

EJEMPLO 1: CERCHA 2D

Con este ejemplo se abordarán las siguientes posibilidades del programa:

- Introducción de Nudos, Barras Cargas en barra, Combinaciones de Hipótesis, Limitación de Flechas en Nudos Libres.
- Generación de Tablas de Secciones de Barras.
- Selección de Listados, Validación de Datos, y Cálculo de la Estructura.
- Salidas: Memoria de Resultados con formato, Visualización de Envolventes, Visualización sólida de la estructura, Visualización de Cargas y de Deformadas.

ENUNCIADO:

Comprobar la validez de las barras de la Cercha de pendolón y tornapuntas correspondiente al ejercicio 18.3 del libro Estructuras de Madera. Diseño y Cálculo. AITIM 2003. Figura 18.4.

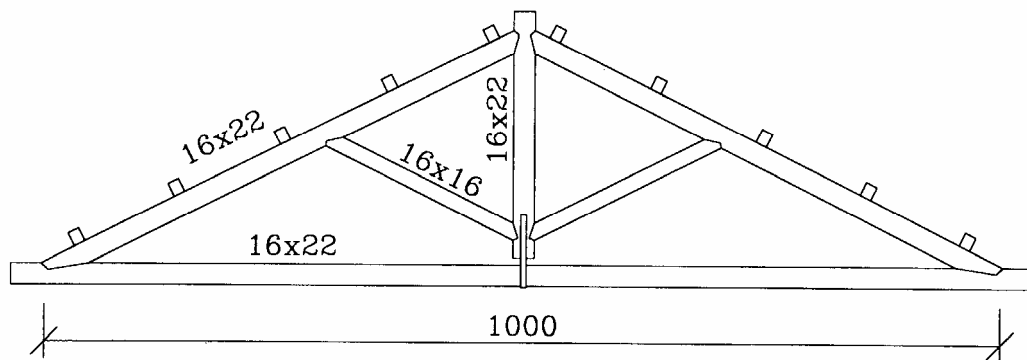


Figura 18.4. Cercha. Cotas en cm.

Separación entre Cerchas = 2.8m

Clase de servicio: 2

Clase resistente: C22

La densidad considerada para la madera es 600 kg/m^3

El peso de los elementos constructivos de cubierta referidos a m^2 de faldón es 73.02 kg/m^2 en el que no se incluye el peso propio de la Cercha.

El tirante soporta una carga permanente de 15 kg/m^2

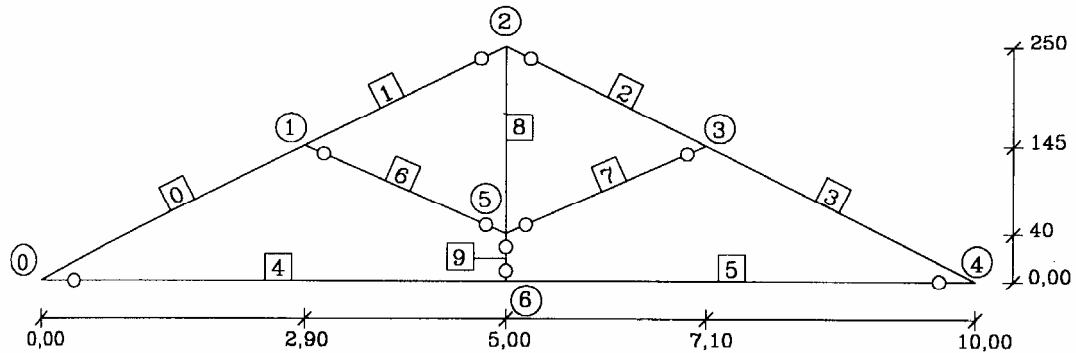
Combinaciones de hipótesis y coeficientes de ponderación.

COMB / HIP	1	2	3
1	1.35	0	0
2	1.35	1.5	0
3	1.35	1.35	1.35
4	1.35	0	1.5
5	1	0	1.5

Las sobrecargas de nieve y viento se consideran de corta duración.

SOLUCIÓN:

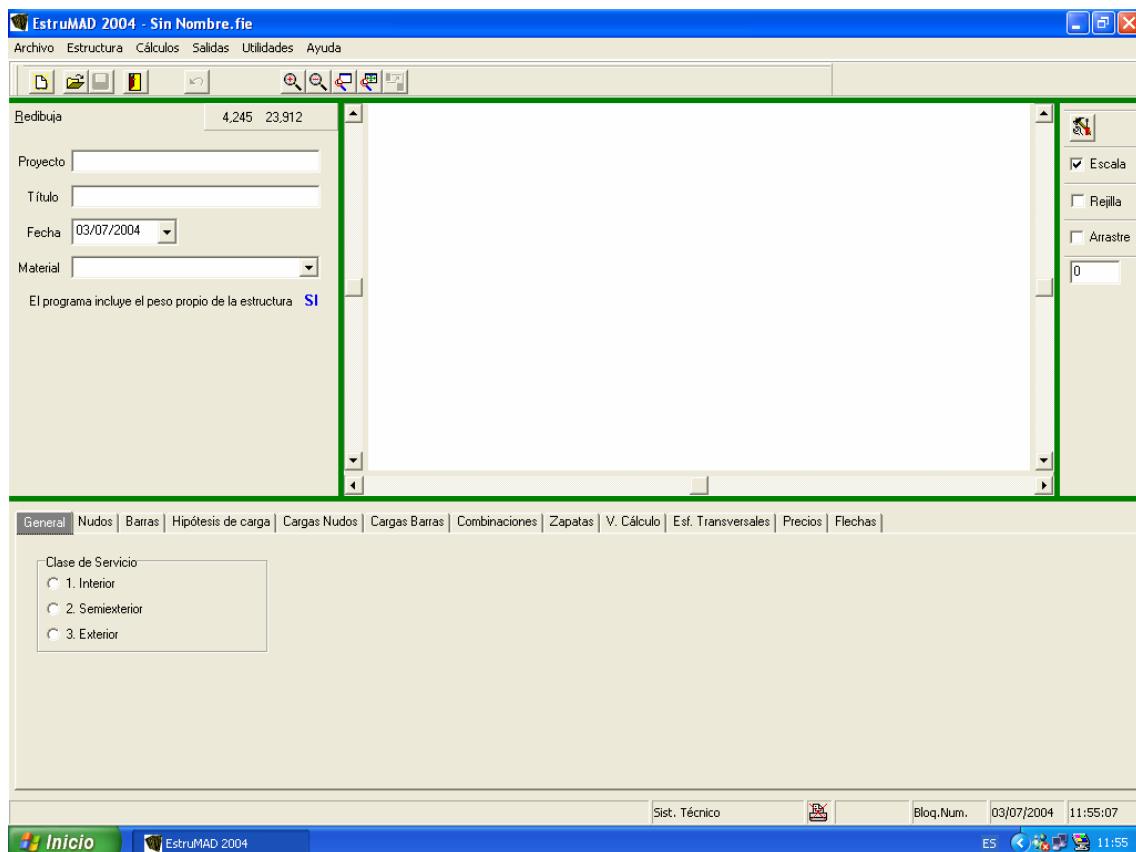
Para introducir la estructura se plantea la siguiente numeración de los nudos, barras y claves de articulación de las barras:



Numeración de nudos , barras y claves de articulación.

1. PANTALLA PRINCIPAL

Al ejecutar el programa ESTRUMAD aparece la pantalla principal, pantalla 1.1.



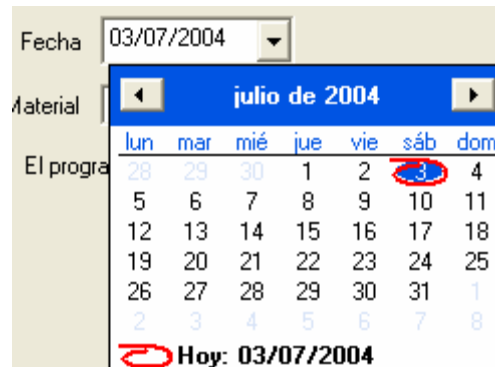
Pantalla 1.1

En esta pantalla se definen los siguientes datos de la estructura:

Proyecto: Nombre del proyecto en el que vamos a trabajar.

Título: Nombre de la estructura que vamos a calcular.

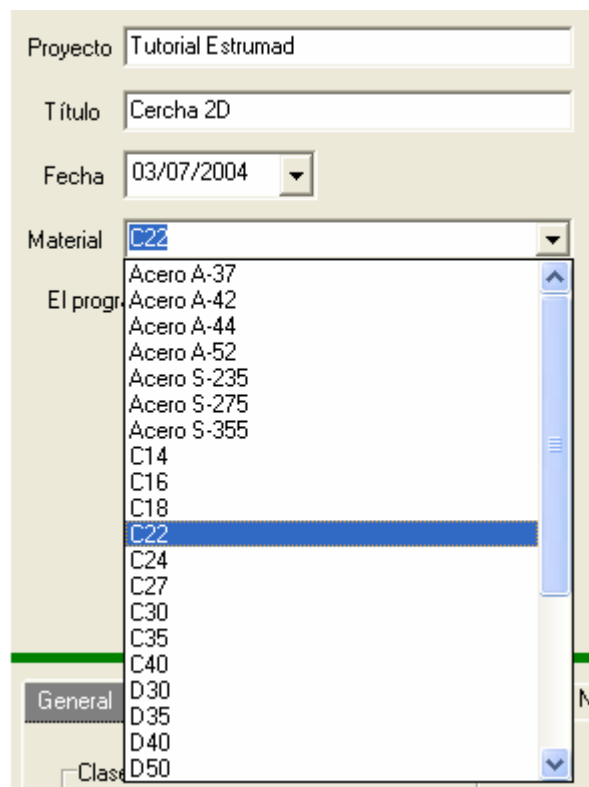
Fecha del proyecto: Se puede modificar directamente la fecha que se propone por defecto o pinchar sobre la flecha que aparece a la derecha, apareciendo una pantalla con un calendario, pantalla 1.2. Al pinchar en “Hoy”, el programa inserta automáticamente la fecha actual.



Pantalla 1.2

Material: Mediante el menú desplegable que aparece en la pantalla 1.3, se elige la clase resistente de la madera. Si alguna barra en concreto es de clase diferente o es de acero, ésta puede asignarse posteriormente en el cuadro de generación de barras, de forma individual.

La estructura de cubierta del ejemplo se realiza en Madera Aserrada de clase resistente **C22**.



Pantalla 1.3

Al pie del cuadro figura una opción con el texto “**El programa incluye el peso propio de la estructura SI/NO**”.

Para el cálculo de la cercha se activa la opción **SI**, por lo que no es necesario incluir posteriormente el peso de las barras en las cargas a introducir.

Proyecto: Tutorial Estrumad

Título: Cercha 2D

Fecha: 03/07/2004

Material: C22

☒ El programa incluye el peso propio de la estructura: SI

Pantalla 1.4

2. INTRODUCCIÓN DE DATOS

2.1. MENÚ GENERAL

Al entrar en el programa, la pestaña de entrada de datos activa es la que lleva por nombre **GENERAL**, que permite indicar las condiciones ambientales de la estructura a calcular. Estas condiciones ambientales se corresponden con las clases de servicio definidas en el Eurocódigo 5.

La estructura de cubierta del ejemplo pertenece a una clase de servicio 2 (semiexterior).

General | Nudos | Barras | Hipótesis de carga | Cargas

Clase de Servicio

☐ 1. Interior

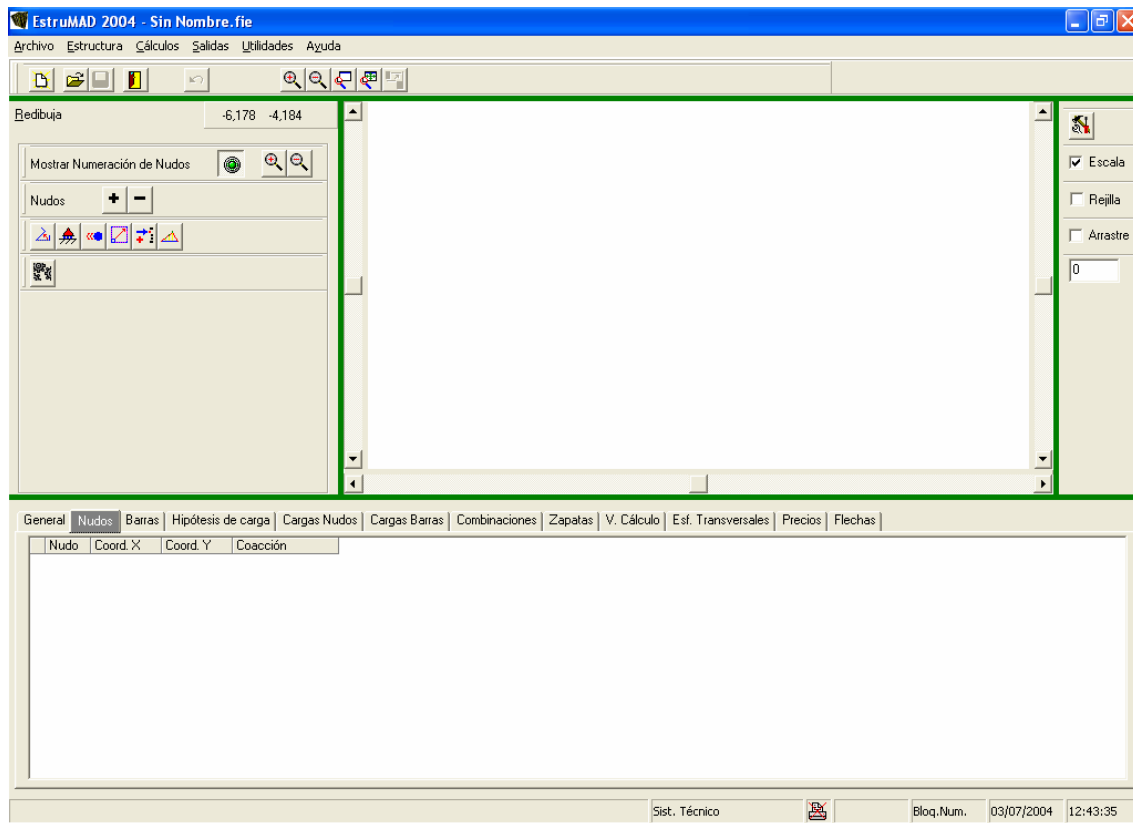
☒ 2. Semiexterior

☐ 3. Exterior

Pantalla 2.1.1

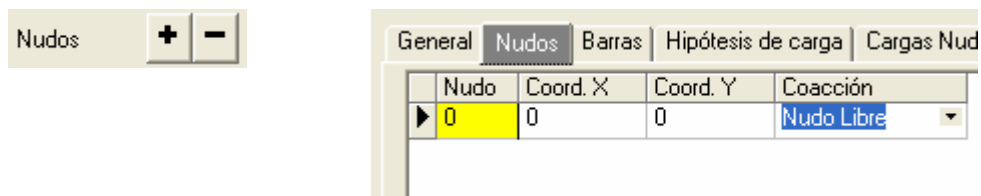
2.2. NUDOS

Al pulsar sobre la pestaña **NUDOS**, aparece la pantalla 2.2.1, en la que se definen las coordenadas de los nudos y el tipo de coacción de los apoyos.



