

Universidad Politécnica de Madrid

VSECC
Manual del usuario

Miguel Fernández Ruiz

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

UPM, Enero de 2004

Índice

1. Introducción	1
2. Instalación	1
3. Introducción de secciones en VSECC	2
4. Introducción de materiales en VSECC	3
5. Discretización de la sección	3
6. Criterio de signos	4
7. Estructura del programa	5
8. Archivo	6
9. Preprocesador	7
10. Cálculo Elástico	9
11. Cálculo a Rotura	10
12. Cálculo de Historia	12
13. Entrada por fichero	14
14. Comportamiento del programa, informe de <i>Bugs</i>	25

1. Introducción

En este manual se explica el funcionamiento del programa VSECC y sus comandos así como su interfaz gráfica y edición de resultados. El programa ha sido diseñado para el análisis general de secciones compuestas por cualquier tipo de material¹ aunque se encuentra orientado al uso de hormigón y acero (activo, pasivo y estructural) debiendo introducirse una serie de parámetros² para caracterizarlos. El tratamiento de las secciones que efectúa el programa no diferencia estados elásticos y de rotura, analizándose la sección siempre bajo el mismo procedimiento. De esta manera, aunque pueden calcularse las propiedades elásticas de una sección referidas a un módulo de rigidez determinado, no existe como tal un análisis elástico, habiendo sido sustituido por un análisis tenso - deformacional válido desde las primeras etapas de cálculo hasta la rotura de la sección.

Este manual no pretende cubrir el fundamento teórico del programa, siendo por lo tanto una guía de usuario. Para consultar los modelos de referencia debe acudirse a la tesis del autor *“Evaluación no lineal de los efectos estructurales producidos por las deformaciones diferidas del hormigón y el acero”* (UPM, 2003) donde se describen con detalle y se presentan diferentes ejemplos de su comportamiento.

2. Instalación

La instalación del programa se realiza bajo sistema operativo Microsoft® Windows®. Para ello debe ejecutarse el archivo “Setup” del programa de instalación, donde se indica la ruta de directorio donde se desea instalarlo. Esta opción es recomendable para asegurarse de que se tienen todas las librerías dinámicas necesarias para la ejecución del programa.

Una vez instalado el mismo, debe trabajarse con la variable de entorno de separación de número decimal como punto en vez de coma. Este paso es necesario ya que la entrada y salida por fichero se realiza separando los diferentes campos por comas y en caso de escribir 17,5 en vez de 17.5 se entenderá que son dos números separados (17 y 5) en vez de uno sólo.

En la distribución del programa se proporciona además un archivo llamado `VSECC.syn` que en el caso de emplearse como editor de textos el programa TextPad® debe copiarse en su carpeta de ficheros de sintaxis³. Con este fichero fichero, y empleado dicho editor, se colorea la sintaxis de los ficheros de entrada de VSECC simplificándose su comprensión⁴.

Si se va a emplear la opción de conversión de los archivos generados a `.pdf`, entonces

¹La caracterización del mismo se realiza discretizando su ley tensión - deformación por puntos como se verá posteriormente.

²Teniendo todos ellos un sentido físico determinado.

³Por ejemplo `C:/Archivos de Programa/TextPad 4/system`.

⁴Para ello debe seguirse el procedimiento general de seleccionar en el programa la opción de **Configurar**, posteriormente elegir **Nueva Clase de Documento** y ahí indicar como nombre de Clase “VSECC” y asociarle posteriormente los ficheros `*.vse`. Finalmente debe indicarse que resalte la sintaxis e indicar la ruta del fichero `VSECC.syn`.

debe instalarse también el Image Magick. Este programa es un conjunto de librerías escritas en C++ y de libre distribución que deben copiarse en el directorio que se desee y colocarlo en el path del sistema⁵. El programa llama a un `.bat` (archivo de comandos) que se encuentra ampliamente comentado llamado `conv.bat` que es el que se encarga de llamar al motor de Image Magick con las opciones adecuadas. Este `.bat` se recomienda colocarlo en la misma carpeta que el Image Magick aunque en realidad sólo es necesario que se encuentre en un directorio que esté en el path o bien en el propio directorio donde se están corriendo los cálculos. Si se desea emplear otro programa para realizar la conversión o bien se desean otras opciones de conversión basta con editar este fichero y modificarlo.

3. Introducción de secciones en VSECC

La evolución de una sección en el tiempo obliga a que para su correcta definición deban establecerse secciones auxiliares en su cálculo. La técnica que se ha seguido para ello es la desarrollada por Julio Martínez Calzón y Francisco Millanes Mato en el programa CSEC. En el mismo, una sección se define de la siguiente forma:

- La definición comienza por el establecimiento de *secciones parciales*. Dichas secciones parciales agrupan elementos idénticos. Por ejemplo, un paquete de armaduras de ϕ 32 o bien las chapas de alma de un cajón o una losa superior de una viga prefabricada. La característica fundamental de una sección parcial es agrupar elementos idénticos que aparecen en el mismo instante de tiempo.
- Una vez definidas las secciones parciales, se establecen las *secciones completas*. En este caso, una sección completa es una agrupación de secciones parciales, pudiendo contener secciones parciales de diferentes características y generadas en distintos tiempos. Las secciones completas son en definitiva las secciones reales⁶.
- Finalmente, una sección pasa a lo largo del tiempo por diferentes situaciones (disposición de chapas, hormigonado de la losa superior, pretensado de la misma, ...) por lo que debe establecerse para cada tiempo cuál es la sección completa que realmente existe. Este concepto queda cubierto con la definición de las diferentes *fases* por las que atraviesa la sección, con un tiempo y un conjunto determinado de esfuerzos asociados a cada una de ellas.

Se presenta en la figura 1 un esquema de las diferentes secciones y su relación.

En dicho ejemplo se supone una sección (SP1) formada por un conjunto de chapas de acero del mismo material (si no se deberían haber definido dos secciones parciales diferentes), una sección SP2 de hormigón como losa superior y finalmente una sección SP3 que agrupa los aceros pasivos. Estas secciones parciales se han agrupado en dos

⁵Para ello debe seleccionarse el icono de Mi PC, pinchar con el botón derecho, dar en **Propiedades**, posteriormente se debe seleccionar la pestaña de **Opciones avanzadas** y finalmente en el botón de **Variables de entorno** donde hay que añadir la ruta que se desee en el PATH mediante la edición de dicha variable y la separación de los directorios ya existentes por ;

⁶Las secciones parciales, salvo que coincidan con una sección completa, en general no existen al ser únicamente agrupaciones de elementos.

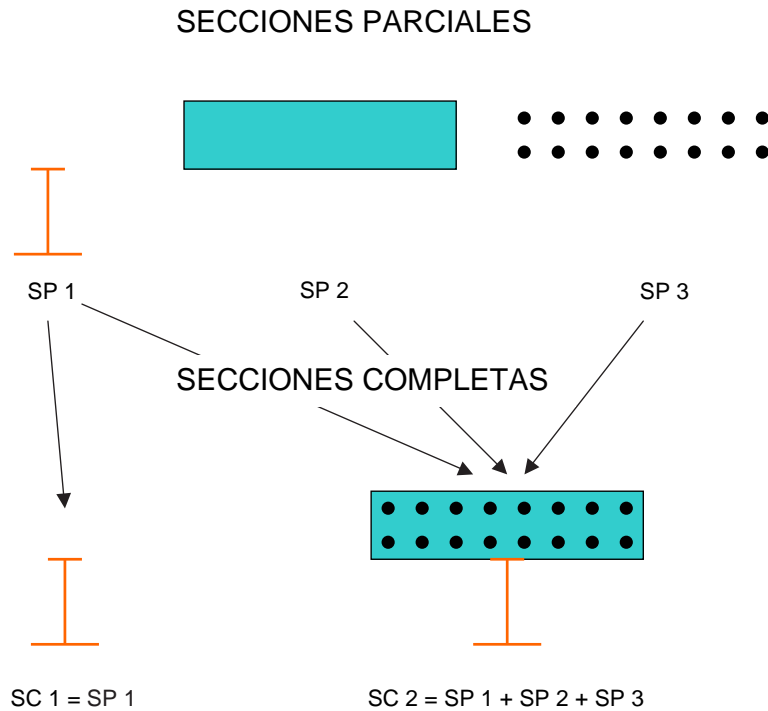


Figura 1: Secciones parciales y secciones completas

secciones completas (SC1 y SC2) suponiendo que hubiera dos fases distintas (una primera en la que actúa el peso de chapas y losa fresca sobre la sección metálica SC1 y otra con el total de la sobrecarga sobre la sección SC2).

