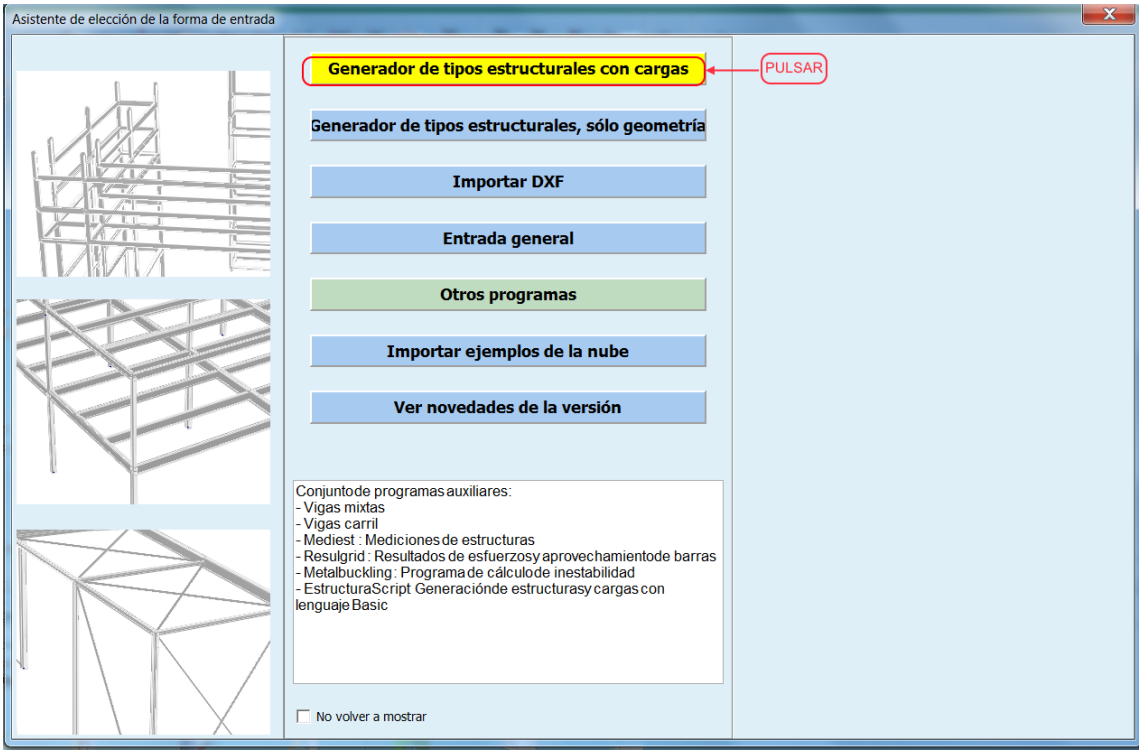
“TUTORIAL DE PÓRTICO SIMÉTRICO DE NAVE A DOS AGUAS Y CORREAS”.

1.1. ACCESO DESDE EL ASISTENTE.

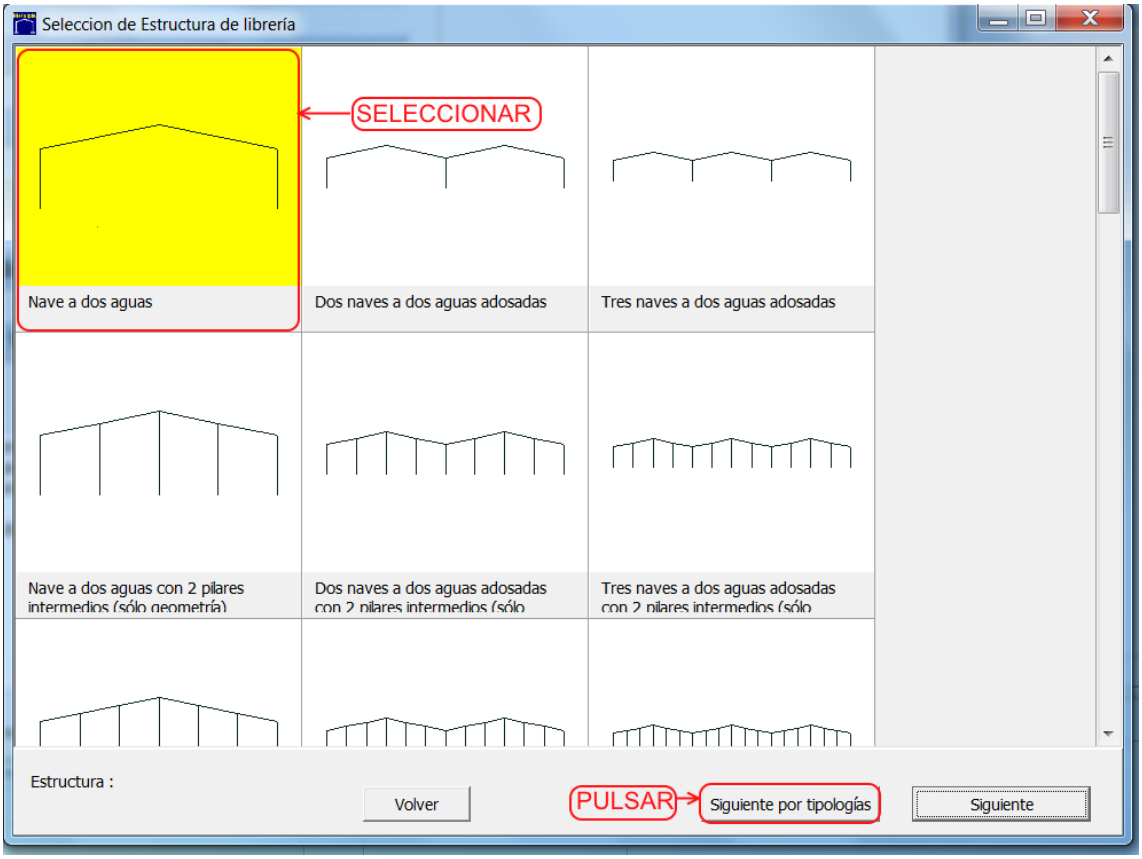
Inicialmente en la pantalla principal se pulsa “generador de tipos estructurales con cargas”:



Pantalla 1

1.2. SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA SU ENTRADA POR EL GENERADOR DE TIPOLOGÍAS.

Se selecciona el tipo de pórtico a dos aguas y a continuación se pulsa "Siguiente por tipologías", pantalla 2.



Pantalla 2

1.3. DESCRIPCIÓN Y CONTENIDOS DE LAS SUCESIVAS PANTALLAS.

1.3.1. PANTALLA 3.

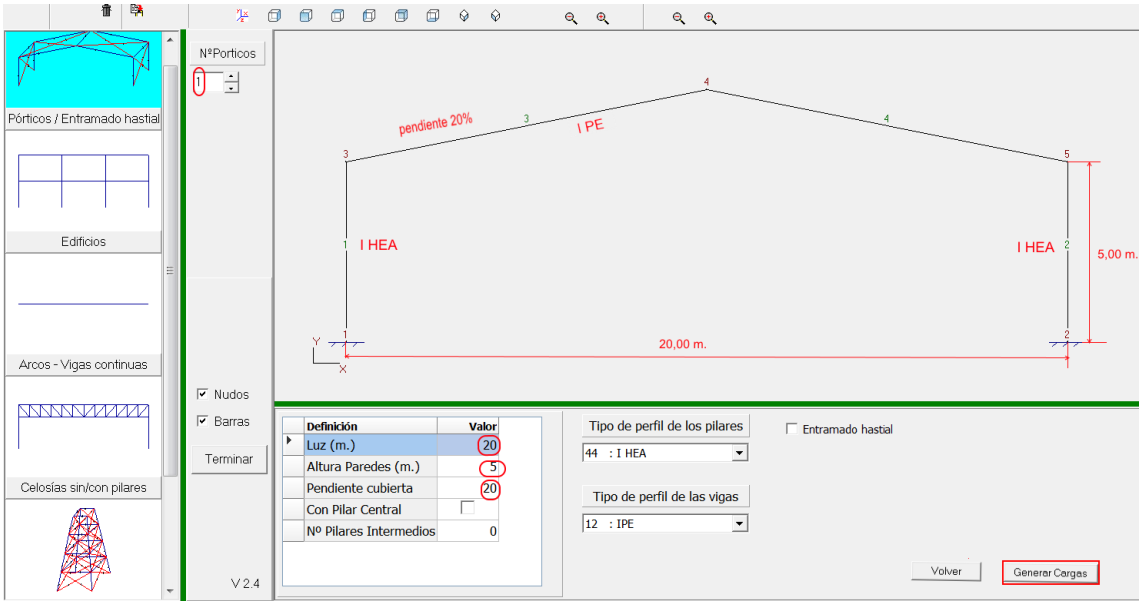
Por tratarse de un solo pórtico a dos aguas el número de pórticos se selecciona en el checkbox, 1.

