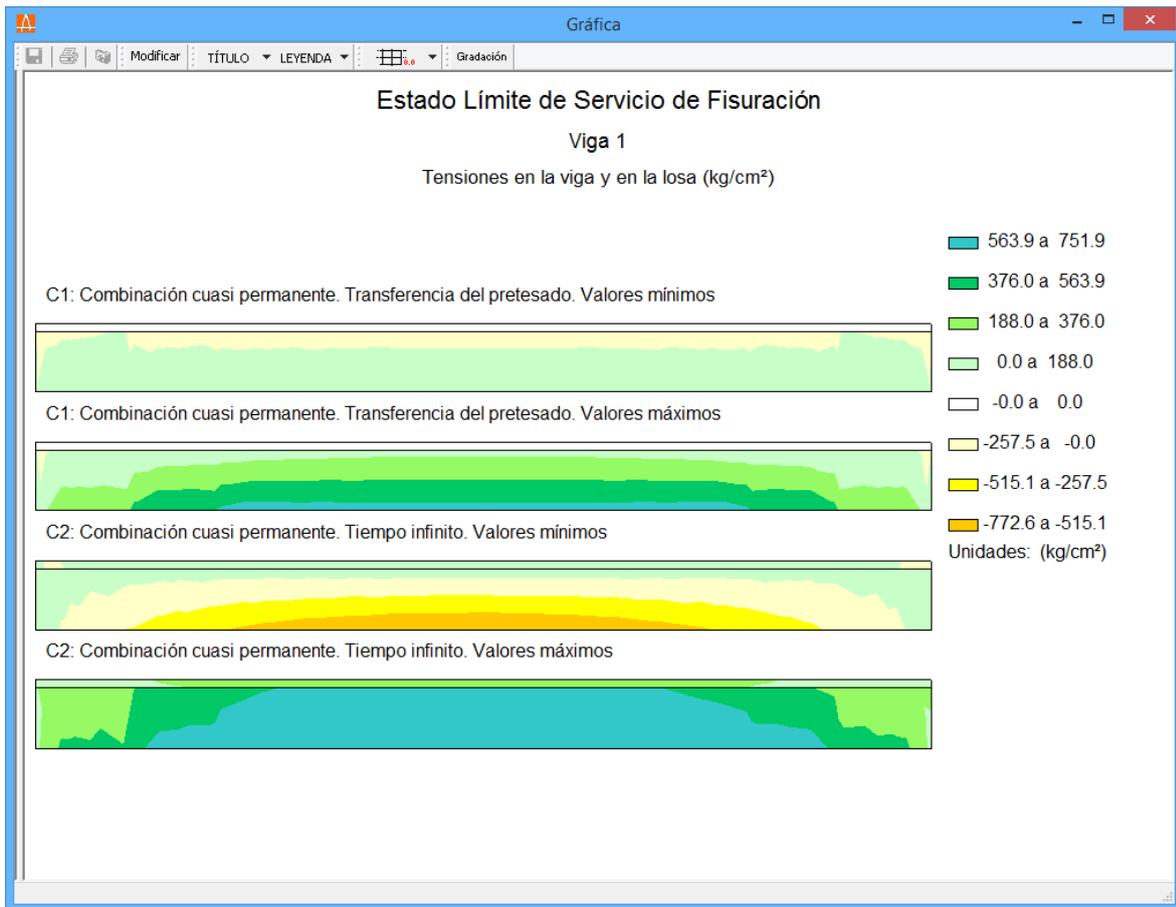


Figura 4.2.3-4: Estado límite de Servicio de Fisuración. Ejemplo de gráfica de isovalores.

Resumen de tensiones

	Viga 1	Viga 2	Viga 3
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	Cumple	Cumple	Cumple
Situación persistente. Combinación frecuente	No cumple	Cumple	Cumple
Situación persistente. Combinación característica	Cumple	Cumple	Cumple

Viga	Viga				Losa				Armaduras activas	
	Compresión		Tracción		Compresión		Tracción		Tracción	
Situación	Tensión máxima (MPa)	Tensión admisible (MPa)	Tensión mínima (MPa)	Tensión admisible (MPa)	Tensión máxima (MPa)	Tensión admisible (MPa)	Tensión mínima (MPa)	Tensión admisible (MPa)	Tensión mínima (MPa)	Tensión admisible (MPa)
Combinación	Combinación cuasi permanente									
Transferencia del pretensado	23.22	30.00	-2.00							
Hormigonado de la losa	21.31	30.00	-1.26							
Disposición de la superestructura	21.10	30.00	-1.27		1.05	11.93	-0.01			-0.60
Apertura al tráfico	21.10	30.00	-1.27		1.05	11.93	-0.01			-0.60
Tiempo infinito	17.68	30.00	-0.05		1.03	15.00	-0.68			-0.05

Figura 4.2.3-5: Estado límite de Servicio de Fisuración. Ejemplo de diálogo de encaje.

Viga 1											
FIV: Tensiones en fibra inferior de viga (kg/cm ²)											
FSV: Tensiones en fibra superior de viga (kg/cm ²)											
FIL: Tensiones en fibra inferior de losa (kg/cm ²)											
FSL: Tensiones en fibra superior de losa (kg/cm ²)											
C1: Combinación cuasi permanente. Tiempo infinito											
Valores mínimos						Valores máximos					
C1											
Viga 1											
f (tanto por uno)	s (m)	FIV	FSV	FIL	FSL	FIV	FSV	FIL	FSL		
1	-0.012	-0.350	34.2	29.4	21.8	22.7	126.6	180.3	73.2	74.8	
2	-0.011	-0.340	30.5	29.2	21.8	22.5	130.0	180.6	73.1	74.5	
3	0.000	0.000	55.6	41.2	-7.7	-6.0	295.3	217.7	55.5	49.4	
4	0.018	0.530	-11.0	54.5	-0.7	-0.0	396.1	246.3	74.8	70.4	
5	0.028	0.837	-48.8	60.8	2.6	4.6	394.7	261.4	83.8	82.6	
6	0.050	1.500	-127.7	75.3	9.9	14.8	387.6	295.1	103.7	109.2	
7	0.088	2.650	-257.7	101.0	22.8	32.4	377.1	351.4	138.0	155.2	
8	0.100	3.000	-275.3	87.9	25.9	26.0	519.5	369.1	147.0	164.7	
9	0.127	3.799	-364.2	84.4	33.5	29.3	613.1	411.9	169.3	194.5	
10	0.150	4.500	-415.3	93.8	37.9	35.6	617.8	432.1	181.0	209.8	
11	0.188	5.650	-485.6	108.1	45.4	46.1	616.9	470.6	201.2	235.7	
12	0.200	6.000	-512.3	98.8	47.5	44.1	688.5	489.9	207.6	243.4	
13	0.226	6.784	-554.9	95.9	52.4	47.4	722.6	521.5	221.8	261.3	
14	0.250	7.500	-602.3	100.9	57.2	52.0	718.1	549.9	235.8	281.6	
15	0.300	9.000	-665.3	107.9	62.1	57.9	713.0	591.0	253.3	305.8	
16	0.350	10.500	-722.2	118.1	67.0	65.4	697.6	625.9	272.1	330.1	
17	0.400	12.000	-759.2	124.7	70.4	71.5	685.6	652.7	283.2	343.5	
18	0.450	13.500	-765.9	126.1	71.3	73.3	681.9	659.4	284.4	344.5	
19	0.500	15.000	-772.6	127.7	72.2	75.2	677.7	666.1	285.7	345.6	
20	0.550	16.500	-754.1	122.1	69.0	70.8	688.0	653.0	279.8	338.1	
21	0.600	18.000	-735.6	116.6	65.8	66.3	697.8	640.0	273.8	330.6	

Figura 4.2.3-6: Estado límite de Servicio de Fisuración. Ejemplo de tabla.

4.2.4 Orden *ELU Rotura por flexión*

La opción de *ELU Rotura por flexión* permite editar la comprobación en las vigas. *CivilCAD3000* permite visualizar la comprobación mediante una gráfica, y / o mediante una tabla. Para ello, cuando se selecciona la opción de *ELU Flexión*, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.2.4-1 con las opciones genéricas de salida de resultados, de las cuales, en este caso están activas las opciones de *Gráfica*, y de *Tabla*.



Figura 4.2.4-1: Opciones de Consulta de resultados.

Al seleccionar la opción aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.2.4-2 en que se deben seleccionar:

- las combinaciones que se deseen visualizar.
- los instantes de cálculo que se deseen visualizar.
- los parámetros de la comprobación a mostrar.
- las vigas.

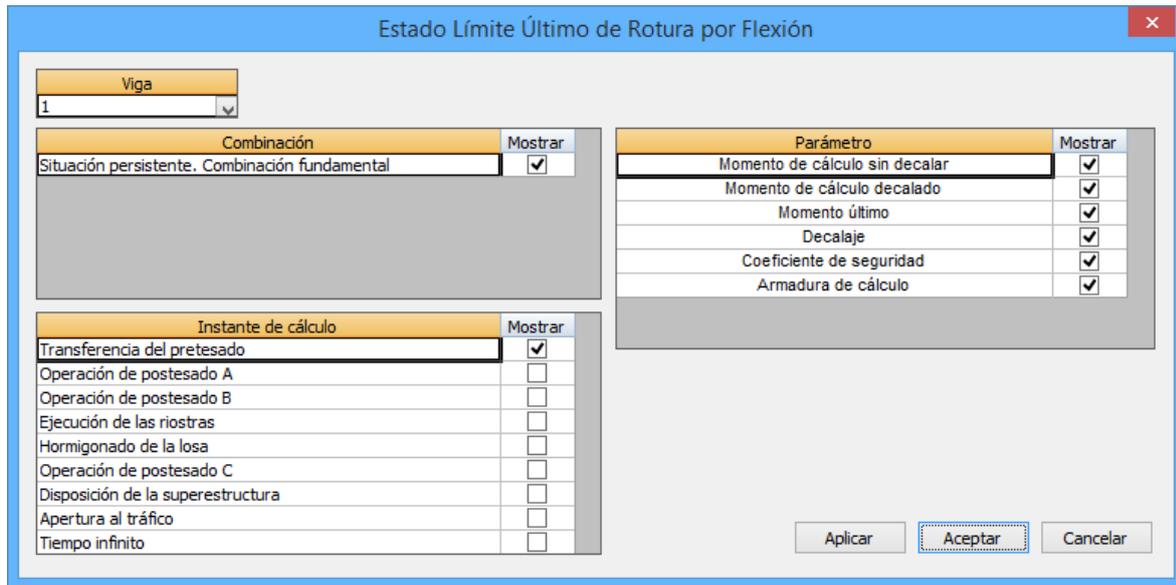


Figura 4.2.4-2: Opciones de configuración.

Es importante destacar que se pueden mostrar simultáneamente varias combinaciones e instantes, varias vigas y varios tipos de valores, lo que permite un análisis cómodo de los resultados del cálculo de la estructura.

En el caso de haber seleccionado un resultado tipo Gráfica, se mostrarán siempre todos los parámetros que intervienen en la comprobación.

Una vez seleccionadas las opciones, apretando el botón Aceptar se visualizarán los resultados cuyo aspecto se muestra en las figuras siguientes.

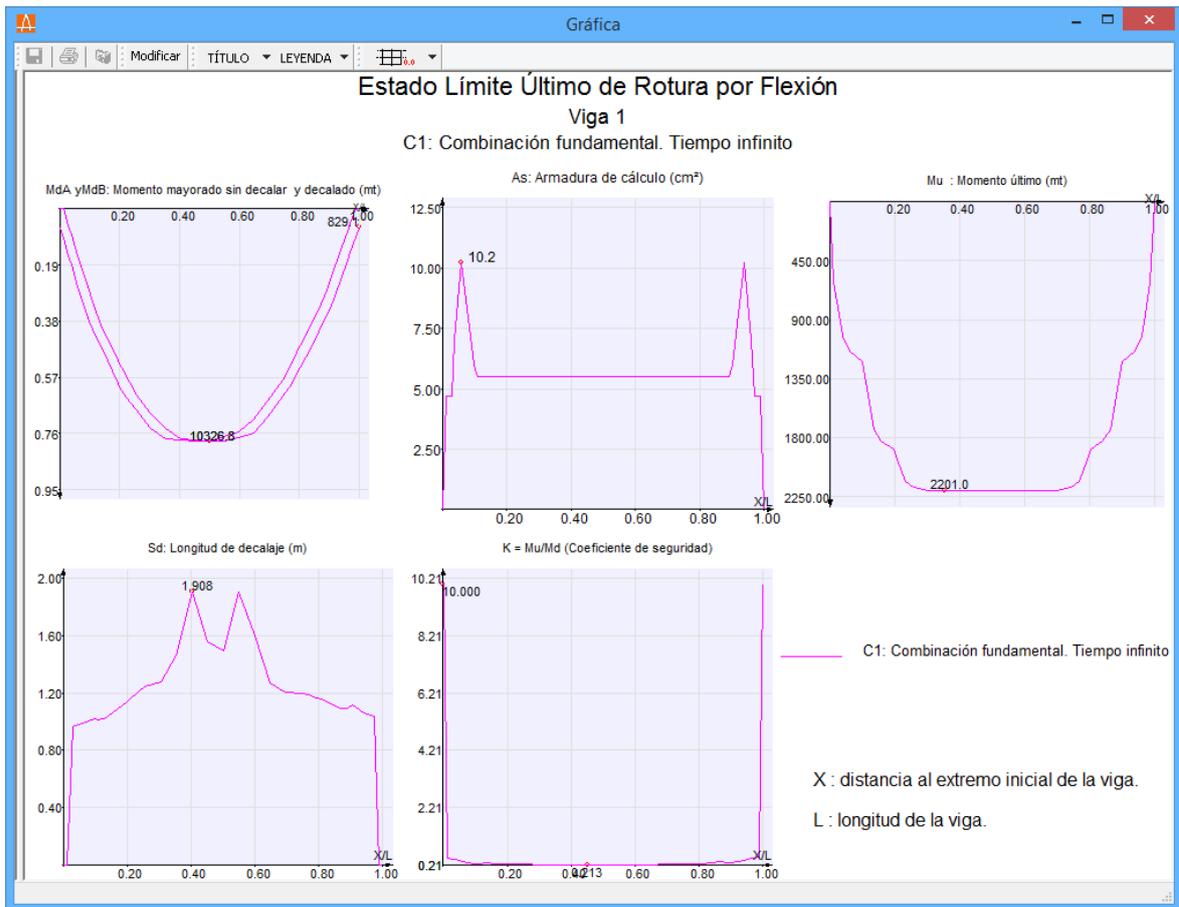


Figura 4.2.4-3: Estado Límite Último de Rotura por Flexión. Ejemplo de gráfica.

Resultados

Viga 1

M_{dA} : Momento mayorado sin decalaje (mt)
 M_{dB} : Momento mayorado decalado (mt)
 M_u : Momento último (mt)
 S_d : Longitud de decalaje (m)
 $K = M_u/M_d$ (Coeficiente de seguridad) (cm^2)
 A_s : Armadura del cálculo de dimensionamiento
 C1: Combinación fundamental. Tiempo infinito

Valores máximos

C1

Viga 1

f (tanto por uno)	s (m)	M_{dA}	M_{dB}	M_u	S_d	$K = M_u/M_d$	A_s
1	-0.012	-0.350	-0.0	850.2	0.0	0.000	0.0
2	0.000	0.000	3.1	1340.0	0.000	0.456	4.7
3	0.018	0.530	730.2	2082.7	0.966	0.414	4.7
4	0.028	0.837	1151.8	2516.8	1.025	0.407	7.1
5	0.050	1.500	2062.4	3454.6	1.142	0.331	10.2
6	0.088	2.650	3641.1	4987.4	1.218	0.244	6.0
7	0.100	3.000	4121.6	5357.6	1.379	0.257	5.5
8	0.127	3.799	5142.8	6100.4	1.739	0.285	5.5
9	0.150	4.500	5756.8	6751.6	1.822	0.270	5.5
10	0.188	5.650	6764.4	7765.3	1.883	0.242	5.5
11	0.200	6.000	7071.1	8063.8	1.963	0.243	5.5
12	0.226	6.784	7704.3	8570.6	2.135	0.249	5.5
13	0.250	7.500	8282.2	8961.5	2.174	0.243	5.5
14	0.300	9.000	9084.5	9764.2	2.199	0.225	5.5
15	0.350	10.500	9783.6	10225.7	2.201	0.215	5.5
16	0.400	12.000	10213.1	10272.1	2.200	0.214	5.5
17	0.450	13.500	10270.0	10326.7	2.200	0.213	5.5

Figura 4.2.4-4: Estado Límite Último de Rotura por Flexión. Ejemplo de tabla.

4.2.5 Orden *ELU Rotura por cortante*

La opción de *ELU Rotura por cortante* permite editar la comprobación en las vigas. *CivilCAD3000* permite visualizar la comprobación mediante una gráfica, y / o mediante una tabla. Para ello, cuando se selecciona la opción de *ELU Cortante*, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.2.5-1 con las opciones genéricas de salida de resultados, de las cuales, en este caso están activas las opciones de *Gráfica*, y de *Tabla*.



Figura 4.2.5-1: Opciones de Consulta de resultados.

Al seleccionar la opción aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.2.4-2 en que se deben seleccionar:

- las combinaciones que se deseen visualizar.
- los instantes de cálculo que se deseen visualizar.
- los parámetros de la comprobación a mostrar.
- las vigas.

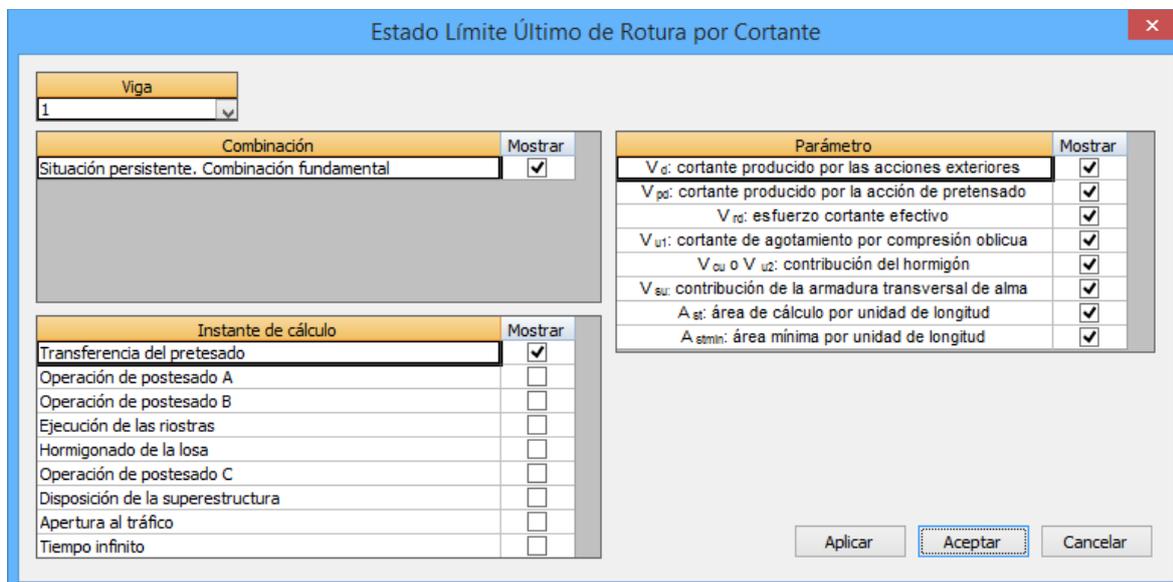


Figura 4.2.5-2: Opciones de configuración.

Es importante destacar que se pueden mostrar simultáneamente varias combinaciones e instantes, varias vigas y varios tipos de valores, lo que permite un análisis cómodo de la estructura.

En el caso de haber seleccionado un resultado tipo Gráfica, se mostrarán siempre todos los parámetros que intervienen en la comprobación.

Una vez seleccionadas las opciones, apretando el botón Aceptar se visualizarán los resultados cuyo aspecto se muestra en las figuras siguientes.

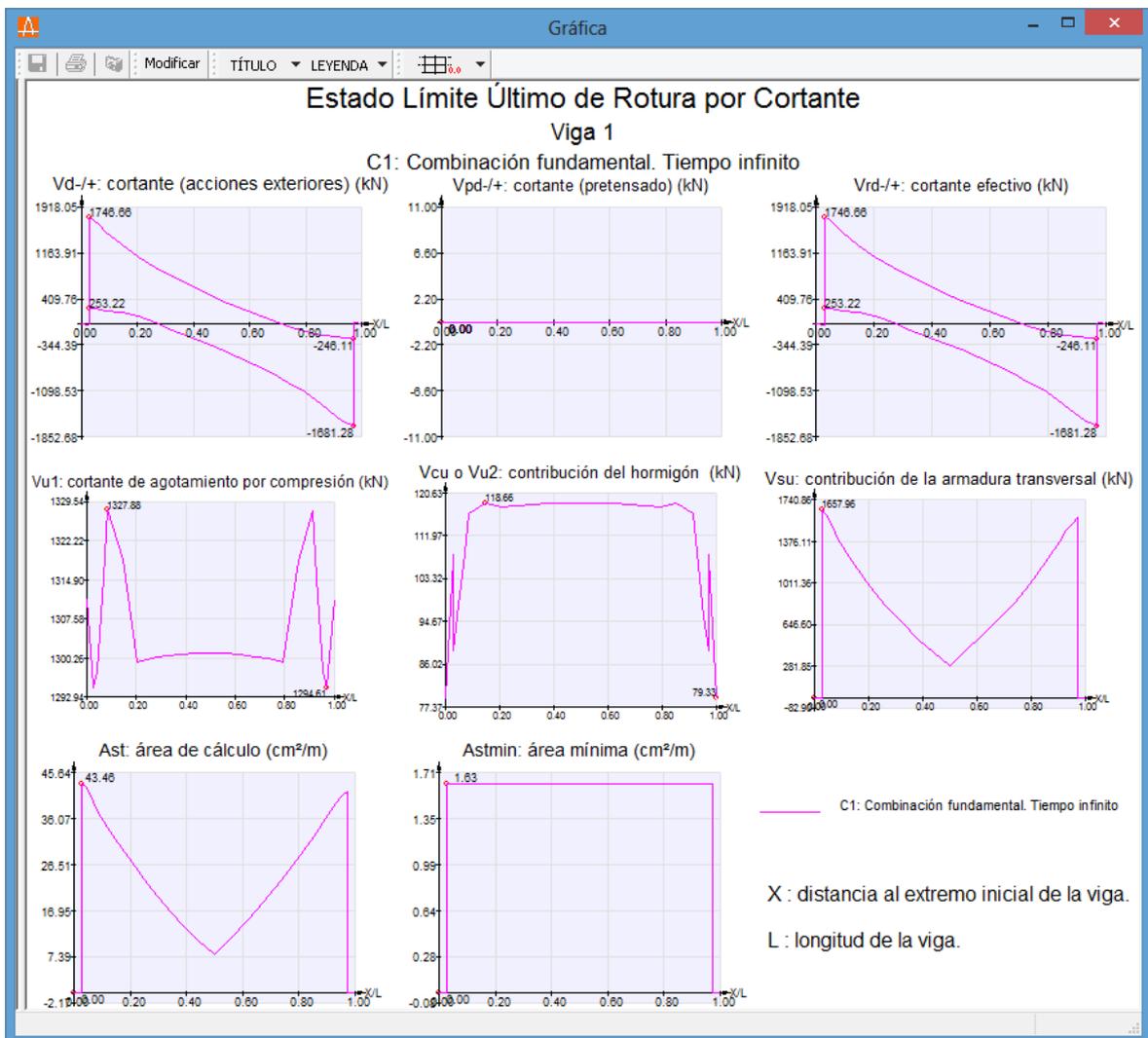


Figura 4.2.5-3: Estado Límite Último de Rotura por Cortante. Ejemplo de gráfica.

Resultados

Viga 1

V_{c-}: mínimo cortante producido por las acciones exteriores (t)
V_{c+}: máximo cortante producido por las acciones exteriores (t)
V_{pc-}: mínimo cortante producido por la acción de pretensado (t)
V_{pc+}: máximo cortante producido por la acción de pretensado (t)
V_{ec-}: mínimo esfuerzo cortante efectivo (t)
V_{ec+}: máximo esfuerzo cortante efectivo (t)
V_{at}: cortante de agotamiento por compresión (t)
V_{at} o V_{at}: contribución del hormigón (t)
V_{at}: contribución de la armadura transversal (t)
A_{at}: área de cálculo (cm²/m)
A_{atm}: área mínima (cm²/m)
C1: Combinación fundamental. Tiempo infinito

		Viga 1												C1	
f (tanto por uno)	s (m)	V _{c-} (t)	V _{c+} (t)	V _{pc-} (t)	V _{pc+} (t)	V _{ec-} (t)	V _{ec+} (t)	V _{at} (t)	V _{at} o V _{at} (t)	V _{at} (t)	A _{at} (cm ² /m)	A _{atm} (cm ² /m)			
1	-0.011	-0.340	-0.2	-0.2	-406.2	-271.6	-406.5	-271.7	185.7	46.9	359.5	59.9	1.9		
2	-0.000	-0.010	-7.8	-5.7	-403.6	-267.7	-411.4	-273.4	161.1	51.5	359.8	54.3	1.9		
3	0.000	0.000	0.0	0.0	-403.5	-267.6	-403.5	-267.6	160.3	51.7	351.8	53.0	1.9		
4	0.000	0.010	757.6	1409.8	-403.5	-267.5	354.1	1142.2	158.4	51.6	1090.6	164.6	1.9		
5	0.018	0.530	733.3	1370.5	-401.1	-264.0	332.2	1106.5	60.1	46.9	1059.6	176.6	1.9		
6	0.028	0.837	719.0	1347.4	-401.3	-264.1	317.7	1083.3	25.4	46.9	1036.4	172.7	1.9		
7	0.050	1.500	688.0	1297.3	-401.9	-264.4	286.2	1032.9	17.1	46.9	986.0	164.3	1.9		
8	0.088	2.650	634.3	1210.5	-403.6	-267.4	230.8	943.1	11.6	46.9	896.2	149.3	1.9		
9	0.100	3.000	618.0	1184.1	-380.3	-248.8	237.6	935.3	-18.5	46.9	888.3	148.0	1.9		
10	0.127	3.799	579.1	1121.9	-334.8	-217.1	244.4	904.9	-152.5	47.8	857.1	140.2	1.9		
11	0.150	4.500	524.3	1043.2	-296.7	-192.4	227.7	850.8	-160.7	48.8	802.0	128.2	1.9		
12	0.188	5.650	434.5	914.0	-233.9	-152.3	200.6	761.7	-175.3	50.2	711.5	110.4	1.9		
13	0.200	6.000	407.2	874.7	-212.6	-137.4	194.6	737.3	-190.5	50.7	686.5	105.4	1.9		
14	0.226	6.784	345.9	786.5	-167.3	-107.6	178.5	678.9	-513.7	51.6	627.3	94.5	1.9		
15	0.250	7.500	290.0	706.1	-126.4	-81.4	163.5	624.7	-551.5	52.1	572.7	85.6	1.9		
16	0.300	9.000	194.2	574.1	-88.5	-24.8	155.8	549.3	-569.1	52.6	496.7	73.5	1.9		
17	0.350	10.500	98.5	442.1	-0.0	-0.0	98.5	442.1	-487.3	52.6	388.5	57.5	1.9		

Figura 4.2.5-4: Estado Límite Último de Rotura por Cortante. Ejemplo de tabla.

4.2.6 Orden *ELU Rotura por torsión*

La opción de *ELU Rotura por torsión* permite editar la comprobación en las vigas. *CivilCAD3000* permite visualizar la comprobación mediante una gráfica, y / o mediante una tabla. Para ello, cuando se selecciona la opción de *ELU Torsión*, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.2.6-1 con las opciones genéricas de salida de resultados, de las cuales, en este caso están activas las opciones de *Gráfica*, y de *Tabla*.