Pantalla 2.2.1

Al pulsar el icono  se añade una fila para introducir un nuevo nudo (pantalla 2.2.2).



Pantalla 2.2.2

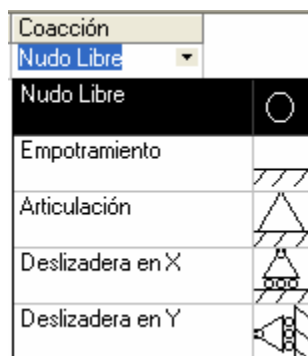
ENCABEZAMIENTOS

Nudo: Número del nudo.

Coord. X: Abscisa del nudo referida a los ejes generales, en metros.

Coord. Y: Ordenada del nudo referida a los ejes generales, en metros.

Coacción: Tipo de coacción del nudo.



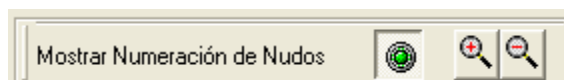
Pantalla 2.2.3

Las coordenadas de los nudos de la cercha del ejemplo y las coacciones de los mismos están representadas en la pantalla 2.2.4.

General	Nudos	Barras	Hipótesis de carga	Cargas Nudo
Nudo	Coord. X	Coord. Y	Coacción	
0	0	0	Articulación	
1	2,9	1,45	Nudo Libre	
2	5	2,5	Nudo Libre	
3	7,1	1,45	Nudo Libre	
4	10	0	Deslizadera en >	
5	5	0,4	Nudo Libre	
6	5		Nudo Libre	

Pantalla 2.2.4

El programa permite mostrar la numeración de los nudos pulsando el icono situado en la parte superior izquierda de la pantalla, así como aumentar o reducir el tamaño de las coacciones en los apoyos.



Pantalla 2.2.5

2.3. BARRAS

Al pulsar sobre la pestaña **BARRAS**, aparece la pantalla 2.3.1, que permite introducir las características constructivas y de cálculo de todas las barras de la estructura.

General	Nudos	Barras	Hipótesis de carga	Cargas Nudos	Cargas Barras	Combinaciones	Zapatas	V. Cálculo	Esf. Transversales	Precios	Flechas
Barra	Menor	Mayor	Anula	Articulación	Clase	b x h	T.S. / Ancho (mm)	Tamaño / Alto (mm)	CPz (Coef. Pandeo B Plano Estructural)	CPy (Coef. Pandeo B Plano Perpendicular Estructural)	

Pantalla 2.3.1

General	Nudos	Barras	Hipótesis de carga	Cargas Nudos	Cargas Barras	Combinaciones	Zapatas	V. Cálculo	Esf. Transversales	Precios	Flechas
Barra	CPy (Coef. Pandeo B Plano Perpendicular Estructural)	Flecha activa	Flecha Total	Flecha Neta	Contraflecha (mm)	Material	Long. El. Vuelco (m)	Pieza	Geometría Barra	Vértice	

Pantalla 2.3.1 (Continuación)

Barra: Número de barra.

Menor: Nudo de menor numeración de la barra.

Mayor: Nudo de mayor numeración de la barra.

Anula: Se activa si se quiere anular la barra para que el programa no la tenga en cuenta a la hora de calcular.

Articulación:

Articulación	Clase	b x h	T.S. / Ancho
Sin Articular		☐	
Sin Articular			
Art. Nudo Menor			
Art. Nudo Mayor			
Biarticulada			

Pantalla 2.3.2

Clase de barra:

Pilar. Se tiene en cuenta el pandeo.

Viga. No se tiene en cuenta el pandeo.

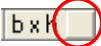
Celosía. Se tiene en cuenta el pandeo:

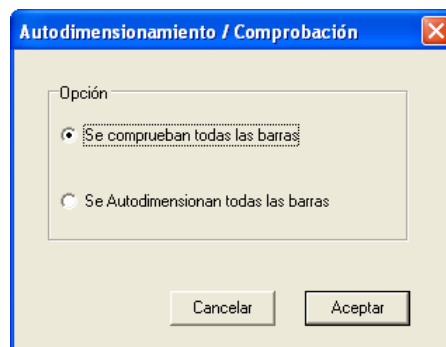
- C. Alma
- C. Superior
- C. Inferior

Clase	b x h	T.S.
Pilar	☐	
Viga		
C.Alma		
C.Sup.		
C.Inf.		

Pantalla 2.3.3

b x h: Marcando esta opción se permite introducir manualmente las dimensiones de la barra.

 Pulsando el botón se muestra la pantalla 2.3.4. mediante la cual se indica al programa que compruebe las barras propuestas o que las autodimensione.



Pantalla 2.3.4

T.S./Ancho (mm): Tipo de sección para cada barra o ancho de barra propuesto. El programa incorpora los perfiles metálicos más habituales. En caso de haber activado la opción b x h, el programa permite cubrir el apartado con un valor del ancho de la sección en mm.

1 - [] PN
2 - [] PN
3 - [] PN
4 - [] PN
5 - I I PN
6 - I I PN
7 - I I PE
8 - I I PE
9 - I HEB
10 - I HEB
11 - IPN
12 - IPE
13 - I HEB
14 - II PN
15 - II PE

Pantalla 2.3.5

Tamaño/Alto (mm): Permite introducir el tamaño del perfil asociado a la barra o bien la altura de la sección en mm.

CPz (Coeficiente de pandeo \$ en el plano de la estructura): Mediante un menú desplegable se proponen distintos valores.

CPz (Coef. Pandeo β Plano Estructura)	CPy (
0	No hay pandeo o es viga
0.5	Biempotrado intranslacional
0.7	Empotrado-Articulado Translacional
1	Biarticulado e Intranslacional
1	Biempotrado Translacional
2	Empotrado Libre
?	Cálculo Interno

Pantalla 2.3.6

CPy (Coeficiente de pandeo \$ en el plano perpendicular a la estructura): Mediante un menú desplegable se proponen distintos valores.

CPy (Coef. Pandeo β Plano Perpendicular Estructura)
0
0.5
0.7
1
1
2
?

Pantalla 2.3.7

Flecha activa: Representa la limitación de la flecha debida a las cargas variables considerando la fluencia más las permanentes considerando sólo la fluencia, expresada como un porcentaje de la luz del vano de la barra. El programa facilita los siguientes valores límites recomendados.

Flecha activa	Flecha Total	Flecha Neta
0	0	0
250	Cubiertas Naves	
300	Edificios (Hasta 5m. Luz)	
400	Edificios	
500	Cargaderos	

Pantalla 2.3.8

Flecha Total: Representa la limitación de la flecha debida a la carga total considerando la fluencia, expresada como un porcentaje de la luz del vano de la barra.

Flecha activa	Flecha Total	Flecha Neta
0	1/200	0
	1/300	
	1/400	
	1/500	
	1/750	
	1/1000	

Pantalla 2.3.9

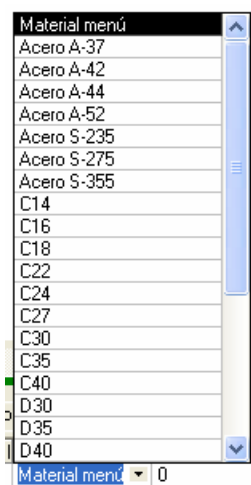
Fecha Neta: Representa la flecha total considerando la contraflecha.

Flecha Neta	Contraflech
200	1/200
300	1/300
400	1/400
500	1/500
750	1/750
1000	1/1000

Pantalla 2.3.10

Contraflecha: Valor de la contraflecha en milímetros.

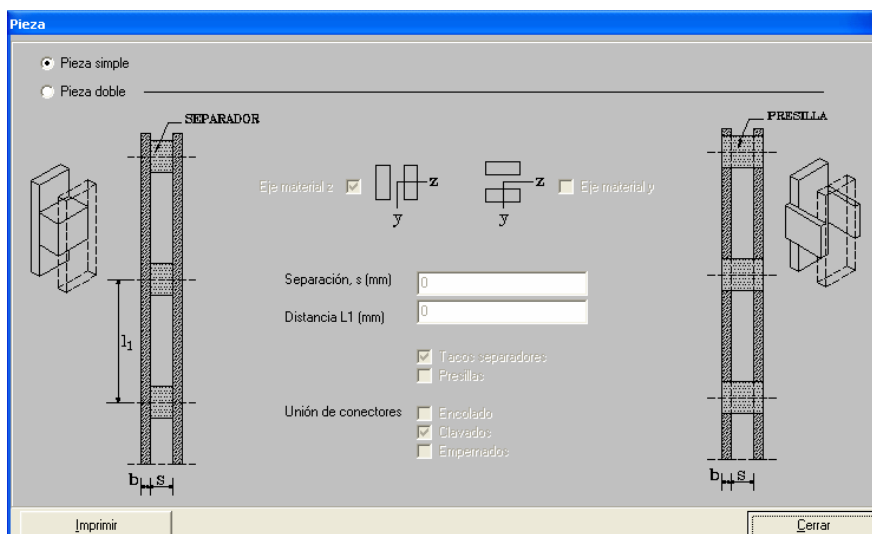
Material: Permite asignar a cada barra el material que se desee de forma individualizada. Por defecto, el programa entiende que el material de la barra es el seleccionado en la pantalla principal como material menú.



Pantalla 2.3.11

Longitud eficaz de vuelco(m): Representa la mayor separación en metros que inmoviliza transversalmente la viga. Si se pone 0 no se tiene en cuenta el vuelco transversal.

Pieza: permite indicar si la pieza es simple o doble. Pulsando sobre los puntos suspensivos aparece la pantalla siguiente.



Pantalla 2.3.12

En esta pantalla se definen los datos necesarios para el cálculo de piezas compuestas de madera:

- **Separación (mm):** Únicamente para barras de sección doble. Separación interior entre piezas en milímetros.
- **Clase de separador:** Presilla o tacos separadores.
- **Unión de conectores:** Puede ser de los siguientes tipos: encolado, clavado o empernado.

Geometría barra: permite indicar si la barra es de canto constante o variable. Al pulsar sobre los puntos suspensivos aparece la siguiente pantalla.

Pantalla 2.3.13

En el caso de barras con sección de canto variable se indicará:

- **Canto en nudo menor i (mm):** altura de la barra en el nudo de menor numeración, en mm.
- **Canto en nudo mayor j (mm):** altura en el nudo de mayor numeración, en mm.
- **Borde paralelo:** activar si el borde paralelo queda traccionado por un momento flector positivo, como el indicado en la figura.
- **Borde inclinado:** activar si el borde inclinado queda traccionado por un momento flector positivo, como el indicado en la figura.

Vértice: En piezas singulares de madera laminada encolada o barras de sección variable, se analizarán las zonas de vértice, pulsando sobre los puntos suspensivos aparecerá la pantalla siguiente.

Zona de vértice

☒ No es zona de vértice
☐ Si es zona de vértice

☐ Tipo 1 ☐ Tipo 2 ☐ Tipo 3

Radio de curvatura interior, R_i (mm)
 Ángulo, α (°sex)
 Nudo del vértice

Espesor de lámina, t (mm)
 Volumen del vértice, V (m³)

☐ Intradós comprimido con M+ en i (Cv = 1)

☐ Intradós traccionado con M+ en i (Cv = 2)

Pantalla 2.3.14

En esta pantalla se indicará:

- **Tipo de viga:** Se indica el tipo de viga pudiendo ser cualquiera de los siguientes tres tipos:

- 1.- Viga a dos aguas
- 2.- Viga con zona central curva
- 3.- Viga a dos aguas con intradós curvo.

- **Radio de curvatura interior (mm):** Se indica el radio de curvatura interior. Si la viga es a dos aguas no se permitirá rellenar este campo.

- **Espesor de las láminas t (mm):** Se especifica el espesor de las láminas en las piezas de madera laminada.

- **Ángulo (°sex):** Ángulo en grados sexagesimales.

- **Nudo del vértice:** Numeración del nudo del vértice. En las vigas representadas en la figura el nudo del vértice corresponde al centro de la luz. En el caso de arcos o piezas curvas pueden disponerse varios nudos-vértices, para que el programa efectúe comprobación de tensiones radiales en dichos nudos.

- **Volumen del vértice (m³):** Volumen en m³ de la zona del vértice. La zona del vértice se define como la parte rayada en la figura. Su valor no debe superar los 2/3 del volumen total de la pieza.