Si se desea ver la numeración de nudos y barras se activan los checkboxes correspondientes.

A continuación, también pantalla 3, sin activar el checkbox de entramado espacial y asignado 0 al número de pilares intermedios, puesto que se trata de un pórtico a dos aguas, se definen:

Geometría del pórtico: luz (m). Altura de paredes (m) y pendiente de cubierta %;
Tipos de sección de pilares y vigas. Entradas por desplegables. Por omisión se aconsejan los tipos de sección indicados en la pantalla: IPE para los dinteles (debido a su buen rendimiento a flexión) y HEA para los pilares (debido a su buen comportamiento al pandeo). No obstante estos tipos de sección pueden cambiarse en los mismos desplegables o posteriormente en el cuadro de barras.

Tras pulsar el botón "Generar cargas" se continúa con pantalla 4.



Pantalla 3.

1.3.2. PANTALLAS 4, 5 y 6.

La determinación de las cargas generadas por las acciones climáticas: nieve y viento, se completa con la información siguiente:

Los valores de la *altura de paredes, luz del pórtico y pendiente* de faldones pasan directamente de la pantalla 3 a la pantalla 4. En este ejemplo 5 m, 20 m y 20%

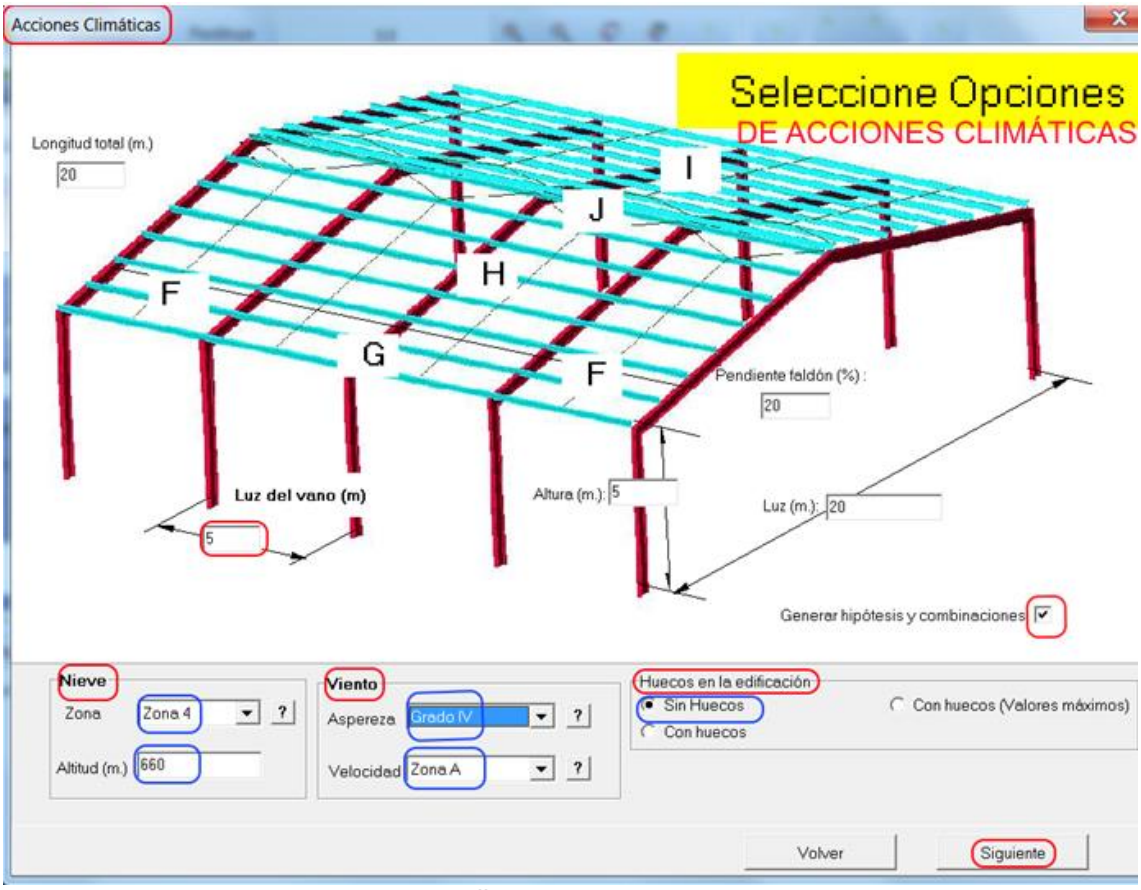
Para generar las *hipótesis de carga y su combinación* se activa el checkbox correspondiente, pantalla 4a. Estas hipótesis de carga y su combinación pueden consultarse en las pantallas 20 y 21 respectivamente.

Referente a las dimensiones de la nave se indica:

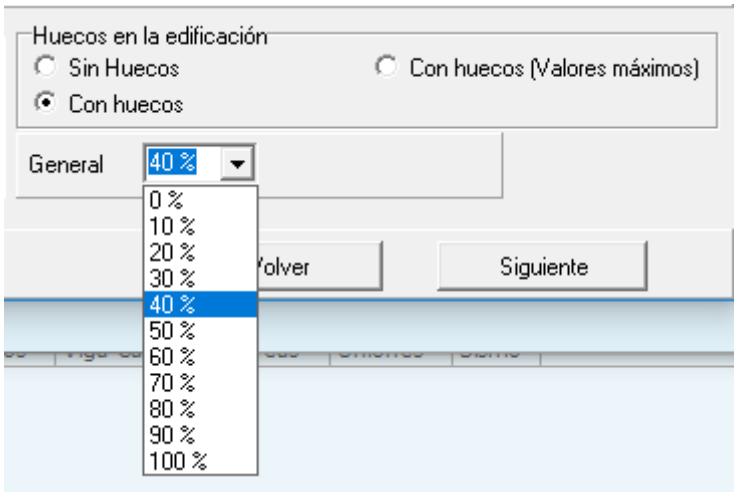
"Luz del vano". Separación entre pórticos en sentido longitudinal (m);
Para las *"Cargas de nieve"*, según el CTE DB SE-AE, se elige la "*zona"* y la "A*ltitud (m)"*, pantalla 5.
Para las *"Cargas de viento"*, también según el CTE DB SE-AE se elige el grado de aspereza y la zona asociada a la velocidad básica (A, B o C), pantalla 6.