Figura 4.2.6-1: Opciones de Consulta de resultados.

Al seleccionar la opción aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.2.6-2 en que se deben seleccionar:

- las combinaciones que se deseen visualizar.
- los instantes de cálculo que se deseen visualizar.
- los parámetros de la comprobación a mostrar.
- las vigas.

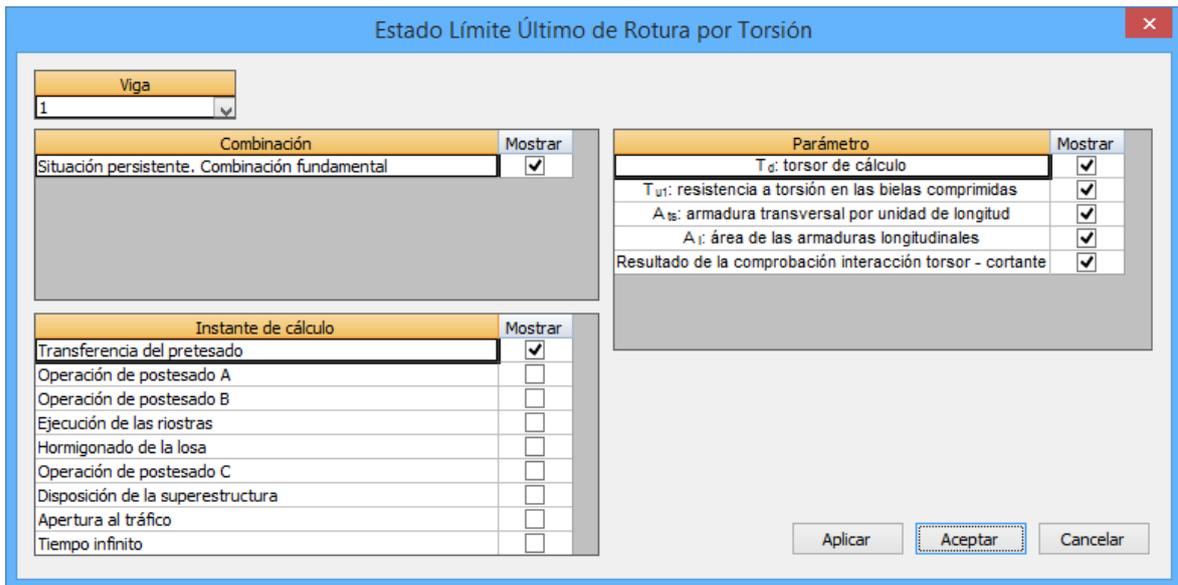


Figura 4.2.6-2: Opciones de configuración.

Es importante destacar que se pueden mostrar simultáneamente varias combinaciones e instantes, varias vigas y varios tipos de valores, lo que permite un análisis cómodo de los resultados del cálculo de la estructura.

En el caso de haber seleccionado un resultado tipo Gráfica, se mostrarán siempre todos los parámetros que intervienen en la comprobación.

Una vez seleccionadas las opciones, apretando el botón Aceptar se visualizarán los resultados cuyo aspecto se muestra en las figuras siguientes.

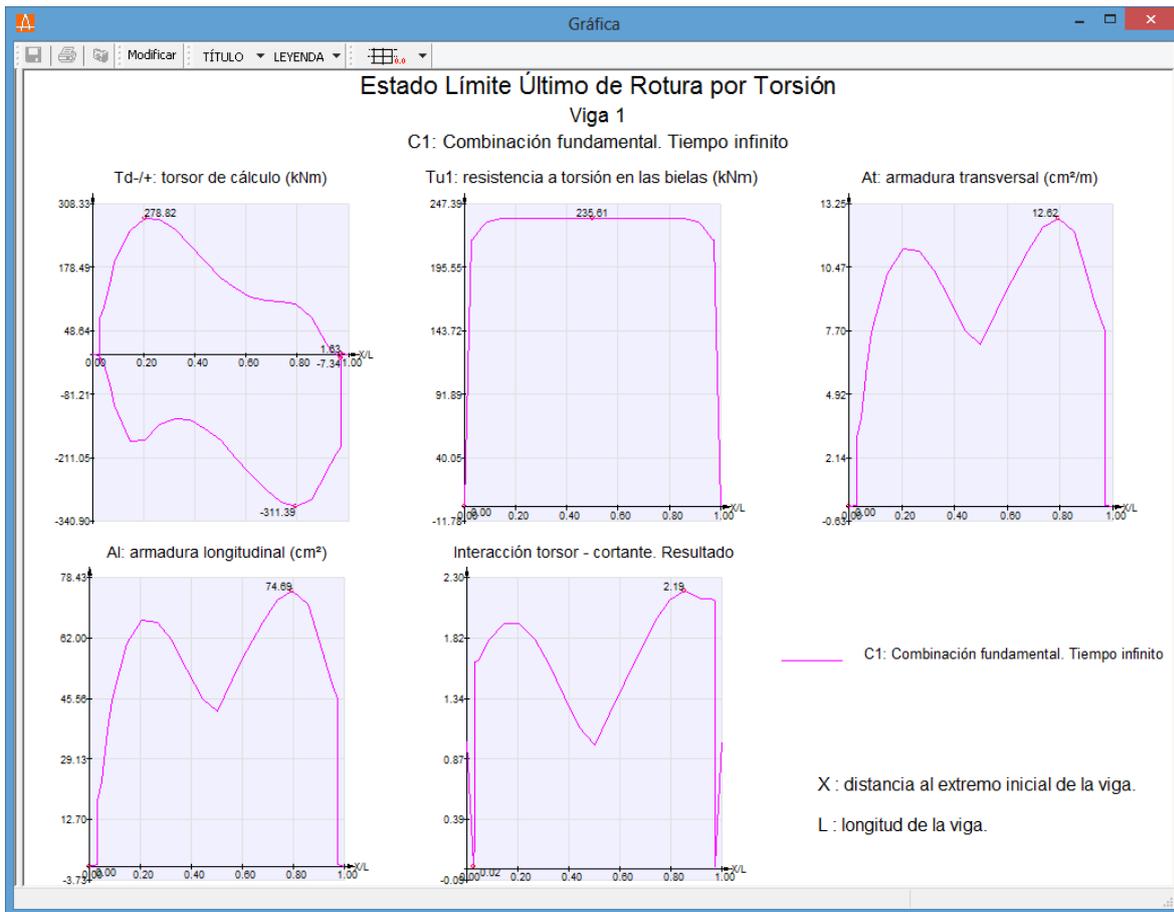


Figura 4.2.6-3: Estado Límite Último de Rotura por Torsión. Ejemplo de gráfica.

C1							
Viga 1							
f (tanto por uno)	s (m)	T _{d-} (mt)	T _{d+} (mt)	T _{u1} (mt)	A _t (cm²/m)	A _l (cm²)	(T _d /T _{u1})++(V _{r2} /V _{u1})
1	-0.011	-0.340	0.0	0.0	6.3	0.0	2.417
2	-0.000	-0.010	0.1	0.1	-0.5	0.3	2.886
3	0.000	0.000	-4.7	4.3	-0.7	3.2	2.869
4	0.000	0.010	-6.7	2.8	-1.0	4.5	9.578
5	0.018	0.530	-6.5	2.9	-15.4	4.4	27.353
6	0.028	0.837	-6.4	2.9	-21.4	4.4	68.730
7	0.050	1.500	-6.3	3.0	-22.8	4.3	101.427
8	0.088	2.650	-6.0	3.2	-23.7	4.1	142.511
9	0.100	3.000	-5.9	3.3	-28.1	4.0	19.2
10	0.127	3.799	-5.7	3.4	-46.0	3.9	0.000
11	0.150	4.500	-5.4	3.3	-46.5	3.7	0.000
12	0.188	5.650	-5.1	3.1	-47.6	3.4	0.000
13	0.200	6.000	-4.9	3.1	-49.2	3.4	0.000

Figura 4.2.6-4: Estado Límite Último de Rotura por Torsión. Ejemplo de tabla.

4.2.7 Orden *ELU Rasante viga-losa*

La opción *ELU Rasante viga-losa* permite obtener un informe con la comprobación del Estado límite de Rasante viga-losa. Para ello, en el siguiente diálogo es necesario introducir el nombre del documento y seleccionar el formato del documento. También debe seleccionarse la viga para la que generar el listado.

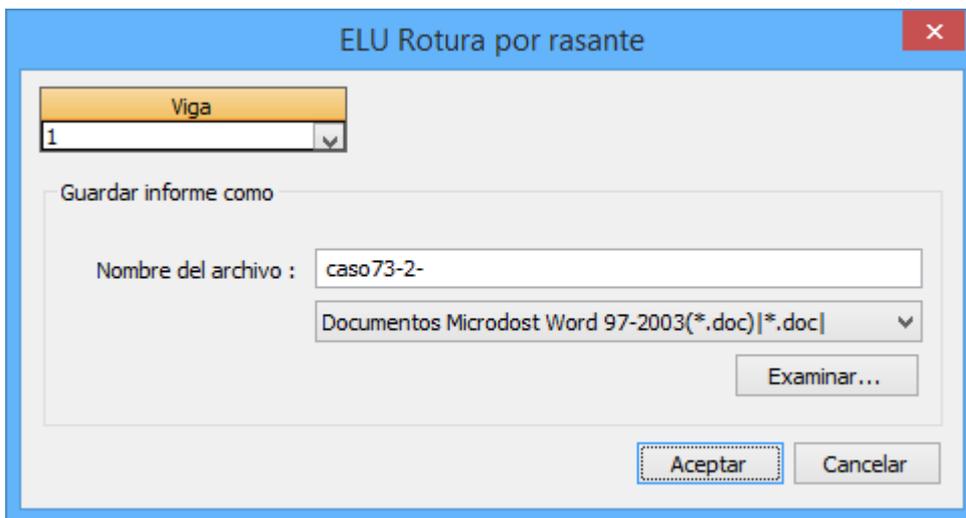


Figura 4.2.7-1: Opciones de configuración del informe.

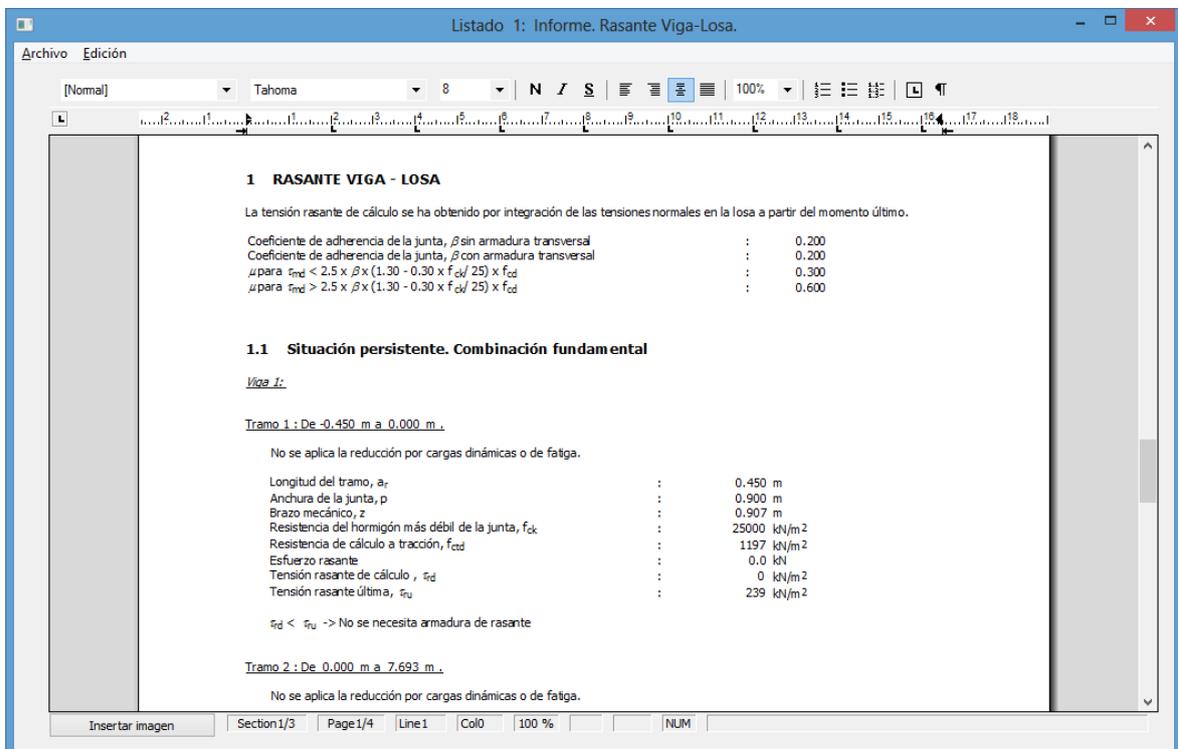


Figura 4.2.7-2: Estado Límite Último de Rasante viga-losa. Ejemplo de informe.

4.2.8 Orden *ELU Rasante ala inferior*

La opción *ELU Rasante ala inferior* permite obtener un informe con la comprobación del Estado límite de Rasante en el ala inferior. Para ello, en el siguiente diálogo es necesario introducir el nombre del documento y seleccionar el formato del documento. También debe seleccionarse la viga para la que generar el listado.

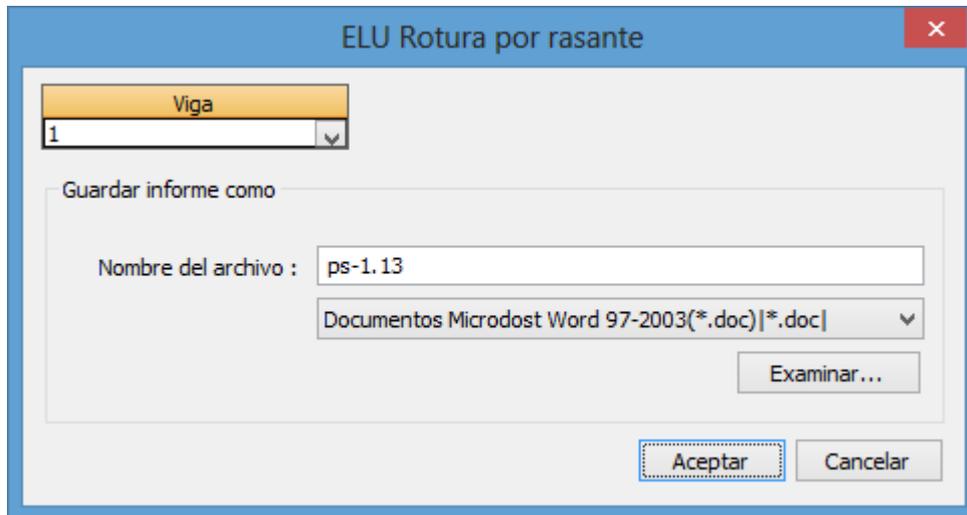


Figura 4.2.8-1: Opciones de configuración del informe.

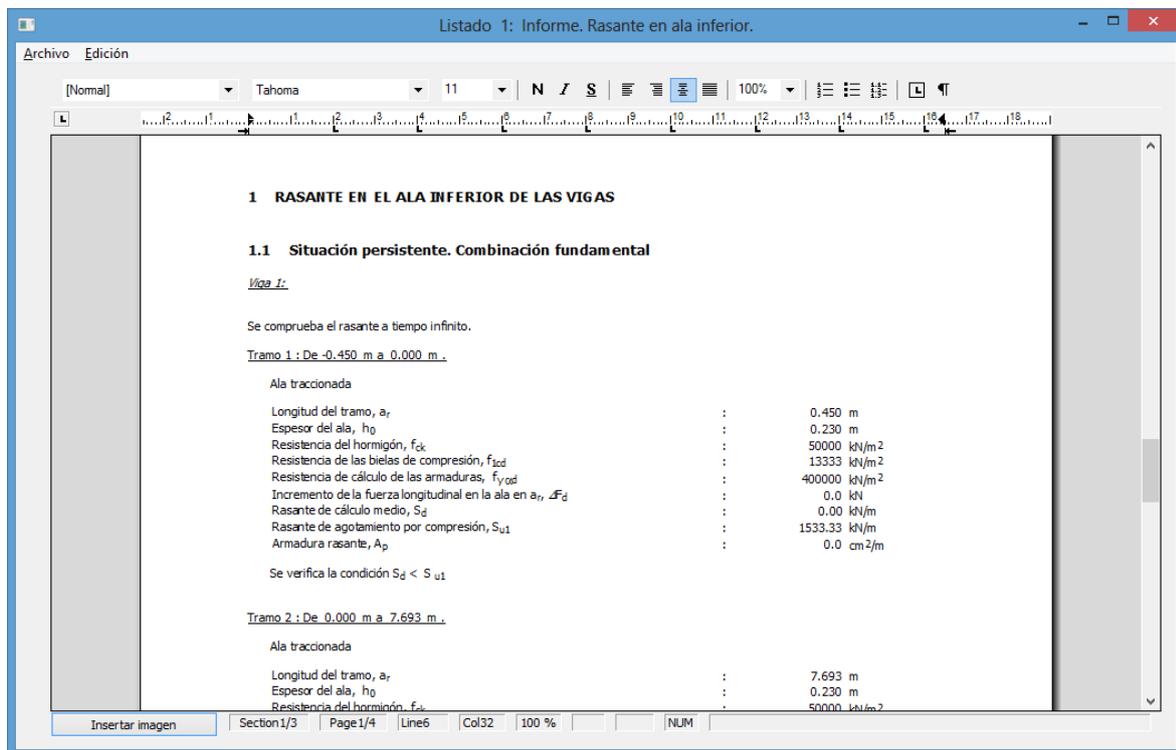


Figura 4.2.8-2: Estado Límite Último de Rasante Ala inferior. Ejemplo de informe.

4.2.9 Orden ELU Rasante ala superior

La opción *ELU Rasante ala superior* permite obtener un informe con la comprobación del Estado límite de Rasante en el ala superior. Para ello, en el siguiente diálogo es necesario

introducir el nombre del documento y seleccionar el formato del documento. También debe seleccionarse la viga para la que generar el listado.

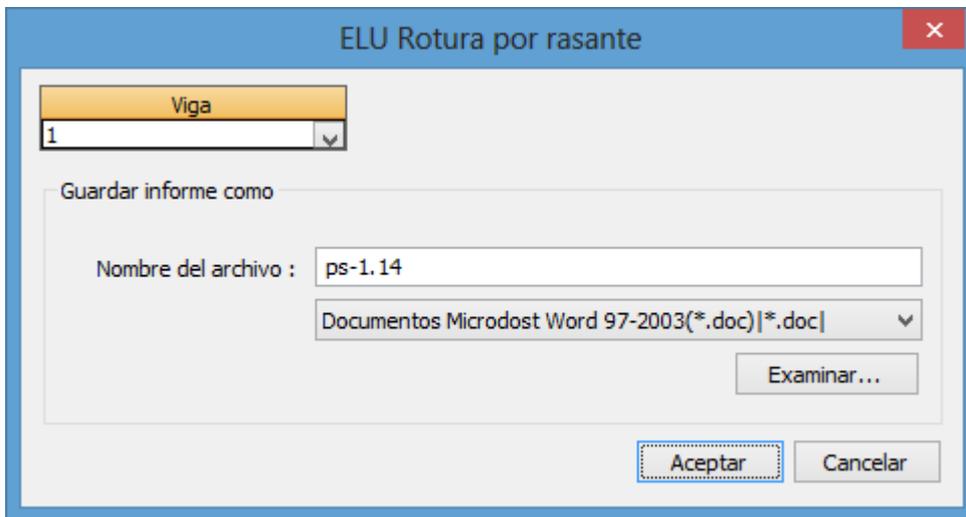


Figura 4.2.9-1: Opciones de configuración del informe.

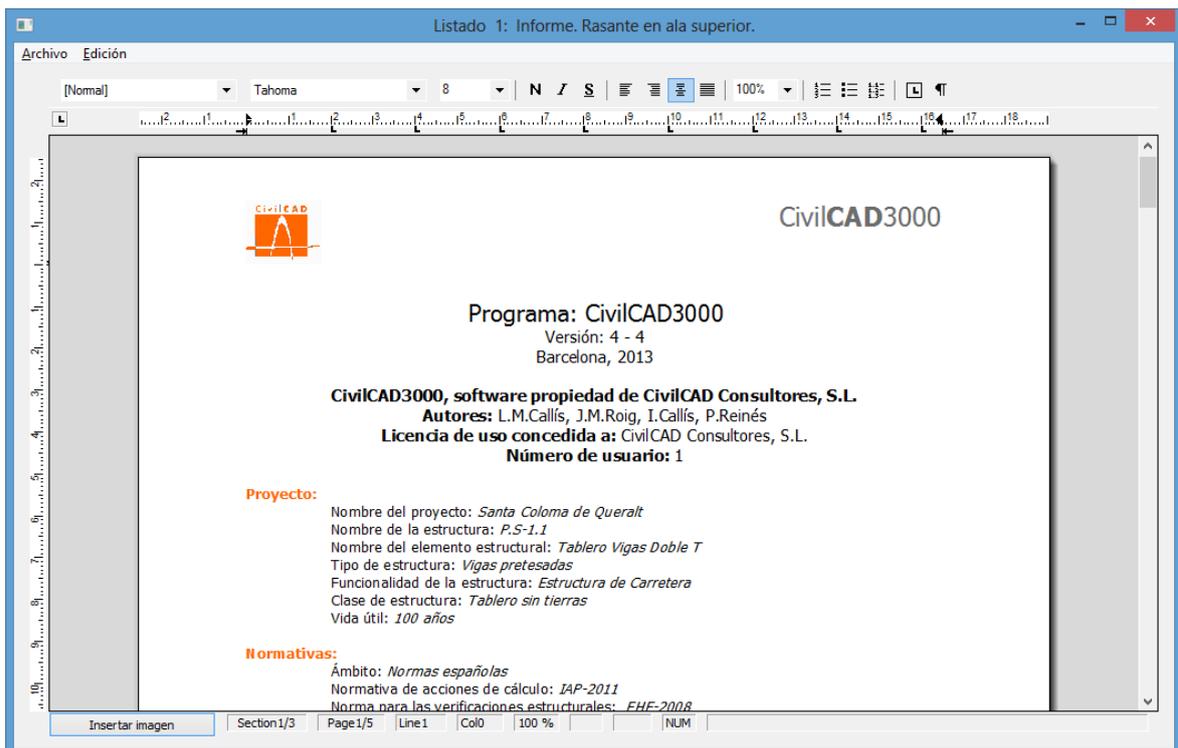


Figura 4.2.9-2: Estado Límite Último de Rasante Ala superior. Ejemplo de informe.

4.2.10 Orden ELU Fatiga

La opción *ELU Fatiga* permite obtener un informe con la comprobación del Estado límite de Fatiga. Para ello, en el siguiente diálogo es necesario introducir el nombre del documento y seleccionar el formato del documento. También debe seleccionarse la viga para la que generar el listado.

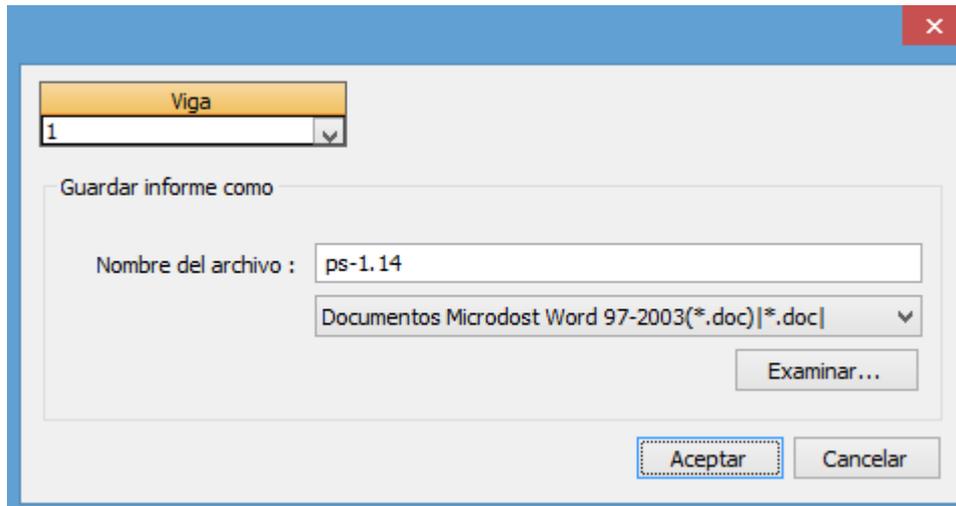


Figura 4.2.10-1: Opciones de configuración del informe.

4.2.11 Orden *Armadura transversal*

La opción *Armadura transversal* permite acceder al diálogo de consulta de la figura 4.2.11-1. Este diálogo permite consultar de forma ágil los valores de las cuantías correspondientes a cada concepto, al mismo tiempo que los despieces (diámetros y separaciones) obtenidos por el programa. Se representan en la parte superior del diálogo los valores tabulados en todos los tramos, y se representan gráficamente en la parte inferior del diálogo. Las armaduras se corresponden con los 4 tipos de armaduras transversales: ala inferior, ala superior, alma y rasante viga-losa.

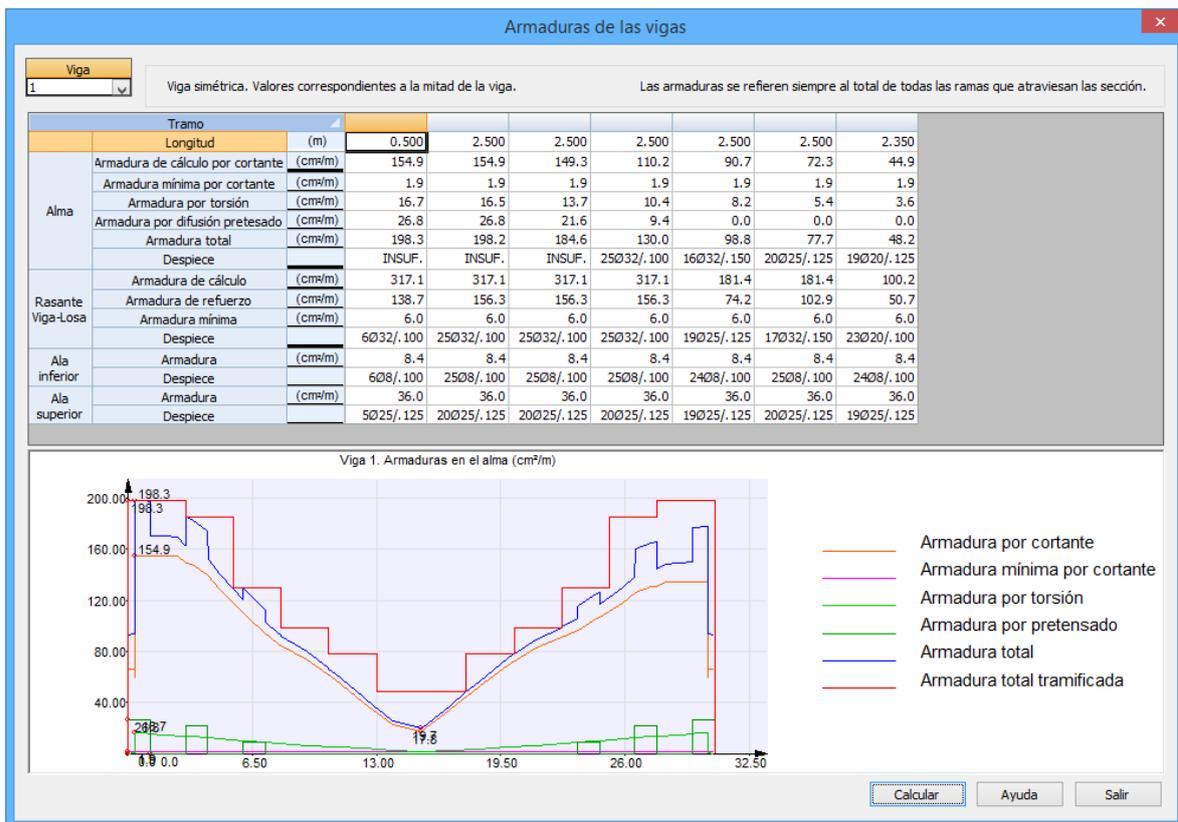


Figura 4.2.11-1: Armadura transversal Ejemplo del diálogo de consulta.