4. Introducción de materiales en VSECC

Los materiales se introducen en VSECC mediante su caracterización por una serie de parámetros fundamentales (módulo de elasticidad, resistencia a compresión o tracción, ...). El criterio que se adopta en su modelización es mantener el módulo elástico que se indique pero reduciendo su resistencia pico de forma que el área total encerrada por dicha curva sea igual al área teórica dividida por el coeficiente de seguridad indicado. Para el hormigón se adopta un diagrama de tipo TTJ, para el acero de pretensar un diagrama de tipo Ramberg-Osgood modificado y para los aceros pasivo y estructural sendos diagramas bilineales.

5. Discretización de la sección

El cálculo de la respuesta de la sección en el programa se realiza (salvo para el análisis elástico) mediante una discretización de la misma. Dicha discretización permite transformar las integrales de tensiones en sumatorios de esfuerzos y por lo tanto realizar un planteamiento numérico más sencillo. La discretización de cada material se realiza de manera diferente (ver figura 2) optimizando así el proceso de cálculo:

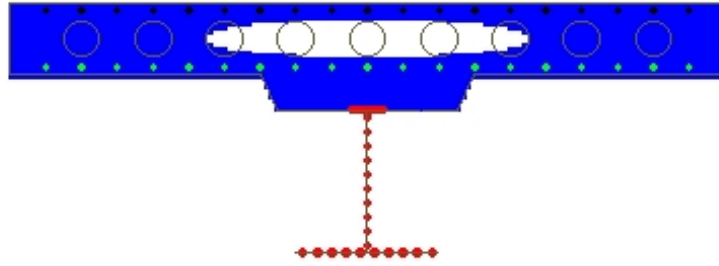


Figura 2: Discretización de la sección con distintos materiales

- Hormigón. Se discretiza en *láminas*. Las láminas son bandas paralelas al eje de flexión con una anchura en su centro de gravedad igual a la del contorno en dicha altura. En el programa puede introducirse un contorno de hormigón tanto por vértices como por círculos e incluir además la presencia de agujeros. Los comandos de geometría que se encargarán por lo tanto de definir el contorno de una sección de hormigón serán (como se detallarán posteriormente) los **VERTICES** y los **CIRCULOS**, definiéndose los agujeros posteriormente en las secciones completas⁷.
- Acero estructural. El acero estructural se introduce como chapas y la discretización de las mismas se realiza como *puntos* con igual área contributiva cada uno. La introducción de las chapas y sus condiciones de sustentación se realiza en el apartado de **AESTRUCTURAL**
- Acero pasivo y activo. Los *cables* (acero activo) y *barras* (acero pasivo) se mantienen como unidades discretas debido a su tamaño en comparación con la del resto de elementos. La introducción de su geometría se realiza en los apartados de **APASIVAS** y **AACTIVAS** como se detallará posteriormente.

6. Criterio de signos

El criterio de signos de esfuerzos empleado en el programa es el convencional de la Resistencia de Materiales⁸ según se muestra en la figura 3.

Este criterio de signos de esfuerzos lleva asociado a su vez unos signos en las deformaciones de las secciones concordantes con ellos. En este programa, se desprecia la posible deformación por cortante de las secciones y por lo tanto se tiene el convenio presentado en la figura 4 para las curvaturas y deformaciones axiales.

⁷Elegir una discretización densa es siempre deseable, no obstante, cuando se refina en exceso la malla, pueden aparecer problemas de convergencia debido a que se suma un mayor número de elementos con un error de orden aproximadamente constante. En general tomar entre 10 – 80 láminas proporciona resultados con una gran precisión y rapidez de cálculo.

⁸Signo positivo respecto de los ejes locales en el extremo frontal del elemento y negativo en el dorsal.

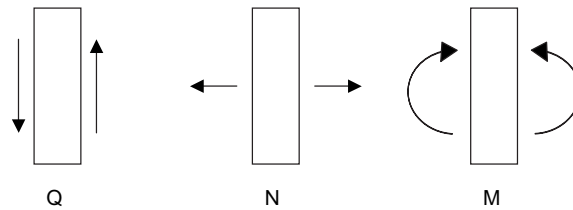


Figura 3: Criterio de signos de esfuerzos

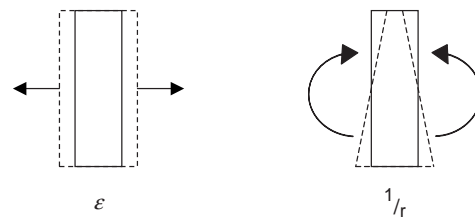


Figura 4: Criterio de signos de deformaciones en la sección

Debido a que sobre una sección puede actuar tanto un momento como un axil, es necesario determinar una *fibra de referencia* (ver figura 5). Esta fibra es en la que se supone aplicado el axil y a la que por tanto se encuentra referido el momento actuante. En los casos en que no exista axil, la posición de dicha fibra de referencia es indiferente, pero aún así debe darse un valor a la misma. En el programa, la profundidad de dicha fibra se mantiene además constante con el tiempo.

7. Estructura del programa

VSECC se encuentra estructurado en diferentes módulos:

- Preprocesador. Con el preprocesador de VSECC pueden generarse de manera sencilla los diferentes elementos que conforman una sección, así como verificarse y modificarse en interactivo.
- Cálculo elástico. Este módulo permite obtener las propiedades elásticas de una sección tales como su centro de gravedad, área y momento de inercia pero no realizar análisis de este tipo.
- Cálculo en Rotura. Este módulo permite establecer el diagrama de pivotes de una sección y, mediante la disposición de planos de agotamiento, calcular el valor de los esfuerzos últimos que la sección es capaz de soportar.
- Cálculo de Historia. VSECC permite controlar el estado tenso - deformacional de una sección mediante este módulo. Debe introducirse para ello una historia de

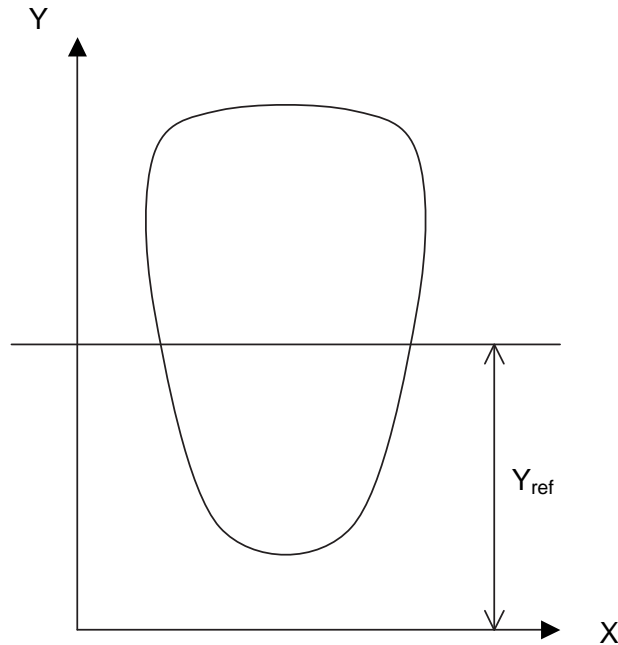


Figura 5: Fibra de referencia de la sección

cargas en el tiempo a partir de la cual se obtienen los resultados de tensiones y deformaciones en los diferentes puntos de la sección para cada instante de tiempo.

- PDF. Esta opción permite convertir los ficheros de salida (.bmp, .txt a .pdf según se explica en el apartado de entrada por fichero).

Los tres módulos son independientes y en general para que el programa funcione correctamente no es necesario pasar por los módulos anteriores. Existe además una opción para limpiar memoria y salir del programa. A continuación se detallan en las siguientes secciones cada uno de los diferentes módulos del programa.

8. Archivo

Este menú tiene varias opciones (ver figura 6):

1. **Recargar.** La primera opción borra toda la información de los cálculos anteriores y limpia la base de datos para posteriormente volver a cargar el fichero con el que se estaba trabajando en ese momento. Esta opción es por lo tanto equivalente a la combinación (Archivo→Nuevo) + (Preprocesador→Abrir (último fichero)).
2. **Nuevo.** La segunda opción borra toda la información de los cálculos anteriores y limpia la base de datos. Esta operación es imprescindible realizarla antes de efectuar un nuevo cálculo salvo en el caso de que se pretenda cargar un nuevo proyecto e ir añadiendo información al mismo posteriormente con el preprocesador.