Otra información para calcular cargas de viento en paredes y faldones corresponde a los *huecos en la edificación*. Véase pantalla 4a. Puede ser:

- *"Sin huecos"*
- *"Con huecos (Valores máximos)"*
- "*Con huecos"*; Se presenta un desplegable en el que se selecciona el% de huecos. Pantalla 4b;



Pantalla 4a



Pantalla 4b

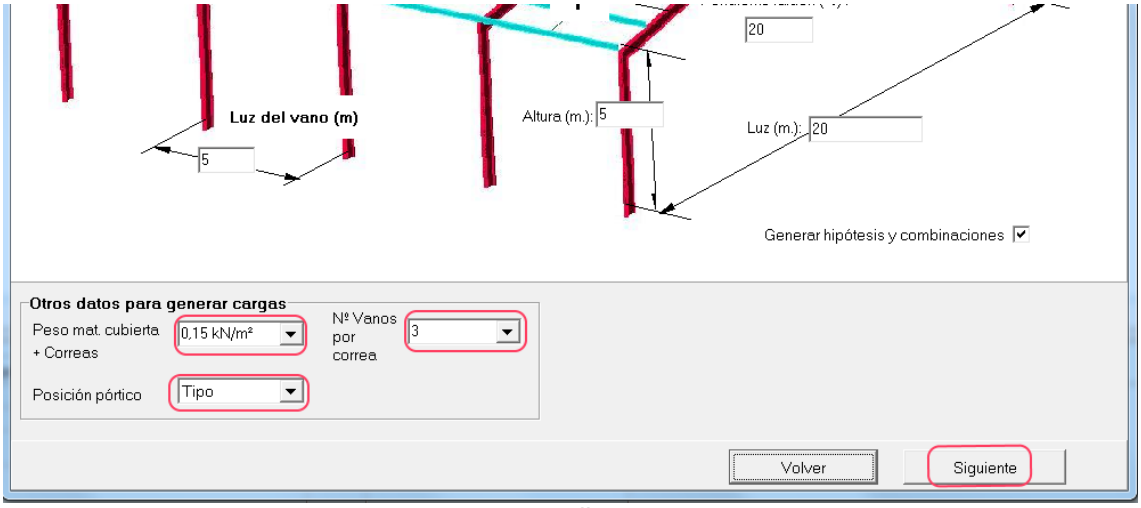
Pantalla 5. Nieve: Zonas climáticas de invierno.

Pantalla 6. Viento: Valor básico de la velocidad del viento.

1.3.4. PANTALLA 7.

Se completa la información con los desplegables siguientes:

"Peso material de cubierta + correas". En kN/m^2 de superficie de cubierta;
"Posición del pórtico". Puede ser: inicial/final o tipo;
"Número de vanos por correa". Se selecciona de un desplegable y corresponde al número de vanos de la correa que tienen continuidad. Esta información se precisa para estimar la carga que recibe el pórtico primero que si la correa es una viga continua incrementará su carga en un porcentaje del entorno del 10%. Por ejemplo la totalidad de vanos de la nave puede ser 6 pero su continuidad se realiza solo, por ejemplo, para tres vanos.

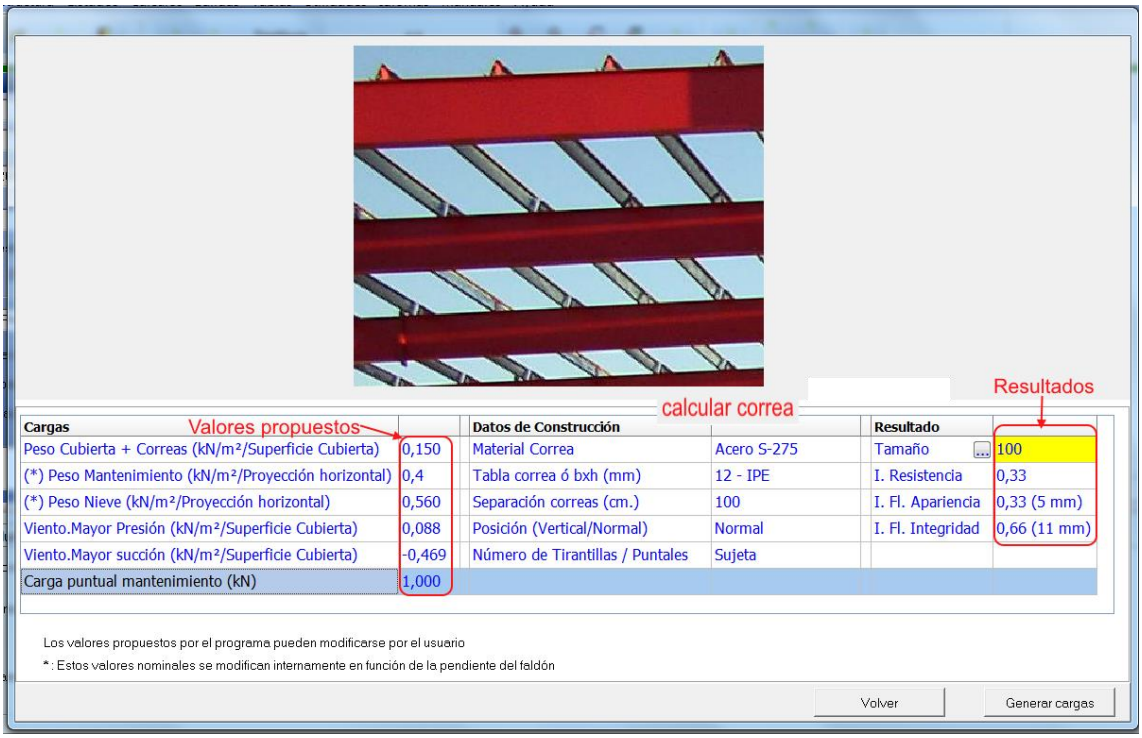


Pantalla 7

Pulsando *siguiente* se presenta la pantalla la 8 cuyo contenido se explica en el apartado siguiente.

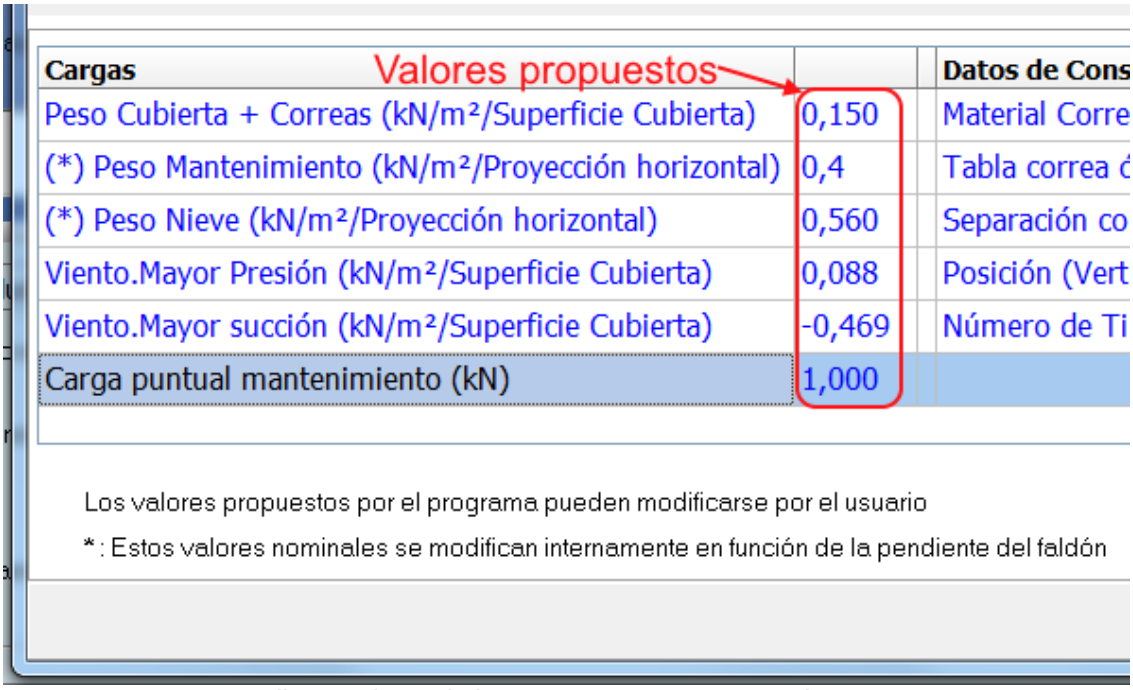
1.3.5. PANTALLAS 8, 9 y 10.

En la parte izquierda se incorporan los valores de cargas propuestos por el programa.



Pantalla 8

Estos valores pueden ser modificados por el usuario, pantalla 9.