4.2.12 Órdenes del grupo *ELS Deformaciones*

4.2.12.1 Orden *Flechas*

La opción *Flechas* permite obtener un informe con la comprobación del Estado límite de Deformaciones. Para ello, en el siguiente diálogo es necesario introducir el nombre del documento y seleccionar el formato del documento. También debe seleccionarse la viga para la que generar el listado.

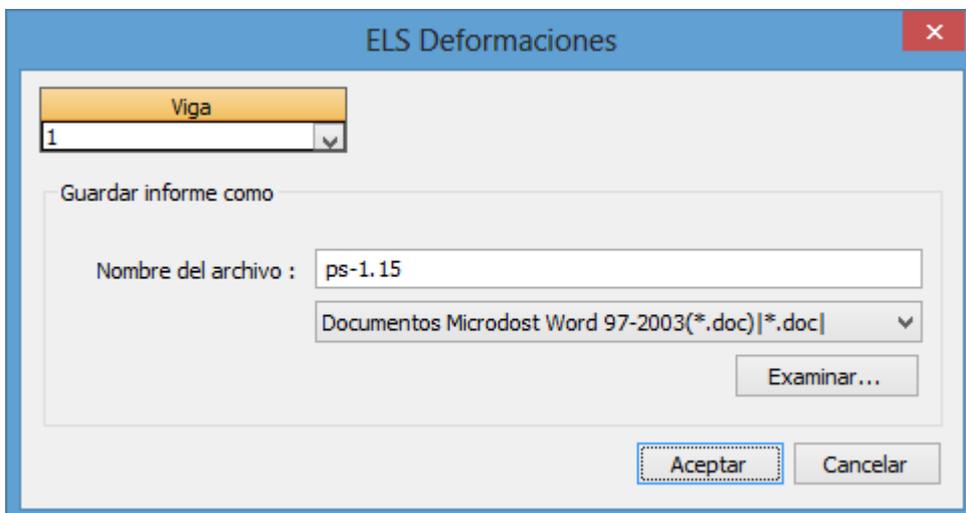


Figura 4.2.12.1-1: Opciones de configuración del informe.

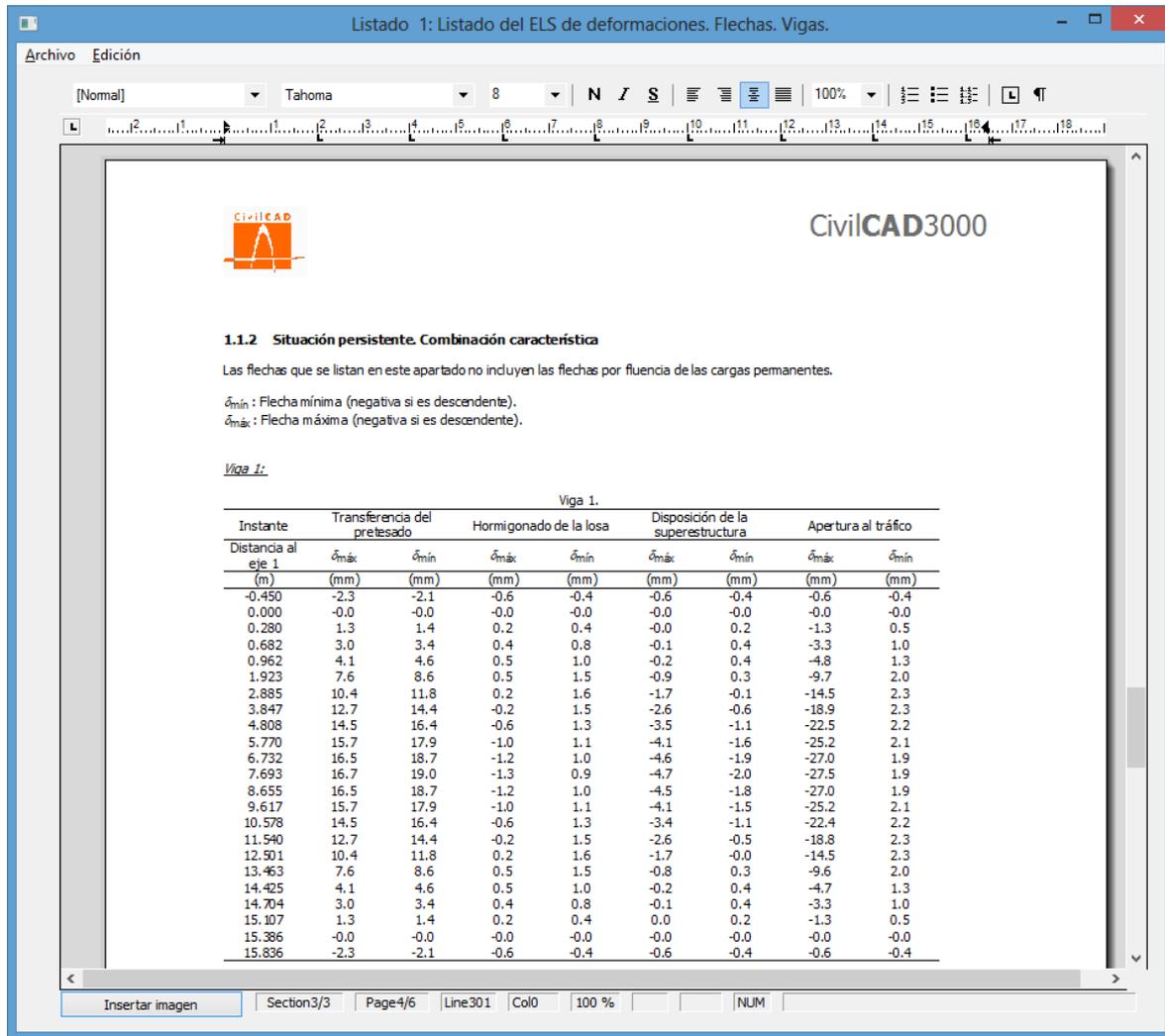


Figura 4.2.12-2: Estado Límite Servicio de Deformaciones. Ejemplo de informe.

4.2.12.2 Orden *Giros*

La opción *Giros* permite obtener un informe con la comprobación del Estado límite de Deformaciones. Para ello, en el siguiente diálogo es necesario introducir el nombre del documento y seleccionar el formato del documento. También debe seleccionarse la viga para la que generar el listado.

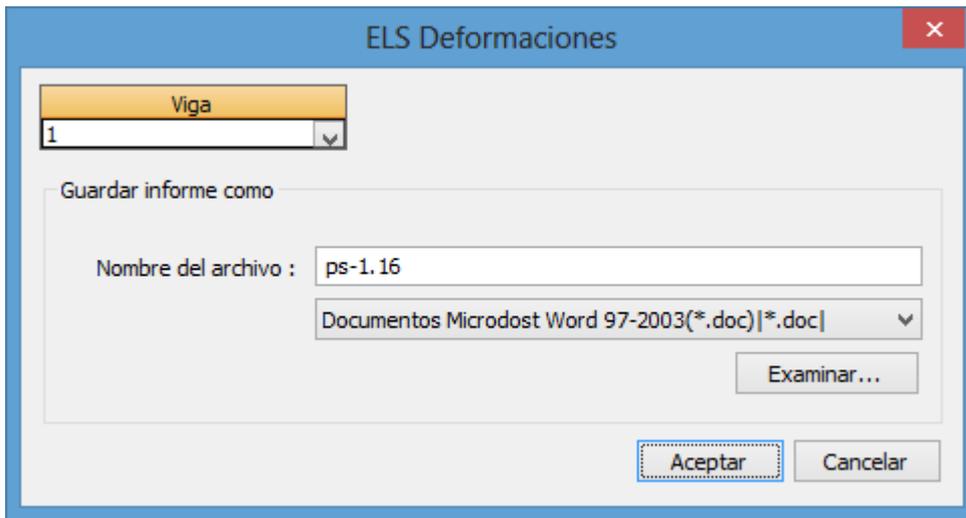


Figura 4.2.12.2-1: Opciones de configuración del informe.

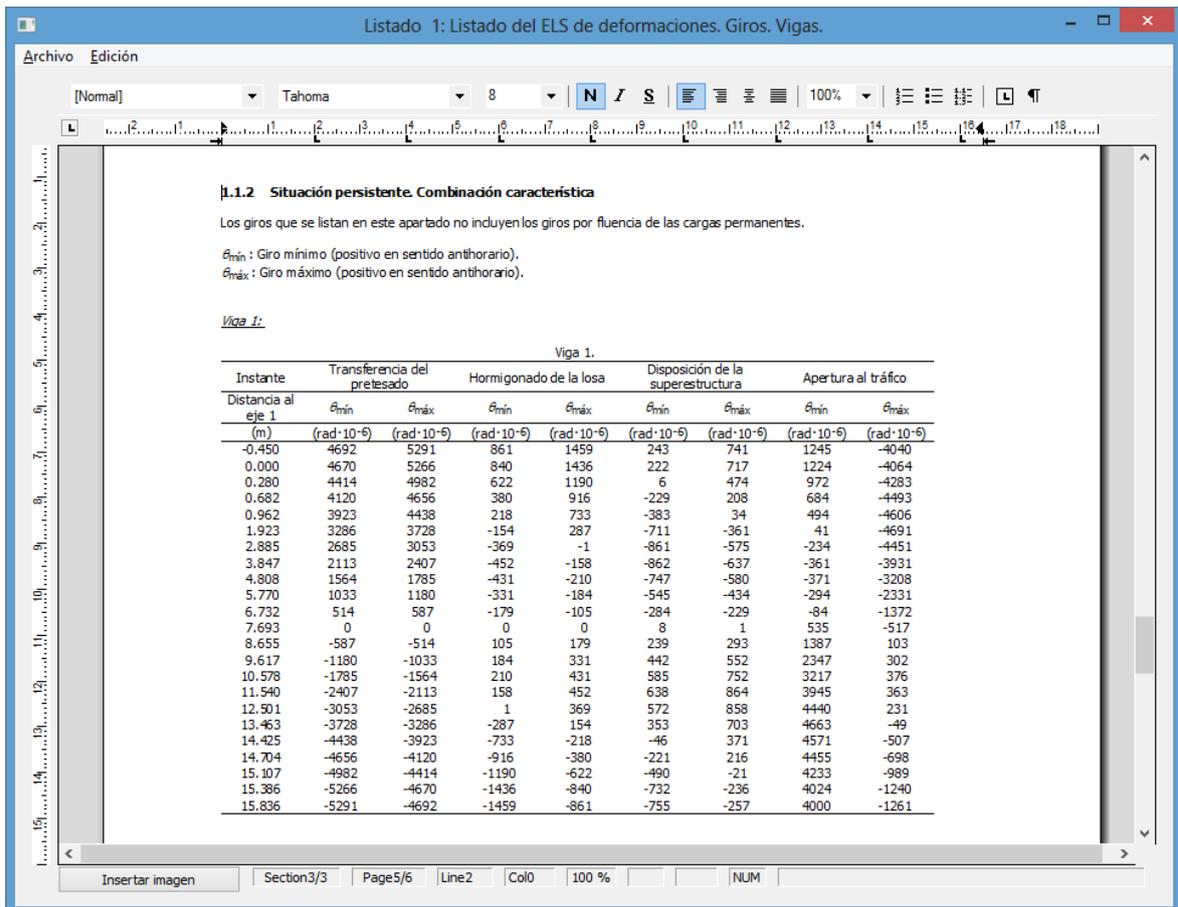


Figura 4.2.12.2-2: Estado Límite Servicio de Deformaciones. Ejemplo de informe.

4.2.13 Orden *Cálculo en transporte*

La opción *Cálculo en transporte* permite obtener un informe con la comprobación de la situación de transporte y de izado. Para ello, en el siguiente diálogo es necesario introducir

el nombre del documento y seleccionar el formato del documento. También debe seleccionarse la viga para la que generar el listado.

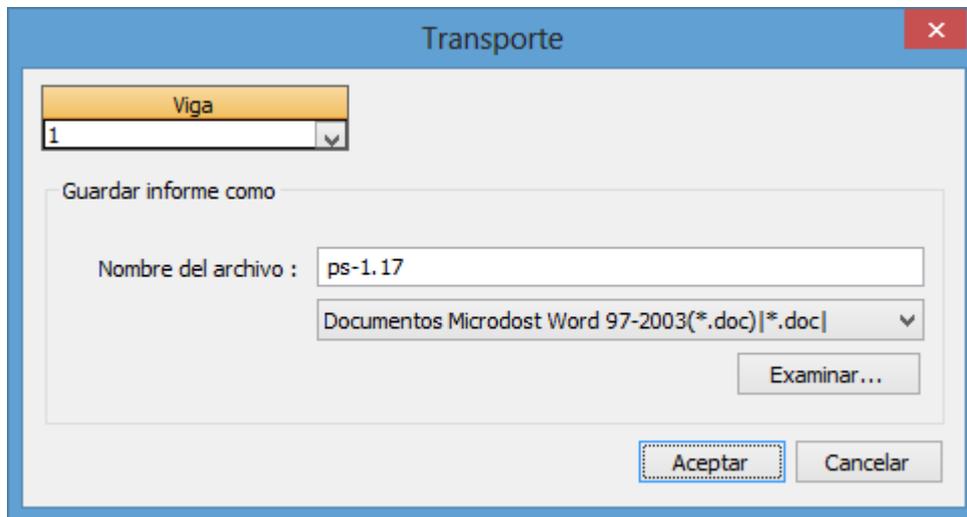


Figura 4.2.13-1: Opciones de configuración del informe.

CivilCAD3000 lleva a cabo la verificación del izado y del transporte de las vigas. Ello se realiza para cada viga, para cada uno de los extremos, y para una serie de longitudes de vuelo. Las longitudes de vuelo l_{vuelo} se miden desde los extremos de las vigas, y se analizan longitudes hasta un valor igual a la tercera parte de la luz de cálculo de las vigas.

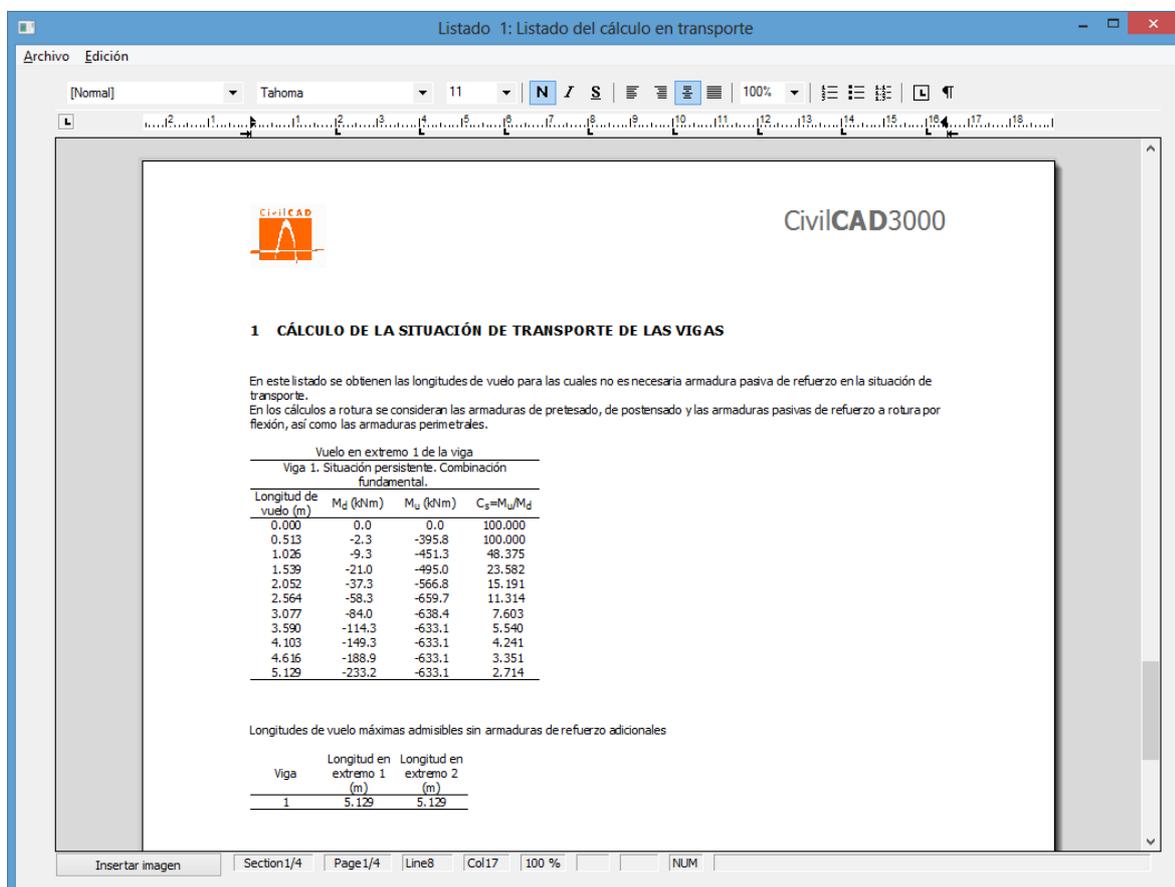


Figura 4.2.13-2: Cálculo de la situación de transporte. Ejemplo de informe.

4.3 Órdenes del grupo *Cálculo de la losa*

4.3.1 Orden *ELU Rotura por flexión*

La opción de *ELU Rotura por flexión* permite editar la comprobación en la losa. *CivilCAD3000* permite visualizar la comprobación mediante unas gráficas de isovalores. Para ello, cuando se selecciona la opción de *ELU Flexión*, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.3.1-1 con los parámetros posibles relativos a la comprobación.

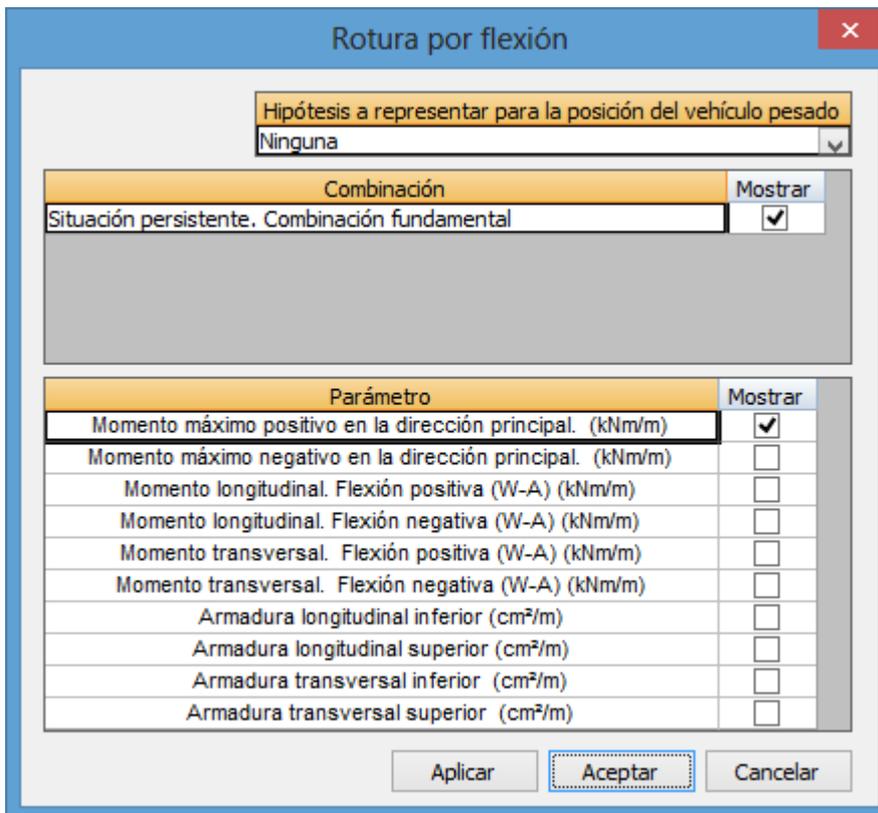


Figura 4.3.1-1: Opciones de configuración de la gráfica.

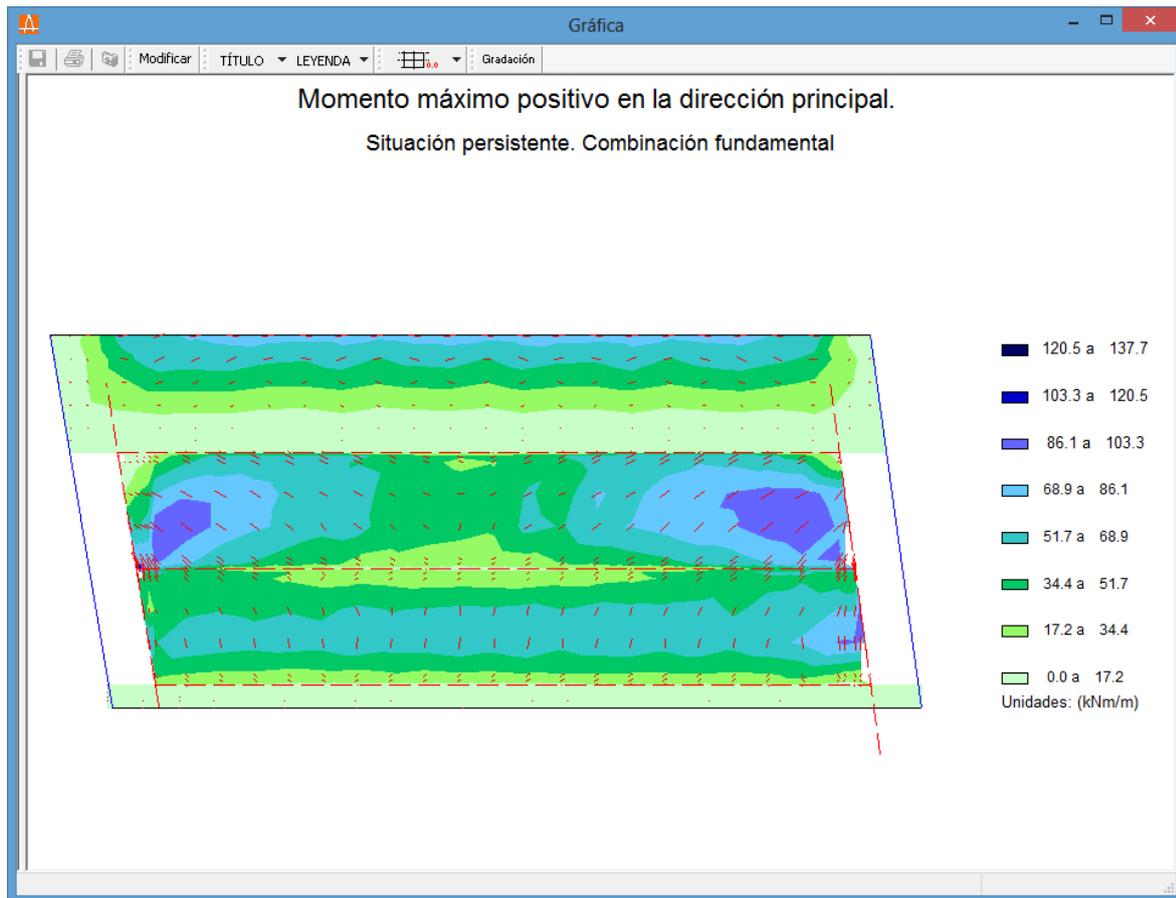


Figura 4.3.1-2: ELU Rotura por flexión. Ejemplo de gráfica.

4.3.2 Orden *ELU Rotura por cortante*

La opción de *ELU Rotura por cortante* permite editar la comprobación en la losa. *CivilCAD3000* permite visualizar la comprobación mediante unas gráficas de isovalores. Para ello, cuando se selecciona la opción de *ELU Cortante*, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.3.2-1 con los parámetros posibles relativos a la comprobación.

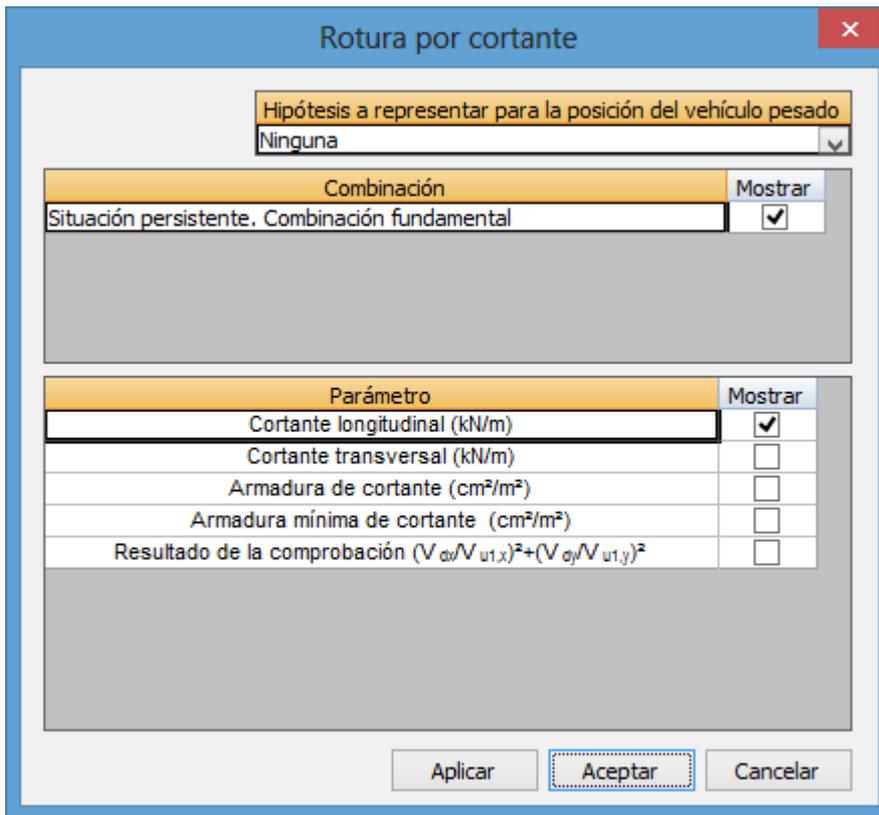


Figura 4.3.2-1: Opciones de configuración de la gráfica.