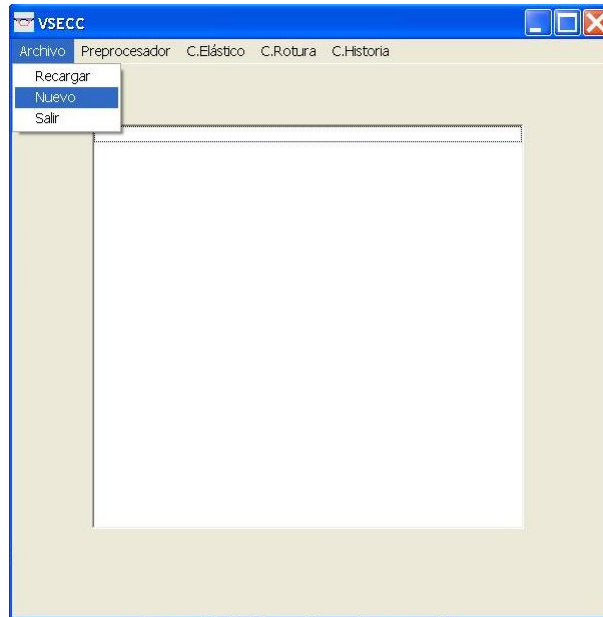


Figura 6: Menú de Archivo

3. **Salir.** Esta opción cierra el programa liberando la memoria de forma ordenada. Existen otras maneras de acceder a este comando, como por ejemplo pinchando sobre el aspa del formulario principal o bien pulsando la combinación de teclas **Alt + F4**.

9. Preprocesador

El preprocesador del programa se encuentra dividido en una serie de opciones (ver figura 7):

1. **Abrir.** Esta opción permite recuperar la información salvada en un proyecto generado anteriormente y guardada como fichero ASCII. Los detalles de dicha información se comentan en la sección de Entrada por Fichero.
2. **Título.** Esta opción permite introducir el título de un proyecto (o bien modificarlo si éste ya estaba introducido previamente).
3. **Bloques** Esta opción lanza a un preprocesador completo constituido por una interfaz de documentos múltiples. En la misma, pueden emplearse cualquiera de sus opciones para generar de una forma cómoda y rápida elementos y propiedades de la sección que respondan a un patrón geométrico o a un algoritmo determinado. Entre sus opciones se encuentra la generación de: **Vértices** (de manera rectangular y polar); **Círculos**; **A. Estructural** (lineal, radial y polar); **A. Pasivo** (lineal y polar); **A. Activo** (lineal y polar); **Materiales**; **Secciones Parciales**; **Secciones Completas**; **Anchos Eficaces** y **Rigidización**. Los valores que deben introducirse en los mismos y su significado se definen en el apartado de

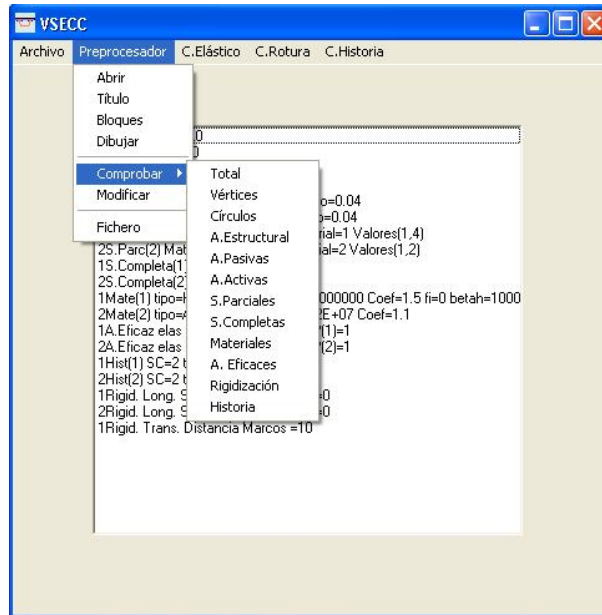


Figura 7: Menú del Preprocesador

Entrada por Fichero. Además, conforme se introducen los diferentes parámetros pueden ir dibujándose a la vez mediante la opción de Dibujo.

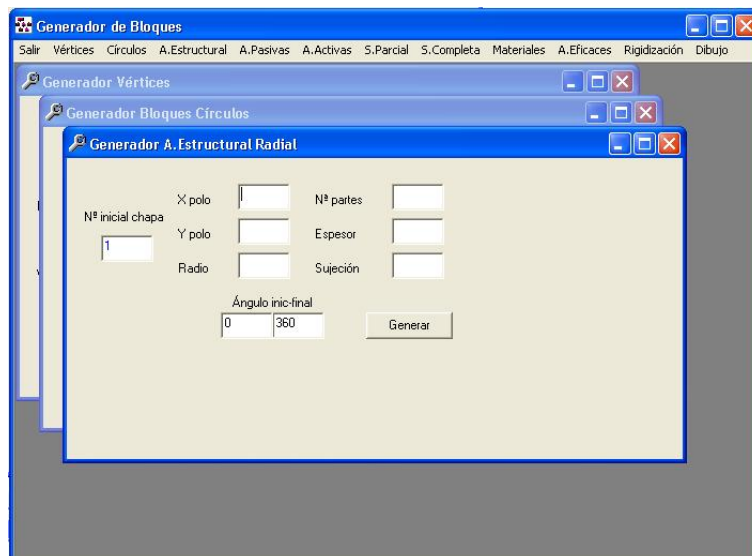


Figura 8: Menú del Generador de Bloques

4. **Comprobar.** Ejecuta un listado por pantalla de los contenidos de la base de datos. Este listado puede realizarse parcial o bien de alguno de los diferentes apartados.
5. **Modificar.** Esta opción permite cambiar en interactivo las diferentes propiedades introducidas previamente. Su uso, no obstante, es menos interesante que una mo-

dificación del fichero de entrada. En este menú se puede también borrar algunos de los datos introducidos anteriormente.

6. **Dibujar.** Esta opción permite dibujar (con y sin numeración de los diferentes datos de la geometría) las secciones completas (que al agrupar a las parciales permiten por lo tanto comprobar éstas). También se pueden dibujar las leyes constitutivas de los materiales definidos.

En este menú sólo puede dibujarse una sección o bien un material, por lo tanto cuando se introduzca un identificador de sección se borrará automáticamente el identificador de material y viceversa.

7. **Fichero.** Escribe en un fichero la base de datos leída previamente y modificada (o generada desde cero con el preprocesador). Al escribir un fichero elimina todos los comentarios que se pudieran haber introducido.

10. Cálculo Elástico

El estudio elástico, como se ha comentado anteriormente, se encarga de proporcionar las propiedades elásticas de una sección y no de realizar un análisis bajo dicho régimen. Estas propiedades se encuentran por lo tanto referidas a la sección homogeneizada sin considerar los procesos de fisuración, abolladura, ... que dependen del nivel de tensiones e historia de cargas de la sección (y no siendo por lo tanto aplicables los conceptos elásticos).

Los materiales, tal y como han sido definidos, no son elásticos y para este tipo de cálculos se adopta el módulo de rigidez tangente en el origen. Además, previo al cálculo de las propiedades, debe establecerse un módulo de rigidez de referencia (el de un material determinado) al cual se homogeneizan el resto de materiales presentes en la sección.

Al haber sido introducida la sección en coordenadas cartesianas, las propiedades de la sección que serán calculadas son las siguientes⁹:

- Posición x_G e y_G del centro de gravedad
- Area homogeneizada (A_h)
- Inercia según el eje OX (I_{xx}) e inercia según el eje OY (I_{yy}). Ambas inercias se calculan en el centro de gravedad de la sección (y siendo por lo tanto las mínimas)
- Inercia de tipo I_{xy} ¹⁰
- Inercia J a torsión¹¹.

⁹Ver definición de ejes en la figura 5.

¹⁰Este momento cruzado indica si la sección se encuentra en ejes principales en caso de ser nulo. En caso contrario (y mediante la construcción del círculo de Mohr) puede obtenerse el ángulo que forman los ejes principales respecto de los ejes cartesianos adoptados.

¹¹Este último valor es meramente orientativo y sólo debe ser tenido en cuenta en secciones que no sean de tipo cajón ya que supone las secciones siempre abiertas. En general, el valor obtenido debe contrastarse con un número rápido a mano ya que el programa no recoge los diferentes casos que pueda haber de conexiones entre los elementos, evolución la sección, arriostramientos, ... suponiendo siempre secciones abiertas.

Empleando la interfaz interactiva del programa, la manera de operar consiste en introducir un material de referencia en la única casilla activa del programa y presionar el botón de **Calcular**. Una vez efectuados los cálculos, debe introducirse la sección completa de la que se desea obtener sus propiedades y dar al botón **Mostrar**. Finalmente, existe la posibilidad de ejecutar un listado de las propiedades reducido o detallado. En el primero se listan exclusivamente las propiedades elásticas de la sección mientras que en el segundo se detallan además los diferentes elementos que la conforman.