A continuación se muestran los valores introducidos en este ejemplo.

Pulsando el icono se añaden filas en la tabla que permiten introducir nuevas barras en la estructura.

Barras

General	Nudos	Barra	Hipótesis de carga		Cargas Nudos	Cargas Barras	Combinaciones	Zapatas	V. Cálculo	Esf. Transversales	Precios	Flechas				
Barra	Menor	Mayor	Anula	Articulación	Clase	b x h	T.S. / Ancho	Tamaño / A	CPz (C)	CPy (Coef. P)	Flecha activa	Flecha Total	Flecha Neta	Contraflech	Material	L
0	0	1	☐	Sin Articu	Pilar	☒	160	220	0,8	1,72	300	200	0	0	Material menú	0
1	1	2	☐	Art. Nudo	Pilar	☒	160	220	0,8	2,38	300	200	0	0	Material menú	0
2	2	3	☐	Art. Nudo	Pilar	☒	160	220	0,8	2,38	300	200	0	0	Material menú	0
3	3	4	☐	Sin Articu	Pilar	☒	160	220	0,8	1,72	300	200	0	0	Material menú	0
4	0	6	☐	Art. Nudo	Viga	☒	160	220	0	0	300	200	0	0	Material menú	0
5	4	6	☐	Art. Nudo	Viga	☒	160	220	0	0	300	200	0	0	Material menú	0
6	1	5	☐	Biarticula	Pilar	☒	160	160	1	1	0	0	0	0	Material menú	0
7	3	5	☐	Biarticula	Pilar	☒	160	160	1	1	0	0	0	0	Material menú	0
8	2	5	☐	Sin Articu	Pilar	☒	160	220	1	1	0	0	0	0	Material menú	0
9	5	6	☐	Biarticula	Viga	☐	100 - PLE	12X60	0	0	0	0	0	0	Acero A-42	0

Pantalla 2.3.15

El resto de columnas permanece invariables.

Como se aprecia en dicha pantalla se ha introducido el valor de coeficiente de pandeo 1.72 en la barra 0 en lugar de $\beta = 1$, para así poder considerar toda la longitud del par en el plano perpendicular al plano de la cercha en la comprobación de pandeo, pues sólo se considera inmovilizado el par en el apoyo y en la cumbrera. Como la barra 0 mide 3.24 la multiplicamos por 1.725 para obtener los 5.59m de longitud totales. Lo mismo se aplica a las barras 1 y 2 que tienen 2.35 m de longitud.

Los pares tienen en el plano de la cercha introducidos los coeficientes de 0.8 tal y como se indica en la siguiente figura.

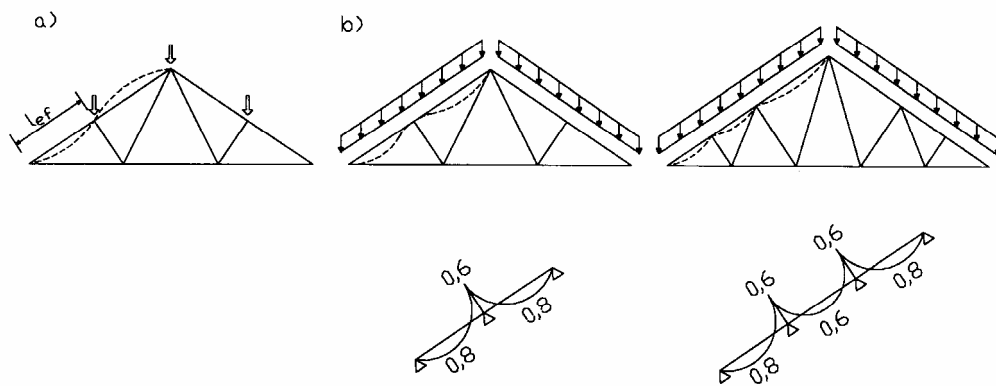


figura 2.3.1

También se aprecia que la barra 9 tiene incorporada una tabla de secciones en lugar de un valor de b(mm) y h(mm). Ello es debido a que esa barra corresponde a un herraje de sujeción del tirante. Si suponemos dos pletinas de 60 mm x 6 mm como secciones del herraje necesitamos generar esta sección en el programa.

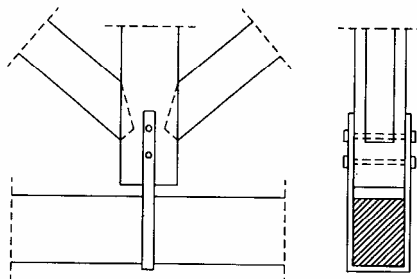
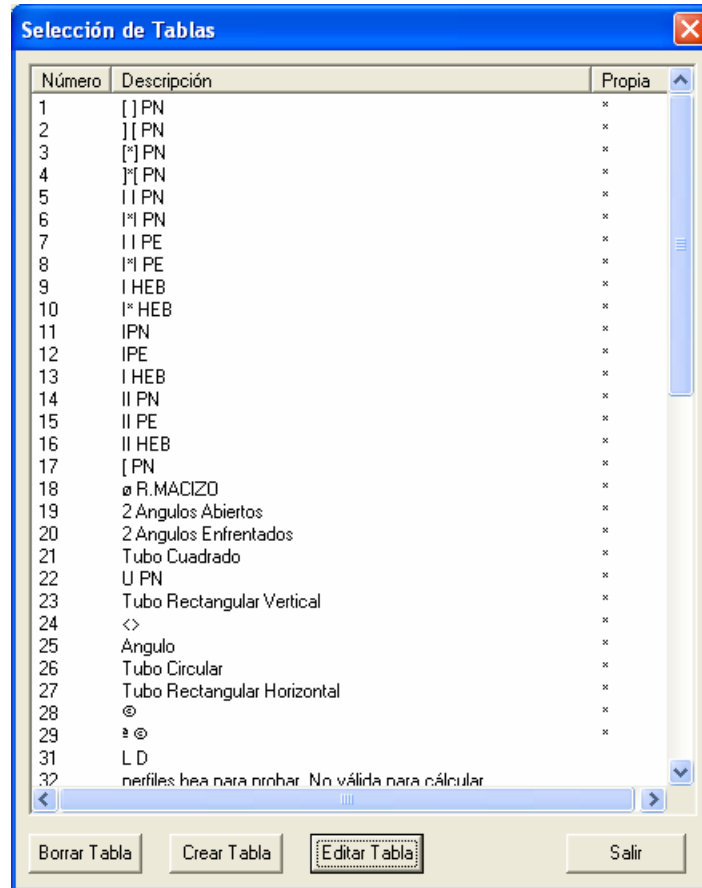


figura 2.3.2

EDICIÓN DE LA TABLA T100: PLETINA DE ACERO

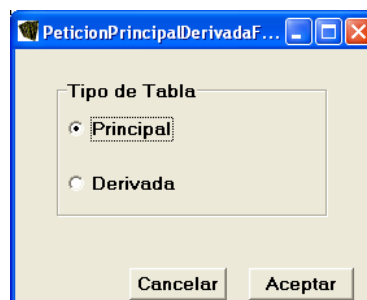
Para generar una tabla es necesario, guardar la estructura con la que estamos trabajando y abrir un nuevo proyecto para crear la tabla.

Sin introducir ningún dato, vamos al menú **Utilidades**, **Edición de tablas** y seleccionamos **Editar secciones de barras**, tras lo cual aparece la siguiente pantalla.



Pantalla 2.3.16

Seleccionamos Crear tabla y se muestra la pantalla 2.3.17.



Pantalla 2.3.17

Se selecciona **Principal** para crear directamente la tabla y se pulsa **Aceptar**. La opción derivada está concebida principalmente para generar secciones metálicas deducidas a partir de un perfil simple.

Aparece el cuadro de la pantalla 2.3.18:

Pantalla 2.3.18

Encabezamientos de la tabla

Denominación : Descriptor del elemento. Pueden utilizarse caracteres alfanuméricos o simplemente numéricos.

A(cm²) : Superficie de la sección transversal en cm².

Iz(cm⁴): Momento de inercia respecto al eje principal z-z de la sección. El eje z-z es siempre el perpendicular al plano medio de la estructura si ésta es plana.

Wz(cm³): Módulo resistente elástico respecto al eje principal fuerte z-z.

Iy(cm⁴): Momento de inercia respecto al eje principal débil y-y. El eje y-y es el otro eje principal de la sección perpendicular al z-z.

Wy(cm³): Módulo resistente elástico de la sección total respecto al plano del pórtico.

bxh(mm): Columna que se utiliza para el cálculo de las presillas y placas de anclaje en barras de acero y para los ficheros DXF.

b: Ancho total de la sección en dirección perpendicular al plano medio de la estructura, si ésta es plana. Corresponde a la dimensión paralela al eje z-z.

h: Canto total de la sección en dirección paralela al plano medio de la estructura si ésta es plana. Corresponde a la dimensión paralela al eje y-y.

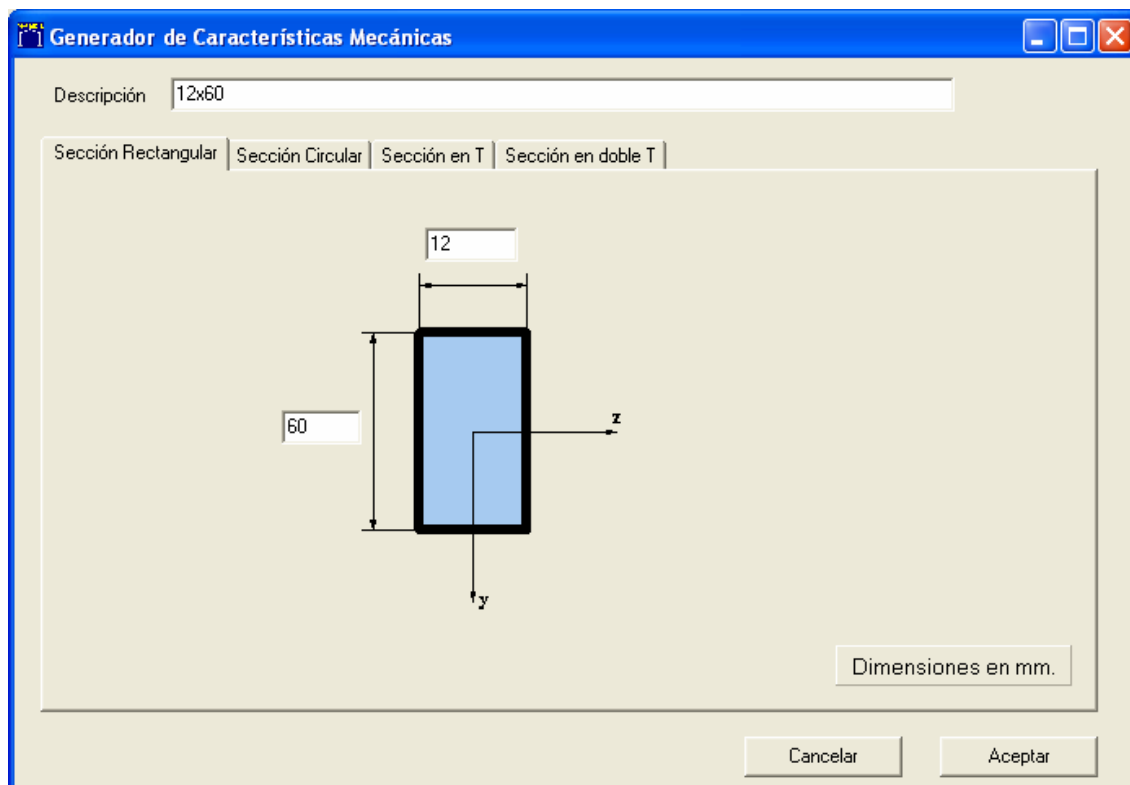
i1(cm): Radio de giro mínimo del perfil simple en una sección compuesta. En secciones simples ha de disponerse el menor valor del radio de giro de la sección en "z" o en "y".

It(cm⁴): Módulo de torsión de la sección

Izy(cm⁴): Producto de inercia con respecto a los ejes "z" e "y".

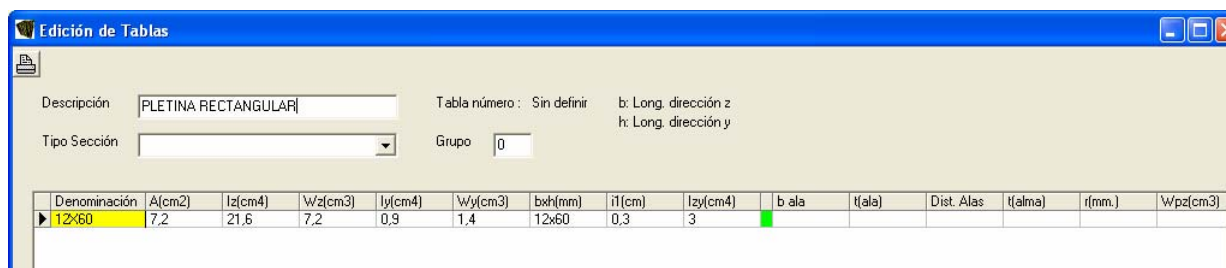
La generación de barras y sus características se puede hacer manualmente, calculando todos los valores que corresponden a cada casilla, o pinchando sobre el botón **Generar** que aparece en la parte inferior de la pantalla, pasando a la ventana de la pantalla 2.3.19.

Aquí se generan automáticamente las propiedades anteriormente descritas tanto para secciones rectangulares, circulares, en T y en doble T. En este caso se introducen los valores correspondientes a la pletina de acero para la unión del pendolón con el tirante.



Pantalla 2.3.19

Al aceptar, aparece la pantalla 2.3.20 con las características mecánicas correspondientes a la pieza que se acaba de definir. Se debe introducir una descripción que identifique la tabla, en nuestro caso: PLETINA RECTANGULAR.