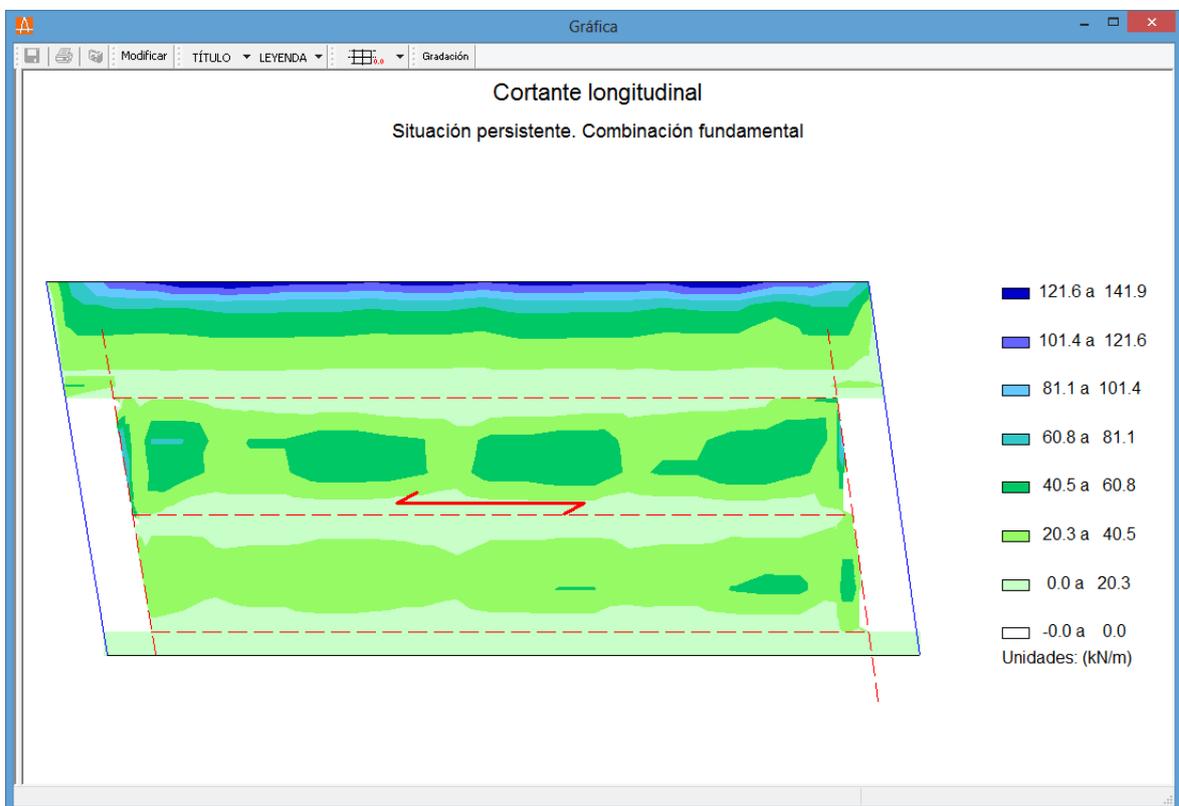


Figura 4.3.2-2: ELU Rotura por cortante. Ejemplo de gráfica.

4.3.3 Orden *ELS Fisuración*

La opción de *ELS Fisuración* permite editar la comprobación en las vigas. *CivilCAD3000* permite visualizar la comprobación mediante una gráfica, y / o mediante un informe. Para ello, cuando se selecciona la opción de *ELS Fisuración*, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.3.3-1 con las opciones genéricas de salida de resultados, de las cuales, en este caso están activas las opciones de *Gráfica*, y de *Informe*.



Figura 4.3.3-1: Opciones de Consulta de resultados.

Al seleccionar la opción aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.3.3-2 en que se deben seleccionar:

- las combinaciones que se deseen visualizar.
- los parámetros de la comprobación a mostrar.

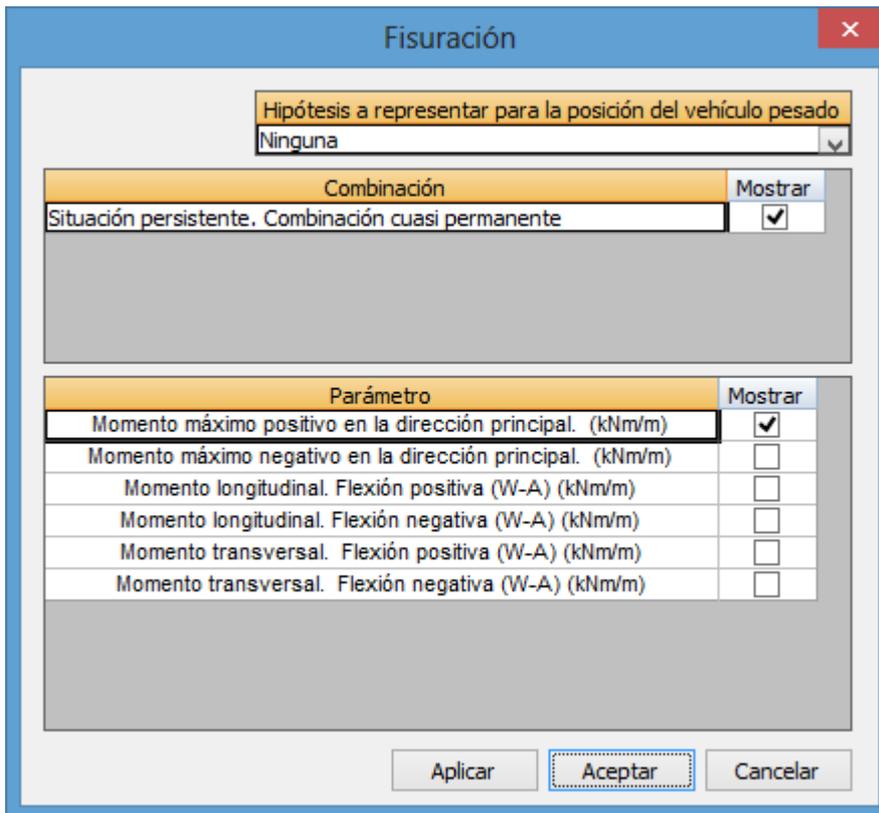


Figura 4.3.3-2: ELS Fisuración. Opciones de configuración.

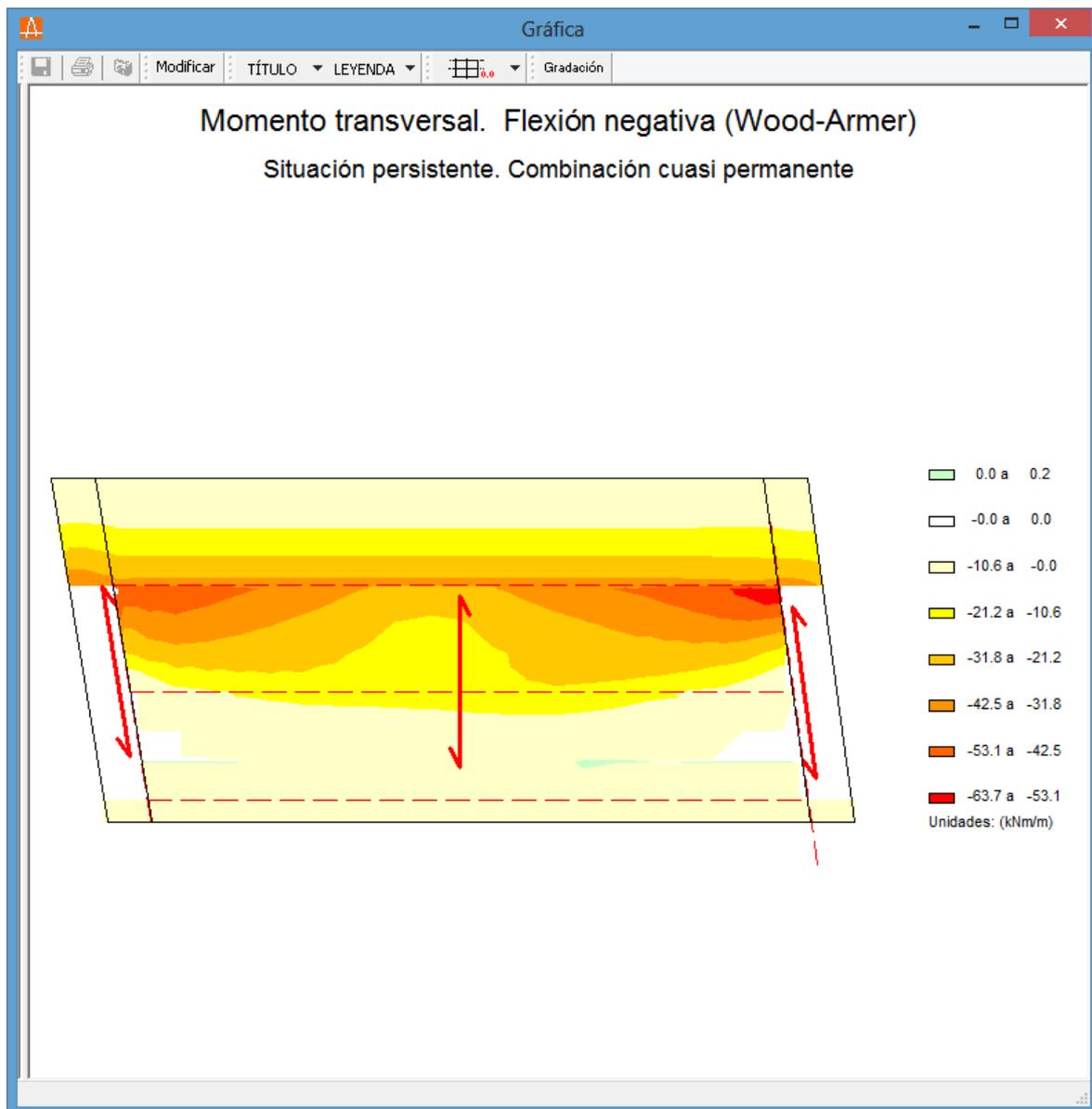


Figura 4.3.3-3: ELS Fisuración. Ejemplo de gráfica.

De forma alternativa, puede obtenerse un informe con la comprobación del ELS de fisuración. En tal caso, en el informe se detalla el cálculo de las aberturas de fisuras para cada una de las posiciones del despiece obtenido por el programa para la losa. Para ello se deben configurar las opciones del diálogo de la figura siguiente:

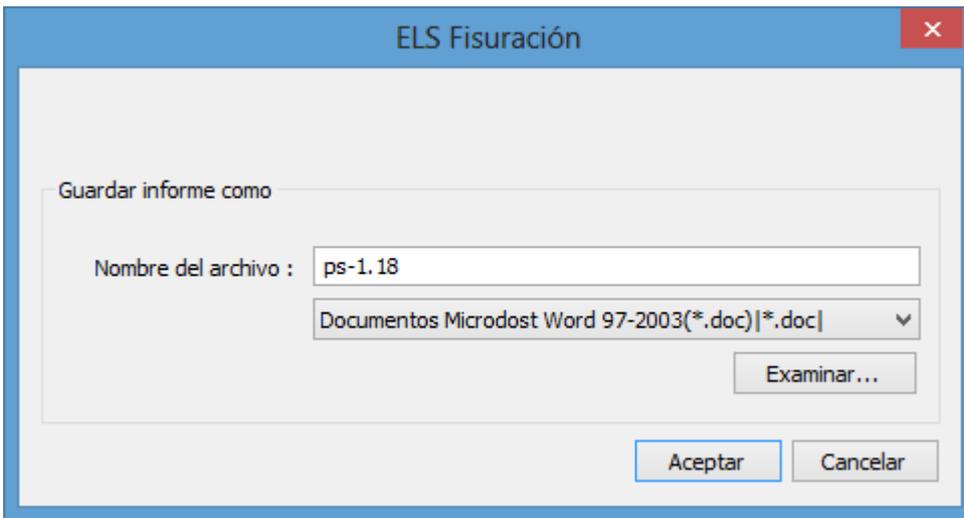


Figura 4.3.3-4: ELS Fisuración. Opciones de configuración del informe.

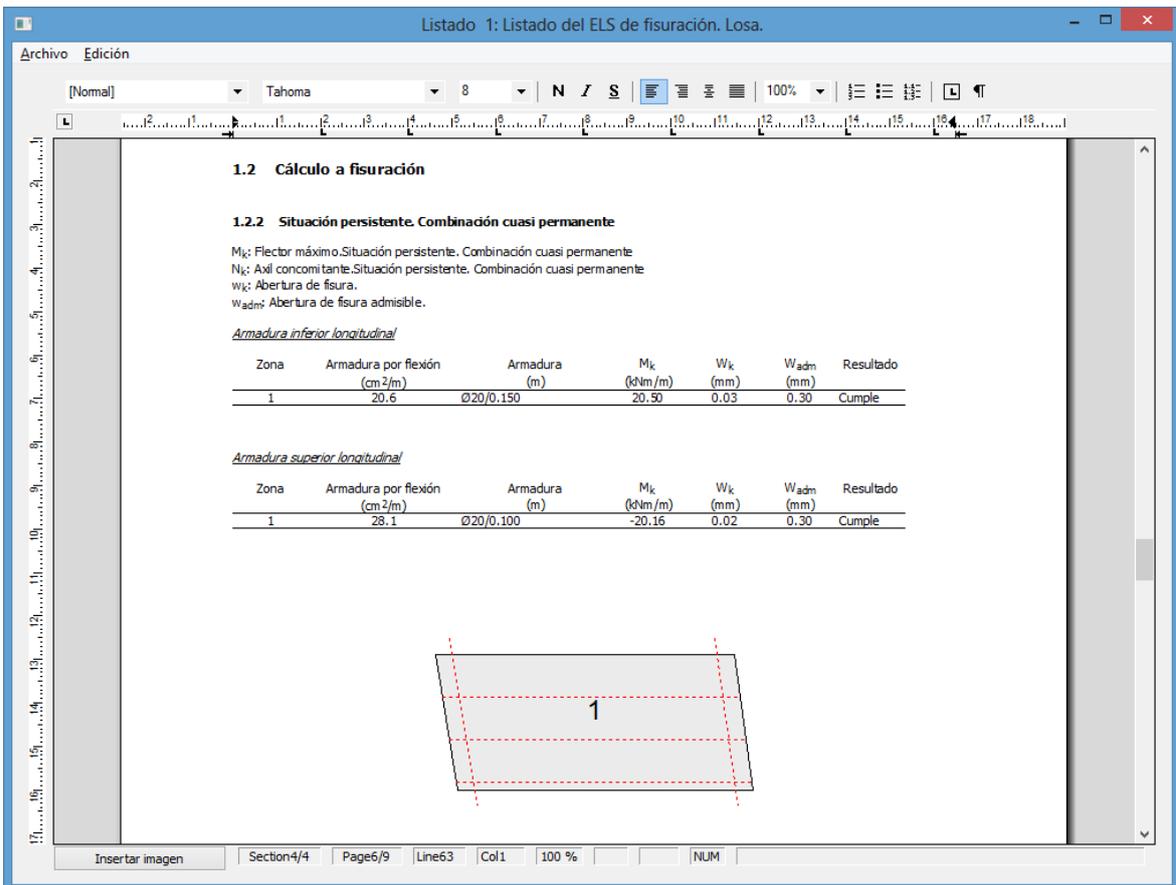


Figura 4.3.3-5: ELS Fisuración. Ejemplo de informe.

4.4 Orden *Generación del armado*

La opción *Generación del armado* permite consultar el despiece de la armadura de las vigas y de la losa. Ello se hace mediante el diálogo que se muestra en la Figura 4.4-1.

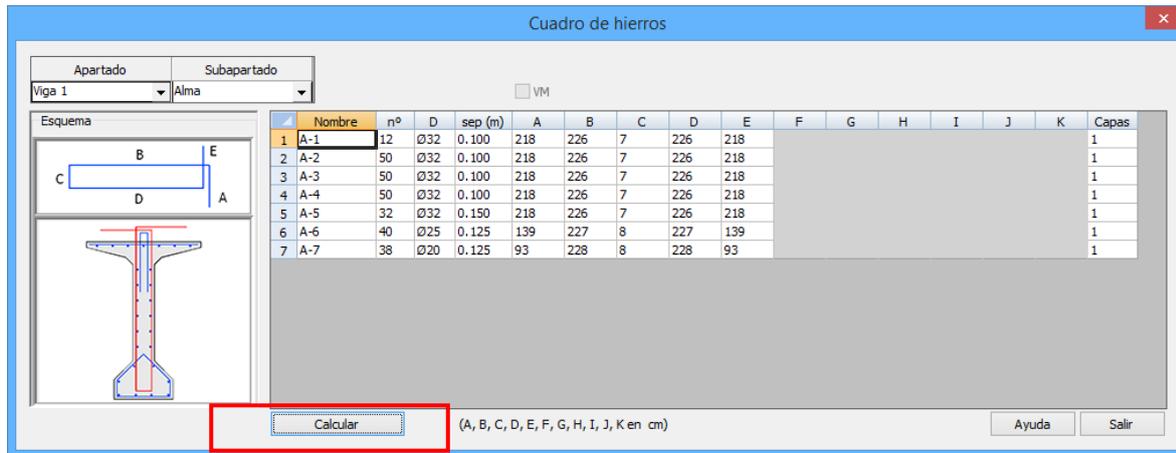


Figura 4.4-1: Mapa Diálogo de consulta del despiece.

Una vez realizados todos los cálculos este diálogo muestra el número de barras, el diámetro y las dimensiones de todas las barras que conforman el armado de las vigas y de la losa. Si con anterioridad no se hubiesen ejecutado todos los cálculos estos deberán ejecutarse mediante el botón *Calcular* dispuesto en la parte inferior del diálogo (ver Figura 4.4-1).

En la parte superior del diálogo se debe seleccionar el *Apartado* y *Subapartado* del despiece que se desea visualizar. Los apartados son cada una de las vigas que forman el tablero y la losa. Los subapartados de cada viga son los siguientes:

- El alma.
- El ala inferior.
- El ala superior.
- Rasante viga-losa.
- Armaduras perimetrales.
- Armaduras de refuerzo de rotura por flexión.
- Armaduras de refuerzo en los anclajes del postensado.
- Armaduras de refuerzo en los extremos de las vigas.

En el caso de la losa los subapartados corresponden a:

- Armadura transversal inferior.
- Armadura transversal superior.
- Armadura longitudinal inferior.
- Armadura longitudinal superior.
- Armadura de cortante.
- Armadura de los zunchos (junto a los ejes de apoyo).
- Armadura de borde (junto a los contornos izquierdos y derecho).

NOTA: los subapartados anteriores se generarán siempre que sus respectivas armaduras existan.

Este diálogo permite consultar el despiece pero no modificarlo. Para cambiar el despiece hay que abrir los diálogos de configuración de las opciones de armado.

4.5 Orden *Cálculo de la prueba de carga*

La opción *Prueba de carga* permite obtener un informe con la memoria de cálculo de la prueba de carga. Para ello, en el siguiente diálogo es necesario introducir el nombre del documento y seleccionar el formato del documento.

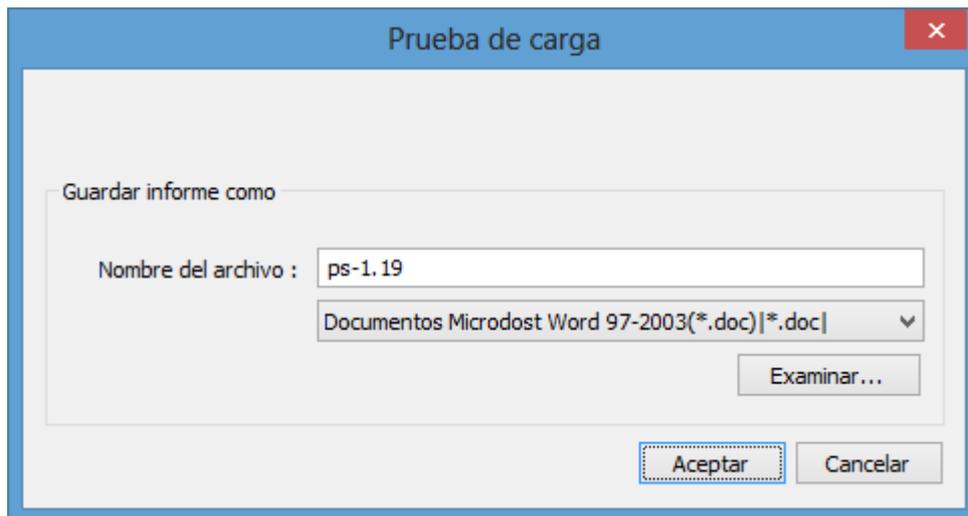


Figura 4.5-1: Cálculo de la prueba de carga. Opciones de configuración del informe.

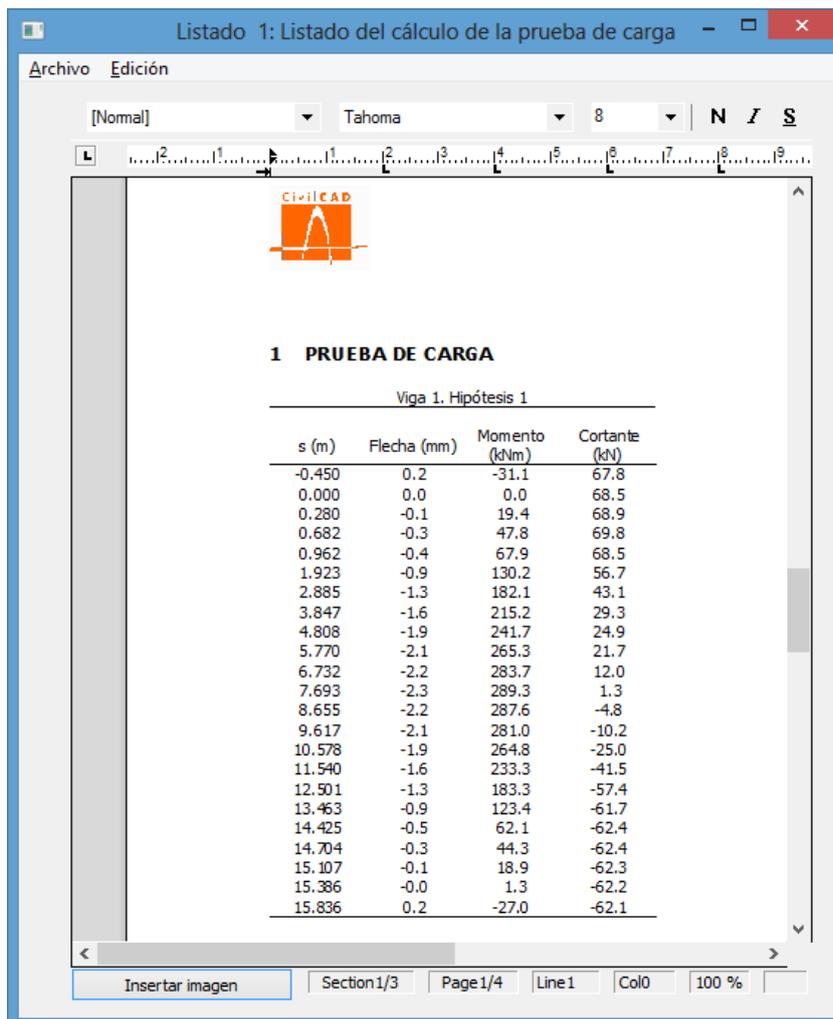


Figura 4.5-2: Cálculo de la prueba de carga. Ejemplo de informe.

4.6 Órdenes del grupo *Cálculo de Reacciones*

4.6.1 Orden *Reacciones por viga. Valores característicos.*

La opción de *Reacciones por viga. Valores característicos* permite visualizar los valores de las reacciones mínimas y máximas en cada apoyo de cada viga. Cuando se selecciona la opción, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.6.1-1 con los parámetros posibles siguientes:

- Acciones a visualizar.
- Tipos de valores (mínimos o máximos).

Los valores obtenidos no son concomitantes entre sí, se corresponden con los mínimos y máximos valores en cada apoyo de cada viga.

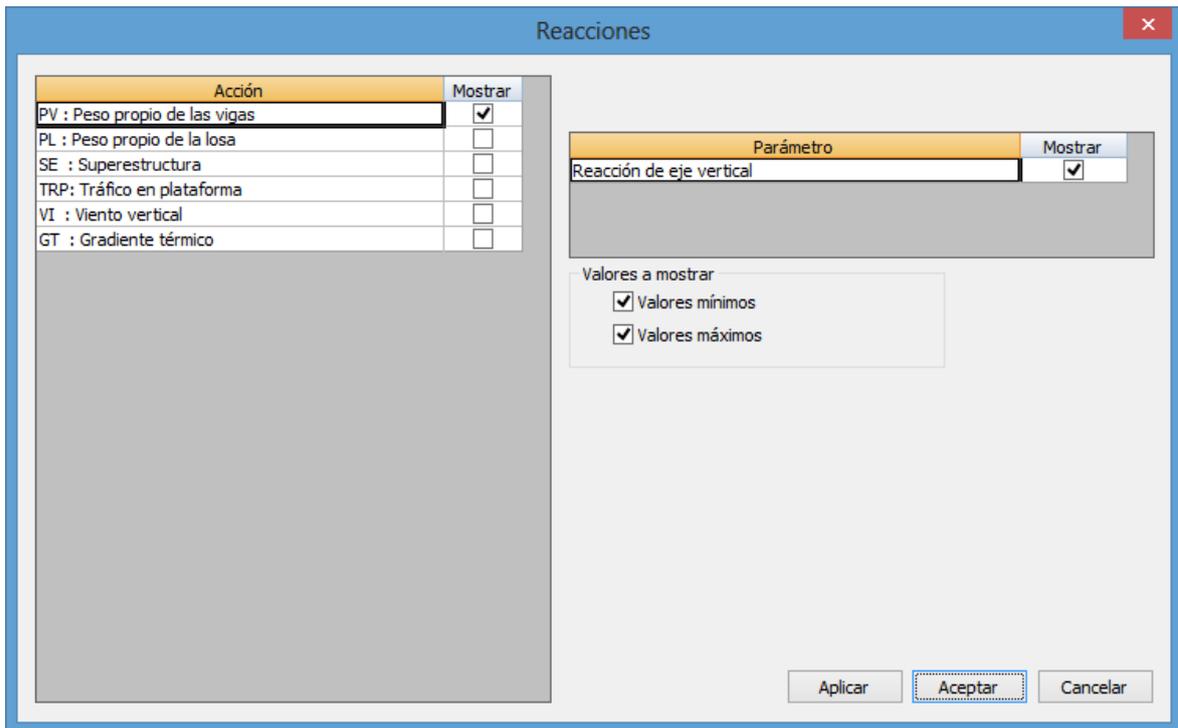


Figura 4.6.1-1: Opciones de configuración.

Reacciones en vigas en el eje 1 y en el eje 2					
Reacción de eje vertical (t)					
PV : Peso propio de las vigas					
Reacción de eje vertical					
		Valores mínimos		Valores máximos	
		Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2
Apoyo	PV	PV	PV	PV	PV
1	1	23.4	23.4	23.4	23.4
2	2	23.4	23.4	23.4	23.4

Figura 4.6.1-2: Cálculo de reacciones. Ejemplo del diálogo de consulta.

4.6.2 Orden *Reacciones por viga. Valores de combinación.*

La opción de *Reacciones por viga. Valores combinados* permite visualizar los valores de las reacciones mínimas y máximas en cada apoyo de cada viga. Cuando se selecciona la opción, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.6.2-1 con los parámetros posibles de configuración siguientes:

- Combinaciones e instantes a visualizar.
- Tipos de valores (mínimos o máximos).

Los valores obtenidos no son concomitantes entre sí, se corresponden con los mínimos y máximos valores en cada apoyo de cada viga.

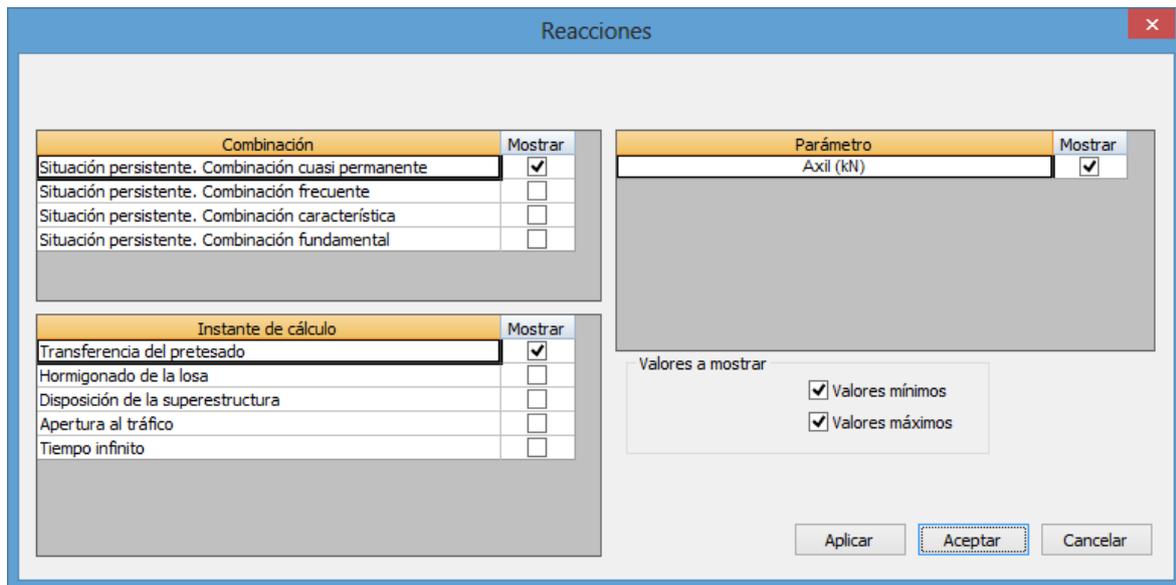


Figura 4.6.2-1: Opciones de configuración.