11. Cálculo a Rotura

El cálculo a rotura es un módulo de VSECC que permite obtener el diagrama de interacción $N - M$ de una sección sometida a flexión biaxial. El cálculo se basa en la construcción del diagrama de pivotes de la sección, donde se definen una serie de deformaciones límite en diferentes fibras según sea el tipo de material y su vinculación con el resto de elementos de la sección. Por ejemplo, se muestra en la figura 9 el resultado del diagrama de pivotes para una sección en simple acción mixta.

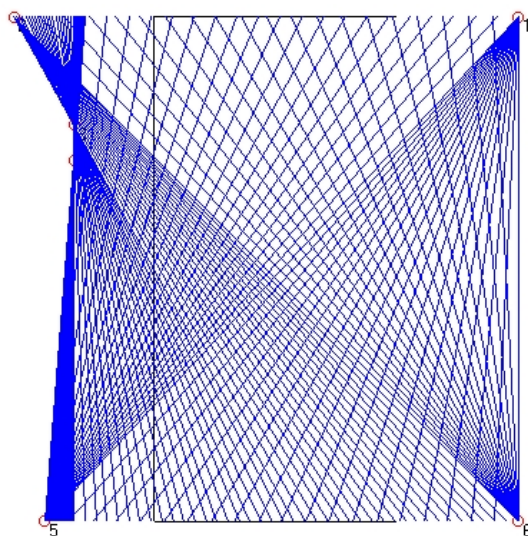


Figura 9: Diagrama de pivotes de sección en simple acción mixta

Para su empleo debe establecerse primero los parámetros de discretización de la sección. El programa incorpora unos valores por defecto pero pueden ser modificados según la precisión y velocidad que se desee¹². Una vez fijados dichos parámetros, debe presionarse

¹²En general, el cálculo es tan rápido que no merece la pena emplear discretizaciones groseras de la sección.

el botón de **Calcular**, lo que determinará las parejas de axiles y momentos que agotan la sección en cada plano de rotura. Los momentos, al igual que en el cálculo elástico, se encuentran referidos al centro de gravedad de la sección completa en estudio. Una vez terminado el cálculo, puede pasarse a editar los resultados.

En el posproceso de resultados existen diferentes posibilidades (ver figura 10):

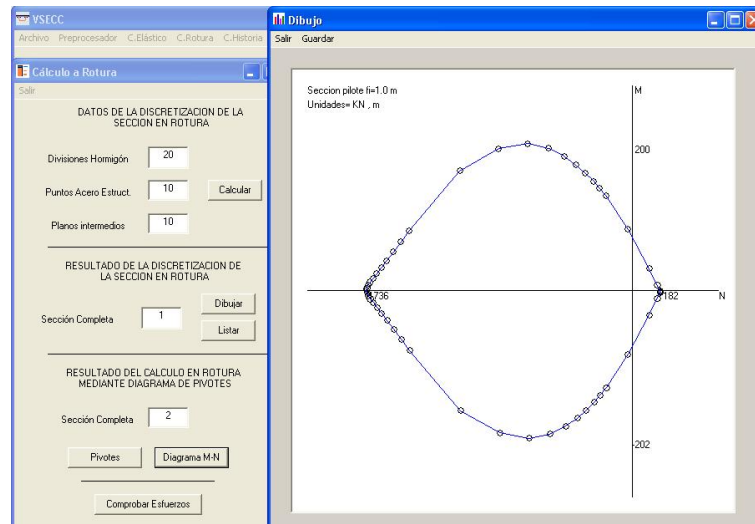


Figura 10: Menú de Cálculo en rotura

- Edición (visualización y listado) de la discretización de las diferentes secciones completas calculadas.
- Edición (visualización) del diagrama de agotamiento $N - M$. Un listado del mismo se genera automáticamente y sin ser necesario su solicitud bajo el nombre `SECC_PIVOTES.txt`.
- Comprobación de esfuerzos en un fichero. A esta opción se accede presionando el botón inferior del formulario. Entonces, los esfuerzos almacenados dentro de un fichero son dibujados junto con su identificador dentro del diagrama $N - M$ para poder comprobar si la sección es capaz de resistirlos (si todos caen dentro) o no (cuando al menos uno de ellos cae fuera). El formato de este fichero de esfuerzos debe ser del tipo¹³:

LISTADO ESFUERZOS REDUCIDO (N,V,M)

1, -1000, 200, 1000

2, -2000, 200, 500

3, -1400, 200, 700

Se muestra en la figura 11 un diagrama de interacción donde se comprueban los pares de esfuerzos.

¹³Donde se incluye además el esfuerzo cortante que no se considera en este diagrama.

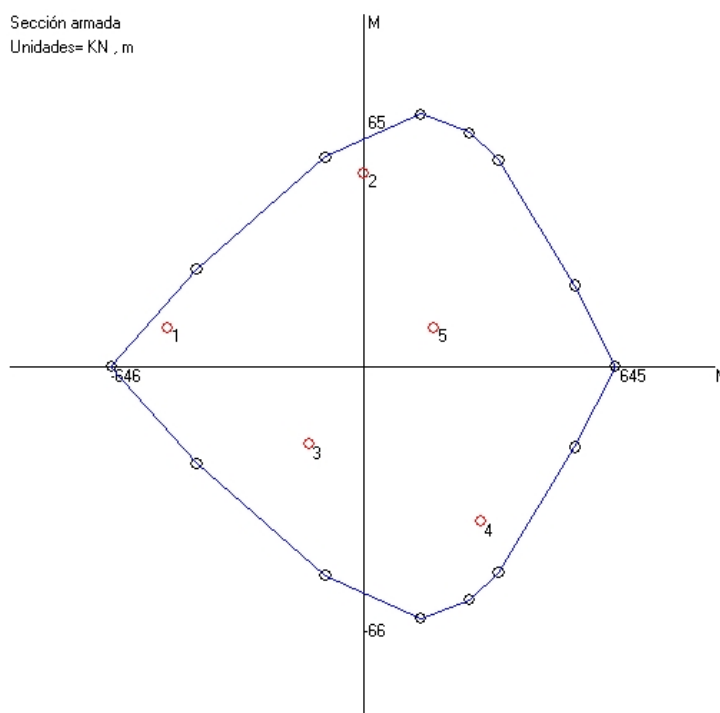


Figura 11: Diagrama $N - M$ de interacción con comprobación de esfuerzos

12. Cálculo de Historia

Este módulo permite reproducir la historia tenso-deformacional de una sección a lo largo del tiempo cuando sobre la misma actúan una serie de cargas. El cálculo que se efectúa es siempre no lineal por lo que en ocasiones puede que no se alcance la convergencia en el mismo. Que no se alcance la convergencia no quiere decir que la solución no exista o no sea posible (en general cuando la sección agota es el propio programa el que avisa) sino que no es posible de determinarla con la precisión exigida y discretización adoptada. Por lo tanto, si tras un cálculo la sección no converge, es recomendable tantear otros parámetros de discretización de la sección o de número de pasos de carga o incluso modificar ligeramente las cargas límites¹⁴.

El cálculo de la historia de tensiones y deformaciones es similar al de rotura en cuanto a los datos que deben introducirse en interactivo salvo que en este caso se exige además un parámetro adicional llamado *número de pasos*. El número de pasos del cálculo es una estimación que debe realizarse en la que el programa, al efectuar un control en desplazamientos de la sección, calcula el incremento de deformación necesario para llegar a la carga final en el número de pasos deseado suponiendo la rigidez tangente de la sección en el punto de comienzo de carga fuera constante (ver figura 12). En general, al degradarse la rigidez de la sección conforme aumenta el nivel de carga, el número de

¹⁴En ocasiones esta última recomendación es muy eficaz ya que la obtención de algunos puntos determinados como crestas o valles de snap-through's o bien los comienzos de abolladura o fisuración son complejos de determinar y es mejor pedir una parada en un instante ligeramente anterior o posterior.

pasos que finalmente se emplea será mayor que el introducido.

