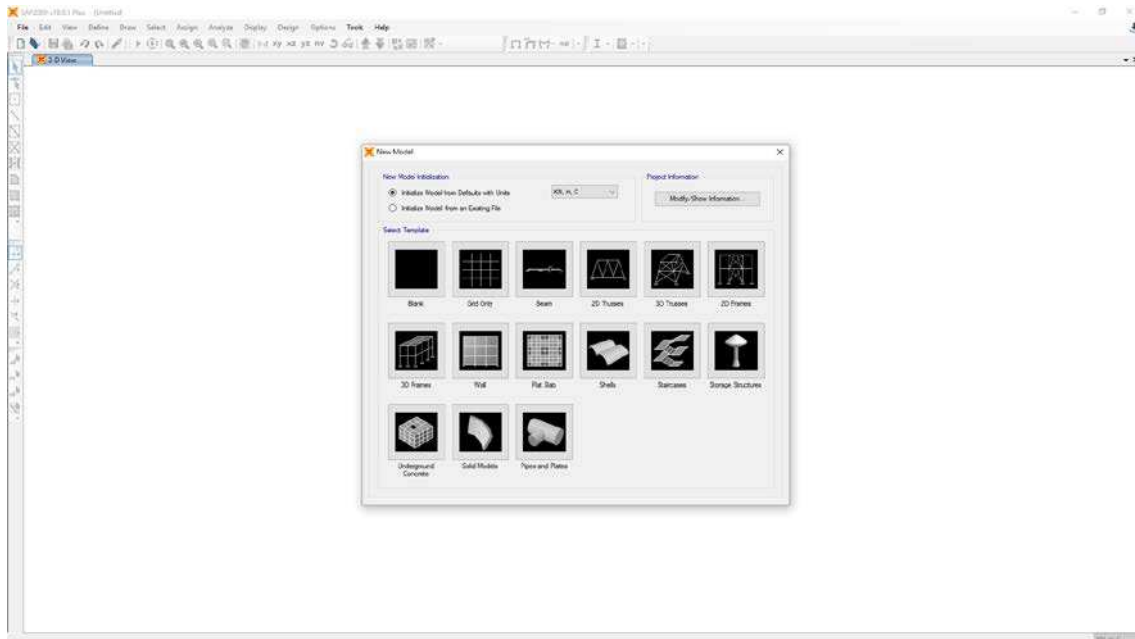


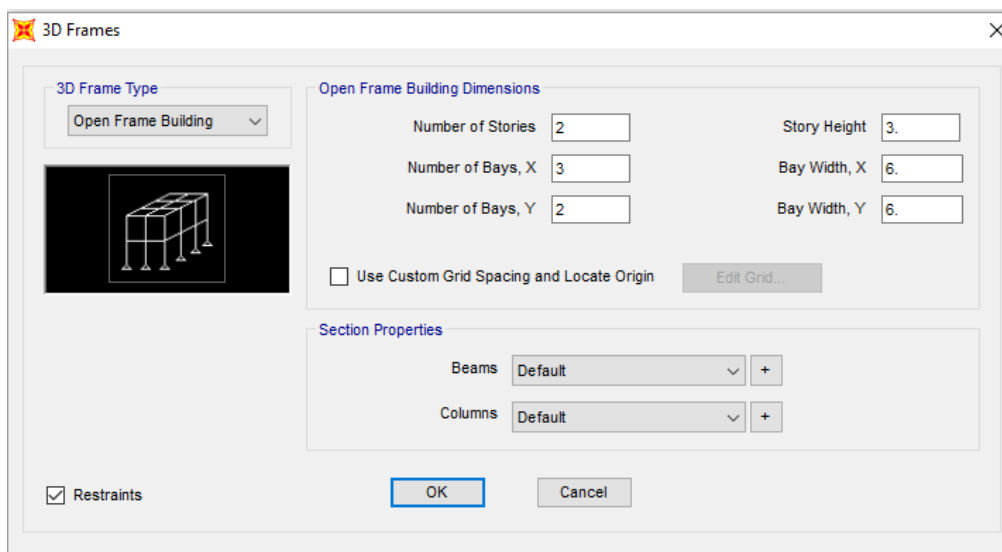
2. Cálculo de armado de una estructura de hormigón tipo pórtico de edificación.