Reacciones en el Eje 1 y en el Eje 2 de apoyos (t), (mt)					
Reacción de eje vertical (t)					
C1: Combinación cuasi permanente. Tiempo infinito					
Reacción de eje vertical					
		Valores mínimos		Valores máximos	
		Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2
Apoyo		C1	C1	C1	C1
1	1	264.3	203.7	732.9	608.4
2	2	244.0	193.4	691.0	587.1

Figura 4.6.2-2: Cálculo de reacciones. Ejemplo del diálogo de consulta.

4.6.3 Orden *Reacciones por eje de cimentación. Valores característicos.*

La opción de *Reacciones por eje de cimentación. Valores característicos* permite visualizar los valores de las reacciones mínimas y máximas en cada eje de apoyos del tablero de vigas. Cuando se selecciona la opción, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.6.3-1 con los parámetros posibles siguientes de configuración:

- Acciones a visualizar.
- Tipos de valores (mínimos o máximos).

Los valores obtenidos para cada apoyo son concomitantes entre sí, se corresponden con los valores en cada apoyo de cada viga que dan lugar a los mínimos y máximos valores de reacción de eje vertical, así como los mínimos y máximos valores de momento

longitudinal. El momento longitudinal está calculado en torno al eje longitudinal del puente de vigas.

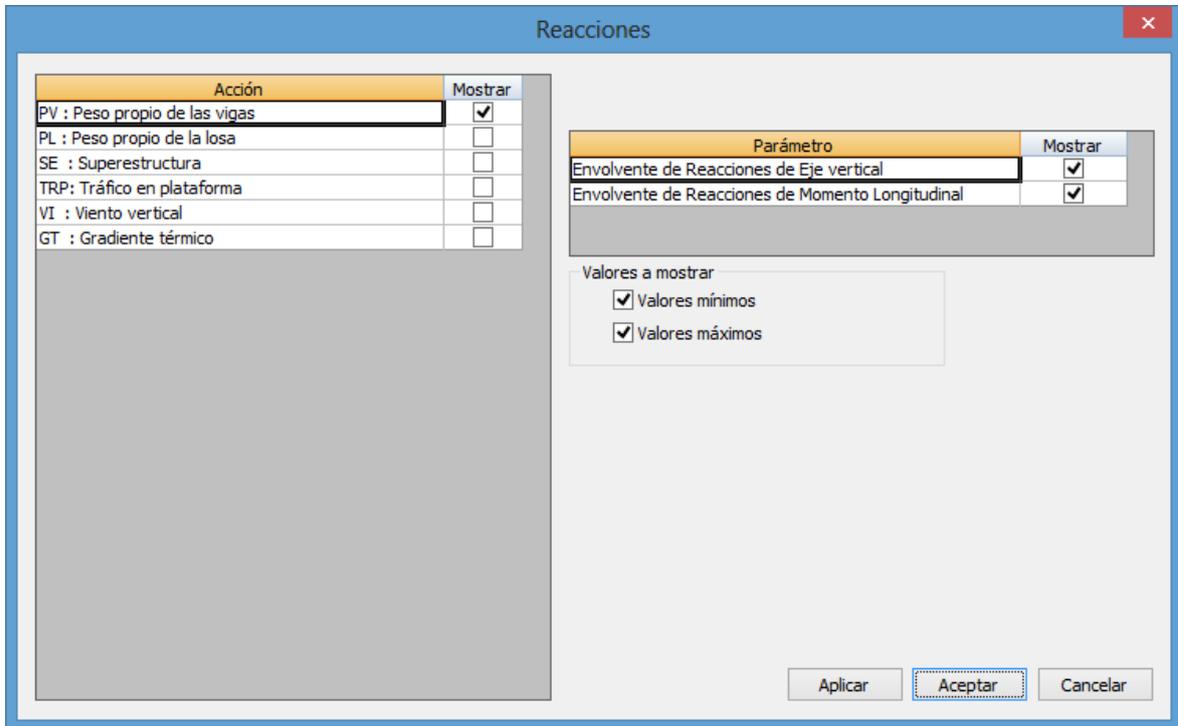
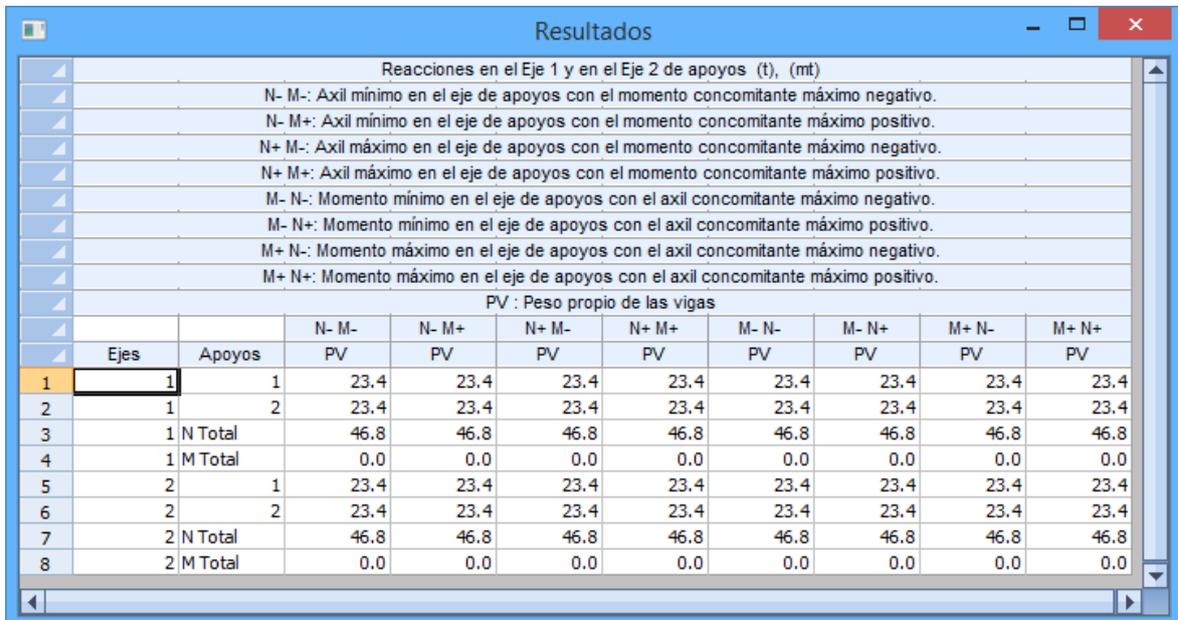


Figura 4.6.3-1: Opciones de configuración.



Reacciones en el Eje 1 y en el Eje 2 de apoyos (t), (mt)										
N- M-: Axil mínimo en el eje de apoyos con el momento concomitante máximo negativo.										
N- M+: Axil mínimo en el eje de apoyos con el momento concomitante máximo positivo.										
N+ M-: Axil máximo en el eje de apoyos con el momento concomitante máximo negativo.										
N+ M+: Axil máximo en el eje de apoyos con el momento concomitante máximo positivo.										
M- N-: Momento mínimo en el eje de apoyos con el axil concomitante máximo negativo.										
M- N+: Momento mínimo en el eje de apoyos con el axil concomitante máximo positivo.										
M+ N-: Momento máximo en el eje de apoyos con el axil concomitante máximo negativo.										
M+ N+: Momento máximo en el eje de apoyos con el axil concomitante máximo positivo.										
PV : Peso propio de las vigas										
Ejes	Apoyos	N- M-	N- M+	N+ M-	N+ M+	M- N-	M- N+	M+ N-	M+ N+	
		PV								
1	1	1	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4
2	1	2	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4
3	1 N Total		46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8
4	1 M Total		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	2	1	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4
6	2	2	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4
7	2 N Total		46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8
8	2 M Total		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Figura 4.6.3-2: Cálculo de reacciones. Ejemplo del diálogo de consulta.

4.6.4 Orden *Reacciones por eje de cimentación. Valores de combinación.*

La opción de *Reacciones por eje de cimentación. Valores combinados* permite visualizar los valores de las reacciones mínimas y máximas en cada eje de apoyos del tablero de vigas. Cuando se selecciona la opción, aparece en pantalla el diálogo de la Figura 4.6.4-1 con los parámetros posibles siguientes:

- Combinaciones e instantes a visualizar.
- Tipos de valores (mínimos o máximos).

Los valores obtenidos para cada apoyo son concomitantes entre sí, se corresponden con los valores en cada apoyo de cada viga que dan lugar a los mínimos y máximos valores de reacción de eje vertical, así como los mínimos y máximos valores de momento longitudinal. El momento longitudinal está calculado en torno al eje longitudinal del puente de vigas.

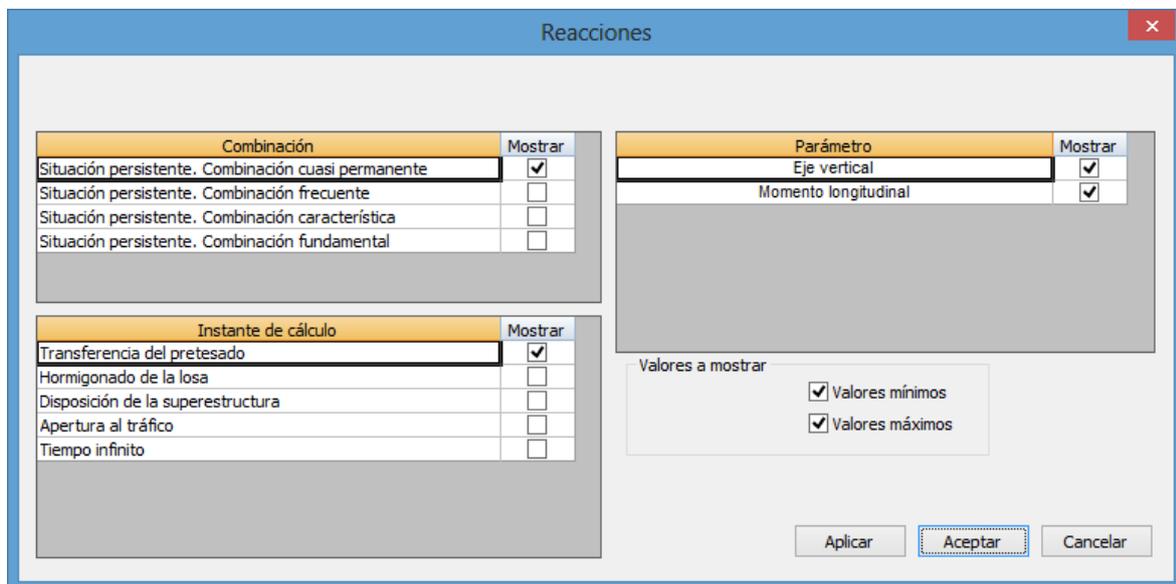


Figura 4.6.4-1: Opciones de configuración.

Resultados

Reacciones en el Eje 1 y en el Eje 2 de apoyos (t), (mt)

N- M-: Axil mínimo en el eje de apoyos con el momento concomitante máximo negativo.
 N- M+: Axil mínimo en el eje de apoyos con el momento concomitante máximo positivo.
 N+ M-: Axil máximo en el eje de apoyos con el momento concomitante máximo negativo.
 N+ M+: Axil máximo en el eje de apoyos con el momento concomitante máximo positivo.
 M- N-: Momento mínimo en el eje de apoyos con el axil concomitante máximo negativo.
 M- N+: Momento mínimo en el eje de apoyos con el axil concomitante máximo positivo.
 M+ N-: Momento máximo en el eje de apoyos con el axil concomitante máximo negativo.
 M+ N+: Momento máximo en el eje de apoyos con el axil concomitante máximo positivo.

C1: Combinación cuasi permanente. Transferencia del pretelado

Ejes	Apoyos	N- M- C1	N- M+ C1	N+ M- C1	N+ M+ C1	M- N- C1	M- N+ C1	M+ N- C1	M+ N+ C1
1	1	35.1	35.1	81.9	81.9	35.1	35.1	81.9	81.9
2	1	35.1	35.1	81.9	81.9	81.9	81.9	35.1	35.1
3	1 N Total	70.2	70.2	163.8	163.8	117.0	117.0	117.0	117.0
4	1 M Total	0.0	0.0	0.0	0.0	-64.3	-64.3	64.3	64.3
5	2	35.1	35.1	81.9	81.9	35.1	35.1	81.9	81.9
6	2	35.1	35.1	81.9	81.9	81.9	81.9	35.1	35.1
7	2 N Total	70.2	70.2	163.8	163.8	117.0	117.0	117.0	117.0
8	2 M Total	0.0	0.0	0.0	0.0	-64.3	-64.3	64.3	64.3

Figura 4.6.4-2: Cálculo de reacciones. Ejemplo del diálogo de consulta.

4.7 Orden Mediciones. Consulta

Desde esta opción, CivilCAD permite acceder a un diálogo de consulta donde aparecen las mediciones principales del tablero de vigas.

Mediciones

Apartado: Subapartado:

Viga 1

Coste :

Unidad	Medición	n	a	b	c	Precio	Total

Figura 4.7-1: Cálculo de mediciones. Ejemplo del diálogo de consulta.

5 SALIDA DE RESULTADOS

La opción *Salida* permite obtener la memoria de cálculo de la estructura y los planos de geometría y armado de la misma.

Están agrupadas en 3 apartados: la memoria de cálculo, planos y Mediciones.

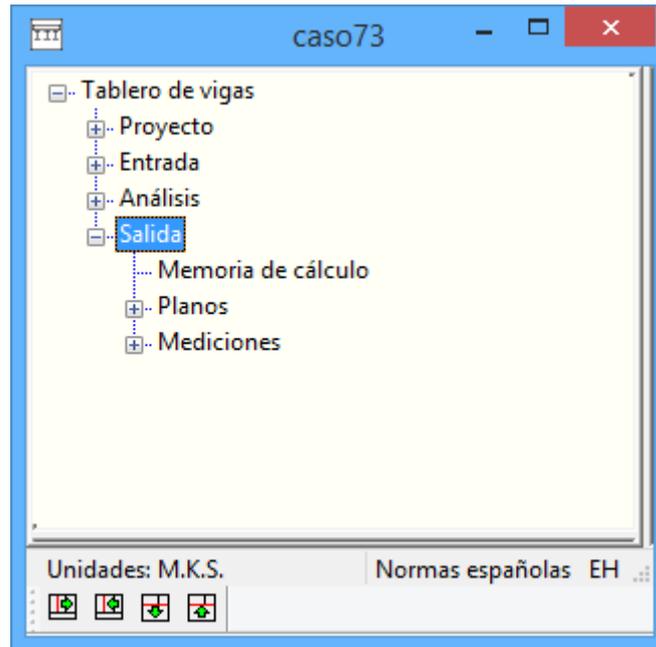


Figura 5-1: Opciones de salida de resultados.

5.1 Orden *Memoria de cálculo*

Al seleccionar la opción *Memoria de cálculo*, aparece en pantalla la ventana de la Figura 5.1-1 que permite configurar el contenido de la memoria de cálculo.

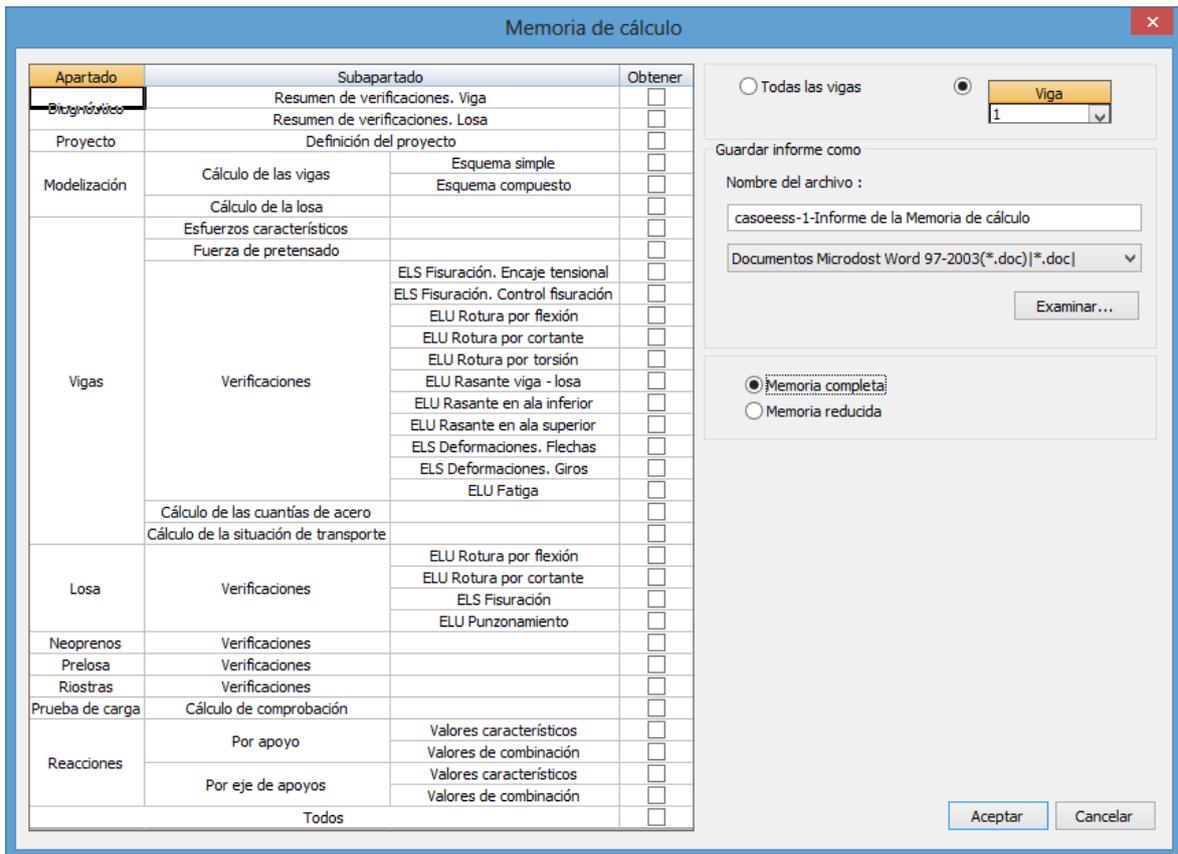


Figura 5.1-1: Configuración de la memoria de cálculo.

En la parte superior el usuario puede seleccionar la opción de generar la memoria de todas las vigas o de una sola viga.

A continuación deberá seleccionar las opciones que desea generar en el informe, las cuales se relacionan a continuación:

Resumen de verificaciones: Esta opción generará un resumen del cumplimiento o no de cada una de las verificaciones (flexión, fisuración, cortante, torsión, rasante, deformaciones y obtención del despiece). Permite un chequeo rápido de si se verifican todos los estados límite. A modo de ejemplo se muestra un resumen de verificaciones para una viga.

Viga 1		
Comprobación de fisuración		
Estado límite de Servicio	Combinación de Servicio I	Cumple
	Combinación de Servicio III	Cumple
Comprobación de rotura por flexión		
Estado límite de Resistencia	Combinación de Resistencia I	Cumple
	Combinación de Resistencia II	Cumple
	Combinación de Resistencia III	Cumple

	Combinación de Resistencia V	Cumple
Comprobación de rotura por cortante		
Estado límite de Resistencia	Combinación de Resistencia I	Cumple
	Combinación de Resistencia II	Cumple
	Combinación de Resistencia III	Cumple
	Combinación de Resistencia V	Cumple
Comprobación de rotura por torsión		
Estado límite de Resistencia	Combinación de Resistencia I	Cumple
	Combinación de Resistencia II	Cumple
	Combinación de Resistencia III	Cumple
	Combinación de Resistencia V	Cumple
Comprobación de rotura por rasante		
Estado límite de Resistencia	Combinación de Resistencia I	Cumple
	Combinación de Resistencia II	Cumple
	Combinación de Resistencia III	Cumple
	Combinación de Resistencia V	Cumple
Comprobación de deformaciones		
Estado límite de Servicio	Combinación de Servicio I	Cumple
	Combinación de Servicio III	Cumple
Obtención del despiece de la armadura		
Generación del armado	.	Cumple

Figura 5.1-2: Ejemplo del Resumen de verificaciones.

Definición del proyecto: Esta opción incorporará al informe la definición completa de la estructura, en relación a su geometría, cargas, coeficientes de seguridad, materiales y criterios de cálculo. Se reproducirán todos los valores definidos en la entrada de datos.

Modelización: Esta opción incorporará al informe la definición de los 3 modelos de cálculo utilizados en el cálculo para la obtención de los esfuerzos en las vigas (en sección simple o compuesta) y en la losa.

Esfuerzos característicos correspondientes a cada acción / Esfuerzos en las vigas: Esta opción incorpora al informe los esfuerzos característicos de cada una de las acciones por separado que actúan sobre las vigas. Se muestran mediante tablas numéricas.

Estado límite de servicio de fisuración / Verificación en las vigas: Permite agregar a la memoria el resultado del dimensionamiento a fisuración de las vigas, listando los esfuerzos

máximos, la armadura resultante y las aberturas de fisura obtenidas junto con las admisibles (o en el caso de la normativa AASHTO las separaciones entre barras).

Estado límite último de agotamiento frente a flexión / Verificación en las vigas: Incorpora a la memoria los esfuerzos flectores mayorados para cada situación y combinación que actúan sobre las vigas, así como las cuantías de cálculo obtenidas del dimensionamiento a flexión.

Estado límite último de agotamiento frente a cortante / Verificación en las vigas: Incorpora a la memoria los esfuerzos cortantes mayorados para cada situación y combinación que actúan sobre las vigas, así como las cuantías de cálculo obtenidas del dimensionamiento a cortante.

Estado límite último de agotamiento frente a torsión / Verificación en las vigas: Incorpora a la memoria los esfuerzos de torsión mayorados para cada situación y combinación que actúan sobre las vigas, así como las cuantías de cálculo obtenidas del dimensionamiento a torsión.

Estado límite último de agotamiento frente a rasante/ Verificación en las vigas: Incorpora a la memoria los esfuerzos rasantes mayorados para cada situación y combinación que actúan sobre las vigas, así como las cuantías de cálculo obtenidas del dimensionamiento a rasante. Se analizan los tres tipos de rasantes: rasante en viga losa, rasante en ala inferior, y rasante en el ala superior.

Estado límite de Servicio de deformaciones / Verificación en las vigas: Incorpora a la memoria las flechas y giros para cada acción y para cada situación y combinación sobre las vigas.

Estado límite Último de Fatiga en las vigas: Incorpora a la memoria la comprobación del ELU de Fatiga.

Cálculo de las cuantías de acero: Incorpora a la memoria las cuantías de cálculo de acero para cada viga debidas a cada uno de los conceptos (cortante, torsión, introducción del pretensado y rasante).

Cálculo de la situación de transporte: Incorpora a la memoria el cálculo de la situación de transporte y de la situación de izado de las vigas.

Estado límite último de agotamiento frente a flexión / Verificación en la losa: Incorpora a la memoria los esfuerzos flectores mayorados para cada situación y combinación que actúan sobre la losa, así como las cuantías de cálculo obtenidas del dimensionamiento a flexión.

Estado límite último de agotamiento frente a cortante / Verificación en la losa: Incorpora a la memoria los esfuerzos cortantes mayorados para cada situación y combinación que actúan sobre la losa, así como las cuantías de cálculo obtenidas del dimensionamiento a cortante.

Estado límite de servicio de fisuración / Verificación en la losa: Permite agregar a la memoria el resultado del dimensionamiento a fisuración de la losa, listando los esfuerzos máximos, la armadura resultante y las aberturas de fisura obtenidas junto con las admisibles (o en el caso de la normativa AASHTO las separaciones entre barras).

Estado límite último de agotamiento frente a punzonamiento/ Verificación en la losa: Incorpora a la memoria los esfuerzos de fisuración mayorados para cada situación y combinación que actúan sobre la losa, así como las cuantías de cálculo obtenidas del dimensionamiento a punzonamiento.

Cálculo de los neoprenos: opción no disponible en la versión actual del programa.

Cálculo de las prelosas: opción no disponible en la versión actual del programa.

Cálculo de la prueba de carga: incorpora la memoria de cálculo correspondiente a la prueba de carga.

Cálculo de las armaduras: incorpora a la memoria de cálculo correspondiente al cálculo de las armaduras en las vigas.

Cálculo de las reacciones por apoyo. Valores característicos: permite incorporar a la memoria de cálculo un listado con los valores de las reacciones características correspondientes a cada acción y sobre cada apoyo de las vigas.

Cálculo de las reacciones por apoyo. Valores de combinación: permite incorporar a la memoria de cálculo un listado con los valores de las reacciones combinadas correspondientes a cada situación y combinación y sobre cada apoyo de las vigas.

Cálculo de las reacciones por eje de cimentación. Valores característicos: permite incorporar a la memoria de cálculo un listado con los valores de las reacciones características correspondientes a cada acción y sobre cada eje de cimentación del tablero.

Cálculo de las reacciones por eje de cimentación. Valores de combinación: permite incorporar a la memoria de cálculo un listado con los valores de las reacciones combinadas correspondientes a cada situación y combinación y sobre cada eje de cimentación del tablero.

Finalmente se debe introducir el nombre del archivo con el que se generará el informe y seleccionar su formato. El informe se grabará en la carpeta de trabajo.

5.2 Orden Planos

La opción Planos permite generar los planos de geometría y los planos de armadura de la estructura completa. En cada una de las opciones se generaran los planos en la ventana de dibujo (ventana de fondo negro). CivilCAD3000 genera los planos en un formato propio (DBX) aunque se pueden exportar a formato DXF.

A continuación se relacionan los distintos planos que pueden generarse.

5.2.1 Orden *Planos de definición geométrica*

5.2.1.1 Orden *Generación automática*

Genera de forma automática los planos de geometría del tablero. Genera tantos planos como sean necesarios para la definición completa de la geometría del tablero de vigas.

5.2.1.2 Orden *Planta de la viga*

Genera el plano de planta acotada de la viga seleccionada.