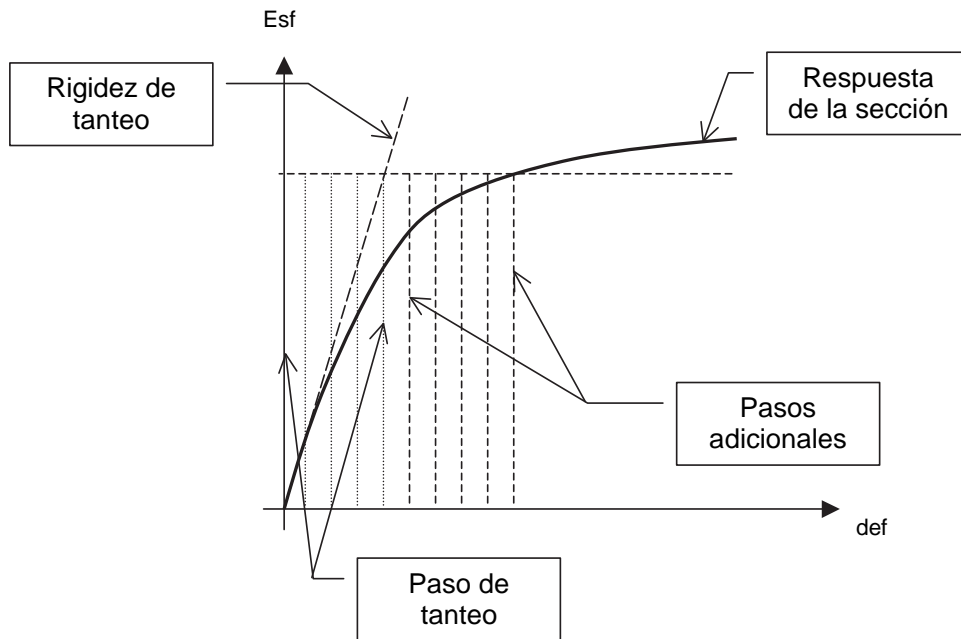


Figura 12: Número de pasos – incremento de deformación

La historia de cargas debe introducirse bajo fichero (una explicación de la misma se realiza en el apartado correspondiente) y hace referencia a unos esfuerzos actuantes en una fibra determinada a lo largo del tiempo. Los esfuerzos que por lo tanto pueden introducirse son un axil y un momento donde se considera la posición de la fibra de referencia constante aunque la sección cambie en las diferentes etapas por las que atraviesa la sección (siendo por lo tanto un estudio exclusivamente de tensiones normales). Una vez efectuado el cálculo de la historia de cargas, la edición de resultados que puede efectuarse en interactivo es la siguiente (ver figura 13):

- Dibujo de los diagramas momento-curvatura y axil-deformación en fibra de referencia. Estos diagramas se representan en la ventana de Dibujo y se listan además automáticamente en un fichero conteniendo la información relativa a momento - axil - curvatura - deformación de fibra de referencia. Este fichero ASCII puede por lo tanto editarse y representarse mediante algún programa de gráficos otros diagramas que interesen por determinadas razones. La extensión de dicho fichero es MOM_CUR.txt.
- Dibujo de las leyes de tensiones y deformaciones en la sección. Con esta opción pueden representarse las tensiones o deformaciones que tiene la sección existente en un paso de carga determinado. Estos dibujos se completan con una serie de leyendas donde se indica los valores extremos por materiales y en la sección.
- Evolución de tensiones y deformaciones en una sección parcial. Este posproceso permite representar las diferentes tensiones –o deformaciones– de la sección para

Figura 13: Menú de Cálculo de Historia

todos los tiempos y en el mismo dibujo¹⁵. Esta opción es muy interesante en casos de estudios reológicos.

- **Leyes en láminas.** Este posproceso se encuentra nuevamente enfocado a estudios reológicos. En el mismo se solicita un gráfico en el que se representa la evolución de las tensiones en una fibra determinada con el tiempo. Para poder emplearlo debe especificarse la sección parcial a la que pertenece la lámina y su número (puede comprobarse las propiedades de las diferentes láminas en el listado del módulo de rotura)¹⁶. Esta opción también es válida con las chapas de acero estructural y los puntos de su discretización.
- **Dibujar axiles parciales.** Con esta opción pueden dibujarse los axiles parciales para los diferentes pasos de carga en las diferentes secciones parciales que se solicite. Debe notarse que el eje de ordenadas representa los pasos de tiempo (en escala no uniforme) y el de abscisas los axiles parciales. Se ejecuta además de manera automática un listado de dichos axiles en un fichero llamado `AX_PARC.txt`.

13. Entrada por fichero

La entrada por fichero es la manera más recomendable y potente de usar VSECC . Con esta opción, los datos del cálculo se leen y escriben en un fichero ASCII editable, siendo

¹⁵En vez de las tensiones en un tiempo determinado para todas las secciones parciales que componen la sección completa (el caso anterior).

¹⁶También pueden dibujarse los extremos y deducir según su signo cuál es cada lámina.

la extensión de los mismos por defecto `.vse` aunque podría ser cualquier otra¹⁷.

En cuanto al preproceso, las utilidades del generador de bloques son muy interesantes a la hora de producir gran cantidad de datos (armaduras de pilotes, chapas de aletas, ...) pero una vez construida la geometría, se tiene un mayor control sobre el programa introduciendo y comprobando el resto de parámetros desde un fichero.

El cálculo puede realizarse también completamente en interactivo como se vio anteriormente, siendo esta manera muy correcta para tanteos y ajustes de la sección. No obstante, cuando se quiere sistematizar el mismo o bien realizar operaciones idénticas sobre un gran número de secciones, ahorra mucho tiempo (y posibilidades de error) el automatizar por fichero las operaciones que se piden y los resultados que se desean.

La entrada por fichero se realiza precediendo la información de datos por una palabra clave¹⁸ que indican qué tipo de información se va a leer a continuación y en qué formato.

Las posibles palabras clave y sus instrucciones se detallan a continuación:

DATOS GENERALES

Este comando permite establecer tanto el título del cálculo que se está efectuando (para mostrarlo en los resultados gráficos) como las unidades en las que se introducen el resto de datos del mismo. El formato de introducción de los datos generales es el siguiente:

Sección Pila Mixta

KN,m

VERTICES

Los vértices son puntos auxiliares que se emplean para establecer el contorno de una sección poligonal de hormigón. Esta sección puede por lo tanto ser definida como mínimo con tres vértices y con el número máximo de vértices que se desee. La definición de los vértices se realiza de la siguiente manera:

1,0,0

2,1,0

El primer campo introducido es el identificador del vértice, el segundo es la coordenada x del vértice y el tercero es la coordenada y . La correcta definición de una superficie por su contorno puede hacerse bien a favor o bien en contra del sentido de las agujas del reloj, pero una vez adoptado un sentido debe mantenerse en el resto de secciones parciales que se definan. En general se recomienda tomar el sentido en contra de las agujas del reloj ya que es el concordante con el eje OZ positivo.

CIRCULOS

Los círculos sirven también para definir contornos de hormigón pero en este caso de tipo circular. Los datos necesarios para definirlos son los siguientes:

16,0,-1,1

17,0,1,1

En estos datos el primer campo es el identificador del círculo, el segundo es la coordenada x de su centro, el tercero es la coordenada y de su centro y el cuarto es su diámetro ϕ .

¹⁷En caso de emplearse otra extensión se recomienda `.txt` guardada con formato ANSI (el programa no reconoce los formatos UTF y Unicode).

¹⁸En realidad sólo es necesario introducir las cuatro primeras letras de la misma.

Los vértices, al definir también contornos de hormigón, deben identificarse consecutivamente a los vértices de hormigón. Es decir, si el vértice máximo que se ha definido es el 16, entonces el primer círculo que debe definirse es el 17. Esta consideración es necesaria a la hora de definir secciones parciales de hormigón.

APASIVAS

Las armaduras pasivas se introducen de manera similar a los círculos de hormigón siendo por lo tanto de la siguiente forma:

1, -0.25, 0.125, 0.032

2, 0.25, 0.125, 0.032

En este caso, el primer campo es el identificador de la armadura pasiva, el segundo es la coordenada x de su centro, el tercero es la coordenada y de su centro y el cuarto es su diámetro ϕ .

ALINEAS

Existe una manera alternativa de introducir bloques de armaduras pasivas. Esta manera consiste en definir una línea de armadura por sus puntos de inicio y final así como su diámetro y número de armaduras. En caso de emplearse esta opción, *debe introducirse siempre después de la definición de APASIVAS*. La sintaxis es la siguiente:

7, -0.25, 0.1, 0.25, 0.5, 5, 0.016

12, -0.1, 1.0, 0.3, 0.1, 4, .012

En este caso, el primer campo es el identificador de la primera armadura pasiva que va a crearse, el segundo es la coordenada x de su punto de inicio, el tercero es la coordenada y de su punto de inicio, el cuarto es la coordenada x de su punto final, el quinto es la coordenada y de su punto final. El sexto campo es el número de armaduras pasivas que va a generarse y el séptimo es su diámetro ϕ . En definitiva se tiene: $id_0, x_0, y_0, x_f, y_f, num, \phi$.