Pantalla 2.3.20

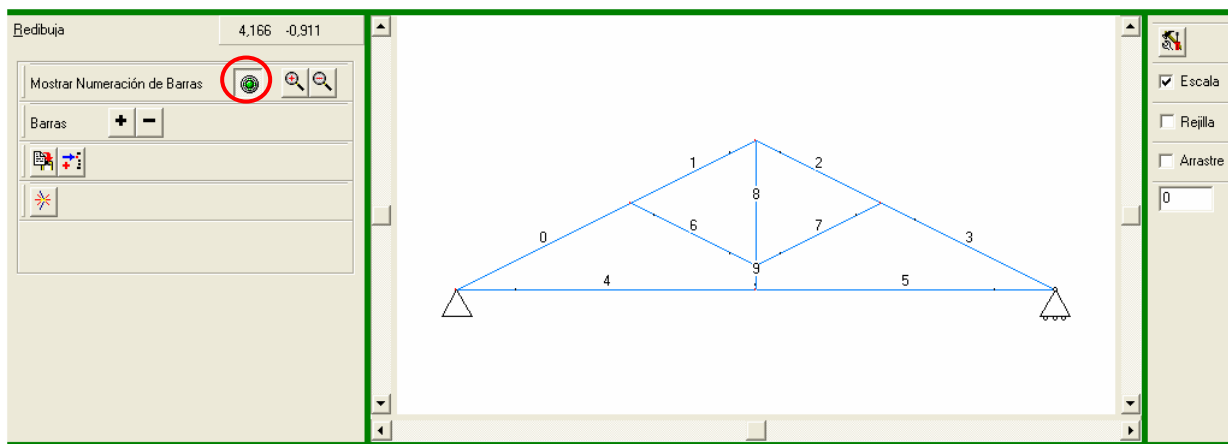
Una vez creada la tabla, tras pulsar el botón **Guardar como** asignando un número de tabla a almacenar, se vuelve a la ventana principal. En este caso se almacenan los datos en la **Tabla número 100** con descripción **PLETINA RECTANGULAR**. Si se desea realizar cambios se activará el botón **Editar Tabla**.

Volvemos a abrir nuestra estructura, activamos la pestaña de barras y seleccionamos el tipo de sección que acabamos de generar para la barra 9.

General Nodos Barras Hipótesis de carga Cargas Nodos Cargas Barras Combinaciones Zapatas V. Cálculo Esf. Transversales Precios Flechas														
Barra	Menor	Mayor	Anula	Articulación	Clase	b x h	T.S. / Ancho (mm)	Tamaño / Alto (mm)	CPz (C)	CPy (Coef. P)	Flecha activa	Flecha Total	Flecha Neta	
0	0	1	☐	Sin Articu	Pilar	✓	160	220	0,8	1,72	300	200	0	
1	1	2	☐	Art. Nudo	Pilar	✓	160	220	0,8	2,38	300	200	0	
2	2	3	☐	Art. Nudo	Pilar	✓	160	220	0,8	2,38	300	200	0	
3	3	4	☐	Sin Articu	Pilar	✓	160	220	0,8	1,72	300	200	0	
4	0	6	☐	Art. Nudo	Viga	✓	160	220	0	0	300	200	0	
5	4	6	☐	Art. Nudo	Viga	✓	160	220	0	0	300	200	0	
6	1	5	☐	Biarticula	Pilar	✓	160	160	1	1	0	0	0	
7	3	5	☐	Biarticula	Pilar	✓	160	160	1	1	0	0	0	
8	2	5	☐	Sin Articu	Pilar	✓	160	220	1	1	0	0	0	
9	5	6	☐	Biarticula	Viga	✓	160	120	0	0	0	0	0	

Pantalla 2.3.21

La representación gráfica de nuestra estructura en este momento, se muestra en la pantalla 2.3.22. En esta pantalla aparece la numeración de las barras, ya que se ha activado el icono de numeración de barras, situado en la parte superior izquierda de la pantalla.



Pantalla 2.3.22

2.4. HIPÓTESIS DE CARGA.

En la pestaña de **Hipótesis de carga** se definen las hipótesis asociadas a la estructura. En esta pestaña es necesario definir la duración y la categoría de cada hipótesis.

Pulsando el icono se añaden filas en la tabla que permiten introducir nuevas hipótesis de carga.

Hipótesis		
-----------	--	--

En el caso del ejemplo, las hipótesis de carga a introducir, con su correspondiente duración y categoría, son las que se muestran a continuación:

General Nodos Barras Hipótesis de carga Cargas Nodos Cargas Barras Combinaciones Zapatas V. Cálculo Esf. Transversales Prec														
Hipótesis	Descripción				Duración				Categoría					
1	Permanentemente				Permanentemente				Permanentemente					
2	Nieve				Corta				Nieve : Altitud < 1.000 m sobre el nivel del mar					
3	Viento Transversal A				Corta				Viento: Cargas en edificación					

Pantalla 2.4.1

2.5. CARGAS EN NUDOS

La cercha no presenta cargas en nudos, por lo tanto no se introduce ningún dato en la ventana correspondiente a esta pestaña.

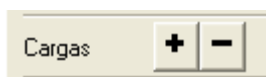
2.6. CARGAS EN BARRAS

En esta tabla se introducen las cargas en las barras definidas mediante los siguientes datos:

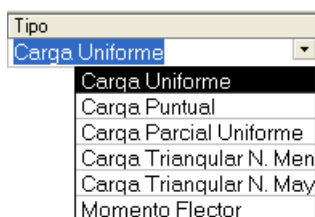
General	Nudos	Barras	Hipótesis de carga	Cargas Nudos	Cargas Barras	Combinaciones	Zapatas	V. Cálculo	Esf. Transversales	Precios
Barra	Hipótesis	Ejes	Tipo			Intensidad (t)	Ángulo	Distancia	L.Áp.	

Pantalla 2.6.1

Pulsando el icono  se añaden filas en la tabla que permiten introducir nuevas cargas en las barras.



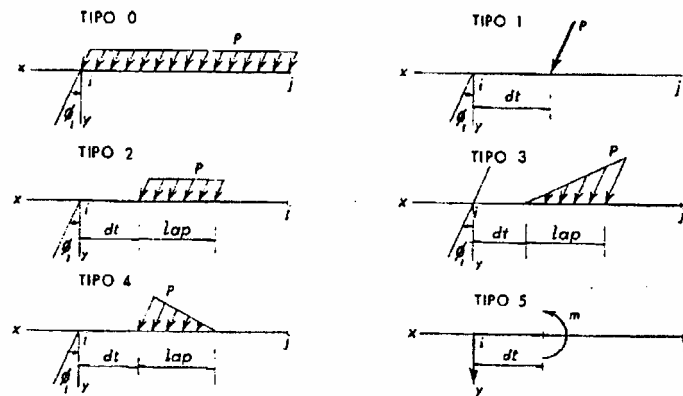
Barra: Número de la barra sobre la que se aplica la carga.
Hipótesis: Número de la hipótesis básica correspondiente a la carga
Ejes: Eje de referencia de la carga. Se puede seleccionar: Eje local o Eje general.
Tipo: Tipo de carga. El programa ofrece un menú que permite la selección del tipo de carga.



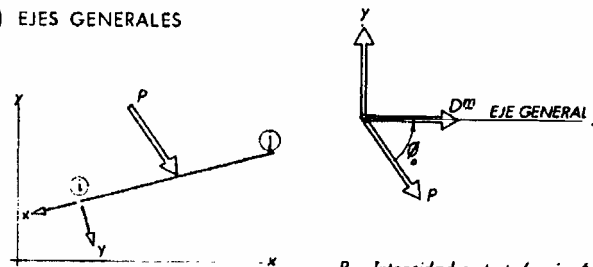
Pantalla 2.6.2

Intensidad: Intensidad de la carga en toneladas.
Ángulo: Ángulo de la carga, en grados sexagesimales, con el eje de referencia (General -X- o local -y-), figura 2.6.1.
Distancia: Distancia del punto de iniciación de la carga al nudo de menor numeración, en metros.
Lap(m) : Longitud de aplicación de la carga, en metros.

a) EJES LOCALES



b) EJES GENERALES



P : Intensidad en tn, tn/m. ó m/tn.
 ϕ : Angulo (grados sexagesimales) en ejes locales
 dt : Distancia al nudo de menor numeración en metros
 lap : Longitud de aplicación de la carga en metros
 m : Momento positivo siempre en el sentido antihorario.
 ϕ : Angulo de aplicación de la carga, en ejes generales, (grados sexagesimales)

Figura 2.6.1

Las cargas sobre las barras de la cubierta correspondientes a cada hipótesis considerada son las siguientes:

Hipótesis 1:

- Carga permanente que afecta a las barras 0, 1, 2, 3, 4 y 5.
- Aplicada respecto a los ejes generales.
- Carga uniformemente repartida.
- La intensidad de la carga es de **0.2044 t/m** ($73.02 \text{ kg/m}^2 \times 2.8 \text{ m}$) sobre los pares y **0.042 t/m** ($15 \text{ kg/m}^2 \times 2.8 \text{ m}$) sobre el tirante, aplicadas en la dirección del eje Y.

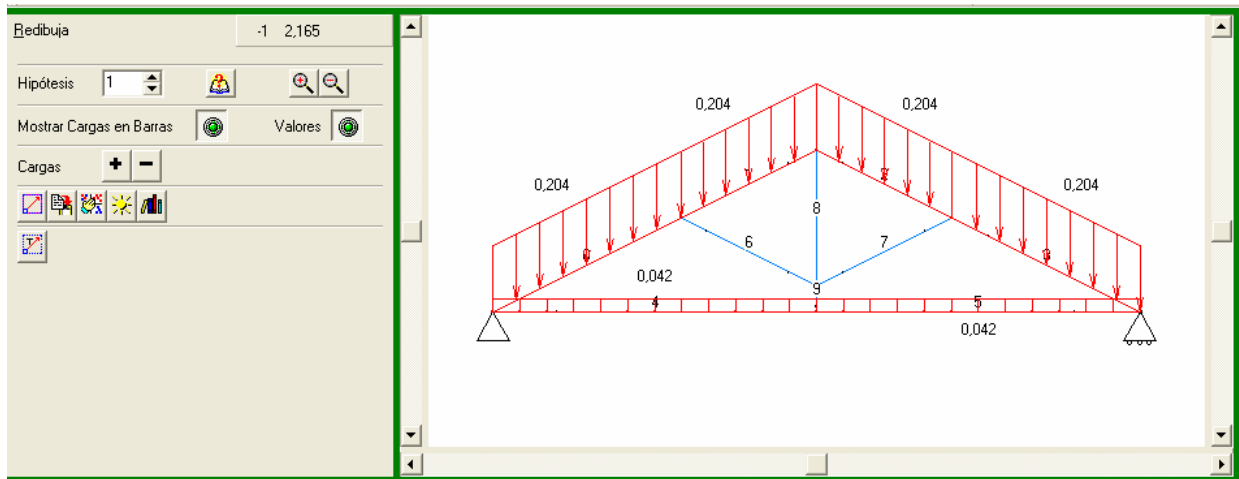
General	Nudos	Barras	Hipótesis de carga	Cargas Nudos	Cargas Barras	Combinaciones	Zapatas	V. Cálculo	Esf. Trans
Barra	Hipótesis	Ejes	Tipo	Intensidad (t)	Angulo	Distancia	L.Ap.		
0	1	Eje General X	Carga Uniforme	0,204	90	0	0		
1	1	Eje General X	Carga Uniforme	0,204	90	0	0		
2	1	Eje General X	Carga Uniforme	0,204	90	0	0		
3	1	Eje General X	Carga Uniforme	0,204	90	0	0		
4	1	Eje General X	Carga Uniforme	0,042	90	0	0		
5	1	Eje General X	Carga Uniforme	0,042	90	0	0		

Pantalla 2.6.3

Activando los iconos **Mostrar cargas en barras** y **Valores**, podremos ver la representación y el valor de las cargas en cada una de las barras (pantalla 2.6.4).



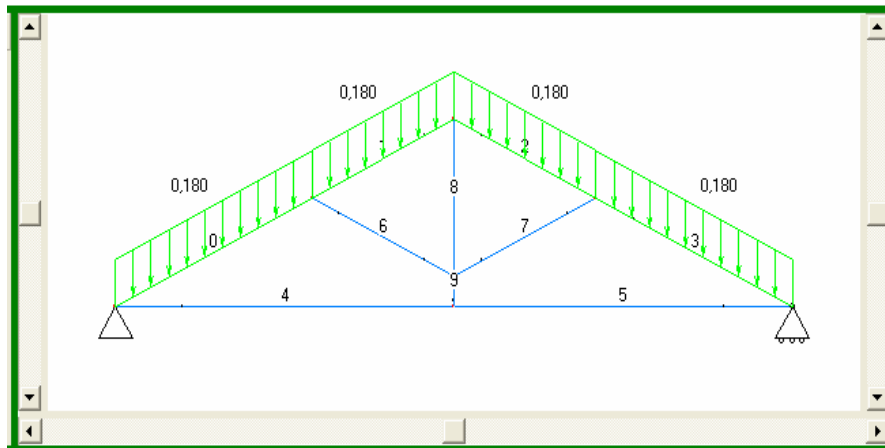
Estos iconos permiten aumentar o reducir el tamaño de la representación de las cargas en el esquema para la hipótesis seleccionada.