Cargas	Valores propuestos	Datos de Cons
Peso Cubierta + Correas (kN/m²/Superficie Cubierta)	0,150	Material Corre
(*) Peso Mantenimiento (kN/m²/Proyección horizontal)	0,4	Tabla correa ó
(*) Peso Nieve (kN/m²/Proyección horizontal)	0,560	Separación co
Viento.Mayor Presión (kN/m²/Superficie Cubierta)	0,088	Posición (Vert
Viento.Mayor succión (kN/m²/Superficie Cubierta)	-0,469	Número de Ti
Carga puntual mantenimiento (kN)	1,000	

Los valores propuestos por el programa pueden modificarse por el usuario

* : Estos valores nominales se modifican internamente en función de la pendiente del faldón

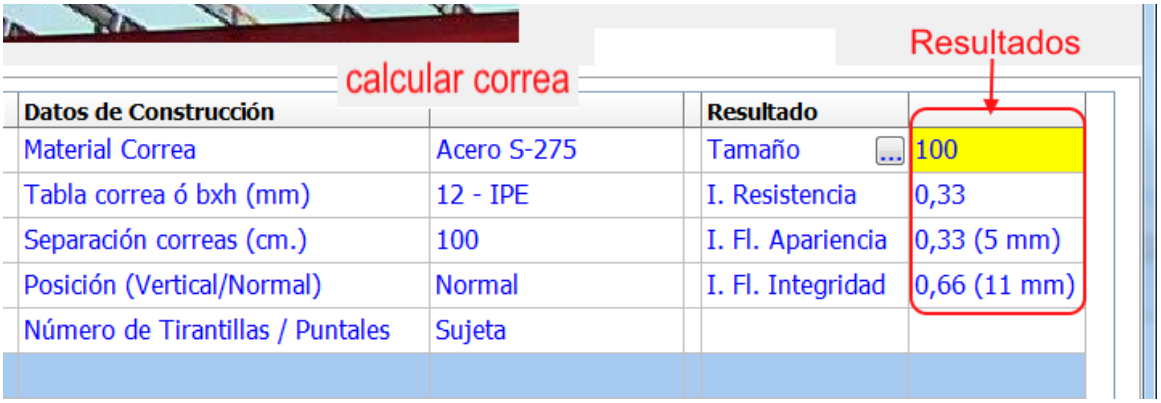
Pantalla 9. Valores de las cargas propuestas por el programa

En la parte derecha, pantalla 10, se solicita la información necesaria para el cálculo de las correas, que incluye:

"Material". Puede ser: S-235, S-275 o S-355;
"Tabla correa". Corresponde al número del tipo de sección elegido para la correa;
"Separación de correas (cm)";
"Posición" de la correa. Puede ser vertical o normal al faldón (es lo más habitual) y *"Número de tirantillas"* por vano.

Y en la parte derecha de esta misma pantalla 8 se dan los resultados de cálculo de la correa, que incluyen:

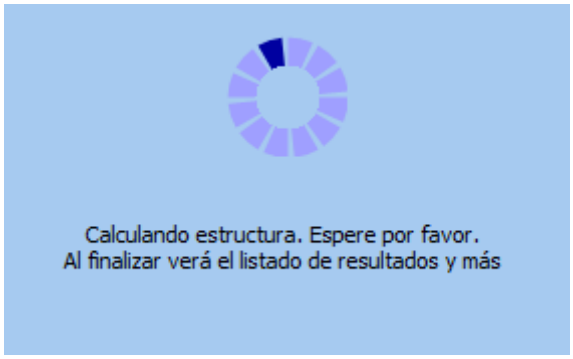
"I.Resistencia". Índice de resistencia de la correa expresada en %;
"I.Fl. Apariencia". Índice de la flecha asociada a la apariencia en % y su valor en mm;
"I.Fl. Confort". Índice de la flecha asociada al confort en % y su valor en mm.



Pantalla 10. Correas

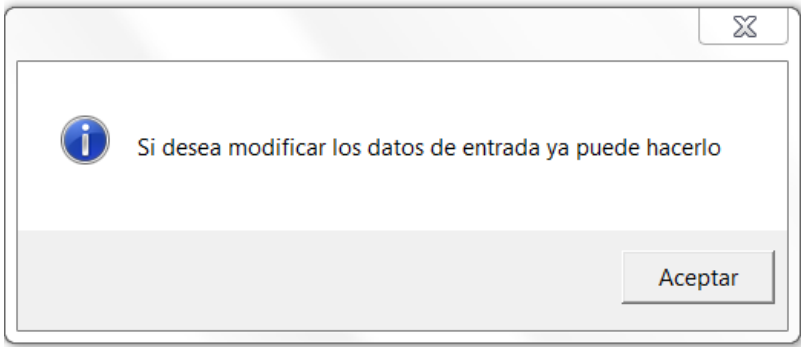
1.4. CÁLCULO.

Finalizada la entrada de datos y con la información incorporada por omisión al programa se realiza sin transición el cálculo del pórtico.



Pantalla 11. Cálculo.

1.5. FINALIZACIÓN CÁLCULO.

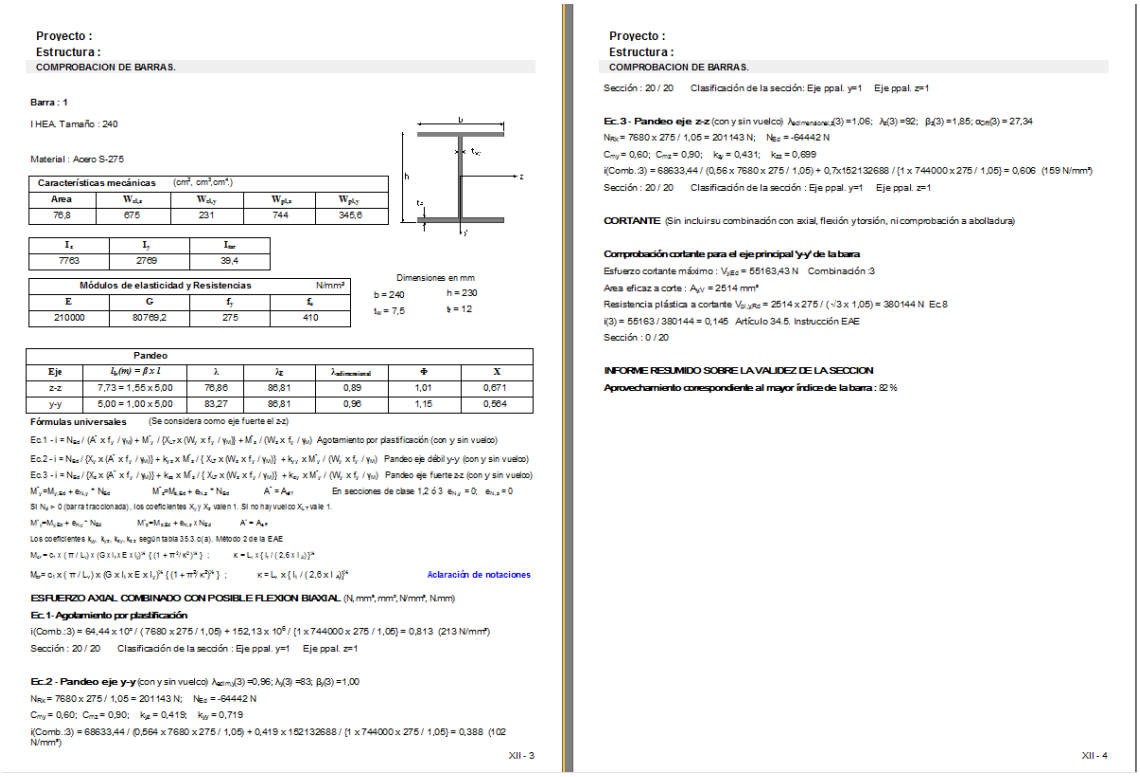


Pantalla 12. Invitación a modificar valores

Finalizado el cálculo se procede si fuese necesario a realizar las modificaciones y correcciones oportunas según apartado 1.4.

1.6. RESULTADOS.

Tras los cálculos se pueden analizar los resultados. Principalmente los textos de la memoria de cálculo, pantalla 13 y las salidas gráficas, principalmente la representación en colores de los índices de tensiones de todas las barras, pantalla 14.



Proyecto :
Estructura :
COMPROBACION DE BARRAS.