AACTIVAS

Las armaduras activas se introducen nuevamente de manera similar a los círculos de hormigón y armaduras pasivas siendo por lo tanto de la siguiente forma:

1, -0.25, 0.125, 0.032

2, 0.25, 0.125, 0.032

El primer campo es el identificador de la armadura activa, el segundo es la coordenada x de su centro, el tercero es la coordenada y de su centro y el cuarto es su diámetro ϕ .

AESTRUCTURAL

La introducción del acero estructural se realiza definiendo las diferentes chapas existentes de la siguiente forma:

1, 0.0, 0.25, 0.5, 90, 0.04, 1

2, 0.5, 0.25, 0.5, 90, 0.06, 0

El primer campo es el identificador de la chapa de acero estructural, el segundo es la coordenada x_0 del punto de inicio de la chapa y el tercero es la coordenada y_0 del punto de inicio de la chapa. En el resto de campos, el cuarto es la longitud L de la chapa, el quinto es al ángulo α de la chapa con el eje OX , el sexto es su espesor t y el séptimo es su condición de sujeción (necesario para abolladura). Respecto de este último campo debe comentarse que si vale 0, entonces se supone que la chapa se encuentra unida en

sus dos puntos extremos a otras chapas y si vale 1 entonces se supone unida sólo a una chapa y en su punto de inicio. Puede verse un resumen de los mismos en la figura 14.

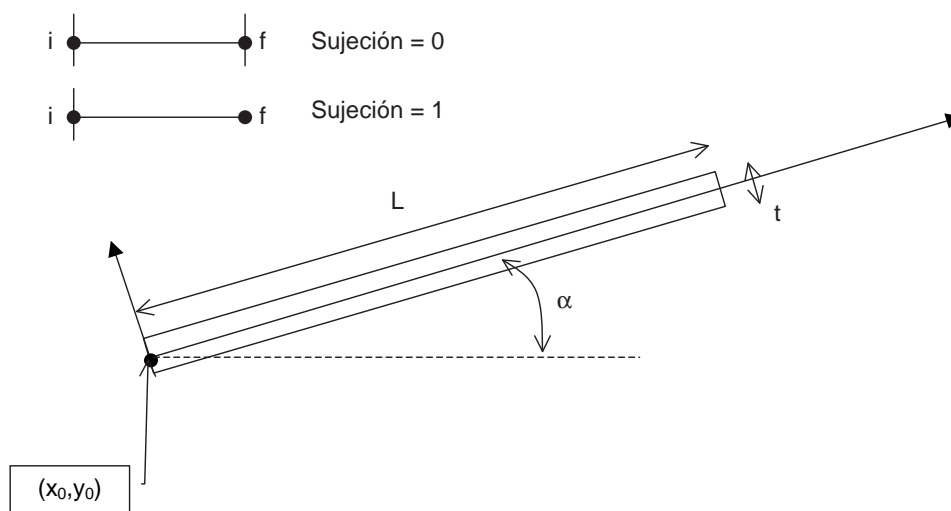


Figura 14: Parámetros de chapa de acero estructural

Para la correcta definición de una chapa deben además establecerse dos parámetros adicionales que se emplean en el cálculo de la abolladura: la rigidización longitudinal y la rigidización transversal que se explicarán tras la definición de las secciones parciales.

SPARCIAL

La definición de las secciones parciales se realiza agrupando los diferentes apartados anteriores. En este caso su definición debe realizarse de la siguiente forma:

- Hormigón. En una sección parcial de hormigón se agrupan vértices o círculos. La sintaxis es por lo tanto:
`1,H0,2,1,15`
 El primer campo corresponde al identificador de la sección parcial, el segundo campo es un identificador del tipo de sección parcial (hormigón en este caso), el tercero es el número (identificador) del material de dicha sección parcial y los campos cuarto y quinto indican el vértice (o círculo) inicial y final que quedan agrupados bajo dicha sección parcial. Evidentemente, cada vez que se define un contorno de hormigón distinto por vértices debe hacerse en una sección parcial diferente. Los círculos pueden agruparse tantos como se desee en la misma sección parcial pero sin mezclarlos con vértices.
- Aceros. Cuando la sección parcial es de acero activo, pasivo o estructural su definición se efectúa de la siguiente forma:
`2,AP,4,3,5`
 En este caso el primer campo es el identificador de la sección parcial, el segundo campo identifica el tipo de acero (AE \Leftrightarrow acero estructural; AP \Leftrightarrow acero pasivo

y AA \Leftrightarrow acero activo), el tercer campo sirve para referenciar el material de la sección parcial y con los campos cuarto a quinto se especifica el elemento de inicio y fin (indicados anteriormente en los apartados de AESTRUCTURAL, APASIVO y AACTIVO).

SCOMPLETA

La sección completa, como se comentó anteriormente, agrupa secciones parciales siendo su sintaxis de la siguiente forma:

1,1,0,1,0

2,1,0,0,1

3,1,-1,1,0

En este caso, el primer campo es el identificador de la sección completa y a partir de entonces el resto de campos sirven para indicar el estado de las secciones parciales (el segundo campo para la primera sección parcial, el tercero para la segunda, ...). Si el código es igual a 1 entonces la sección parcial se considera activa en la sección completa, si es 0 se considera desactivada y si es -1 es un hueco (válido en secciones parciales de hormigón).

MATERIALES

La definición de los materiales de las secciones parciales se efectúa de manera diferente según sean éstos. Además, debe introducirse nuevamente la clase de material (que aunque es una información redundante evita errores de lectura). Los casos de material y sus datos se resumen a continuación:

- Hormigón. Para un hormigón, los datos que deben introducirse son los siguientes: 2,HO,30,2.8E5,1.5,2.1,1000,28,300E-6,100

El primer campo es el identificador del material y el segundo es nuevamente el tipo de material que se va a introducir (HO en este caso). En cuanto al tercer valor especifica la resistencia f_{ck} del hormigón (en unidades coherentes con las introducidas al principio del fichero), el cuarto campo es el valor del módulo de rigidez tangente del material a 28 días $E_c(28)$ y el quinto es el coeficiente de seguridad que minorra la resistencia del material γ_c ¹⁹. En los siguientes campos, el sexto es el valor del coeficiente de fluencia $\varphi(\infty, 28)$ y el séptimo es el parámetro β_H de la EHE para el cálculo de la evolución del coeficiente de fluencia²⁰. Esta introducción de datos permite acotar el valor máximo del coeficiente de fluencia pudiendo además jugarse con la evolución temporal hacia ese valor asintótico²¹. El octavo campo es el tiempo que se ha curado el hormigón t_s y los dos últimos campos sirven para introducir el valor de la retracción $\varepsilon_{cs}(\infty, t_s)$ con el noveno y finalmente, con el décimo campo, el espesor equivalente de la pieza expresado en milímetros ($e = \frac{2A_c}{u}$, siendo A_c el área de la sección transversal de hormigón y u el perímetro en contacto con la atmósfera) empleado en la evolución temporal de

¹⁹De esta manera se trabaja con una curva cuya resistencia de pico es f_{ck} minorada por γ_c pero con el mismo módulo de rigidez en el origen que el especificado $E_c(28)$ lo que es fundamental a la hora de estudiar redistribuciones en una sección formada por distintos materiales.

²⁰ $\beta_H = 1,5e [1 + (0,0012HR)^{18}] + 250 \leq 1500$

²¹La fórmula de la evolución temporal es del tipo $\left(\frac{t-t_0}{t-t_0+\beta_H}\right)^{0,3}$.

la deformación de retracción²². En resumen se tiene:
`id,H0,fck,Ec(28),γc,φ(∞,28),βH,ts,εcs(∞, ts),e`

- Acero de pretensar²³. Para el acero de pretensar deben introducirse otra serie de campos según se muestra en el siguiente ejemplo:

`7,AA,1860,1.9E5,1.1,0.07,0.75`

De estos datos el primer campo corresponde al identificador del material, el segundo es el tipo de material que se va a leer, el tercero es la resistencia última del material f_{pu} , el cuarto es su módulo de rigidez tangente en el origen E_p , el quinto es el coeficiente de seguridad que minorra la resistencia última γ_p , el sexto es la relajación a 1000 horas y el séptimo es el tanto por uno de tesado²⁴. Nuevamente, en resumen resulta:

`id,AA,fpu,Ep,γp,ρ1000,gradotes`

- Acero pasivo. El acero pasivo responde al esquema:

`3,AP,500,2.1E5,1.15,1,30,43,0.01`

Estos campos permiten introducir con el primero el identificador del material, con el segundo el material que se va a leer, con el tercero la resistencia última del material²⁵ f_y , con el cuarto su módulo de rigidez tangente en el origen E_s y con el quinto el coeficiente de seguridad γ_s . El resto de parámetros sirven para rigidizar la respuesta en tracción del acero incluyendo el rozamiento en la interfaz acero-hormigón. Su empleo no es en absoluto necesario en cálculos ordinarios (al complicarlos y no proporcionar una variación substancial de la respuesta) aunque en cualquier caso pueden utilizarse cuando se desee siendo el sexto campo el parámetro lógico que activa esta opción (1 \Leftrightarrow Activa, 0 \Leftrightarrow No Activa)²⁶, el séptimo es la resistencia a compresión a 28 días del hormigón que rodea a la barra de acero, el octavo es el tiempo en el que se hormigona el tirante de la sección y el noveno es la cuantía eficaz de acero traccionado²⁷ $\rho_{eff} = \frac{A_s}{b \cdot h_{eff}}$.