Pantalla 2.6.4

Hipótesis 2:

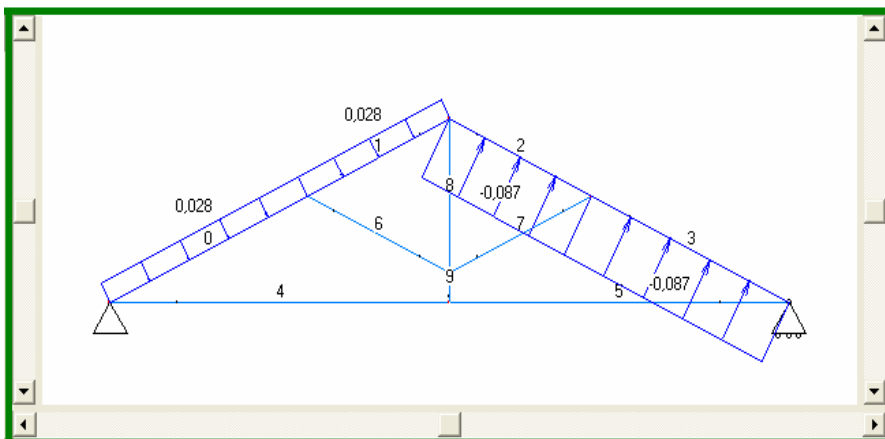
- Sobrecarga de nieve sobre las barras 0, 1, 2 y 3.
- Aplicada sobre los ejes generales.
- Carga uniformemente repartida.
- La intensidad de la carga es de 0.18 t/m aplicada en la dirección del eje Y.



Pantalla 2.6.5

Hipótesis 3:

- Sobrecarga de viento sobre las barras 0, 1, 2 y 3.
- Aplicada sobre los ejes locales de barra, porque el viento incide perpendicularmente a la barra.
- Carga uniformemente repartida.
- La intensidad de la carga es de 0.028 t/m sobre el par del faldón a barlovento y una carga de succión (signo negativo) de -0.087 t/m sobre el par de faldón a sotavento.



Pantalla 2.6.6

Las cargas introducidas para las tres hipótesis planteadas en el ejemplo se muestran en la pantalla 2.6.7.

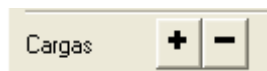
General	Nudos	Barras	Hipótesis de carga	Cargas Nudos	Cargas Barras	Combinaciones	Zapatas	V. Cálculo	Esf. Transv
Barra	Hipótesis	Ejes	Tipo	Intensidad (t)	Angulo	Distancia	L.Ap.		
0	1	↔ Eje General X	Carga Uniforme	0,204	90	0	0		
1	1	↔ Eje General X	Carga Uniforme	0,204	90	0	0		
2	1	↔ Eje General X	Carga Uniforme	0,204	90	0	0		
3	1	↔ Eje General X	Carga Uniforme	0,204	90	0	0		
4	1	↔ Eje General X	Carga Uniforme	0,042	90	0	0		
5	1	↔ Eje General X	Carga Uniforme	0,042	90	0	0		
0	2	↔ Eje General X	Carga Uniforme	0,18	90	0	0		
1	2	↔ Eje General X	Carga Uniforme	0,18	90	0	0		
2	2	↔ Eje General X	Carga Uniforme	0,18	90	0	0		
3	2	↔ Eje General X	Carga Uniforme	0,18	90	0	0		
0	3	↔ Eje Local	Carga Uniforme	0,028	0	0	0		
1	3	↔ Eje Local	Carga Uniforme	0,028	0	0	0		
2	3	↔ Eje Local	Carga Uniforme	-0,087	0	0	0		
3	3	↔ Eje Local	Carga Uniforme	-0,087	0	0	0		

Pantalla 2.6.7

2.7. COMBINACIÓN DE HIPÓTESIS

Las combinaciones de hipótesis se deben realizar introduciendo los coeficientes para cada hipótesis en la pestaña de **Combinación de hipótesis**.

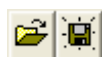
Pulsando el icono  se añaden filas en la tabla que permiten introducir nuevas combinaciones de cargas.



Las combinaciones introducidas en la estructura de cubierta, para las cargas permanente, sobrecarga de nieve y sobrecarga de viento, son las representadas en la siguiente pantalla.

General	Nudos	Barras	Hipótesis de carga	Cargas Nudos	Cargas
Combinación	Permanente	Nieve	Viento Transversal A		
1	1,35	0	0		
2	1,35	1,5	0		
3	1,35	1,35	1,35		
4	1,35	0	1,5		
5	1	0	1,5		

Pantalla 2.7.1



El programa permite guardar las combinaciones creadas para emplearlas en otra estructura.

2.8. FLECHAS DE NUDOS LIBRES

Con el programa se obtienen las comprobaciones a flecha en vano para las barras a las que se les ha impuesto limitación. En este ejercicio es limitante la flecha de la Cercha completa como estructura que salva toda la luz. Se puede así limitar el desplazamiento de un nudo en concreto.

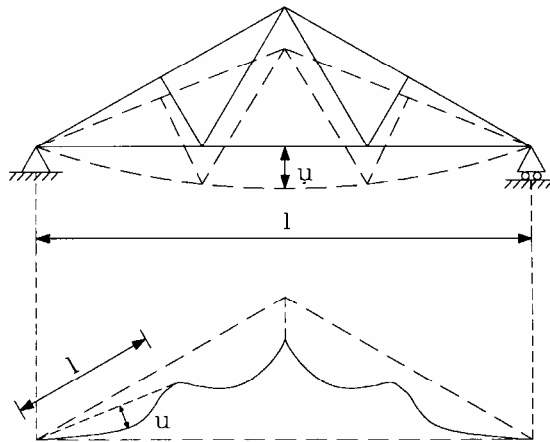


figura 2.8.1

Para ello se debe seleccionar la pestaña **Flechas** que se presenta en la pantalla 2.8.1 donde se han introducido los valores que limitan la flecha con los encabezamientos que se definen a continuación.

General Nudos Barras Hipótesis de carga Cargas Nudos Cargas Barras Combinaciones Zapatas V. Cálculo Est. Transversales Precios Flechas								
Nudo	Desp. (mm.)	Contraflecha	Exigencias	Dirección	N.Ref. i	N.Ref. j	Barra	
6	50	0	Flecha Total	Y	0	4	4	

Pantalla 2.8.1

Encabezamientos:

Nudo: Número del nudo al que se limita la flecha

Desp (mm): Desplazamiento máximo admisible del nudo, en mm.

Contraflecha: Valor en milímetros de la contraflecha de ejecución, si existe.

Exigencias: Mediante un desplegable se incluye:

Nudo	Desp. (mm.)	Contraflecha	Exigencias	Dirección	N.Ref. i	N.Ref. j	Barra
6	50	0	Flecha Total	Y	0	4	4
			Flecha Activa				
			Flecha Total				
			Flecha Neta				

Pantalla 2.8.2

Dirección: Dirección del desplazamiento limitado según ejes generales: X, Y ó Z,

Nº Ref i: Nudo de menor numeración con respecto al cual se limita la flecha.

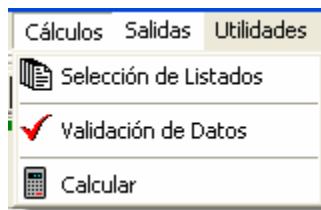
Nº Ref j: Nudo de mayor numeración con respecto al cual se limita la flecha.

Barra: Barra que afecta a la deformación limitada. La inclusión en el cuadro de la barra sirve para que al listar los resultados de cálculo de dicha barra seleccionada aparezca información de los desplazamientos de nudo.

En nuestro caso limitamos la flecha del nudo(6) de mitad de luz del tirante con respecto a los nudos de apoyo (0 y 4) con desplazamiento máximo de 50 mm ($L/200$) según la exigencia Flecha Total. Cuando se listen los resultados, la comprobación numérica de esta limitación se visualizará en la barra 4.

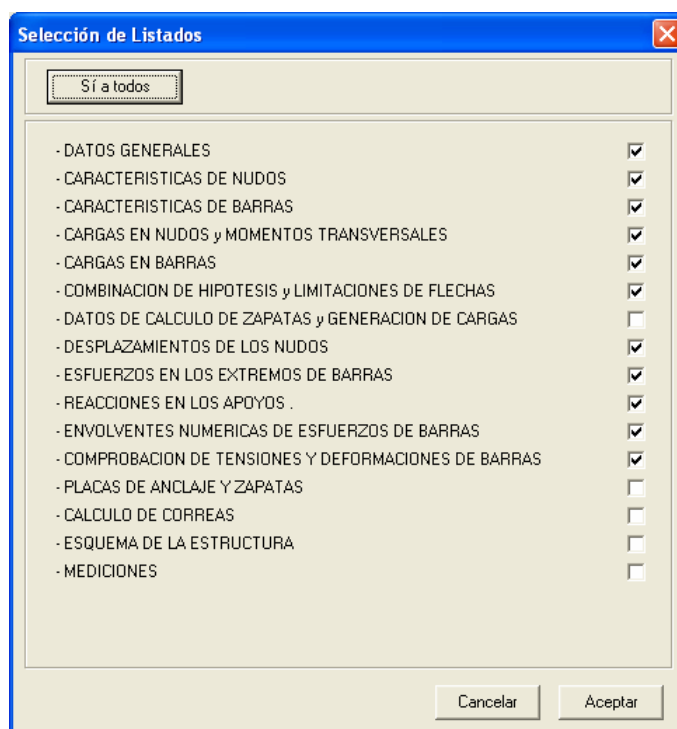
3. CÁLCULOS

En el menú **Cálculos** del Menú principal, se presentan tres opciones:



Pantalla 3.1

- **Selección de listados:** permite seleccionar aquellas partes de la memoria de cálculo que interesa consultar.



Pantalla 3.2

- **Validación de datos:** Previo al cálculo de la estructura, el programa realiza una comprobación de la validez de los datos introducidos por el usuario.
- **Calcular:** Mediante esta opción el programa inicia los cálculos de la estructura que se encuentra en pantalla.

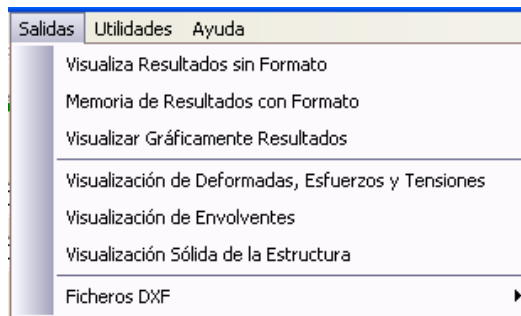
En el menú **UTILIDADES** se puede escoger la forma de salida, pantalla 3.3.



Pantalla 3.3

4. SALIDAS

El menú principal SALIDAS, muestra el menú desplegable representado en la pantalla 4.1.

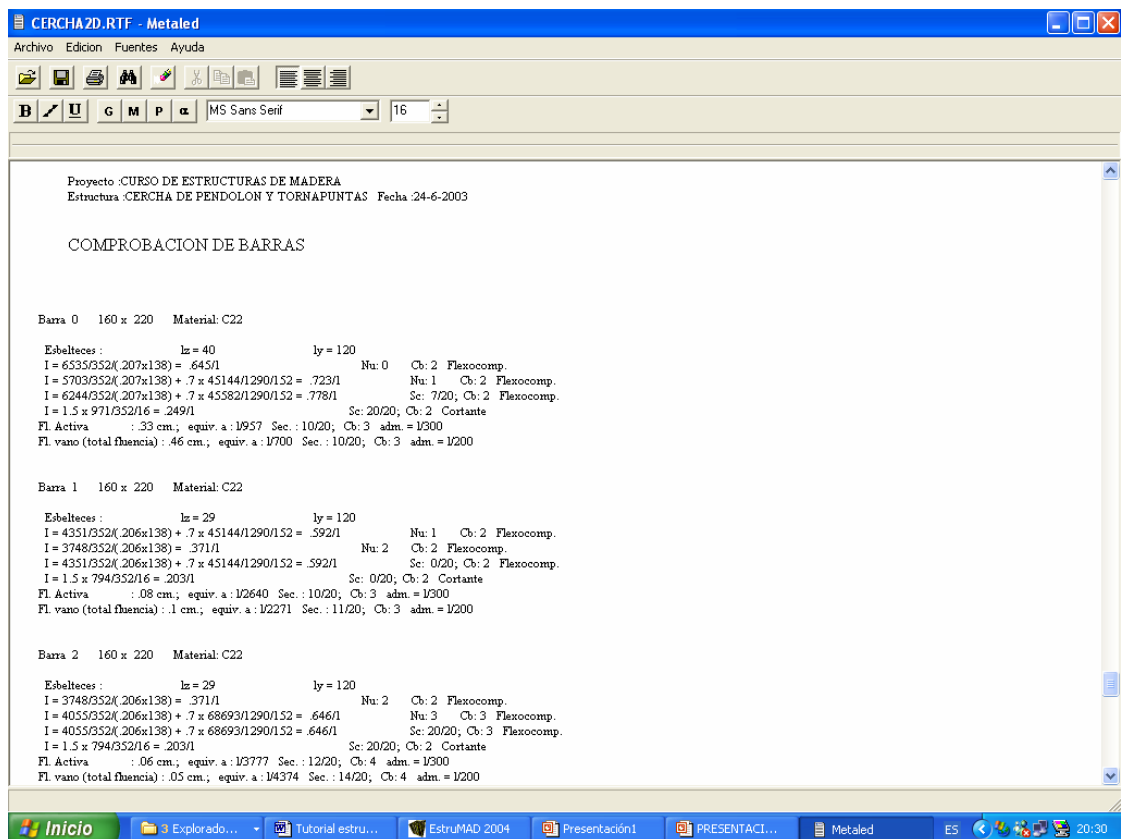


Pantalla 4.1

4.1 MEMORIA DE RESULTADOS CON FORMATO (RTF)

La opción Memoria de resultados con formato (RTF) edita los resultados en formato RTF (Rich Text Format – Formato de Texto Enriquecido), permitiendo la selección de tamaño y formato de las diferentes fuentes del texto.

Al seleccionar esta opción aparece la pantalla 4.1.1. En concreto se muestra a modo de ejemplo la parte de resultados correspondiente a Comprobación de Barras.