Barra : 1

I HEA Tamaño : 240

Material : Acero S-275

Características mecánicas	(cm⁴, cm³,cm³,)			
Area	$W_{el,z}$	$W_{el,y}$	$W_{pl,z}$	$W_{pl,y}$
76,8	675	231	744	345,6

I_z	I_y	I_{tor}
7763	2769	39,4

Módulos de elasticidad y Resistencias			N/mm²
E	G	f_y	f_u
210000	80769,2	275	410

Dimensiones en mm
b = 240 h = 230
t_w = 7,5 t_f = 12

Pandeo						
Eje	$l_k(m) = \beta x l$	λ	λ_E	$\lambda_{adimensional}$	Φ	χ
z-z	7,73 = 1,55 x 5,00	76,86	86,81	0,89	1,01	0,671
y-y	5,00 = 1,00 x 5,00	83,27	86,81	0,96	1,15	0,564

Fórmulas universales (Se considera como eje fuerte el z-z)

Ec.1 - i = N_{Ed} / (A^* x f_y / γ_M) + M^*_y / {χ_y x (W_y x f_y / γ_M)} + M^*_z / (W_z x f_y / γ_M) Agotamiento por plastificación (con y sin vuelco)

Ec.2 - i = N_{Ed} / (χ_y x (A^* x f_y / γ_M)) + k_{yz} x M^*_z / { χ_z x (W_z x f_y / γ_M)} + k_{yy} x M^*_y / (W_y x f_y / γ_M) Pandeo eje débil y-y (con y sin vuelco)

Ec.3 - i = N_{Ed} / (χ_z x (A^* x f_y / γ_M)) + k_{zz} x M^*_z / { χ_z x (W_z x f_y / γ_M)} + k_{zy} x M^*_y / (W_y x f_y / γ_M) Pandeo eje fuerte z-z (con y sin vuelco)

M^*_y=$M_{y,Ed}$ + $e_{N,y}$ * N_{Ed} M^*_z=$M_{z,Ed}$ + $e_{N,z}$ * N_{Ed} A^* = A_{eff} En secciones de clase 1,2 ó 3 $e_{N,y}$ = 0; $e_{N,z}$ = 0

Si N_{Ed} > 0 (barra traccionada), los coeficientes χ_y y χ_z valen 1. Si no hay vuelco χ_z vale 1.

M^*_y=$M_{y,Ed}$ + $e_{N,y}$ * N_{Ed} M^*_z=$M_{z,Ed}$ + $e_{N,z}$ x N_{Ed} A^* = A_{eff}

Los coeficientes k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz} según tabla 35.3 c(a). Método 2 de la EAE

M_{cr} = c_1 x (π / L_k) x (G x I_t x E x I_z)^ { (1 + π² / κ^2)^ } ; κ = L_k x { I_t / (2,6 x I_z)}^

M_{cr}= c_1 x (π / L_k) x (G x I_t x E x I_z)^ [(1 + π² κ^2)^ } ; κ = L_k x { I_t / (2,6 x I_z)}^ Aclaración de notaciones

ESFUERZO AXIAL COMBINADO CON POSIBLE FLEXION BIAXIAL (N, mm⁴, mm³, N/mm², N.mm)

Ec.1- Agotamiento por plastificación

i(Comb.:3) = 64,44 x 10^3 / (7680 x 275 / 1,05) + 152,13 x 10^6 / {1 x 744000 x 275 / 1,05} = 0,813 (213 N/mm²)

Sección : 20 / 20 Clasificación de la sección : Eje ppal. y=1 Eje ppal. z=1

Ec.2 - Pandeo eje y-y (con y sin vuelco) $\lambda_{adim,y}$(3) =0,96; λ_y(3) =83; β_y(3) =1,00

N_{Rk} = 7680 x 275 / 1,05 = 201143 N; N_{Ed} = -64442 N

C_{my} = 0,60; C_{mz} = 0,90; k_{yz} = 0,419; k_{yy} = 0,719

i(Comb.:3) = 68633,44 / (0,564 x 7680 x 275 / 1,05) + 0,419 x 152132688 / {1 x 744000 x 275 / 1,05} = 0,388 (102 N/mm²)

XII - 3

Proyecto :
Estructura :
COMPROBACION DE BARRAS.

Sección : 20 / 20 Clasificación de la sección: Eje ppal. y=1 Eje ppal. z=1

Ec.3 - Pandeo eje z-z (con y sin vuelco) $\lambda_{adimensional}$(3) =1,06; λ_z(3) =92; β_z(3) =1,85; α_{cr}(3) = 27,34

N_{Rk} = 7680 x 275 / 1,05 = 201143 N; N_{Ed} = -64442 N

C_{my} = 0,60; C_{mz} = 0,90; k_{zz} = 0,431; k_{zy} = 0,699

i(Comb.:3) = 68633,44 / (0,56 x 7680 x 275 / 1,05) + 0,7x152132688 / {1 x 744000 x 275 / 1,05} = 0,606 (159 N/mm²)

Sección : 20 / 20 Clasificación de la sección : Eje ppal. y=1 Eje ppal. z=1

CORTANTE (Sin incluir su combinación con axial, flexión y torsión, ni comprobación a abolladura)

Comprobación cortante para el eje principal 'y-y' de la barra

Esfuerzo cortante máximo : $V_{y,Ed}$ = 55163,43 N Combinación :3

Area eficaz a corte : A_{VY} = 2514 mm²

Resistencia plástica a cortante $V_{pl,y,Rd}$ = 2514 x 275 / (√3 x 1,05) = 380144 N Ec.8

i(3) = 55163 / 380144 = 0,145 Artículo 34.5. Instrucción EAE

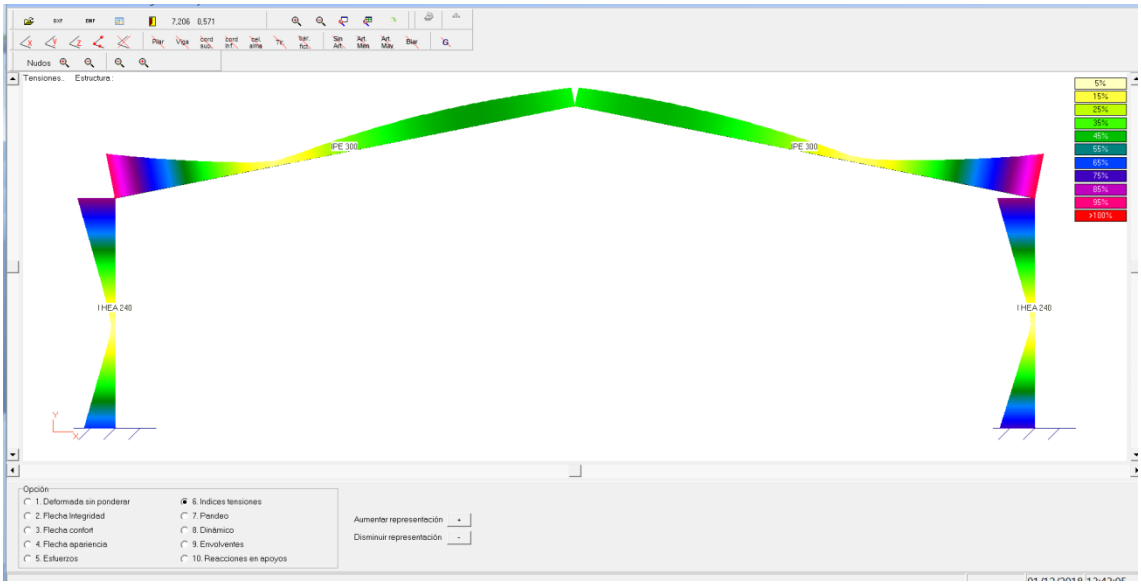
Sección : 0 / 20

INFORME RESUMIDO SOBRE LA VALIDEZ DE LA SECCION

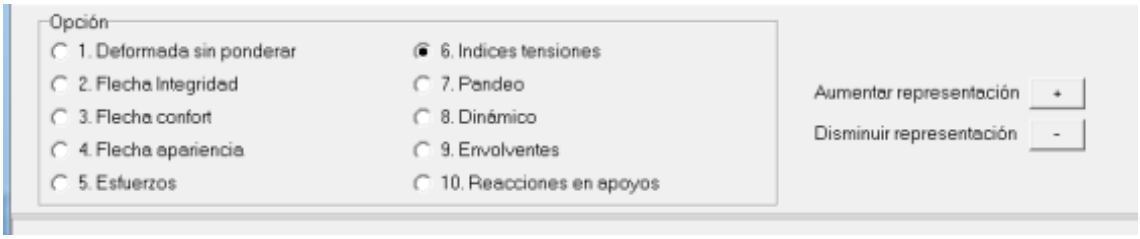
Aprovechamiento conespondiente al mayor índice de la barra : 82 %

XII - 4

Pantalla 13. Textos de la memoria de cálculo de las barras.