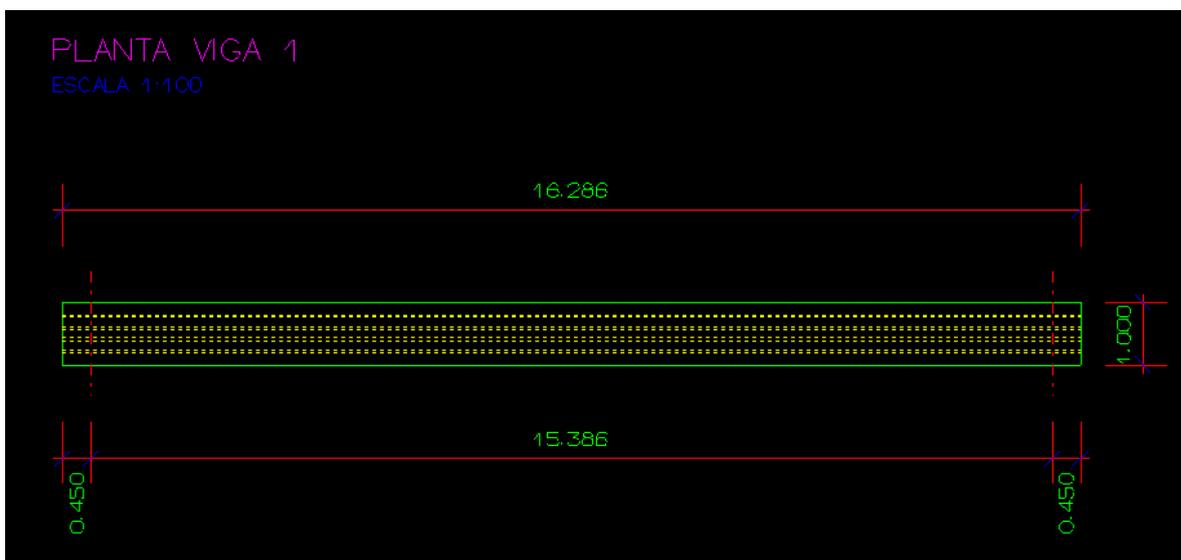


Figura 5.2.1.2-1: Figura *Planta de viga*

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la viga y la escala para su representación:



Figura 5.2.1.2-2: Diálogo de configuración

5.2.1.3 Orden *Alzado de la viga*

Genera el plano de alzado acotada de la viga seleccionada.

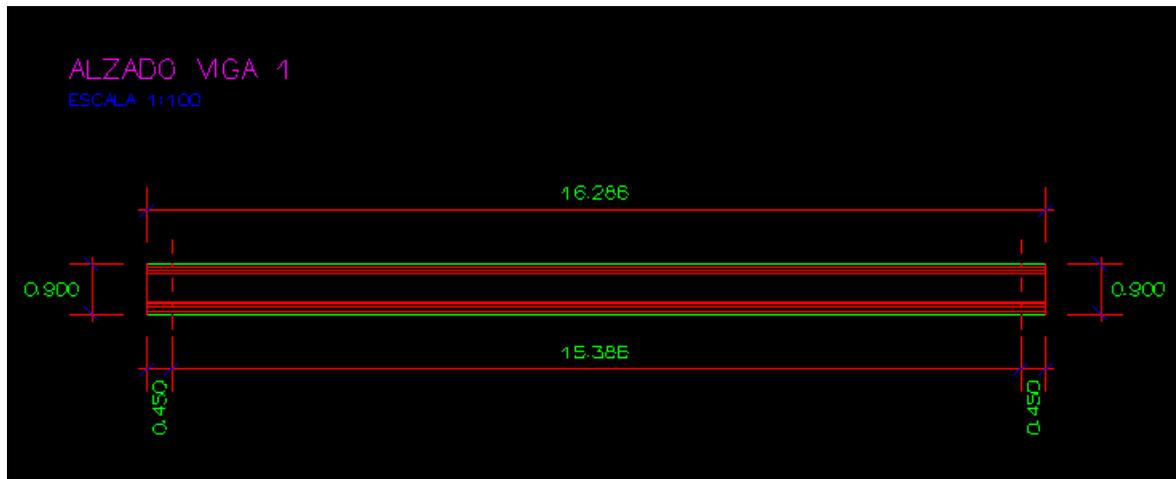


Figura 5.2.1.3-1: Figura *Alzado de viga*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la viga y la escala para su representación:

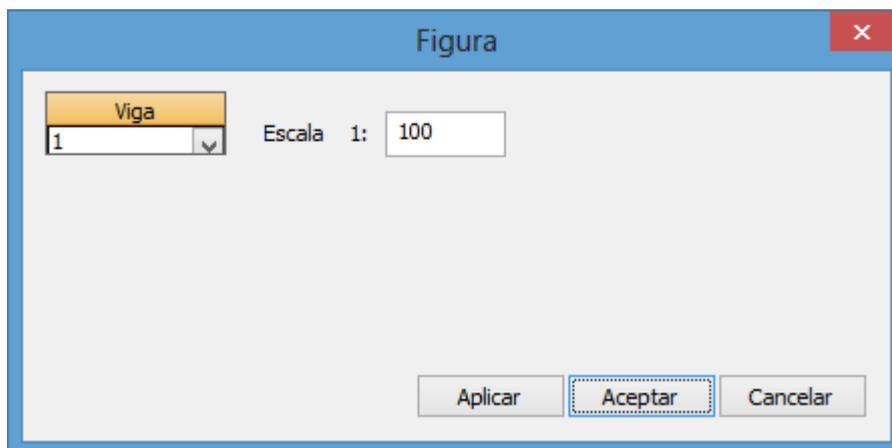


Figura 5.2.1.3-2: Diálogo de configuración.

5.2.1.4 Orden *Sección de la viga*

Genera el plano de alzado acotada de la viga seleccionada

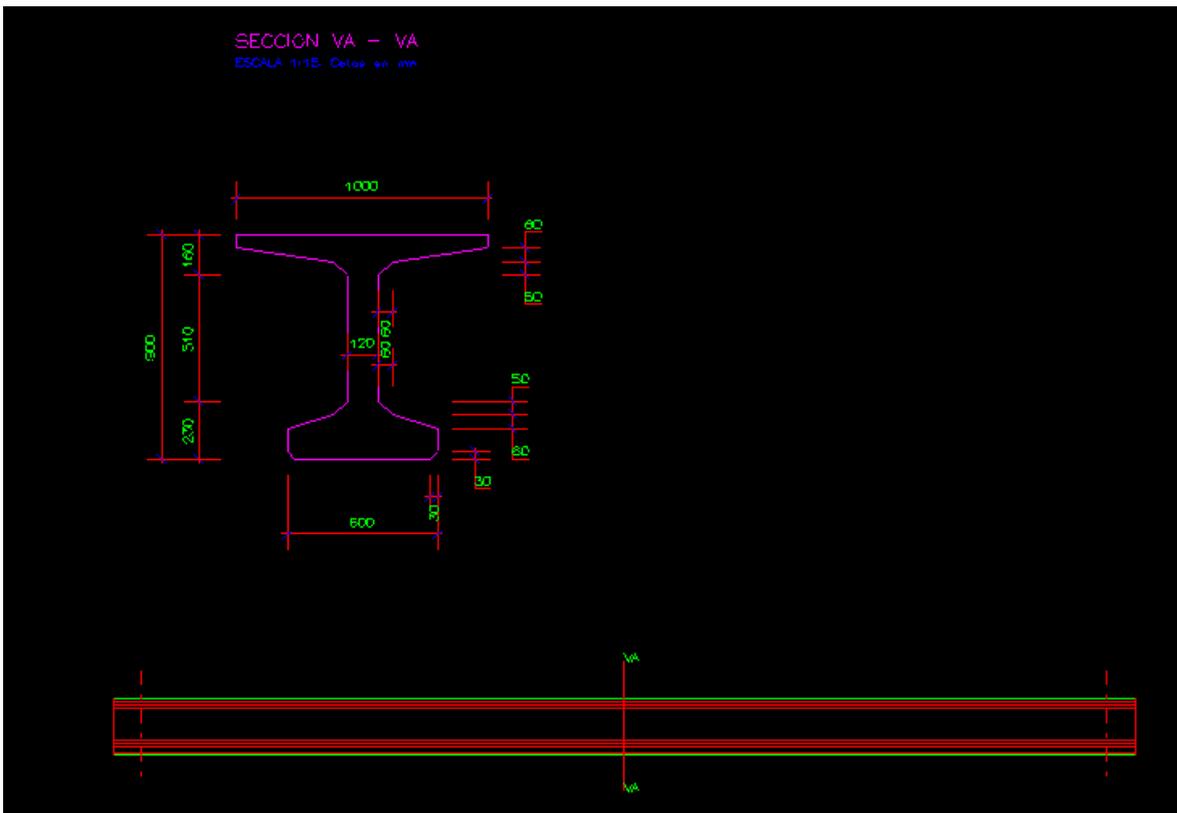


Figura 5.2.1.4-1: Figura *Sección de viga*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la viga y la escala para su representación. Además debe determinarse la sección de viga, definida a partir de la distancia al eje inicial de apoyos. Esta sección viene propuesta por el programa, o puede ser impuesta por el usuario:

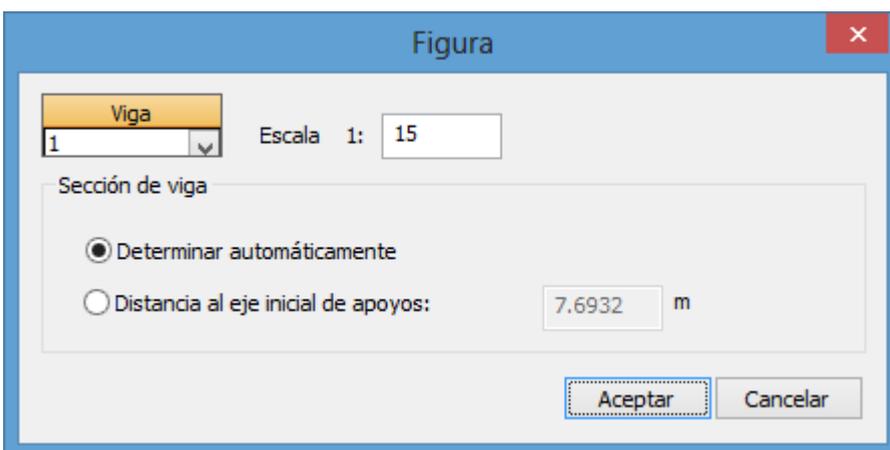


Figura 5.2.1.4-2: Diálogo de configuración.

5.2.1.5 Orden *Sección del tablero*

Genera el plano de la sección acotada del tablero.



Figura 5.2.1.5-1: Figura *Sección del tablero*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la escala para su representación. Además debe determinarse la sección de tablero, definida a partir de la fracción respecto a la longitud del tablero, en tanto por uno. Esta sección viene propuesta por el programa, o puede ser impuesta por el usuario:

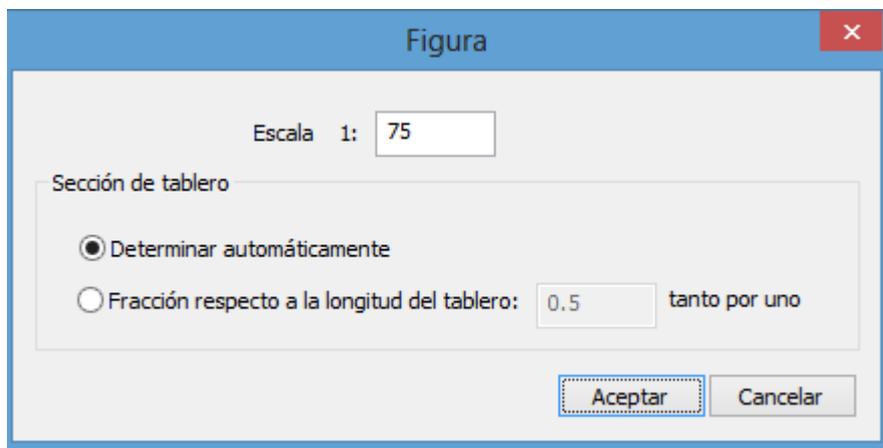


Figura 5.2.1.5-2: Diálogo de configuración.

5.2.1.6 Orden *Sección de las riostras*

Genera el plano de la sección acotada de las riostras.

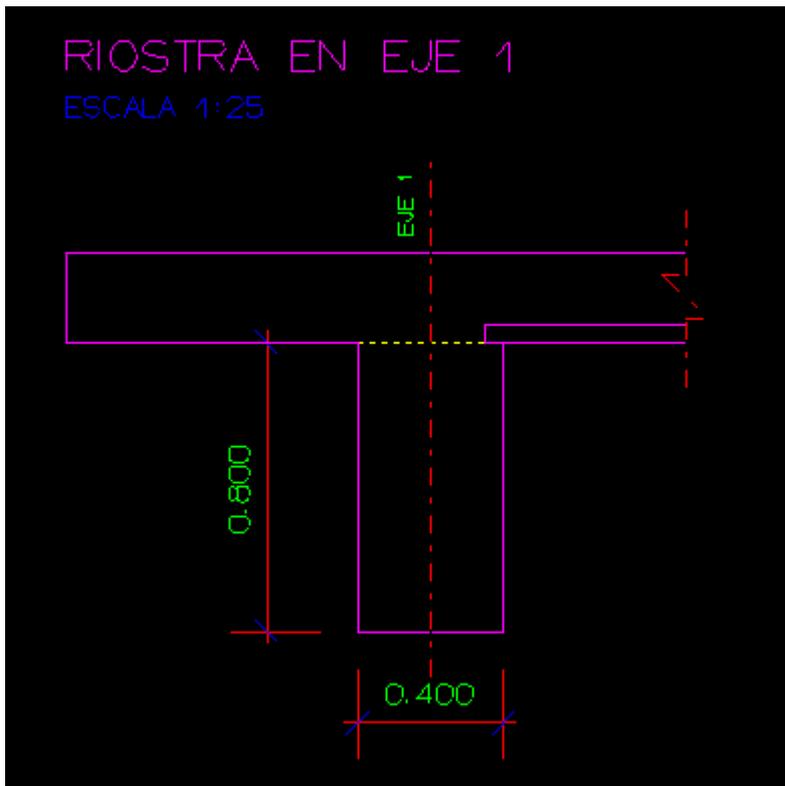


Figura 5.2.1.6-1: Figura *Sección de las riostras*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la escala para su representación.

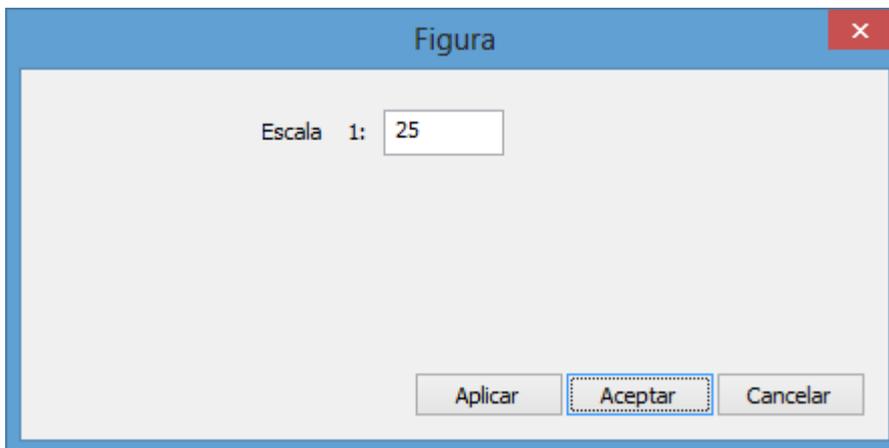


Figura 5.2.1.6-2: Diálogo de configuración.

5.2.1.7 Orden *Planta del tablero*

Genera el plano de la planta del tablero de vigas.

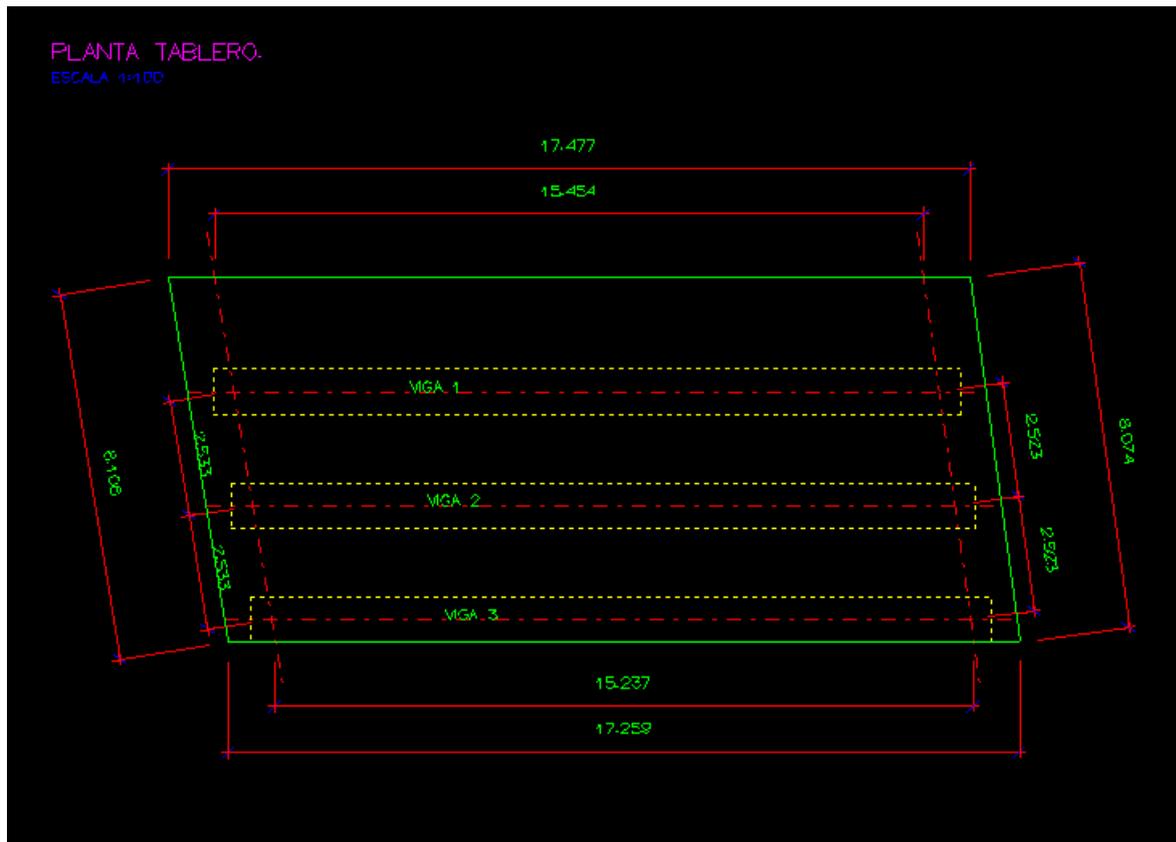


Figura 5.2.1.7-1: Figura *Planta del tablero*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la escala para su representación.

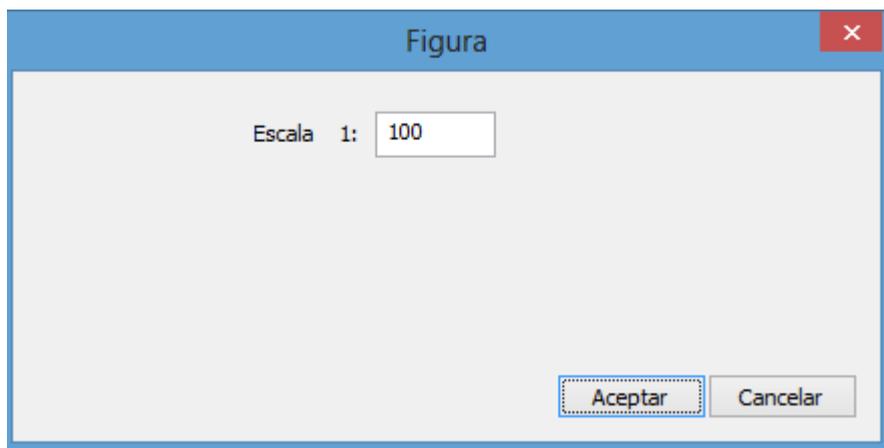


Figura 5.2.1.7-2: Diálogo de configuración.

5.2.1.8 Orden *Cuadro de materiales*

Cuadro de materiales: Esta opción permite generar el cuadro de materiales de cada uno de los elementos estructurales de la estructura, especificando la denominación según la normativa, su resistencia, la relación agua/cemento y el tipo de cemento que se ha considerado.

CUADRO DE MATERIALES						
MATERIAL	ELEMENTO	DENOMINACION	RESISTENCIA CARACTERISTICA (MPa)	MAXIMA RELACION AGUA CEMENTO a/c	CONTENIDO MINIMO DE CEMENTO (kg/m ³)	TIPO DE CEMENTO
HORMIGON	VGAS	HP-50/P/20/11 _b	50.0	0.55	300	CEM I
	LOSA	HA-25/P/20/11 _b	25.0	0.55	300	CEM II/A-S
	PRELOSA	HA-25/P/20/1	25.0	0.65	250	CEM I
ACERO PASIVO	VGAS	AP500 SD	500.0	—	—	CEM I
	LOSA	AP500 SD	500.0	—	—	CEM II/A-S
ACERO ACTIVO	PRETESADO VGAS	Y 1660 C	1670.0	—	—	CEM I

Figura 5.2.1.8-1: Cuadro de materiales.

5.2.2 Orden Planos de armaduras

La opción Planos de armadura permite generar todos los planos que definen completamente las armaduras de las vigas y de la losa.

5.2.2.1 Orden Generación automática

Esta opción permite generar de forma automática los planos de armadura de las distintas vigas que forman el tablero y de la losa. Se generan las secciones transversales de cada viga, así como el cuadro de recubrimientos geométricos.

5.2.2.2 Orden Planos de armaduras activas

5.2.2.2.1 Orden Sección de la viga

Genera el plano de la sección de viga con la acotación de los cordones de pretelado.

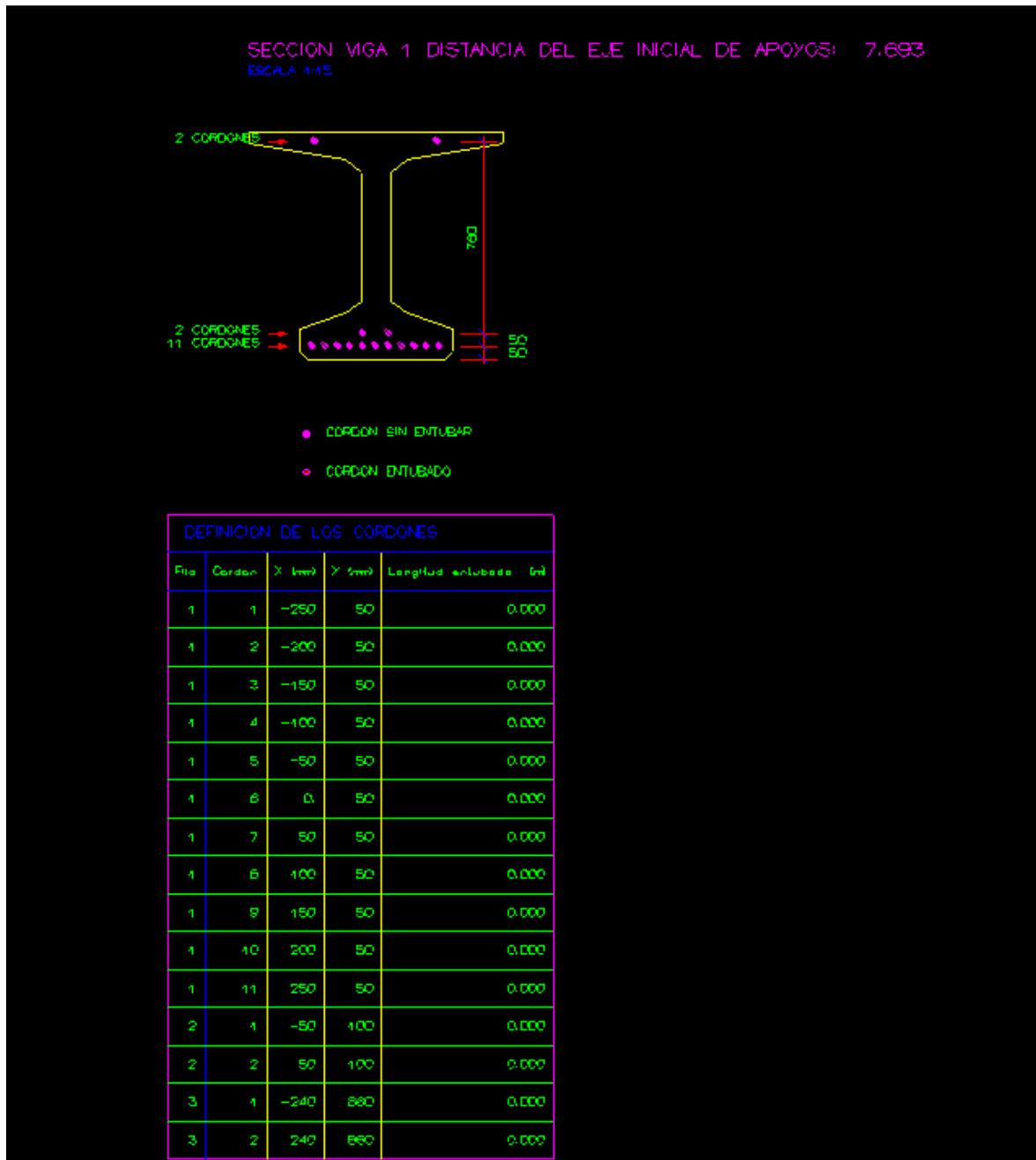


Figura 5.2.2.2.1-1: Figura *Sección de la viga*

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la escala para su representación y la viga. Además debe determinarse la sección de viga, definida a partir de la distancia al eje inicial de apoyos. Esta sección viene propuesta por el programa, o puede ser impuesta por el usuario:

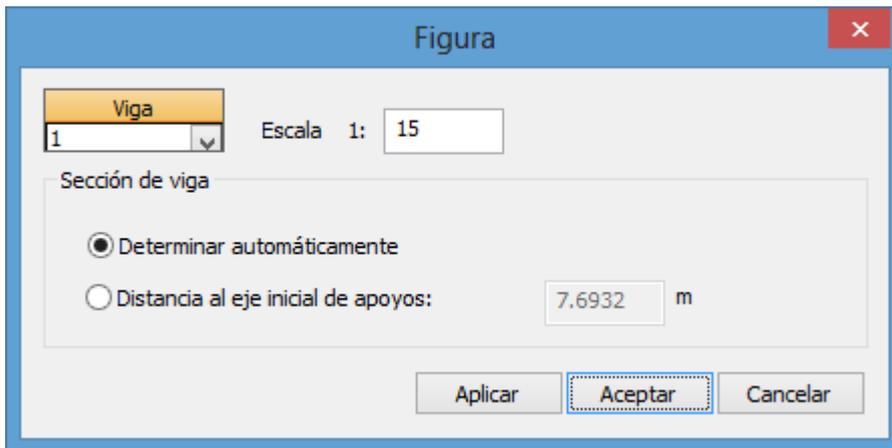


Figura 5.2.2.1-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.2.2 Orden *Sección longitudinal pretesado*

Genera el plano de la sección longitudinal de viga con la acotación de los cordones de pretesado.