Pantalla 4.1.1

4.1.1.- ACLARACIONES AL LISTADO DE COMPROBACIÓN DE TENSIONES DE BARRAS

El programa muestra los resultados de comprobación de tensiones para todas las barras. A continuación se muestran los resultados para la barra 0, pantalla 4.1.1.1.

COMPROBACION DE BARRAS

Barra 0 160 x 220 Material: C22

Esbelteces : $l_z = 40$ $l_y = 120$
 $I = 6535/352/(.207 \times 138) = .645/1$ Nu: 0 Cb: 2 Flexocomp.
 $I = 5703/352/(.207 \times 138) + .7 \times 45144/1290/152 = .723/1$ Nu: 1 Cb: 2 Flexocomp.
 $I = 6244/352/(.207 \times 138) + .7 \times 45582/1290/152 = .778/1$ Sc: 7/20; Cb: 2 Flexocomp.
 $I = 1.5 \times 971/352/16 = .249/1$ Sc: 20/20; Cb: 2 Cortante
 Fl. Activa : .33 cm.; equiv. a : 1/957 Sec. : 10/20; Cb: 3 adm. = 1/300
 Fl. vano (total fluencia) : .46 cm.; equiv. a : 1/700 Sec. : 10/20; Cb: 3 adm. = 1/200

Pantalla 4.1.1.1

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

a) CARACTERÍSTICAS DE LA BARRA.

BARRA: 0 (primer tramo del par izquierdo) NUDOS: 0-1

SECCIÓN: 160 x 220 mm

MATERIAL: C22:

$f_{m,k}$	$f_{c,o,k}$	$f_{v,k}$	$E_{o,m}$	$E_{o,k}$
220	200	24	100000	67000

Unidades en kg/cm²

ÁREA : $A = b \cdot h = 352 \text{ cm}^2$

MOMENTOS DE INERCIA:

$$I_z = b \cdot h^3 / 12 = 14197 \text{ cm}^4$$

$$I_y = h \cdot b^3 / 12 = 7509 \text{ cm}^4$$

MÓDULOS RESISTENTES:

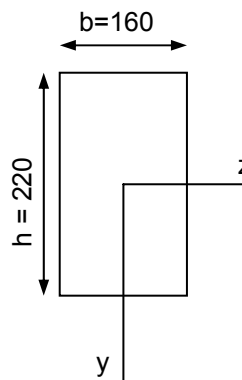
$$W_z = b \cdot h^2 / 6 = 1290 \text{ cm}^3$$

$$W_y = h \cdot b^2 / 6 = 939 \text{ cm}^3$$

RADIOS DE GIRO:

$$i_z = (I_z / A)^{1/2} = 6.35 \text{ cm}$$

$$i_y = (I_y / A)^{1/2} = 4.62 \text{ cm}$$



ESBELTECES:

Esbeltez mecánica de la barra para el pandeo respecto al eje z-z

$$\lambda_z = l_{ef} / i_z = l \cdot \beta_y / i_z = 324 \text{ cm} \cdot 0.8 / 6.35 \text{ cm} = 40.8 = 41$$

Esbeltez mecánica de la barra para el pandeo respecto al eje y-y

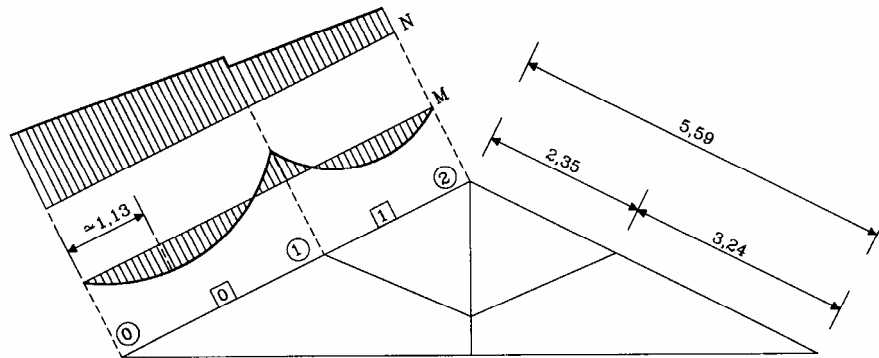
$$\lambda_y = l_{ef} / i_y = l \cdot \beta_z / i_y = 559 \text{ cm} \cdot 1 / 4.62 \text{ cm} = 120.9 = 121$$

COEFICIENTES DE ALTURA:

Como en ambas direcciones las medidas superan 150 mm (madera aserrada), $k_n=1$ en ambos planos.

DIAGRAMAS DE ESFUERZOS:

Los diagramas de momentos flectores y axiles para el par de la cercha se muestran en la siguiente figura.



Pantalla 4.1.1.2

b) PRIMERA COMPROBACIÓN

INDICE DE FLEXOCOMPRESIÓN (O FLEXOTRACCIÓN) MÁXIMO EN EL NUDO DE MENOR NUMERACIÓN

Barra 0 160 x 220 Material: C22			
Esbelteces :	lz = 40	ly = 120	
I = 6535/352/(.207x138) = .645/1		Nu: 0	Cb: 2 Flexocomp.
I = 5703/352/(.207x138) + .7 x 45144/1290/152 = .723/1		Nu: 1	Cb: 2 Flexocomp.
I = 6244/352/(.207x138) + .7 x 45582/1290/152 = .778/1		Sc: 7/20; Cb: 2	Flexocomp.
I = 1.5 x 971/352/16 = .249/1		Sc: 20/20; Cb: 2	Cortante

El nudo de menor numeración es el **Nu:0**

La combinación más desfavorable es la **Cb:2** (1.35 CP + 1.5 N)

Al listar con el programa Estrumad los resultados de las fuerzas de sección en la barra 0, se aprecia el Axil de compresión en el Nudo 0 para la Combinación 2 de valor 6535 kg y el Momento flector que vale 0.

FUERZAS DE BARRA (Sin mayorar) (t y m)

Barra	Hipot.	N.Menor	Axil	Cort.	Flect.	N.Mayor	Axil	Cort.	Flect.
0	1	0	-2,830	-0,273	0,000	1	-2,504	0,380	-0,174
	2		-1,810	-0,216	0,000		-1,549	0,306	-0,145
	3		0,331	-0,122	0,000		0,331	-0,031	0,247
Comb.Mayorada	1		-3,820	-0,368	0,000		-3,380	0,513	-0,234
	2		-6,535	-0,693	0,000		-5,703	0,971	-0,451
	3		-5,817	-0,825	0,000		-5,024	0,884	-0,096
	4		-3,324	-0,551	0,000		-2,883	0,467	0,136
	5		-2,333	-0,455	0,000		-2,007	0,334	0,197

Las ecuaciones de comprobación a flexocompresión son:

$$\frac{I_{c,0}}{k_{c,z}} + I_{m,z} + k_m I_{m,y} = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (4.1 a)$$

$$\frac{I_{c,0}}{k_{c,y}} + k_m I_{m,z} + I_{m,y} = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (4.1 b)$$

Según las esbelteces obtenidas se aprecia que $\lambda_y > \lambda_z$ con lo que el plano débil a pandeo es el perpendicular al plano de la cercha. A esto se añade que la barra sólo tiene flexión en el plano de estructura con lo que el $I_{m,y} = 0$

Por lo tanto las expresiones anteriores para esta comprobación se reducen a:

$$\frac{I_{c,0}}{k_{c,y}} = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1$$

Siendo

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$$

En base a lo expuesto, los valores numéricos que aparecen en esta comprobación corresponden a la siguiente expresión:

$$I = N_d / A / (k_{c,y} f_{c,0,d}) \leq 1$$

Clase de duración de la carga	Clase de servicio		
	1	2	3
Permanente	0,60	0,60	0,50
Larga duración	0,70	0,70	0,55
Medía duración	0,80	0,80	0,65
Corta duración	0,90	0,90	0,70
Instantánea	1,10	1,10	0,90
Si una combinación de hipótesis consiste en varias acciones pertenecientes a diferentes clases de duración de la carga, el factor k_{mod} puede elegirse como el correspondiente a la acción de más corta duración. Por ejemplo, para la combinación del peso muerto más carga de corta duración, k_{mod} corresponderá a la carga de corta duración.			

Tabla 3.6. Valores de k_{mod} para madera maciza, laminada y tablero contrachapado.

Con Clase de Servicio 2 y Duración de la carga corta duración $\rightarrow k_{mod} = 0.9$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0.9 \frac{200}{1.3} = 138.4$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}} = \frac{121}{\pi} \sqrt{\frac{200}{67.000}} = 2.10 \quad \beta_c = 0.2 (\text{Madera Aserrada})$$

$$k_y = 0.5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.5) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 2.86 \quad k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0.207$$

$$I = N_d / A / (k_{c,y} f_{c,0,d}) = 6535 / 352 / (0.207 \times 138) = 0.645 \leq 1$$

c) SEGUNDA COMPROBACIÓN

INDICE DE FLEXOCOMPRESIÓN (O FLEXOTRACCIÓN) MÁXIMO EN EL NUDO DE MAYOR NUMERACIÓN

Barra 0	160 x 220	Material: C22		
Esbelteces :	lz = 40	ly = 120		
I = 6535/352/(.207x138) = .645/1			Nu: 0	Cb: 2 Flexocomp.
I = 5703/352/(.207x138) + .7 x 45144/1290/152 = .723/1			Nu: 1	Cb: 2 Flexocomp.
I = 6244/352/(.207x138) + .7 x 45582/1290/152 = .778/1			Sc: 7/20; Cb: 2 Flexocomp.	
I = 1.5 x 971/352/16 = .249/1			Sc: 20/20; Cb: 2 Cortante	

El nudo de mayor numeración es el **Nu:1**

La combinación más desfavorable es la **Cb:2** (1.35 CP + 1.5 N)

Al listar con el programa Estrumad los resultados de las fuerzas de sección en la barra 0 se aprecia el valor de las fuerzas de sección en el Nudo 1 para la Combinación 2.

FUERZAS DE BARRA (Sin mayorar) (t y m)

Barra	Hipot.	N.Menor	Axil	Cort.	Flect.	N.Mayor	Axil	Cort.	Flect.
0	1	0	-2,830	-0,273	0,000	1	-2,504	0,380	-0,174
	2		-1,810	-0,216	0,000		-1,549	0,306	-0,145
	3		0,331	-0,122	0,000		0,331	-0,031	0,247
Comb.Mayorada	1		-3,820	-0,368	0,000		-3,380	0,513	-0,234
	2		-6,535	-0,693	0,000		-5,703	0,971	-0,451
	3		-5,817	-0,825	0,000		-5,024	0,884	-0,096
	4		-3,324	-0,551	0,000		-2,883	0,467	0,136
	5		-2,333	-0,455	0,000		-2,007	0,334	0,197

Las ecuaciones de comprobación a flexocompresión son:

$$\frac{I_{c,0}}{k_{c,z}} + I_{m,z} + k_m I_{m,y} = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (4.1a)$$

$$\frac{I_{c,0}}{k_{c,y}} + k_m I_{m,z} + I_{m,y} = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (4.1b)$$

Como se aprecia en los resultados, el Nudo 0 presenta un Axil de Compresión de 5703 kg y un Momento flector de 451 kg·m. Según las esbelteces obtenidas se aprecia que $\lambda_y > \lambda_z$ con lo que el plano débil a pandeo es el perpendicular al plano de la cercha. A esto se añade que la barra sólo tiene flexión en el plano de estructura con lo que el $I_{m,y} = 0$

Por lo tanto las expresiones anteriores para esta comprobación se reducen a:

$$\frac{I_{c,0}}{k_{c,y}} + k_m I_{m,z} = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Siendo

$$k_m = 0.7(\text{Sección Rectangular}) \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{6M_{z,d}}{bh^2}$$

En base a lo expuesto, los valores numéricos que aparecen en esta comprobación corresponden a la siguiente expresión:

$$I = N_d / A / (k_{c,y} f_{c,0,d}) + k_m M_{z,d} / W_z / f_{m,z,d} \leq 1$$

Clase de Servicio 2 y Duración de la carga corta duración $\rightarrow k_{mod} = 0.9$

De la comprobación anterior sabemos que: $f_{c,0,d} = 138.4$ $k_{c,y} = 0.207$

$$f_{m,d} = k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} k_h = 0.9 \frac{220}{1.3} = 152.3$$

$$I = N_d / A / (k_{c,y} f_{c,0,d}) + k_m M_{z,d} / W_z / f_{m,z,d} = 5703 / 352 / (0.207 \times 138) + 0.7 \times 45144 / 1290 / 152 = 0.723 \leq 1$$

d) Tercera Comprobación.

INDICE DE FLEXOCOMPRESIÓN (O FLEXOTRACCIÓN) MÁXIMO EN LA SECCIÓN MAS DESFAVORABLE DEL VANO DE LA BARRA.

Barra 0	160 x 220	Material: C22		
Esbelteces :	lz = 40	ly = 120		
I = 6535/352/(.207x138) = .645/1			Nu: 0	Cb: 2 Flexocomp.
I = 5703/352/(.207x138) + .7 x 45144/1290/152 = .723/1			Nu: 1	Cb: 2 Flexocomp.
I = 6244/352/(.207x138) + .7 x 45582/1290/152 = .778/1			Sc: 7/20;	Cb: 2 Flexocomp.
I = 1.5 x 971/352/16 = .249/1			Sc: 20/20;	Cb: 2 Cortante

Como se comprueba en los resultados, la sección más desfavorable corresponde a la **sección 7**. El programa toma resultados para 20 secciones correspondiendo la sección 0 con el nudo de menor numeración y la 20 con el nudo de mayor numeración. Como la longitud de la barra es 3.24 m tenemos resultados cada 0.162m. La sección 7 está por tanto a 1.134 m desde el nudo 0.