Pantalla 14. Salida gráfica: índice de tensiones



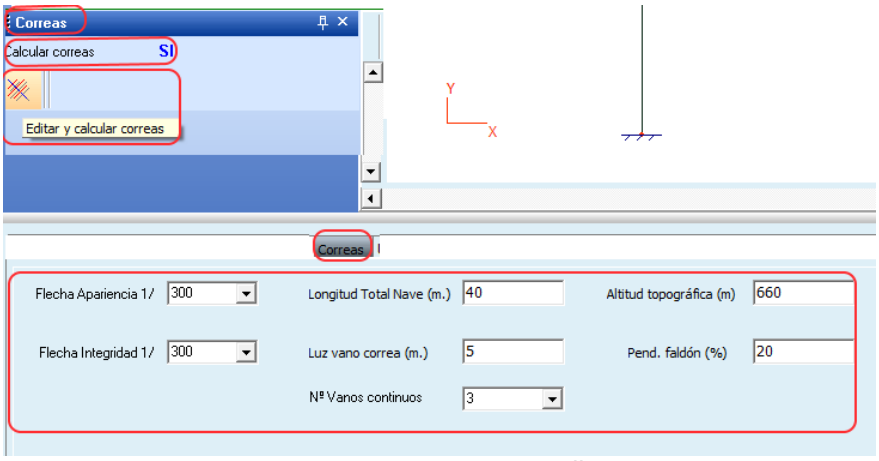
Pantalla 15 Posibles salidas gráficas.

1.7. CORREAS.

En la pantalla 16 figura el cuadro del programa Metalpla desde el que se accede al cálculo de las correas.

Los valores de la parte inferior han sido introducidos por el usuario en pantallas anteriores.

En la parte superior se acepta mediante **SI** el *calcular correas* y también *editar y calcular.*



Pantalla 16.

Los de cálculo de la correa se imprimen a continuación.

Proyecto :
Estructura :
CALCULO DE CORREAS.

CARGA PERMANENTE : 0,15 kN/m²/Cubierta. Duración permanente
CARGA MANTENIMIENTO : 0,4 kN/m²/Proy. horizontal. Duración corta
CARGA NIEVE : 0,56 kN/m²/Proy. horizontal. Duración corta
VIENTO PRESION MAYOR : 0,088 kN/m²/Cubierta. Duración corta
VIENTO SUCCION MAYOR : 0,469 kN/m²/Cubierta. Duración corta
CARGA CONCENTRADA MANTENIMIENTO : 1 kN. Duración corta

MATERIAL CORREAS : Acero S-275
SECCION : IPE 80
PENDIENTE FALDON : 20 % Equiv. a 11 º
SEPARACION CORREAS : 1 m.
POSICION CORREAS : Normal al faldón
NUMERO TIRANTILLAS POR VANO : SUJETA

LUZ DEL VANO : 5 m.
NUMERO DE VANOS CONTINUOS : 3
ALTITUD TOPOGRAFICA : 660

Tension (1) = 3354747,89 / 23200 + 0 / 5500 = 144,6 N/mm²
indice = (144,6 / (275 / 1,05)) = 0,55
(1) Corresponde a :Permanente + 'Mantenimiento' + Nieve + Viento
Donde 'Mantenimiento' es la acción variable dominante
Este índice se corresponde con :Carga mantenimiento uniforme

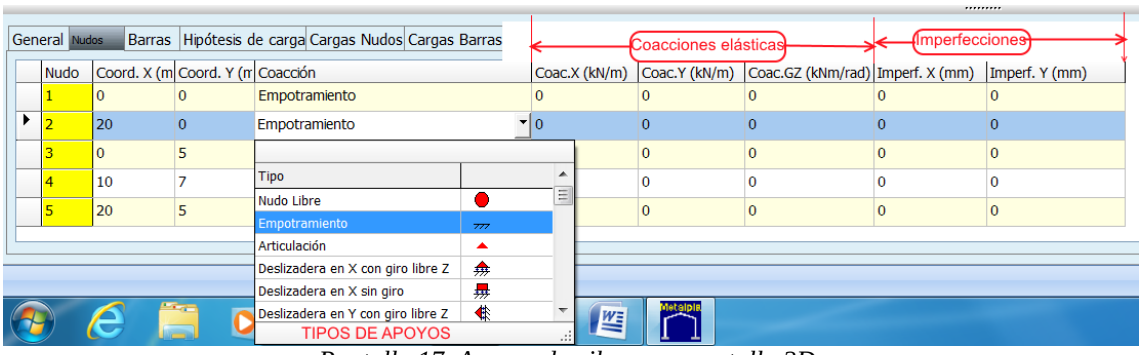
Flecha vano relativa a la integridad en combinación característica (1) = 23 mm. Admisible = 16,67 mm.
(1) Corresponde a :Permanente + 'Mantenimiento' + Nieve + Viento
Donde 'Mantenimiento' es la acción variable dominante
Flecha vano relativa a la apariencia en combinación casi permanente (1) = 10,49 mm. Admisible = 16,67 mm.
(1) Corresponde a :Permanente + 'Mantenimiento' + Nieve + Viento
Donde 'Mantenimiento' es la acción variable dominante

1.8. DATOS INCORPORADOS POR OMISIÓN AL PROGRAMA Y CORRECCIONES.

Se incluyen por defecto:

1) *El tipo de coacción en cimentación* de los pilares, que en el programa corresponde a un empotramiento.

En el desplegable que figura en la pantalla 17 se indican otros tipos de apoyo entre ellos los articulados.



Pantalla 17. Apoyos de pilares en pantalla 2D

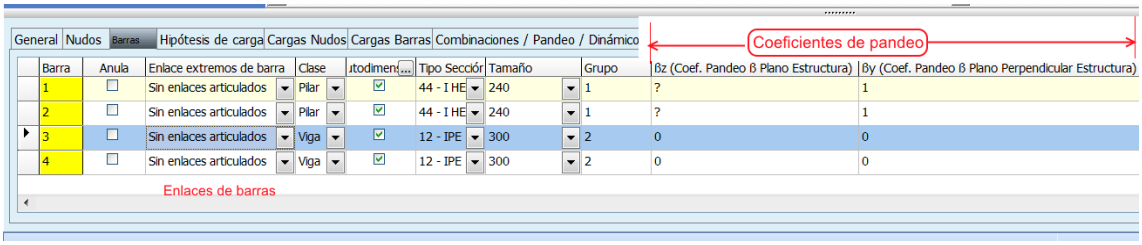
Cabe la posibilidad de introducir coacciones elásticas (en este caso se deben definir los coeficientes de muelle según desplazamientos lineales y giro: eje general X (coac.X en kN/m), eje general Y (coac.Y en kN/m) y giro (Coac.GZ en kNm/rad).

2) *Pandeo de pilares*

Coeficiente β_z que define la longitud de pandeo del pilar en el plano del pórtico. El símbolo "?" representa que este valor lo elegirá el programa mediante un cálculo riguroso teniendo en cuenta las características de los pilares, dinteles y cargas. Este coeficiente cambia en cada combinación de cargas.

Coeficiente β_y que define la longitud de pandeo del pilar en el plano perpendicular al pórtico. Por omisión β_y=1,00. Este valor implica que la cabeza del pilar no puede desplazarse longitudinalmente.