En definitiva, los campos a introducir son los siguientes:

`id,AP,fy,Es,γs,LOGstiff,fck,t,ρeff`

- Acero estructural. Para el acero estructural, la introducción de datos debe ser de la siguiente forma:

`2,AE,355,2E5,1.15,300,1`

En este material el primer campo es el identificador del material, el segundo es el tipo de material que se va a leer, el tercero es su resistencia última f_y (que

²²Que debe introducirse con dimensiones debido a que la formulación de la EHE es dimensional.

²³Este material sólo puede introducirse cuando todo el tesado se realiza en la primera fase. Cuando se requieren diferentes tesados, retesados, ... el pretensado debe introducirse como un conjunto de fuerzas equivalente.

²⁴Este grado de tesado se introduce como *deformación*. Es decir, el programa aplica una deformación igual a $\varepsilon_{tes} = \text{grado}_{tes} \frac{f_{pu}}{E_p \gamma_p}$ de donde calcula la tensión de tesado como la obtenida para dicha deformación. En los rangos usuales de tesado puede prácticamente asumirse un comportamiento lineal del material, pero conviene siempre revisar la tensión que efectivamente se aplica.

²⁵Que en este caso coincide con su límite elástico.

²⁶En caso de introducirse un 0, entonces no es necesario indicar más parámetros.

²⁷Donde b es el ancho de la sección de hormigón en el centro de gravedad del paquete de armaduras y h_{eff} es la profundidad efectiva traccionada de hormigón que debe tomarse como $2,5(h-d)$ siendo h el canto total de la sección y d el canto útil.

coincide con el límite elástico), el cuarto es el módulo de rigidez tangente en el origen E_s , el quinto es el coeficiente γ_s de seguridad, el sexto es el valor de la tensión residual pico (en caso de existir) y el séptimo es el identificador lógico de capacidad no-tracción de la chapa ($1 \Leftrightarrow$ No resiste tracciones, $0 \Leftrightarrow$ Resiste compresiones y tracciones). Por lo tanto:

`id,AE,fy,Es,γs,σres,LOGtracc`

MFICHERO

Esta opción permite definir por puntos la curva de comportamiento de un material general. Para emplear este comando se debe definir previamente un material de tipo hormigón con los parámetros que se desee y posteriormente se indica la siguiente sintaxis de comandos:

MFICHERO

3

En este ejemplo, el programa buscará automáticamente un fichero en el directorio en el que se está corriendo el cálculo de nombre `MATERIAL_3.txt`. donde el número del fichero hace referencia al introducido tras el comando `MFICHERO`. Dicho fichero debe almacenar la información de la siguiente forma:

`CURVA TENSION DEFORMACION DE HORMIGON 2`

`2,H0,3000,2e6,1.5,1.8,1000,4,350e-6,500`

`-0.0035,-1518.611`

`-3.258285E-03,-1554.903`

`-3.016569E-03,-1589.326`

`-2.774854E-03,-1620.329`

`-2.533138E-03,-1645.717`

`-2.291423E-03,-1662.398`

`-2.049707E-03,-1666.075`

`-1.807992E-03,-1650.864`

`-1.566277E-03,-1608.906`

`-1.324561E-03,-1530.106`

`-1.082846E-03,-1402.309`

`-8.411306E-04,-1212.486`

`-5.994152E-04,-949.7298`

`-3.576998E-04,-610.7173`

`-1.159844E-04,-207.2575`

`9.259259E-05,166.6667`

`3.425926E-04,40.76681`

`5.925926E-04,20.52123`

`8.425926E-04,7.997795`

`1.092593E-03,-2.5559E-07`

Los dos primeros campos son de texto. El primero es un comentario libre ignorado por el programa y el segundo son propiedades de referencia que se usan por ejemplo para los cálculos elásticos y las siguientes 20 entradas corresponden a la curva tensión - deformación. Esta opción trata al material (de cara a la construcción de su diagrama de pivotes, características reológicas, ...) como un hormigón.

ANCHO EFICAZ

Con esta opción puede especificarse el ancho eficaz elástico de una sección (ψ_{el}). Este parámetro varía con la deformación en la fibra llegando a duplicarse ($\psi_{pl} = 2\psi_{el}$) pero cumpliendo siempre que $\psi \leq 1$. Su introducción se realiza de la siguiente forma:

1,0.6

3,0.7

Donde el primer campo indica la sección parcial sobre la que actúa el ancho eficaz y el segundo su valor elástico (ψ_{el}).

RLONGITUDINAL

Esta opción indica si las chapas pertenecientes a una sección parcial determinada se encuentran rigidizadas a lo largo de su longitud mediante la disposición de perfiles. La introducción de estos datos es necesaria en el caso de que se desee calcular dicho elemento mediante el método del pandeo de la columna²⁸ en el cual se supone cada rigidizador con un ancho contributivo de chapa y considerando su comportamiento frente a abolladura y pandeo. Las propiedades de este tipo de rigidización deben ser introducidas de la siguiente forma:

3,7,0.05,0.0043,0.1

5,100,0,0,0

El primer campo indica el número de sección parcial (identificador) sobre el que se aplica esa rigidización, el segundo indica el número de rigidizadores en la chapa, el tercero indica el área de los rigidizadores, el cuarto la inercia de los rigidizadores respecto de su propio centro de gravedad y el quinto la distancia del centro de gravedad de los rigidizadores respecto de la chapa. El programa realiza las siguientes suposiciones:

- La chapa debe ser horizontal o cuasi-horizontal. En caso de introducirse esta rigidización en una chapa que no lo sea, el programa la calculará del lado de la seguridad suponiendo que todas sus fibras se encuentran sometidas a la deformación del extremo con mayor deformación negativa (de compresión)
- Todos los rigidizadores son idénticos
- Los rigidizadores son del mismo acero que la chapa a la que rigidizan
- Los rigidizadores se suponen equiespaciados
- Los rigidizadores se unen a la chapa sólo en un punto coincidente con la perpendicular por su centro de gravedad a la chapa

Además, deben comentarse una serie de particularidades de este comando:

- Las secciones parciales de las que no se especifique condición de rigidización longitudinal se suponen sin ésta (es decir, en la sección parcial 2 se tendría: 2,0,0,0,0)
- Si se introduce un número de rigidizadores igual a 100, entonces se supone que la chapa no abolla (por ejemplo, cuando se encuentra en contacto con el hormigón) y no es necesario introducir el resto de campos (lo que en el caso anterior sería: 2,100,0,0,0)

²⁸Esta consideración obliga a que en el cálculo se efectue un proceso iterativo para determinar el ancho contributivo de chapa que suele converger en pocas iteraciones.

Cuando se introduce la rigidización longitudinal se recomienda introducir todas las secciones parciales y por orden consecutivo (asignando un número de rigidizadores igual a cero en las secciones que no sean de acero estructural) principalmente para evitar confusiones aunque no afecta al algoritmo de cálculo.

La deformación en los rigidizadores en los diferentes pasos de carga puede obtenerse directamente de los dibujos de deformaciones para los diferentes pasos de tiempo donde se indica la deformación a la cota del centro de gravedad de los mismos.

RTRANSVERSAL

Además de la rigidización transversal, para el cálculo de la abolladura es necesario proporcionar también la distancia entre rigidizadores transversales (marcos, diafragmas, ...). Este valor debe introducirse como:

RTRANSVERSAL

4

Por lo tanto, la rigidización transversal se supone idéntica para todos los elementos. Esta hipótesis es razonable ya que la disposición de dichos elementos afecta a todas las chapas que conforman una sección. En caso de introducirse ningún valor, se toma por defecto un valor de 10 unidades de longitud.