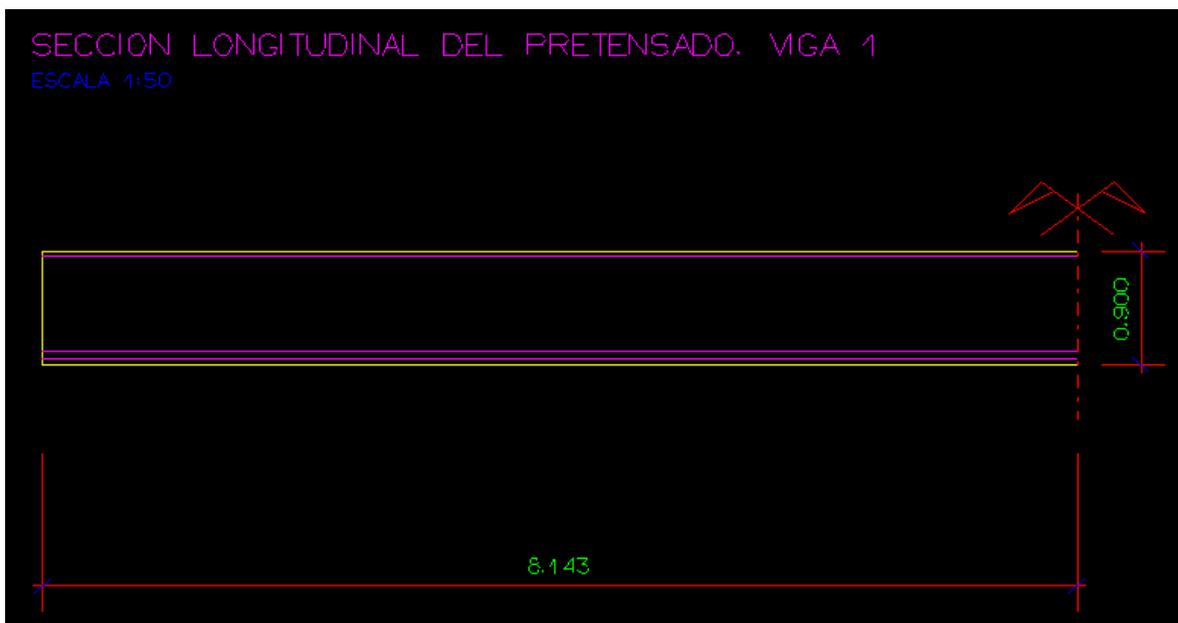


Figura 5.2.2.2-2: Figura *Sección longitudinal pretesado*

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la viga y la escala para su representación:

Figura 5.2.2.2.3-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.2.4 Orden *Detalle de los anclajes de postensado*

Genera el plano con la acotación de los detalles de los anclajes de postensado.

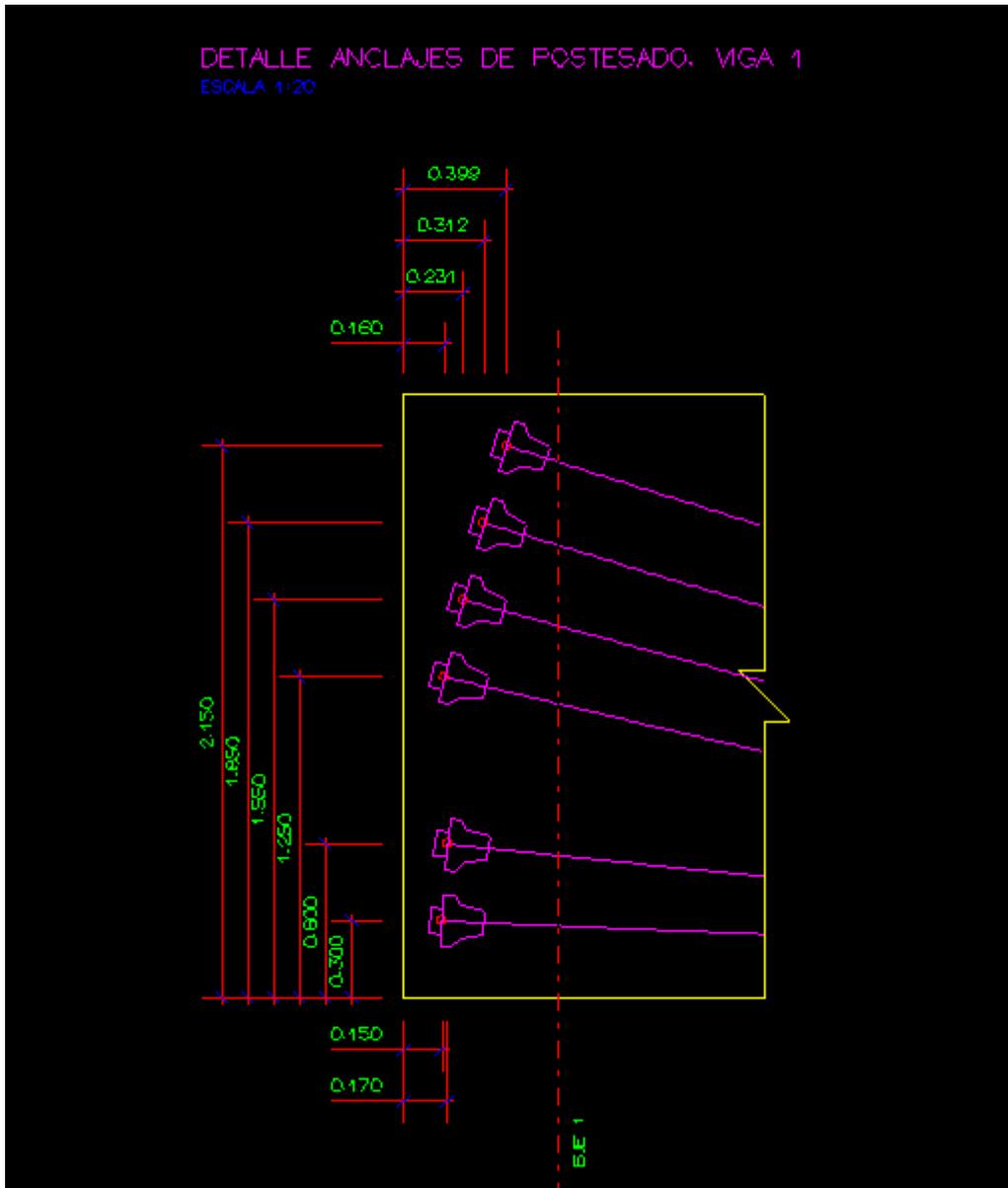


Figura 5.2.2.2.4-1: Figura *Detalle de los anclajes de postensado*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la viga y la escala para su representación:

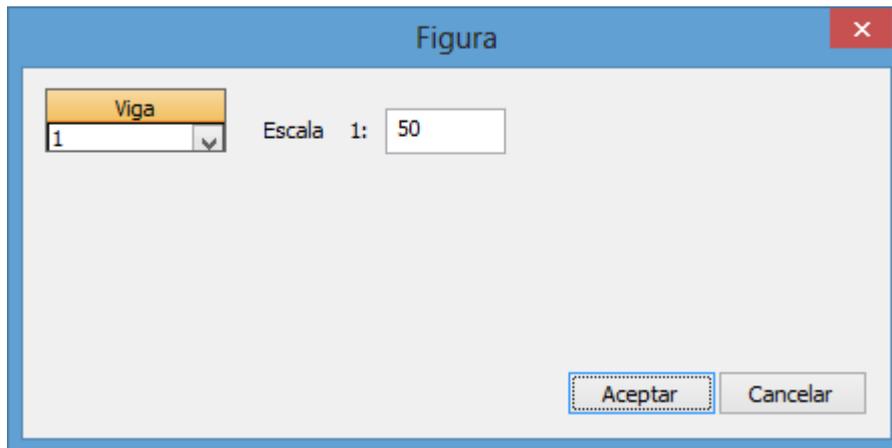


Figura 5.2.2.2.4-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.2.5 Orden *Cuadro de alargamientos*

Genera el cuadro con los alargamientos de los cables de postensado.

ALARGAMIENTOS VIGA 1				
Cable	Tendido A		Tendido B	
	Lado eje 1 (mm)	Lado eje 2 (mm)	Lado eje 1 (mm)	Lado eje 2 (mm)
1	116	0	159	0
2	116	0	160	0
3	116	0	161	0
4	119	0	163	0
5	122	0	166	0
6	124	0	167	0

LOS ALARGAMIENTOS LISTADOS CORRESPONDEN A LOS ALARGAMIENTOS PRODUCIDOS ANTES DEL ACORTAMIENTO POR PENETRACION DE CUÑAS
 LOS ALARGAMIENTOS CORRESPONDEN A LOS VALORES INCREMENTALES RESPECTO AL TENDIDO ANTERIOR
 EN PRIMER LUGAR SE TESA DESDE EL EJE 1 Y A CONTINUACION DESDE EL EJE 2

Figura 5.2.2.2.5-1: Figura *Cuadro de alargamientos*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la viga. También se da la posibilidad de escoger todas las vigas.

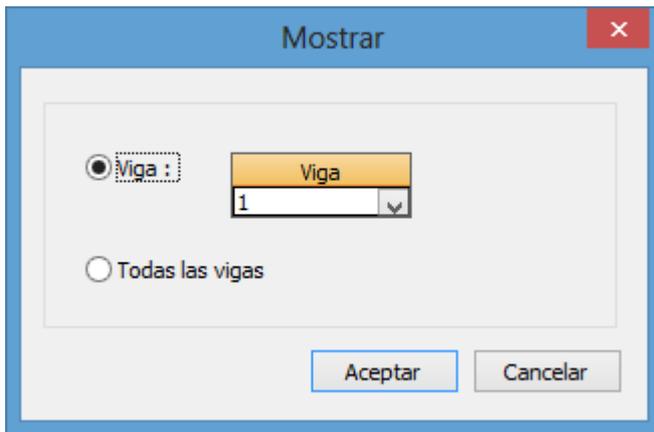


Figura 5.2.2.2.5-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.2.6 Orden *Cuadro de fases de postensado*

Genera el cuadro con las fases de postensado:

FASES DE POSTESADO

TESADO A:
 - El tesado A se realizara sobre la seccion de la viga atelada a los 3 dias del hormigonado de la viga, o cuando la resistencia del hormigon haya alcanzado la resistencia de 20716 kN/m².

TESADO B:
 - El tesado B se realizara sobre la seccion de la viga atelada a los 28 dias del hormigonado de la viga, o cuando la resistencia del hormigon haya alcanzado la resistencia de 40000 kN/m².

FUERZAS DE TESADO VIGA 1				
Cable	Tesado A		Tesado B	
Numero	Lado eje 1 (kN)	Lado eje 2 (kN)	Lado eje 1 (kN)	Lado eje 2 (kN)
1	579	0	1345	0
2	579	0	1345	0
3	579	0	1345	0
4	579	0	1345	0
5	579	0	1345	0
6	1158	0	2690	0

LAS FUERZAS DE TESADO DEL CUADRO ANTERIOR CORRESPONDEN A LA FUEZA TOTAL DE TESADO.
 EN PRIMER LUGAR SE TESA DESDE EL EJE 1 Y A CONTINUACION DESDE EL EJE 2

Figura 5.2.2.2.6-1: Figura *Cuadro de fases de postensado*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la viga. También se da la posibilidad de escoger todas las vigas.

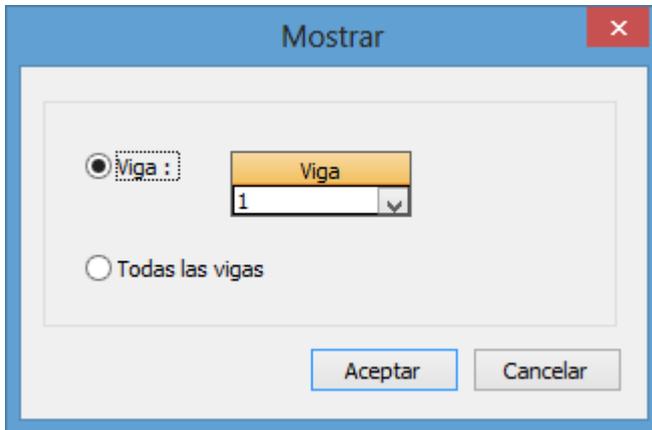


Figura 5.2.2.2.6-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.3 Orden Planos de armaduras pasivas

5.2.2.3.1 Orden Vigas. Alzado longitudinal

Genera el alzado longitudinal de la viga con las armaduras pasivas.

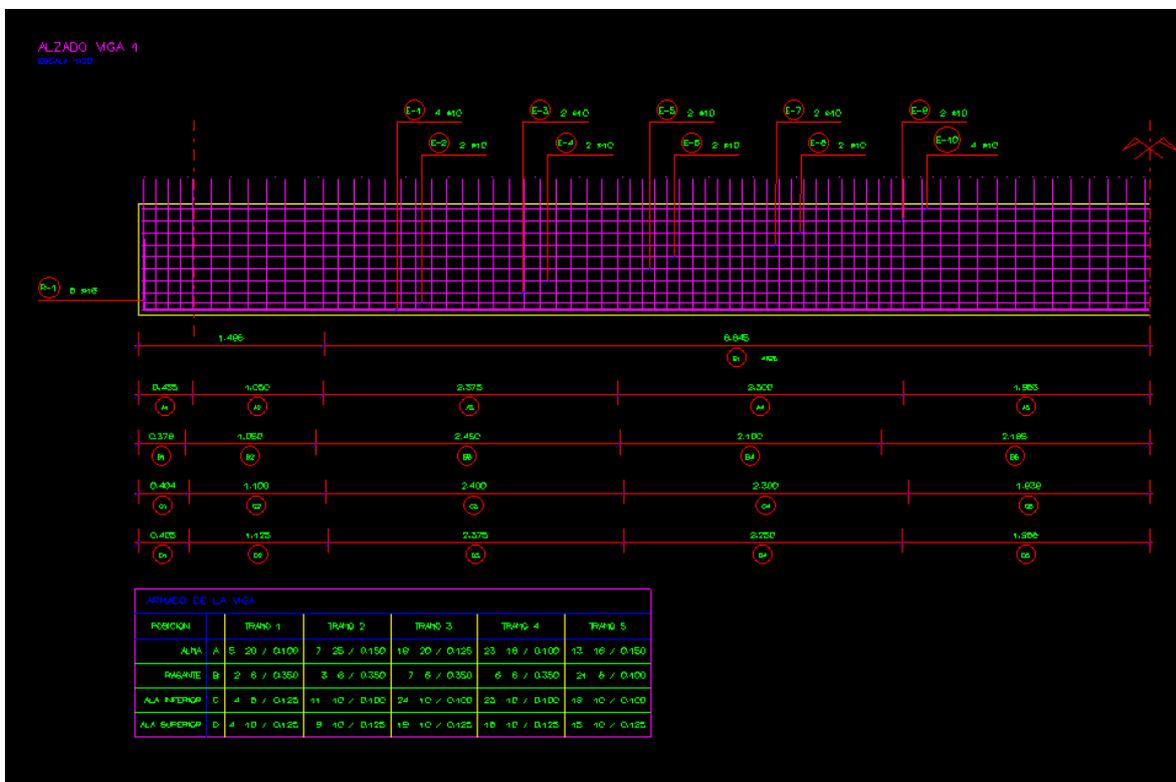


Figura 5.2.2.3.1-1: Figura Vigas. Alzado longitudinal.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la viga y la escala para su representación:

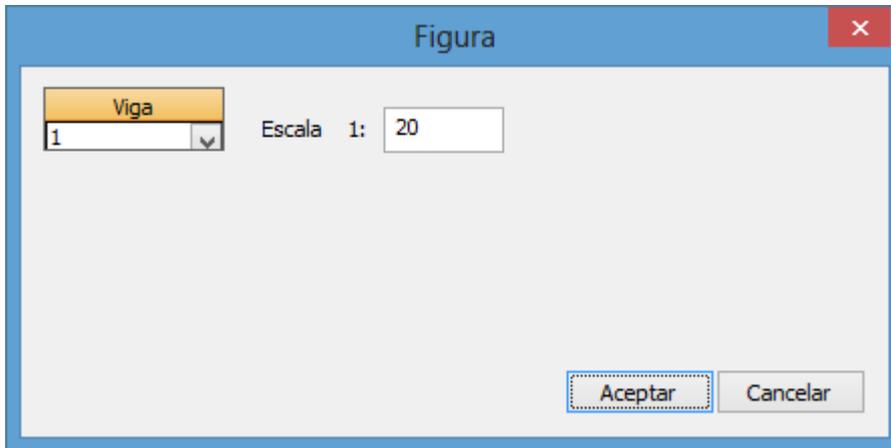


Figura 5.2.2.3.1-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.3.2 Orden *Vigas. Sección transversal*

Genera la sección transversal de la viga con las armaduras pasivas.

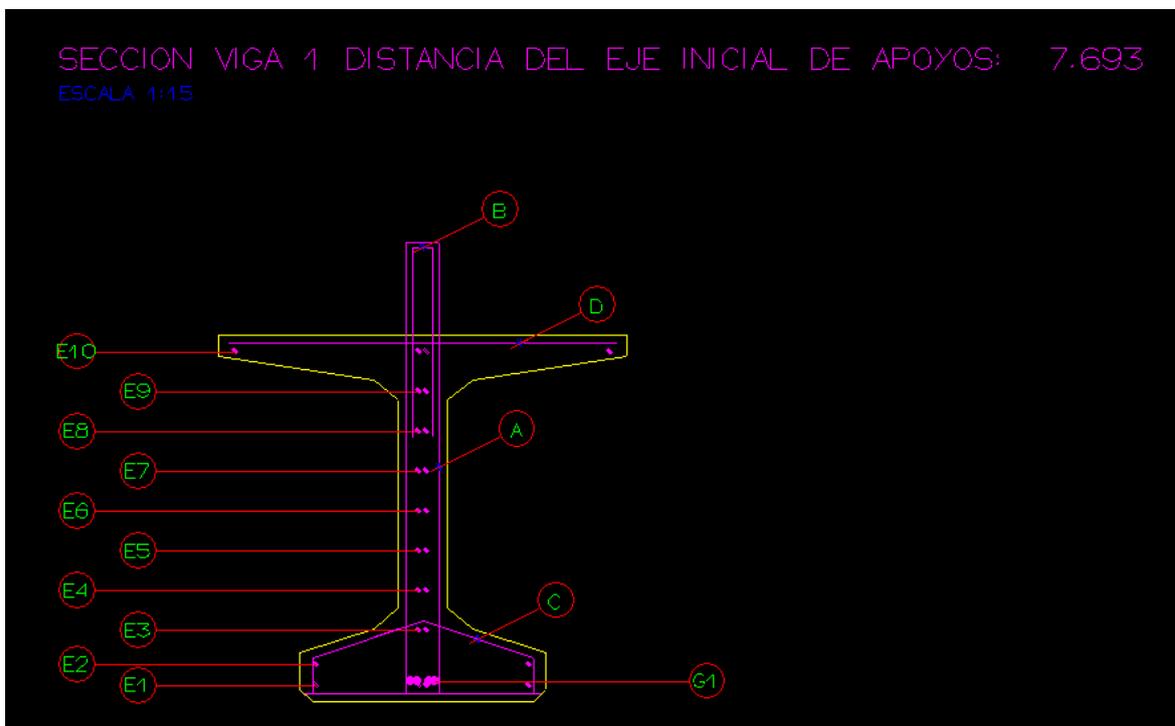


Figura 5.2.2.3.2-1: Figura *Vigas. Sección transversal*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la viga y la escala para su representación:

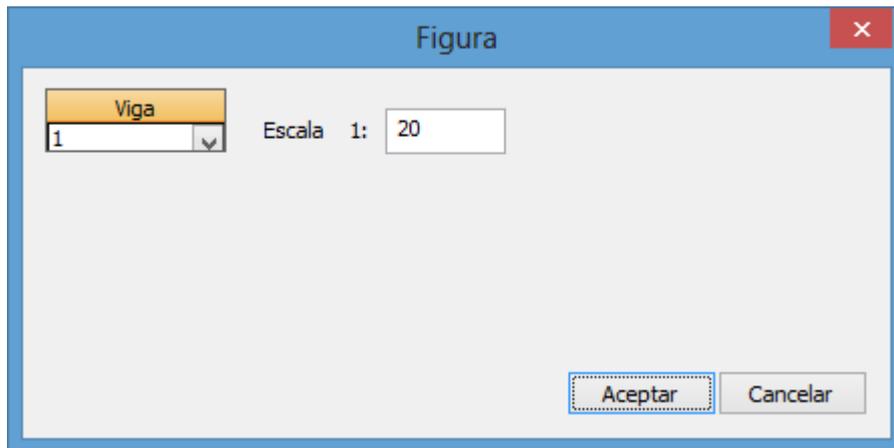


Figura 5.2.2.3.2-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.3.3 Orden *Losa. Planta. Armadura. Cara inferior.*

Genera la planta de la losa con las armaduras pasivas en la cara inferior.

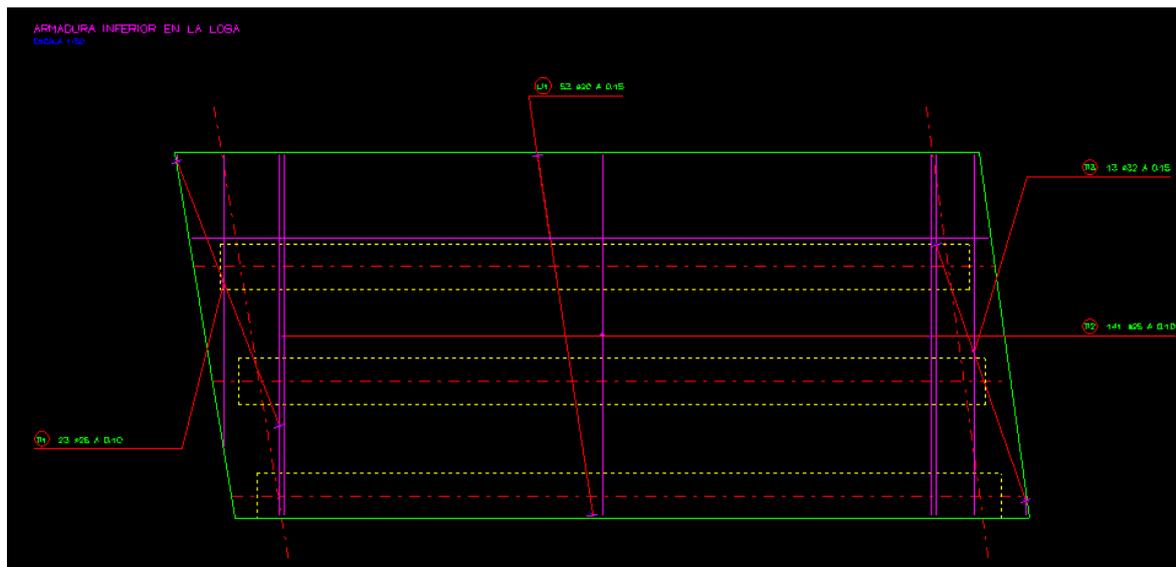


Figura 5.2.2.3.3-1: Figura *Losa. Planta. Armadura. Cara inferior.*

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la escala para su representación:

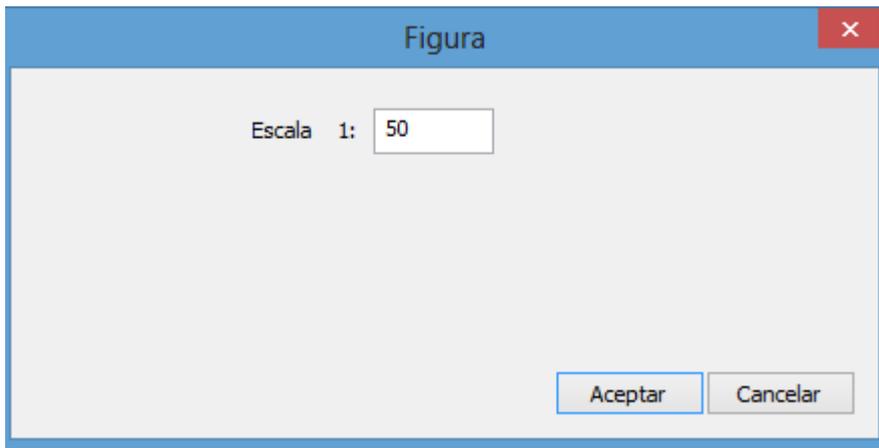


Figura 5.2.2.3.3-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.3.4 Orden *Losa. Planta. Armadura. Cara superior.*

Genera la planta de la losa con las armaduras pasivas en la cara superior.

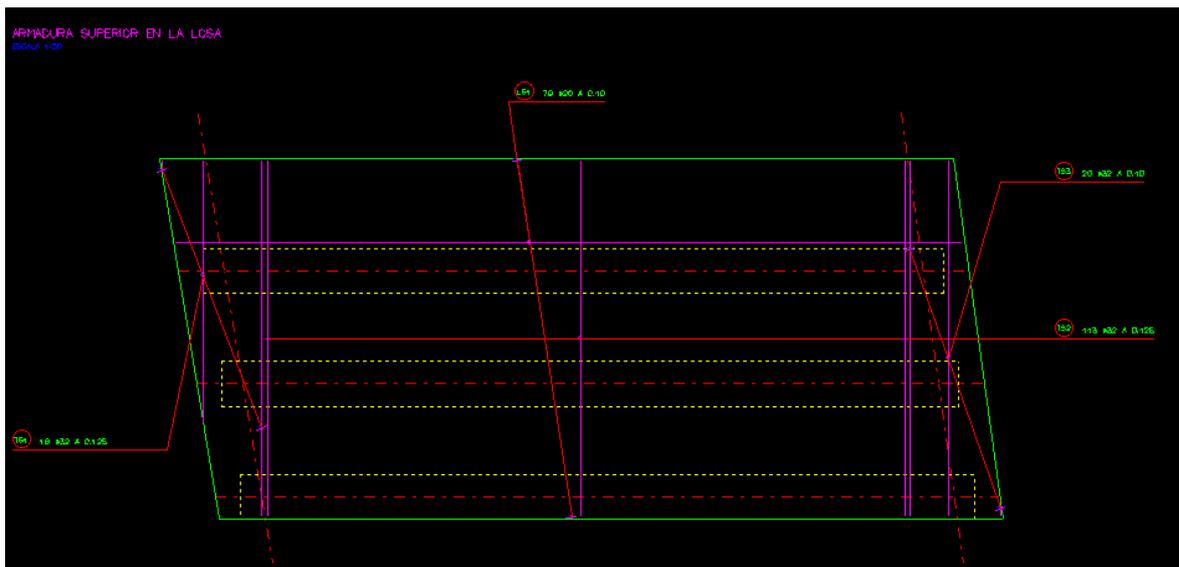


Figura 5.2.2.3.4-1: Figura *Losa. Planta. Armadura. Cara superior.*

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la escala para su representación:

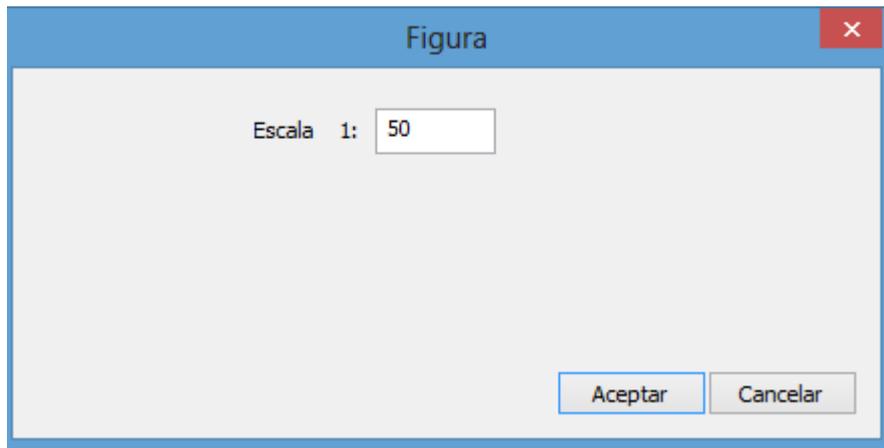


Figura 5.2.2.3.4-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.3.5 Orden *Losa. Planta. Armadura de cortante.*

Genera la planta de la losa con las armaduras pasivas de cortante.