La combinación más desfavorable es la **Cb:2** (1.35 CP + 1.5 N)

A continuación se muestran los resultados numéricos de las **Envoltentes** en la barra

ENVOLVENTES(t, t x m.)**BARRA : 0**

	SEC.	Mmax.	Mmin.	Qmax	Qmin	Amax	Amin.y
NUDO: 0	0	0,00	0,00	-0,37	-0,82	-2,33	-6,54
	1	0,13	0,06	-0,32	-0,74	-2,32	-6,49
	2	0,24	0,11	-0,28	-0,65	-2,30	-6,45
	3	0,34	0,15	-0,24	-0,57	-2,28	-6,41
	4	0,42	0,18	-0,19	-0,48	-2,27	-6,37
	5	0,50	0,21	-0,15	-0,40	-2,25	-6,33
	6	0,55	0,23	-0,10	-0,31	-2,24	-6,29
	7	0,60	0,24	-0,06	-0,23	-2,22	-6,24
	8	0,63	0,25	-0,02	-0,14	-2,20	-6,20
	9	0,64	0,25	0,06	-0,10	-2,19	-6,16
	10	0,64	0,24	0,14	-0,06	-2,17	-6,12
	11	0,63	0,22	0,22	-0,02	-2,15	-6,08
	12	0,61	0,20	0,31	0,02	-2,14	-6,04
	13	0,57	0,17	0,39	0,06	-2,12	-5,99
	14	0,51	0,14	0,47	0,10	-2,10	-5,95
	15	0,45	0,09	0,56	0,14	-2,09	-5,91
	16	0,37	0,04	0,64	0,18	-2,07	-5,87
	17	0,33	-0,04	0,72	0,22	-2,06	-5,83
	18	0,29	-0,16	0,80	0,25	-2,04	-5,79
	19	0,25	-0,30	0,89	0,29	-2,02	-5,74
NUDO: 1	20	0,20	-0,45	0,97	0,33	-2,01	-5,70

Los valores de las envolventes muestran los valores extremos en cada sección teniendo en cuenta todas la combinaciones analizadas.

El axil de compresión es de 6244 kg para la combinación 2. El momento flector en esa sección para dicha combinación es 45582 kg·m

Al igual que en la comprobación anterior:

$$I = N_d / A / (k_{c,y} f_{c,0,d}) + k_m M_{z,d} / W_z / f_{m,z,d} = 6244 / 352 / (0.207 \times 138) + 0.7 \times 45582 / 1290 / 152 = 0.778 \leq 1$$

e) CUARTA COMPROBACIÓN**INDICE DE COMPROBACION A CORTANTE**

Barra 0 160 x 220 Material: C22			
Esbelteces :		lz = 40	ly = 120
I = 6535/352/(.207x138) = .645/1		Nu: 0	Cb: 2 Flexocomp.
I = 5703/352/(.207x138) + .7 x 45144/1290/152 = .723/1		Nu: 1	Cb: 2 Flexocomp.
I = 6244/352/(.207x138) + .7 x 45582/1290/152 = .778/1		Sc: 7/20; Cb: 2	Flexocomp.
I = 1.5 x 971/352/16 = .249/1		Sc: 20/20; Cb: 2	Cortante

La combinación más desfavorable es la **Cb:2** (1.35 CP + 1.5 N)

A continuación se muestran los resultados de las **Envolventes** en la barra

ENVOLVENTES(t, t x m.)**BARRA : 0**

	SEC.	Mmax.	Mmin.	Qmax	Qmin	Amax	Amin.y
NUDO: 0	0	0,00	0,00	-0,37	-0,82	-2,33	-6,54
	1	0,13	0,06	-0,32	-0,74	-2,32	-6,49
	2	0,24	0,11	-0,28	-0,65	-2,30	-6,45
	3	0,34	0,15	-0,24	-0,57	-2,28	-6,41
	4	0,42	0,18	-0,19	-0,48	-2,27	-6,37
	5	0,50	0,21	-0,15	-0,40	-2,25	-6,33
	6	0,55	0,23	-0,10	-0,31	-2,24	-6,29
	7	0,60	0,24	-0,06	-0,23	-2,22	-6,24
	8	0,63	0,25	-0,02	-0,14	-2,20	-6,20
	9	0,64	0,25	0,06	-0,10	-2,19	-6,16
	10	0,64	0,24	0,14	-0,06	-2,17	-6,12
	11	0,63	0,22	0,22	-0,02	-2,15	-6,08
	12	0,61	0,20	0,31	0,02	-2,14	-6,04
	13	0,57	0,17	0,39	0,06	-2,12	-5,99
	14	0,51	0,14	0,47	0,10	-2,10	-5,95
	15	0,45	0,09	0,56	0,14	-2,09	-5,91
	16	0,37	0,04	0,64	0,18	-2,07	-5,87
	17	0,33	-0,04	0,72	0,22	-2,06	-5,83
	18	0,29	-0,16	0,80	0,25	-2,04	-5,79
	19	0,25	-0,30	0,89	0,29	-2,02	-5,74
NUDO: 1	20	0,20	-0,45	0,97	0,33	-2,01	-5,70

Los valores de las envolventes muestran los valores extremos en cada sección teniendo en cuenta todas la combinaciones analizadas. El mayor cortante se produce en la sección 20 y es de 971 kg para la combinación 2.

El valor de cálculo de la tensión tangencial máxima para secciones rectangulares es:

$$\tau_d = 1.5 \frac{Q_d}{A}$$

El Índice a cortante es:

$$I_v = \frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1 \quad f_{v,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0.9 \frac{24}{1.3} = 16.61$$

Con estas consideraciones la ecuación que se expresa en la comprobación es:

$$I_v = 1.5 Q_d / A / f_{v,d} \leq 1$$

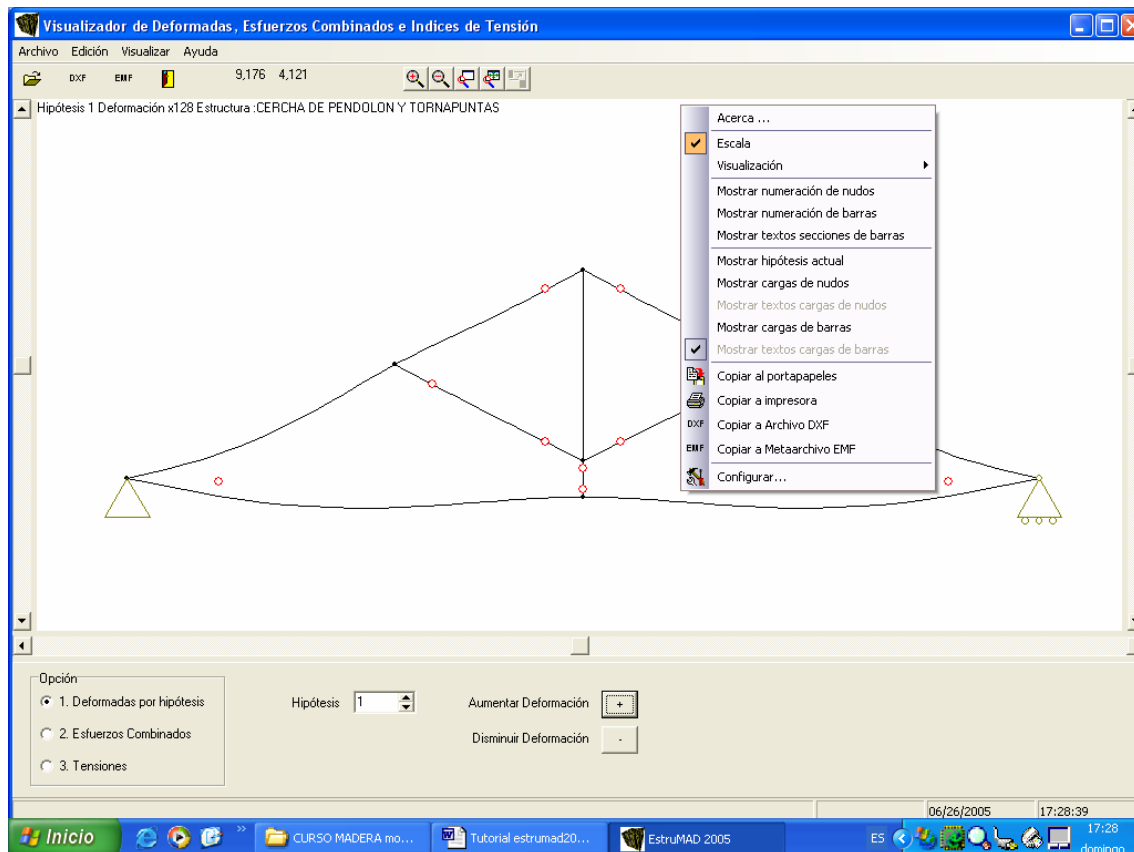
Concretando para la barra.

$$I_v = 1.5 Q_d / A / f_{v,d} = 1.5 \times 971 / 352 / 16 = 0.249 \leq 1$$

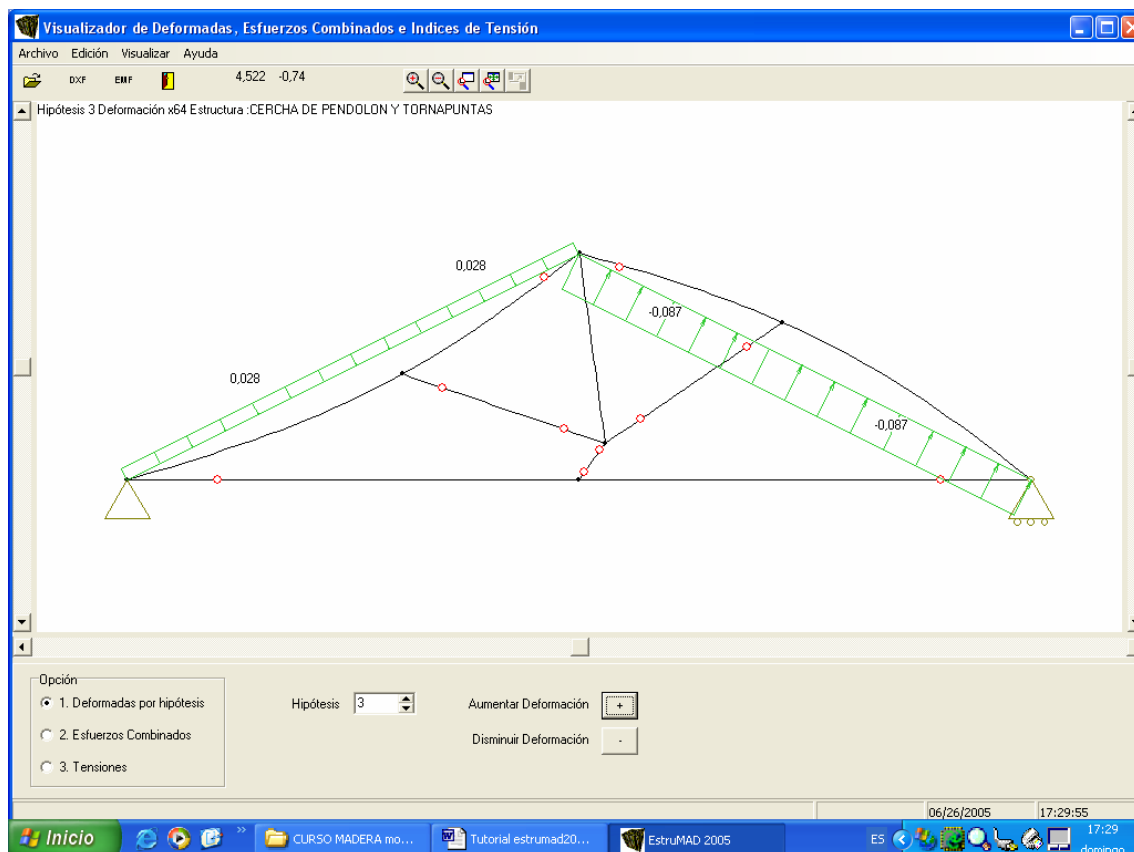
El programa también realiza comprobaciones a flecha y en el caso de vigas incorpora una comprobación a vuelco lateral que se verán con detalle en el ejemplo siguiente.