HISTORIA

Bajo este comando puede introducirse una historia de cargas y construcción de la sección en el tiempo considerando su evolución tenso-deformacional. La sintaxis de este comando es la siguiente:

REF,0.5

1,2,8,0,100

2,2,8,100,100

3,2,400,100,100

4,4,400,100,200

En este caso la primera línea establece la posición de la fibra de referencia donde se suponen aplicados los esfuerzos axiales y momentos. En el resto de líneas que se introduzcan, el primer campo es el identificador del paso de carga, el segundo indica la sección completa sobre la que actúan los esfuerzos, el tercero el tiempo en el que se produce esa fase, el cuarto indica el esfuerzo axial y el quinto el momento aplicado es decir:

id,SC,t,N,M

La manera de introducir una carga, debido al control en desplazamientos, se realiza variando únicamente uno de los dos últimos campos cada vez²⁹. La sección completa sobre la que se aplican los nuevos esfuerzos puede variar aunque lo hagan éstos siempre y cuando el tiempo se mantenga constante en esa transición. Si el tiempo entre dos pasos varía, entonces se puede o bien mantener los esfuerzos constantes en el tiempo o bien cambiarlos (N y M) siendo el incremento de esfuerzos los de carácter hiperestático.

COMANDOS

Los comandos son una categoría especial de órdenes que permiten relacionarse con el programa y obligarle a efectuar las operaciones que usualmente se harían con él interactivamente. Los comandos deben introducirse al final del fichero de entrada, una

²⁹Se puede incrementar o bien el momento o bien el axial.

vez que todos los datos de geometría y cargas son conocidos. Las diferentes que pueden invocarse son:

- **titcorto** Esta orden indica que el texto que a continuación se escribe es el título que precederá en el nombre de los ficheros (listados `.txt` y gráficos `.bmp`). Es interesante destacar que la misma puede contener la ruta de dichos archivos, por ejemplo: `titcorto,C:/VSECC/salida1/SEC_PR`, donde los ficheros de salida tendrán todos el prefijo `SEC_PR` y se almacenarán en una carpeta en la ruta: `C:/VSECC/salida1`. Debe no obstante tenerse en cuenta que dicha carpeta debe existir previamente (el programa no la crea) y que la ruta que se le asigne no debe contener espacios en blanco.
- **predibsc** Este comando genera un archivo gráfico donde se dibuja la sección sin numeración.
El comando tiene las siguientes opciones `predibsc,1,3` donde el segundo campo indica la primera sección completa a dibujar y el tercero la última, dibujándose automáticamente las que se encuentren entre ambos y sacando ficheros de nombre `_SC`.
- **predibmate** Este comando genera un archivo gráfico donde se dibuja la curva tensión - deformación de un material determinado.
El comando tiene las siguientes opciones `predibmate,1,3` donde el segundo campo indica el primer material a dibujar y el tercero el último, dibujándose automáticamente los que se encuentren entre ambos y sacando ficheros de nombre `_MATE`.
- **calcelas** Este comando ejecuta el cálculo de las propiedades elásticas de una sección.
El comando tiene las siguientes opciones `calcelas,3,1,0` donde el segundo campo indica el material de referencia, el tercero es un indicador lógico (`1⇔SI`, `0⇔NO`) para obtener un listado reducido de las mismas (nombre `_P_ELAS_RED_LIS`) y el cuarto es otro identificador lógico para obtener un listado detallado (nombre `_P_ELAS_COM_LIS`).
- **calcrot** Este comando ejecuta el cálculo en rotura (flexión uniaxial) de una sección.
El comando tiene las siguientes opciones `calcrot,15,20,15` donde el segundo campo indica el número de láminas de hormigón, el tercero el de puntos de acero estructural y el cuarto el número de planos de agotamiento.
- **dibrotdis** Este comando genera un archivo gráfico donde se dibuja la discretización en rotura de una sección determinada.
El comando tiene las siguientes opciones `dibrotdis,1,3` donde el segundo campo indica la primera sección completa a dibujar y el tercero la última, dibujándose automáticamente las que se encuentren entre ambas y sacando ficheros de nombre `_DIS_ROT`.
- **dibrotdia** Este comando genera un archivo gráfico donde se dibuja el diagrama de interacción N_M en rotura de una sección determinada.

El comando tiene las siguientes opciones `dibrotdia,1,2` donde el segundo campo indica la primera sección completa a dibujar y el tercero la última, dibujándose automáticamente las que se encuentren entre ambas y sacando ficheros de nombre `_DIAG_ROT`.

- **dibrotpiv** Este comando genera un archivo gráfico donde se dibuja el diagrama de pivotes en rotura de una sección determinada.

El comando tiene las siguientes opciones `dibrotpiv,1,2` donde el segundo campo indica la primera sección completa a dibujar y el tercero la última, dibujándose automáticamente las que se encuentren entre ambas y sacando ficheros de nombre `_PLANO_ROT`.

- **dibrotcom** Este comando genera un archivo gráfico donde se dibuja el diagrama de interacción $N - M$ en rotura de una sección determinada con una serie de esfuerzos leídos de fichero.

El comando tiene las siguientes opciones `dibrotcom,Listado.txt,2,3` donde el segundo campo indica el nombre de fichero (con su extensión) donde se almacenan los esfuerzos, el tercer campo la primera sección completa donde se comprueban dichos esfuerzos y el cuarto la última, dibujándose automáticamente las que se encuentren entre ambas y sacando ficheros de nombre `_COMP_ROT`.

- **calchist** Este comando ejecuta el cálculo de una historia de cargas (flexión uniaxial) en una sección.

El comando tiene las siguientes opciones `calchist,15,20,15` donde el segundo campo indica el número de láminas de hormigón, el tercero el de puntos de acero estructural y el cuarto el número de pasos de carga en el cálculo.

- **dibhisdia** Este comando genera un archivo gráfico donde se dibuja el diagrama $M - \frac{1}{r}$ o $N - \varepsilon$ dada una historia de cargas en una sección.

El comando tiene las siguientes opciones `dibhisdia,1,0` donde el segundo campo es un identificador ($1 \Leftrightarrow SI$, $0 \Leftrightarrow NO$) para saber si debe dibujarse el diagrama $M - \frac{1}{r}$ (nombre `_M_r`) y el tercero otro identificador para saber si debe dibujarse el diagrama $N - \varepsilon$ (nombre `_N_e`).

- **dibhisley** Este comando genera un archivo gráfico donde se dibujan las leyes de tensiones sobre una sección para un determinado paso de carga.

El comando tiene las siguientes opciones `dibhisley,1,1,20` donde el segundo campo es un identificador ($1 \Leftrightarrow Tensiones$, $2 \Leftrightarrow Deformaciones$), el tercero el primer tiempo y el cuarto el último, dibujándose automáticamente los que se encuentren entre ambos y sacando ficheros de nombre `_HIST`.

- **dibhisaxi** Este comando genera un archivo gráfico donde se dibujan las leyes de axiles sobre las diferentes secciones parciales.

El comando debe introducirse de la siguiente forma: `dibhisaxi,1,1,0,0,1` donde los diferentes campos numéricos son un código para las distintas secciones parciales (de la primera a la última). Así, si es igual a 1 entonces se dibujan sus axiles y si es 0 no. El archivo generado tiene un nombre de tipo `S_MIXTA_AXI_11001.bmp` donde los números finales hacen referencia a las secciones parciales pedidas (ya que el comando puede introducirse varias veces).

- **pdf** Este comando genera una serie de archivos en pdf. El nombre de los mismos corresponde `titcorto_TXT.pdf` (contiene los ficheros de texto – fichero de entrada que se esté corriendo `.vse` y ficheros de salida `.txt`–), `titcorto_BMP.pdf` (contiene los `.bmp` que se hayan generado) y `titcorto_COMPLETO.pdf` (contiene juntos los dos archivos anteriores).

Para que pueda ejecutarse este comando debe tenerse instalado el Image Magick (ver el apartado de instalación del manual). En realidad, puede emplearse cualquier programa que se desee siempre que se encuentre instalado, en el path del sistema y se reescriba convenientemente el batch `conv.bat` con las opciones que se desee.

!Comentarios

Este símbolo indica que lo que a continuación se escriba es un comentario que no será ejecutado por el programa. Para que los comentarios funcionen correctamente deben separarse mediante una línea en blanco de los bloques de información anteriores o posteriores o bien ponerse tras la introducción de una línea de datos:

VERTICES

```
1,0,0 !Este comentario es válido
2,1,0
```

!Este comentario también vale al estar separado de los otros bloques

CIRCULOS

```
3,1,2,1
```

14. Comportamiento del programa, informe de *Bugs*

Para informar sobre cualquier *bug* o sugerencia para implementar, por favor, mandarme un correo a: miguel.fernandez@mc2.es. Todos los comentarios y sugerencias serán bien recibidos.