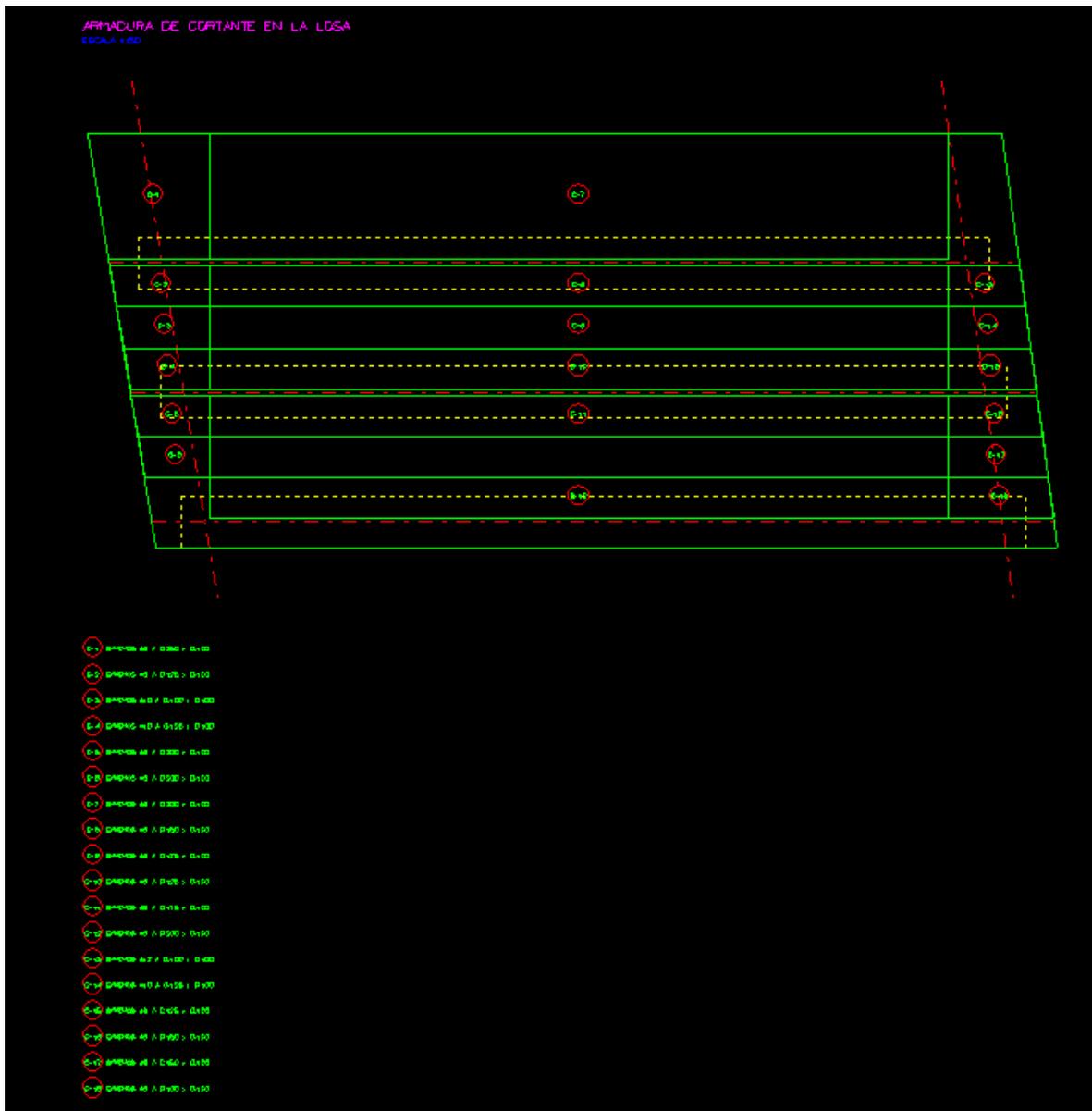


Figura 5.2.2.3.5-1: Figura *Losa. Planta. Armadura de cortante.*

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la escala para su representación:

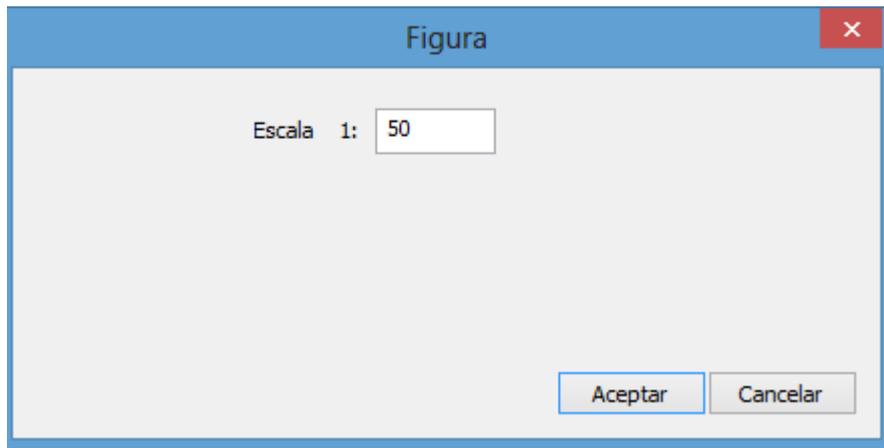


Figura 5.2.2.3.5-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.3.6 Orden *Losa. Sección transversal*

Genera la sección transversal de la losa con las armaduras pasiva.

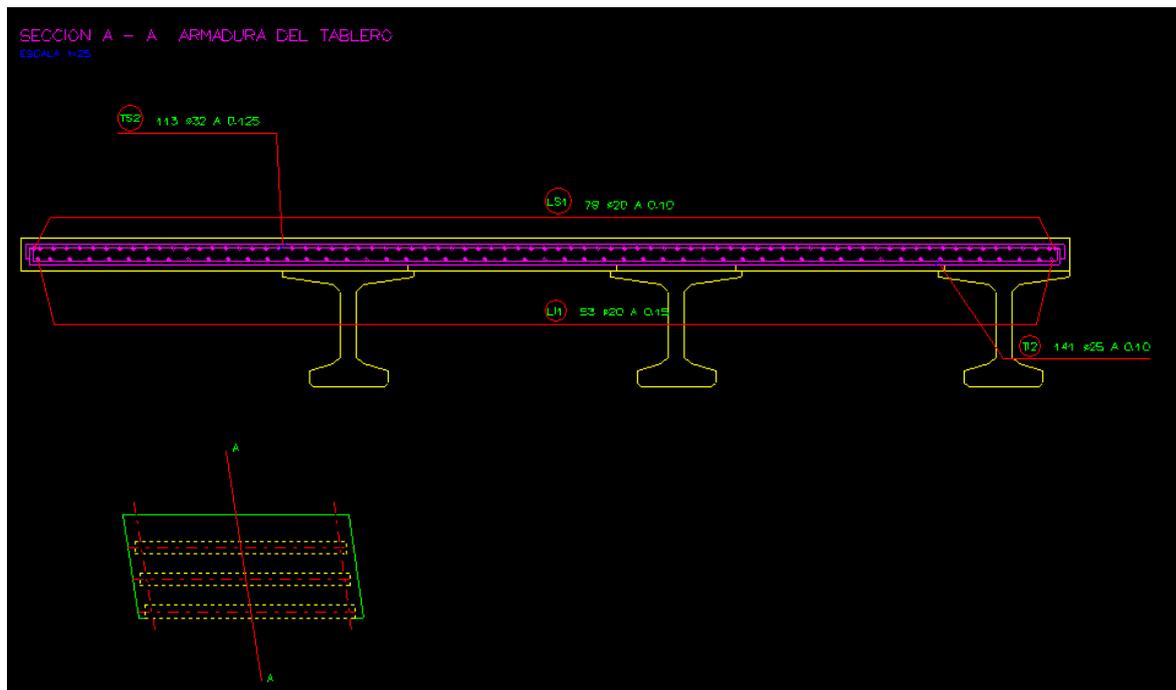


Figura 5.2.2.3.6-1: Figura *Losa. Sección transversal*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la escala para su representación:

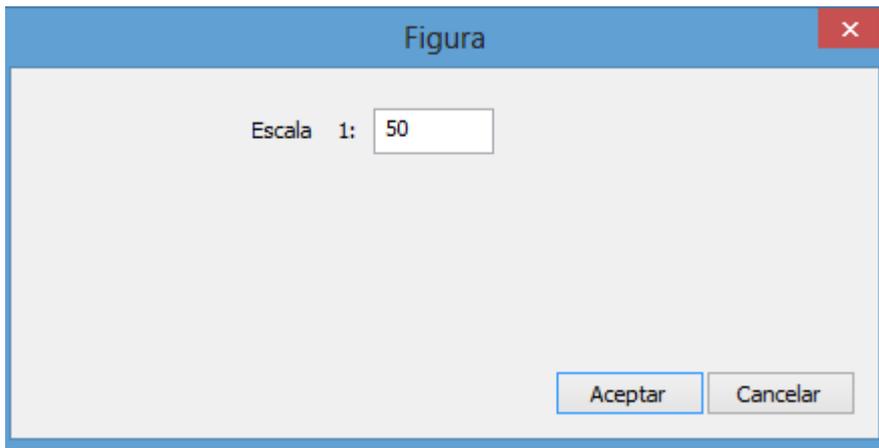


Figura 5.2.2.3.6-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.3.7 Orden *Refuerzos anclajes postensado*

Genera la figura con el detalle de los refuerzos de los anclajes de postensado.

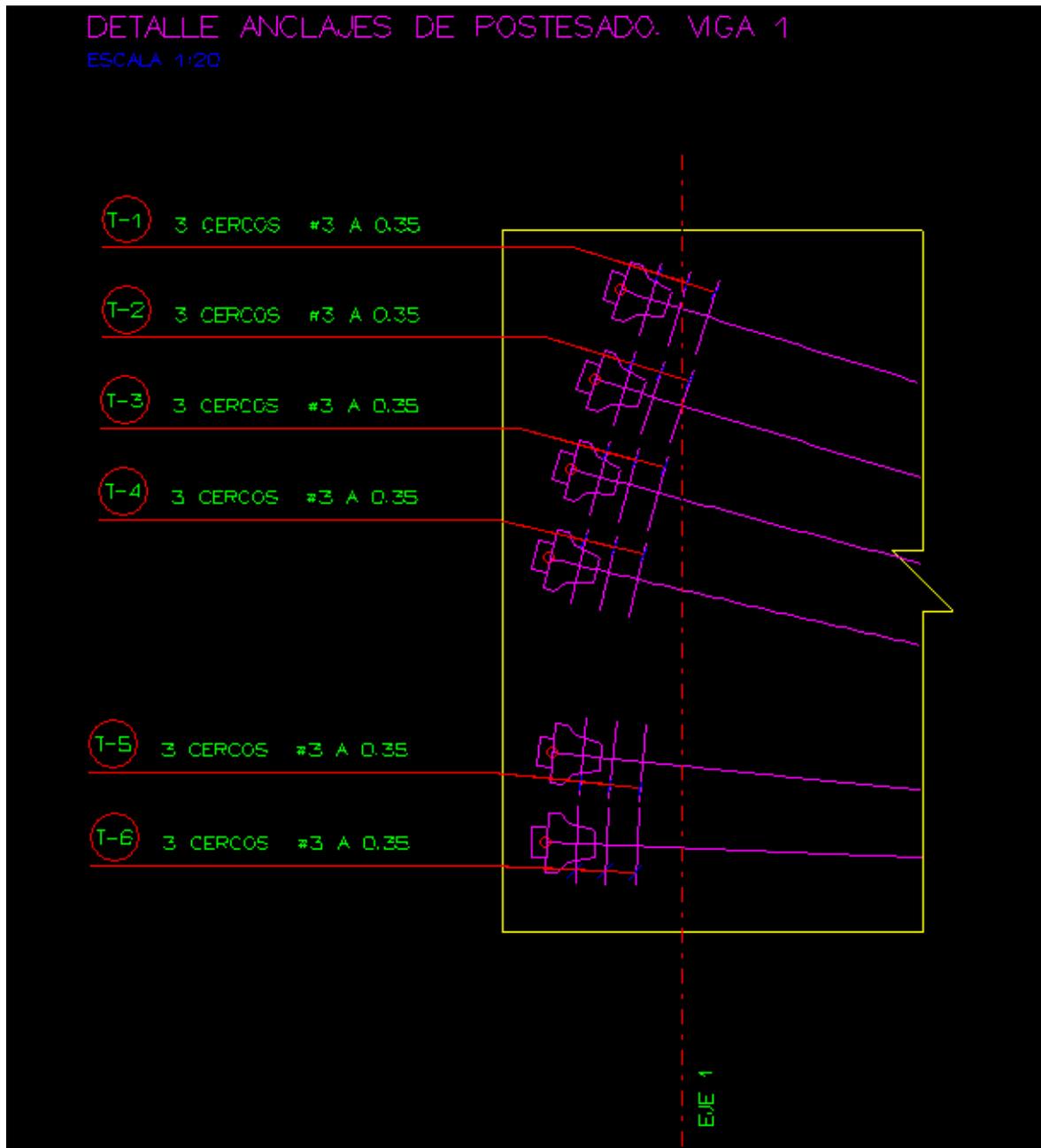


Figura 5.2.2.3.7-1: Figura *Refuerzos anclajes postensado*.

Para ello es preciso, desde el diálogo de la figura, escoger la viga y la escala para su representación:

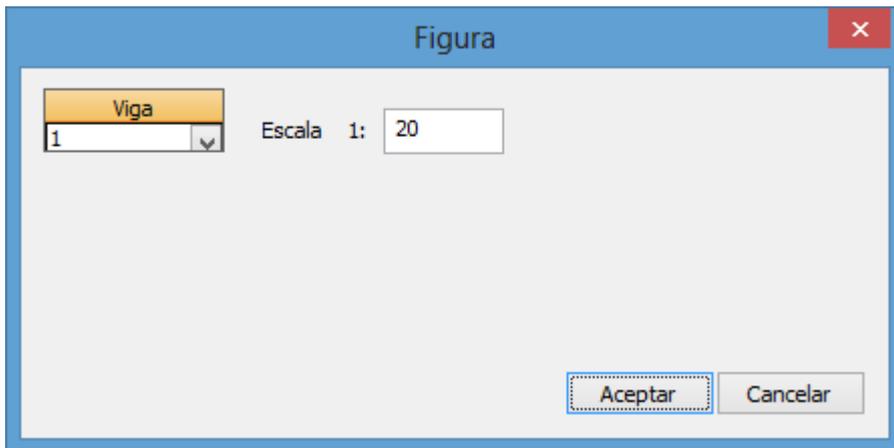


Figura 5.2.2.3.7-2: Diálogo de configuración.

5.2.2.3.8 Orden *Cuadro de hierros*

Esta opción permite generar la lista de hierros de toda la estructura. Al seleccionarse esta opción aparece el diálogo de la Figura 5.2.2.3.8-1 que permite configurar los elementos de los cuales se quiere representar la lista de hierros. Esta opción permite obtener por partes la lista de hierros para incorporarla a los distintos planos.

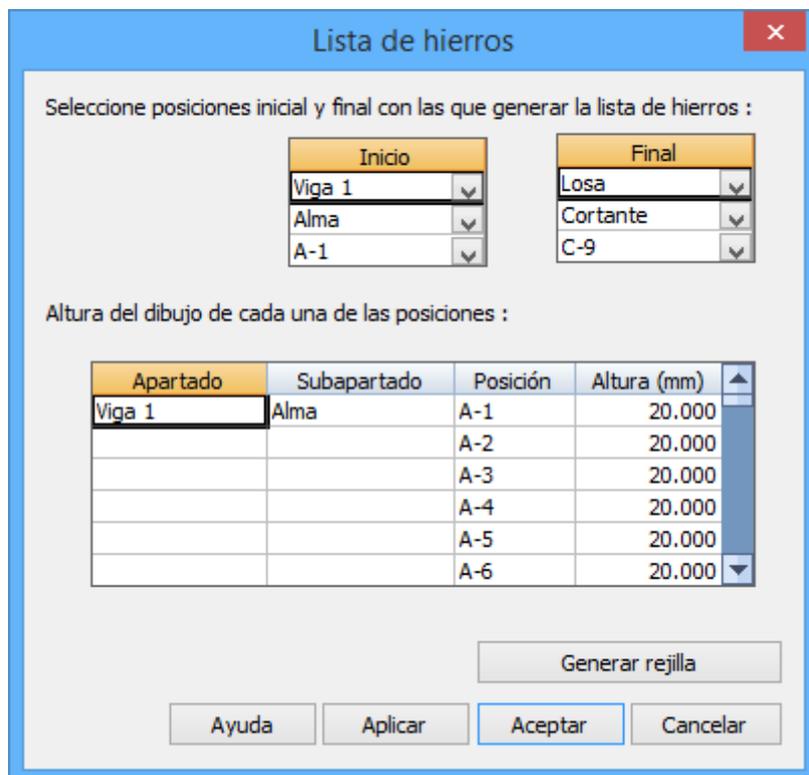


Figura 5.2.2.3.8-1: Diálogo de configuración de la lista de hierros.

En la parte superior izquierda se debe seleccionar el elemento estructural por el cual se inicia la lista de hierros, mientras que en la parte superior derecha se selecciona el elemento estructural en el cual se finalizará la lista de hierros.

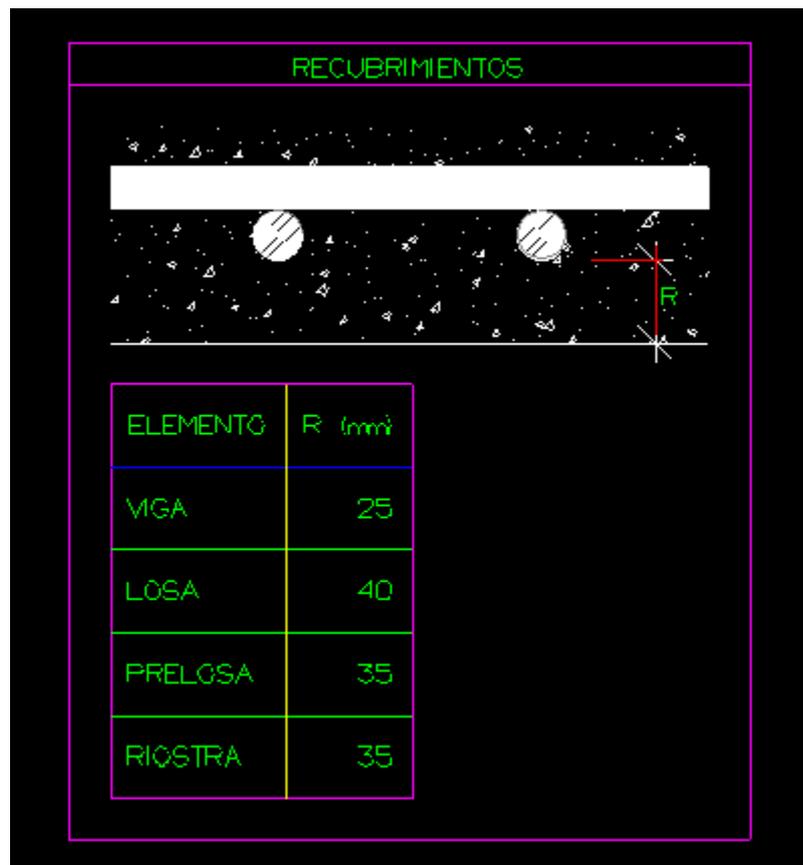
Adicionalmente se puede configurar la altura del dibujo de cada posición dentro de la lista de hierros, lo cual permite optimizar sus dimensiones.

POSICIÓN	BARRA	N. BARRAS	LONGITUD m	FORMA UNIDADES: mm	LONGITUD TOTAL m	PESO kg/m	PESO kg	PESO TOTAL kg
				Viga 1				
				Arma				
A-1	Ø20	10	3.78	49 	37.8	2.47	93.4	PESO TOTAL: 1069.6 kg
A-2	Ø25	14	4.54	44 	63.6	3.85	244.7	
A-3	Ø20	38	3.78	49 	143.6	2.47	354.8	
A-4	Ø16	46	3.31	53 	152.4	1.58	240.7	
A-5	Ø16	26	3.31	53 	86.1	1.58	136.1	

Figura 5.2.2.3.8-2: Ejemplo de lista de hierros de una viga del tablero.

5.2.2.3.9 Orden *Cuadro de recubrimientos*

Esta opción genera el cuadro de recubrimientos geométricos de las armaduras de cada elemento estructural. En la Figura 5.2.2.3.9-1 se muestra su aspecto.



ELEMENTO	R (mm)
VIGA	25
LOSA	40
PRELOSA	35
RIOSTRA	35

Figura 5.2.2.3.9-1: Cuadro de recubrimientos.

5.3 Mediciones

5.3.1 Orden *Listado de Mediciones*

Al seleccionar esta opción se despliegan en el menú principal las órdenes *Listado de mediciones* y *Listado de mediciones y precios* (ver Figura 5.3-1). La primera de ellas permite obtener un listado de las mediciones del tablero de vigas. La segunda genera un listado con las mediciones y la valoración económica en base a los precios de la Base de Precios.

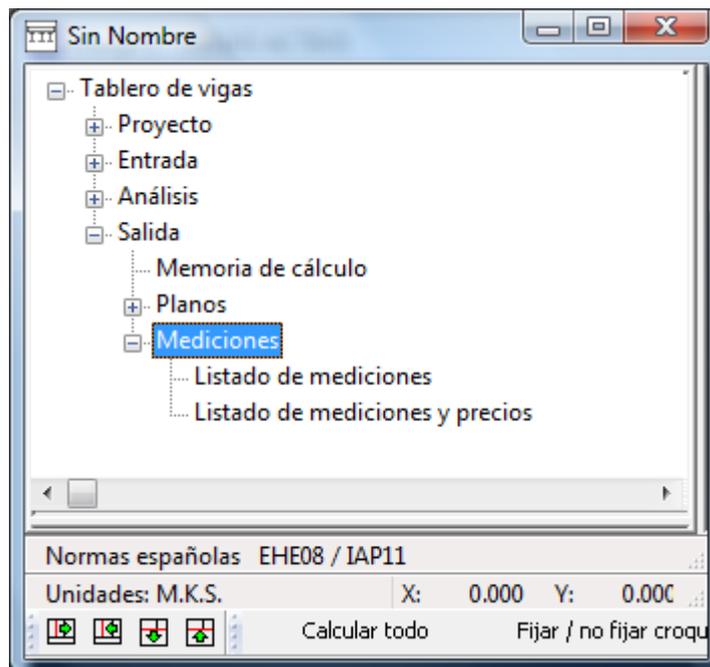


Figura 5.3-1: Opciones del menú principal para la obtención de las mediciones.

Al seleccionar esta opción aparece en pantalla la ventana de la Figura 5.3.1-1.

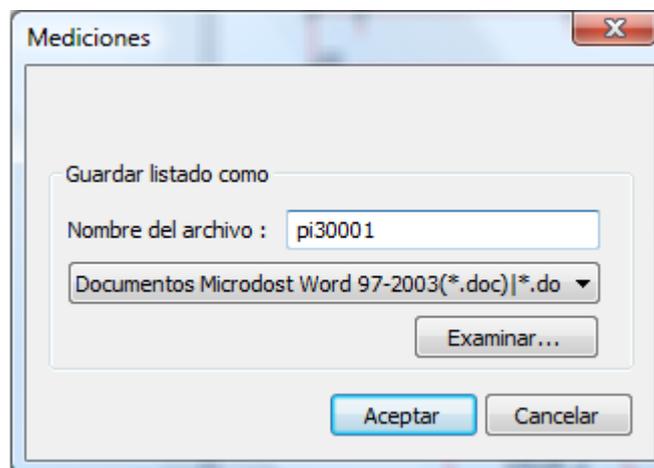


Figura 5.3.1-1: Selección del formato del documento de la memoria.

En este diálogo se debe introducir el nombre del documento que se generará con las mediciones (cadena alfanumérica) y finalmente seleccionar el formato del documento. Para ello debe apretarse el botón señalado en la Figura 5.3.1-2 para desplegar las distintas opciones de formato disponibles.

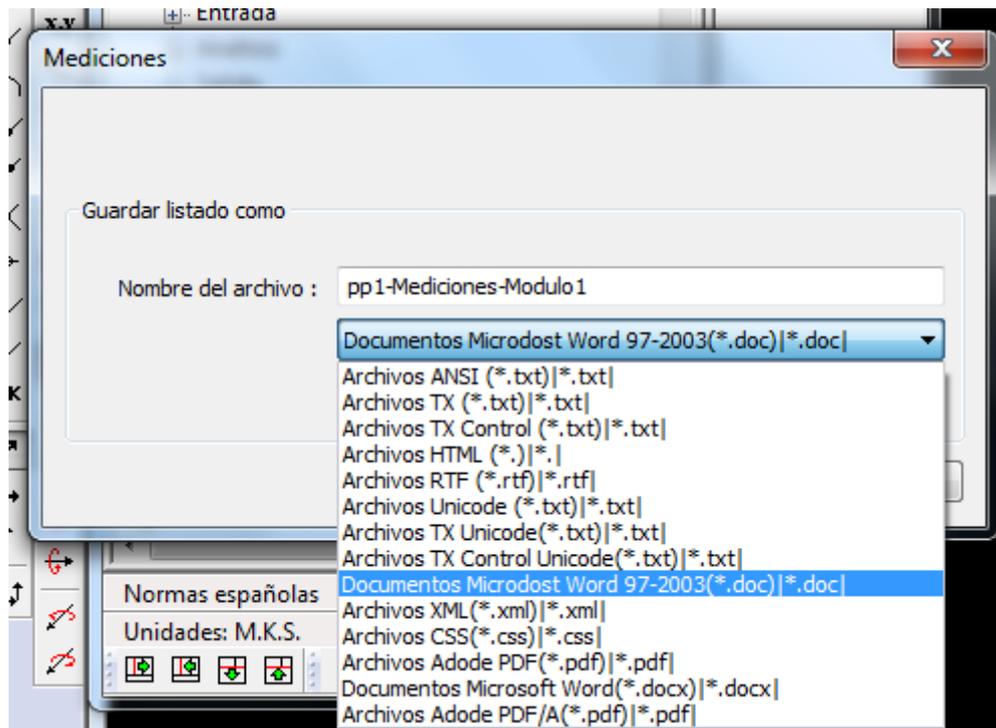


Figura 5.3.1-2: Selección del formato del documento de la memoria.

Por defecto el documento de las mediciones se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del tablero de vigas (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar la ruta en la que se desea guardar el documento.

5.3.2 Orden *Listado de Mediciones y precios*

En esta opción se opera de igual forma que en la obtención del Listado de mediciones (ver apartado 5.3.1, pero el documento que se genera contiene además de las mediciones la valoración económica de cada unidad y la valoración total del tablero de vigas. La valoración se realiza en base a los precios de la Base de Precios seleccionada en la opción *Proyecto/Configuración* del menú principal.

6 REFERENCIAS

- [1] “*Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera*”. Ed. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, 2011. 1ª Edición.
- [2] “*Norma de construcción sismorresistente: Puentes (NCSP-07)*”. Ed. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, 2007. 1ª Edición.
- [3] “*EHE-08. Instrucción de Hormigón*”. Ed. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, 2008. 1ª Edición revisada.
- [4] “*Eurocódigo 0: EN-1990:2001. Bases de diseño estructural*”.
- [5] “*Eurocódigo 0: EN-1990:2003/A2. Bases de diseño estructural. Anejo 2. Aplicación en puentes*”.
- [6] “*Eurocódigo 1: EN-1991:2003. Acciones en estructuras*”.

- [7] “Eurocódigo 2: EN-1992:2005. *Diseño de estructuras de hormigón*”.
- [8] “Eurocódigo 7: EN-1997:2004. *Diseño geotécnico*”.
- [9] “Eurocódigo 8. *Parte 1: EN-1998-1:2004. Diseño de estructuras resistentes al sismo. Normas generales, acciones sísmicas y normas para edificación*”.
- [10] “Eurocódigo 8. *Parte 2: EN-1998-2:2005. Diseño de estructuras resistentes al sismo. Puentes*”.
- [11] “Eurocódigo 8. *Parte 5: EN-1998-5:2004. Diseño de estructuras resistentes al sismo. Cimentaciones, estructuras de retención y aspectos geotécnicos*”.
- [12] “AASHTO LRF Design Specifications”. Ed. American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010. 1ª Edición