4.2. VISUALIZACIÓN DE DEFORMADAS, ESFUERZOS Y TENSIONES

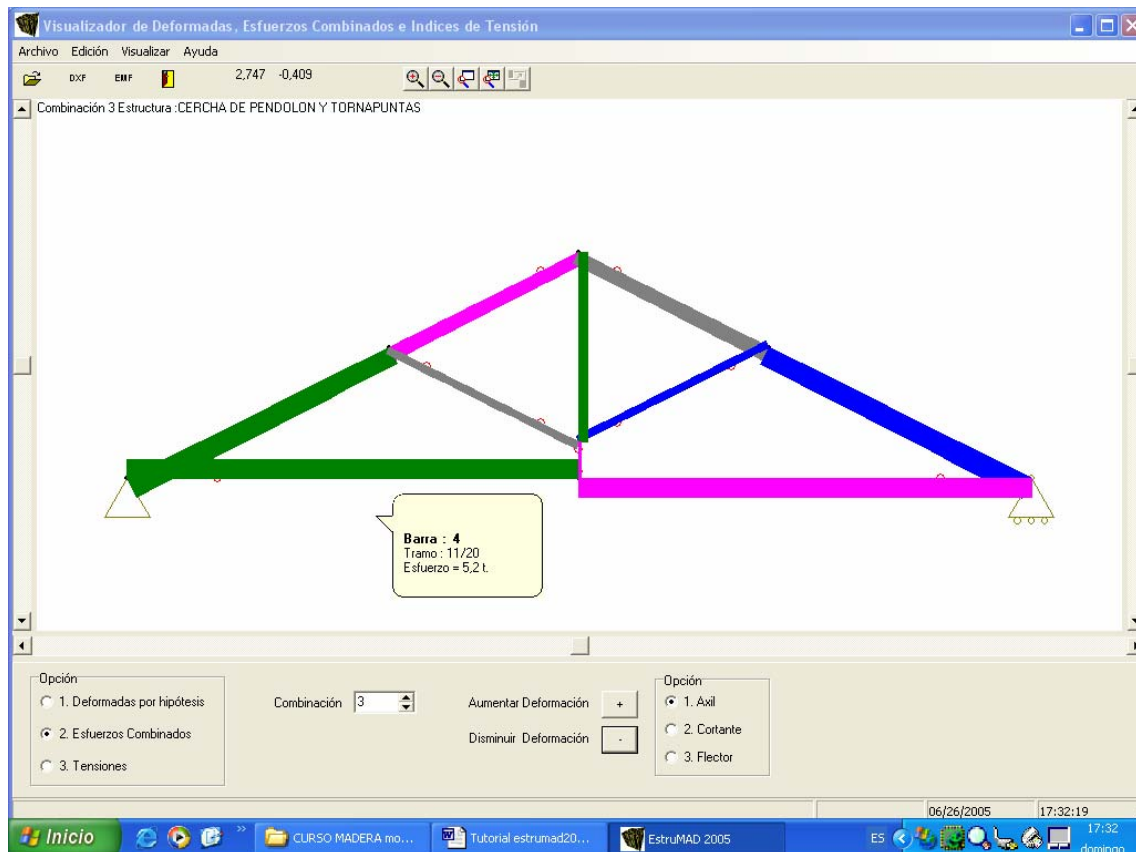
Se presenta la siguiente pantalla, en la cual se puede visualizar la numeración de nudos y barras, la deformada de la estructura y las cargas para las diferentes hipótesis, los esfuerzos combinados y la distribución de tensiones, pudiendo además tener en pantalla los resultados sección a sección. Los resultados se pueden exportar a DXF y EMF.



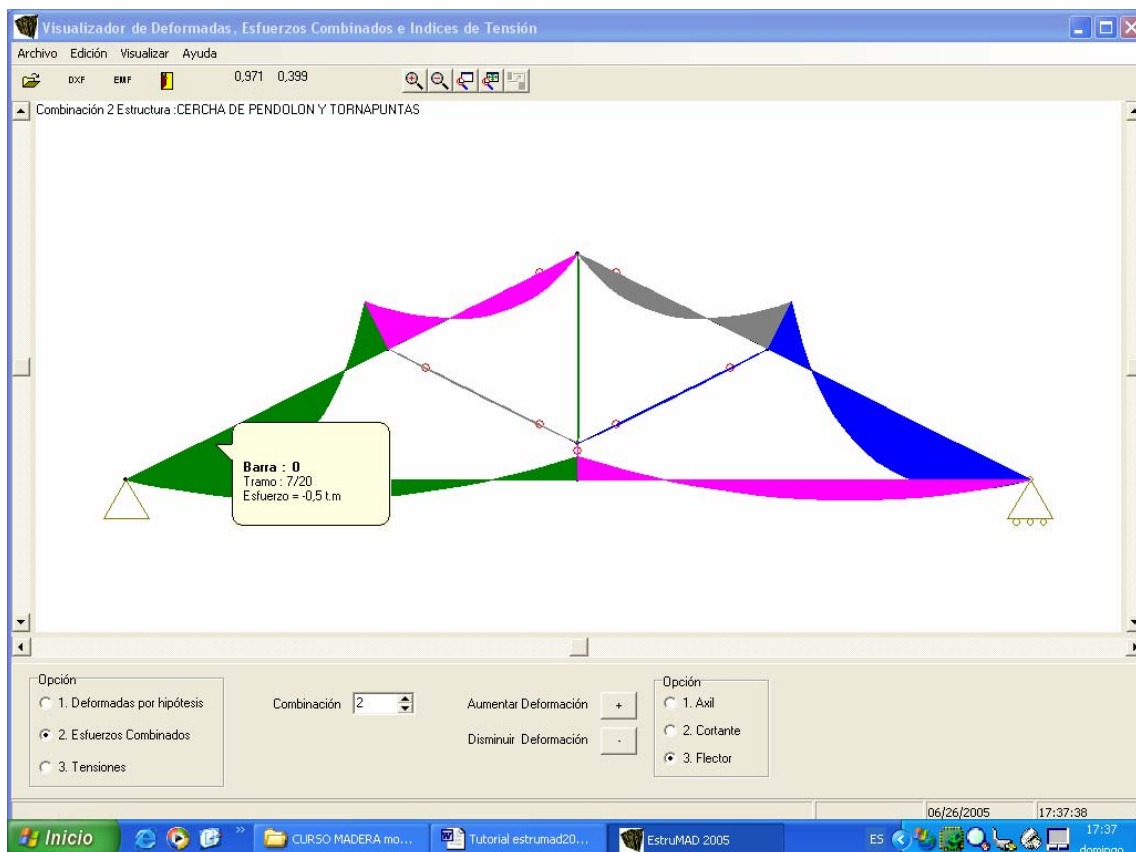
Pantalla 4.2.1 Deformada para la hipótesis 1.



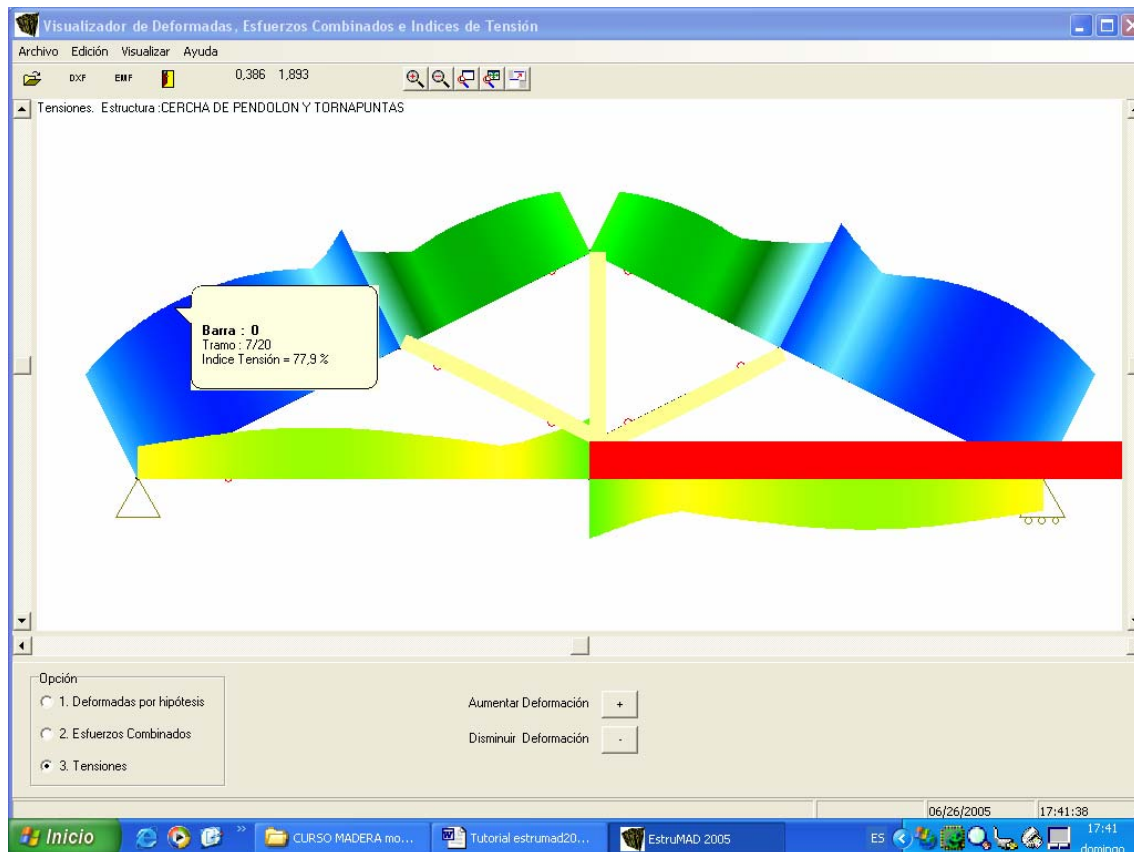
Pantalla 4.2.2 Deformada para la hipótesis 3 y visualización de la carga que la genera.



Pantalla 4.2.3 Esfuerzos Axiales para la Combinación 3 y resultados en el tirante.



Pantalla 4.2.4 Diagramas de Momentos Flectores para la Combinación 2 y resultados en la barra 0 para la sección 7/20



Pantalla 4.2.5 Índices en la barra 0 para la sección 7/20.

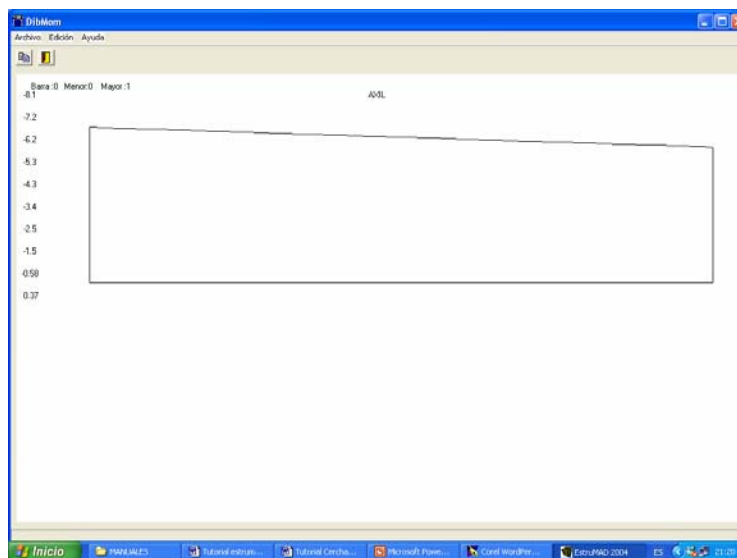
4.3. VISUALIZACIÓN DE ENVOLVENTES

Al seleccionar esta opción aparece representada la pantalla 4.3.1 con los diagramas de momentos flectores y esfuerzos cortantes. Para ver el diagrama de Axiles es necesario pulsar la tecla A. En esta pantalla las siguientes teclas tienen la función que se indica:

- Tecla A: representar el diagrama de Axiles
- Tecla Z: representar el diagrama de Momentos flectores y Cortantes
- Tecla T: activa el relleno
- Tecla I: permite cambiar de barra

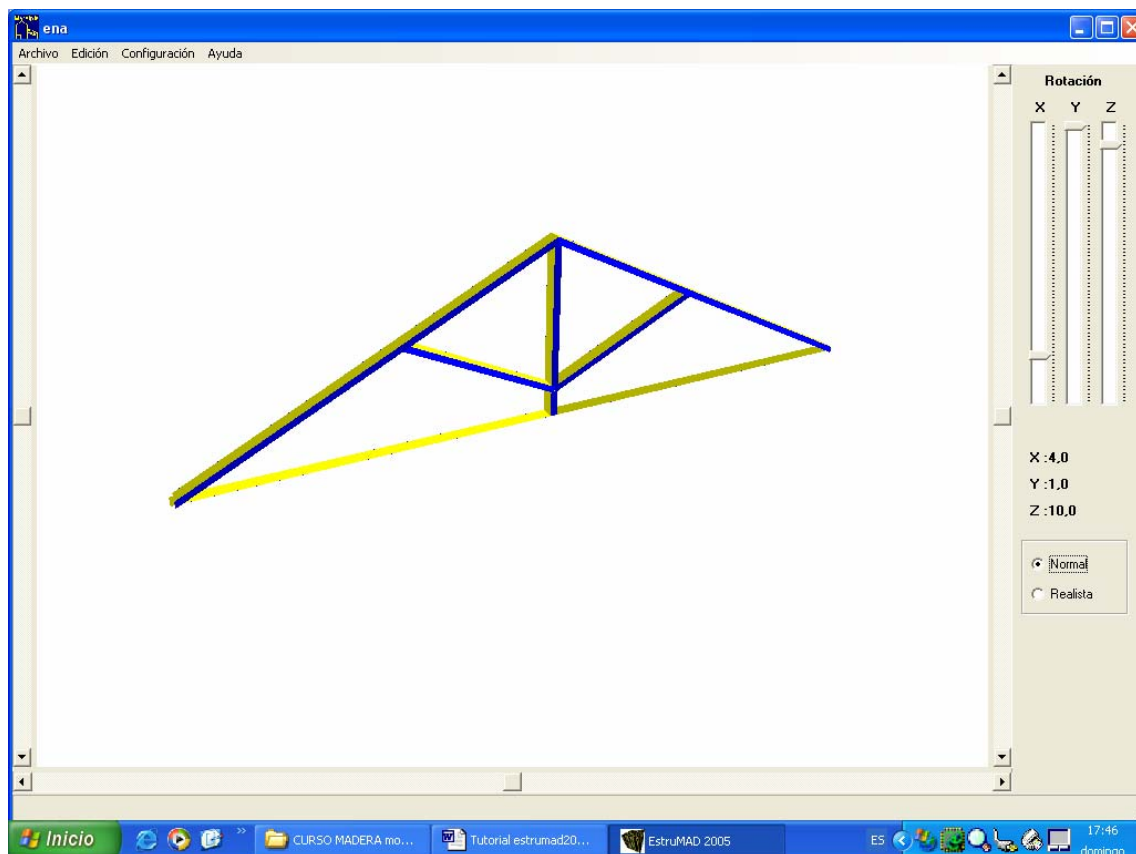


Pantalla 4.3.1



Pantalla 4.3.2

4.4. VISUALIZACIÓN SÓLIDA DE LA ESTRUCTURA.



Pantalla 4.4.1

BOTONES

Rotación : Moviendo las flechas que aparecen debajo de X, Y y Z se puede rotar la representación gráfica de la estructura