Estos valores pueden ser modificados en el cuadro de barras pantalla 18

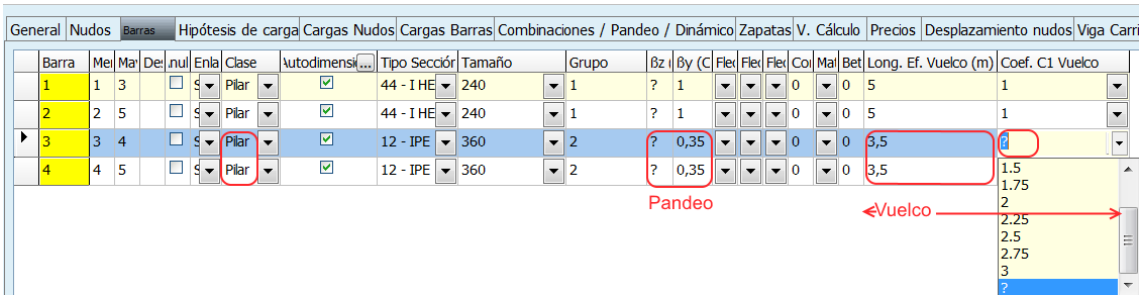


Pantalla 18. Barras

3) <u>Pandeo de dinteles con vuelco</u>

En este caso a los dinteles se les considera de clase "Pilar". En el plano se puede seleccionar β_z="?" y fuera del plano el coeficiente $\beta_y = l_k / l$= 3,50/10,2=0,35, siendo 3,50 m la separación entre secciones firmemente arriostradas.

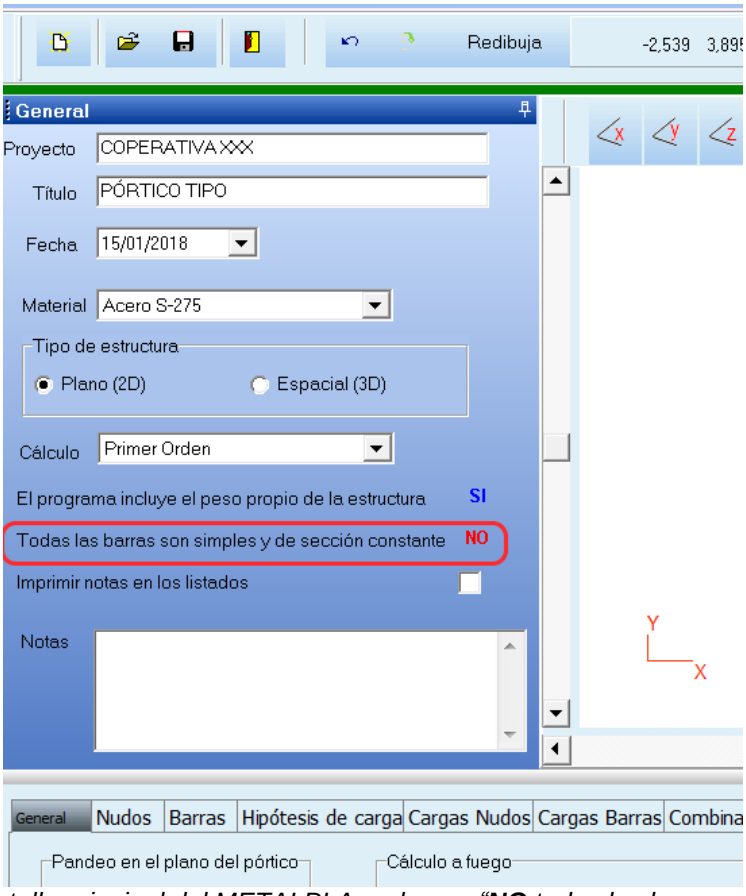
En lo respecta al vuelco lateral se deben rellenar las columnas:
Long. Ef. Vuelco (m). es la longitud eficaz de vuelco lateral. Depende del arriostramiento transversal que sujeta a los dinteles. En pantalla 19 tiene la barra: 5 m para los pilares, barras 1 y 2 y 3,5 m para los dinteles, barras 3 y 4.
Coef. C1 Vuelco. Este coeficiente lo puede elegir el usuario de un desplegable o si elige el símbolo "?" lo calculará internamente el programa.



Pantalla 19. Pandeo de dintele y vuelco lateral

4) <u>Barras de sección variable o barras compuestas.</u>

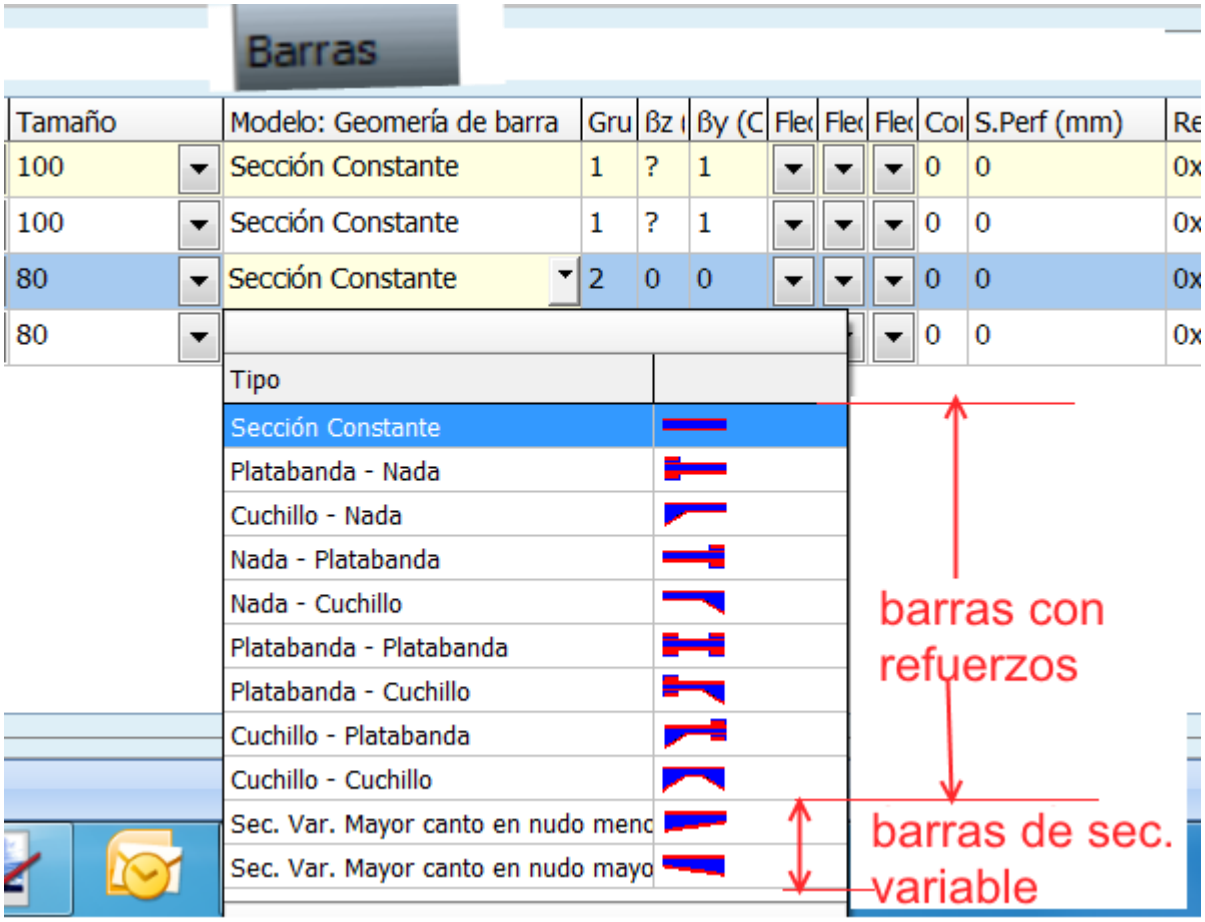
En la pantalla principal del METALPLA se indica que "**NO" a** "Todas las barras son simples y de sección constante", pantalla 20. Esta información da opción a la presencia en el cuadro de barras de nuevas columnas que permiten introducir barras con las características siguientes:



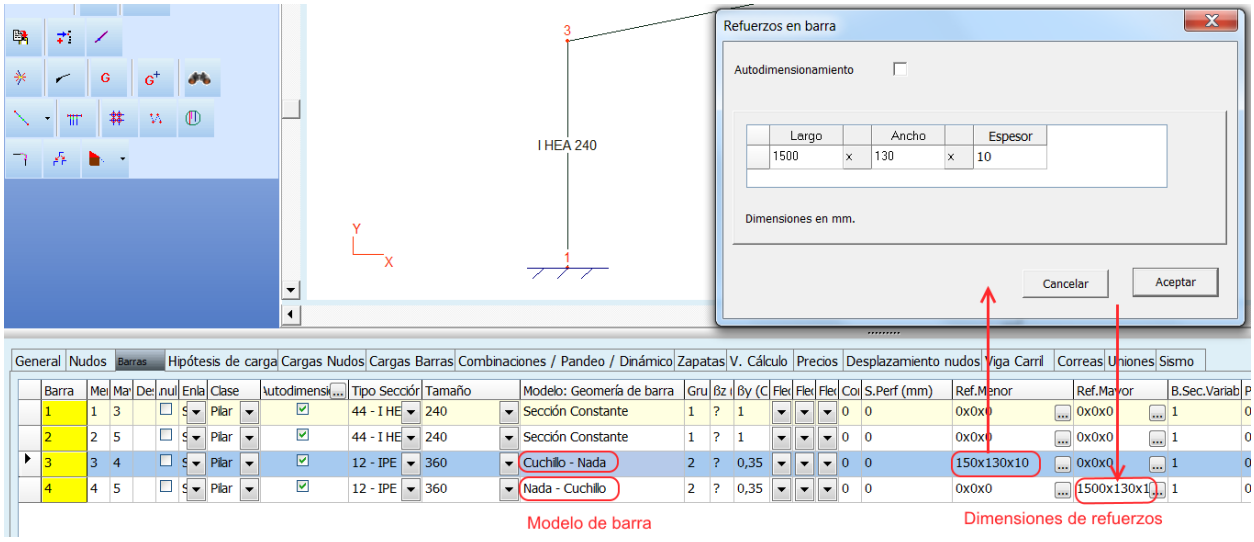
*Pantalla 20. Pantalla principal del METALPLA en la que "**NO** todas las barras son simples y de sección constante".*

- *Refuerzos en sus extremos*, pantalla 21, en la que se indica la disposición y tipos de refuerzos y pantalla 22 en la que en un tarjetón figuran las dimensiones de los cuchillos o de platabandas de refuerzo. La primera descripción se refiere al tipo de refuerzo en el extremo de menor numeración de la barra y la segunda al de mayor numeración.

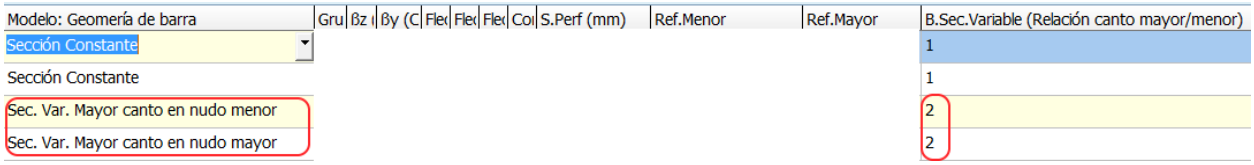
- *Sección variable*, pantallas 21 y 23 en las que se indica la relación de alturas entre los dos extremos de la barra. Para la sección intermedia el canto corresponde al tamaño elegido para el tipo de sección.
  Sec. Var. Menor. El extremo de la barra de mayor sección, se sitúa en el nudo de menor numeración.
  Sec. Var. Mayor. El extremo de la barra de mayor sección, se sitúa en el nudo de mayor numeración.



Pantalla 21. Barras con refuerzos en sus extremos y de sección variable



Pantalla 22. Refuerzos en sus extremos de barra



Pantalla 23. Barras de sección variable

5) *Flechas de barras dintel (barras 3 y 4):*

Para la integridad y apariencia se elige *l/300* del vano. Valores que pueden ser modificados por el usuario en el cuadro de barras, pantalla 24.

Barras

Barra	Menor	Flecha - Integridad	Flecha - Confort (1,	Flecha -Apariencia (1/)	Contraflecha
1	1	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0
3	3	300	0	300	0
4	4	300	0	300	0

Pantalla 24. Flechas de dinteles

6) *Flechas de nudos libres (nudos 3,4 y5)*

También para la integridad y apariencia el programa limita los desplazamientos de los nudos 3 y 5 a *h /200* en la dirección del eje general X. Y para el nudo de clave, 3, el desplazamiento en dirección del eje general Y, a *l/200* (*l* longitud total del pórtico, en este ejemplo 20,00 m). Estos valores pueden ser modificados en el cuadro de desplazamientos de nudos libres, pantalla 19. En este cuadro se indica:

Integridad. El desplazamiento de 25 mm del nudo 3 del pilar corresponde a *h/200 y* 66,67mm al desplazamiento según Y del nudo 4;
Confort. No procede en la cubierta de la nave
Apariencia. El desplazamiento de 25 mm del nudo 3 del pilar corresponde también a *h/200 y* 66,67mm al desplazamiento según Y del nudo 4;

Dirección a elegir entre el eje general X y el general Y. En los pilares se elige el eje general X y para la clave el eje general Y
N.ref i. Nudo de la estructura que no sufre desplazamiento. El desplazamiento de 25 mm corresponde a *h/200;*
N.ref j. Puede ser otro nudo de la barra sin desplazamiento o el mismo nudo citado anteriormente;
Barra. Número de barra asociada al nudo de referencia.

General | Nudos | Barras | Hipótesis de carga | Cargas Nudos | Cargas Barras | Combinaciones / Pandeo / Dinámico | Zapatas | V.

Nudo	Integridad (mm)	Confort (mm)	Apariencia (mm)	Contraflec	Dirección	N.Ref. i	N.Ref. j	Barra
3	25	0	25	0	X	1	1	1
5	25	0	25	0	X	2	2	2
3	66,67	0	66,67	0	Y	3	4	1

Pantalla 25. Desplazamientos de nudos libres en mm, para la integridad, confort y apariencia.

7) *Hipótesis de carga.*

Se incluyen por omisión las hipótesis de carga que figuran en la pantalla 26.

El usuario puede incorporar nuevas hipótesis de carga por ejemplo la variación de temperatura.

General | Nudos | Barras | Hipótesis de carga | Cargas Nudos | Cargas Barras | Combina

Hipótesis	Descripción	Categoría
1	Permanente	Permanente
2	Mantenimiento	Categoría G: Cubiertas accesibles
3	Nieve	Nieve : Altitud < 1.000 m sobre el
4	Viento transversal A	Viento: Cargas en edificación
5	Viento transversal B	Viento: Cargas en edificación
6	Viento longitudinal	Viento: Cargas en edificación

Pantalla 26. Hipótesis de carga.

8) *Combinaciones de acciones.*

En este cuadro de combinaciones de cargas, pantalla 27, se tienen en cuenta la simetría de la estructura, la concomitancia de las diferentes acciones y sus coeficientes de combinación.

General | Nudos | Barras | Hipótesis de carga | Cargas Nudos | Cargas Barras | Combinaciones / Pandeo / Dinámico | Zapata

Combinación	Permanente	Mantenimien	Nieve	Viento transversal A	Viento transversal B	Viento longitudinal
1	1,35	0	0	0	0	0
2	1,35	1,5	0	0	0	0
3	1,35	0	1,5	0	0	0
4	1,35	0	0	1,5	0	0
5	1,35	0	0	0	1,5	0
6	1,35	0	1,5	0,9	0	0
7	1,35	0	1,5	0	0,9	0
8	1,35	0	1,5	0	0	0,9
9	1,35	0	0,75	1,5	0	0
10	1,35	0	0,75	0	1,5	0
11	1,35	0	0,75	0	0	1,5
12	0,8	0	0	1,5	0	0
13	0,8	0	0	0	1,5	0
14	0,8	0	0	0	0	1,5

Pantalla 27. Combinación de hipótesis de carga

.

El usuario puede corregir y añadir nuevas combinaciones.