Vamos a aprender a armar una estructura de hormigón típica de edificación calculada en sap2000. Para ello planteamos un modelo de cálculo sencillo en sap2000, compuesto por una sección de viga y una sección de columna de hormigón armado.

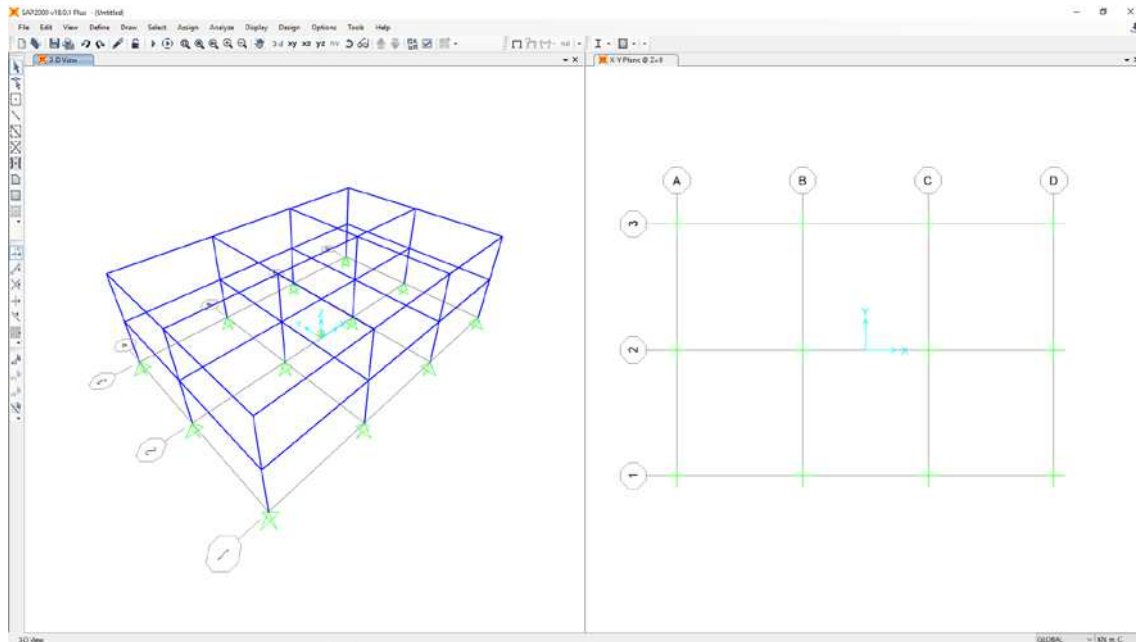
Para ello vamos a un nuevo modelo de sap2000:



Y elegimos el modelo predefinido 3D Frames para abreviar, porque no es objeto de este tema la modelización en detalle en sap2000:

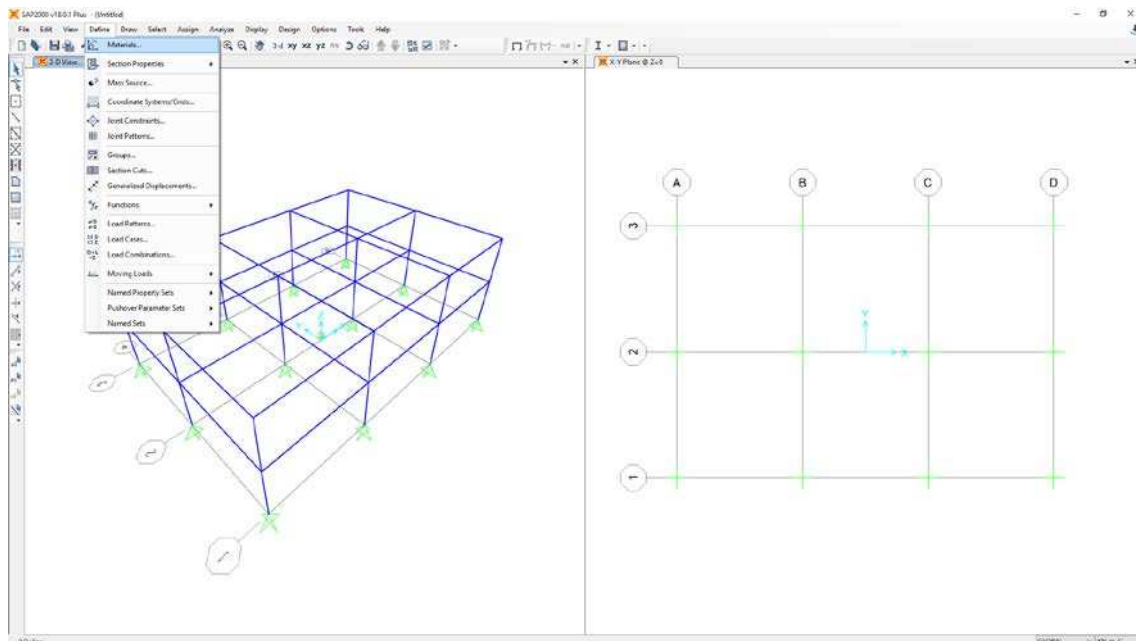


Dejamos los parámetros por defecto y damos OK:

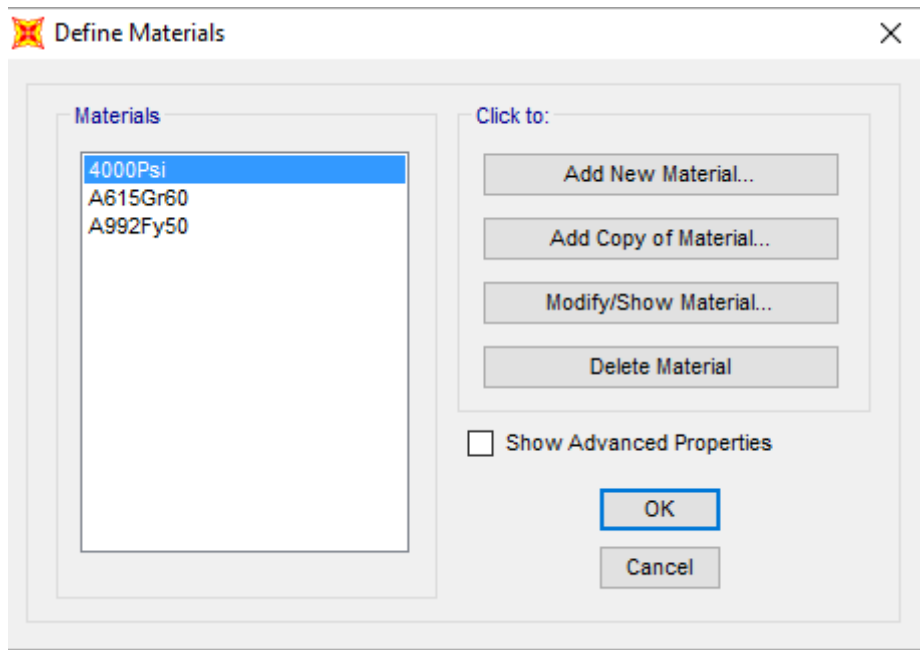


Lo primero que tenemos que hacer es definir nuestro material hormigón. Es importante que todas nuestras vigas sean de hormigón porque Vis Concrete no nos va a reconocer un material distinto.

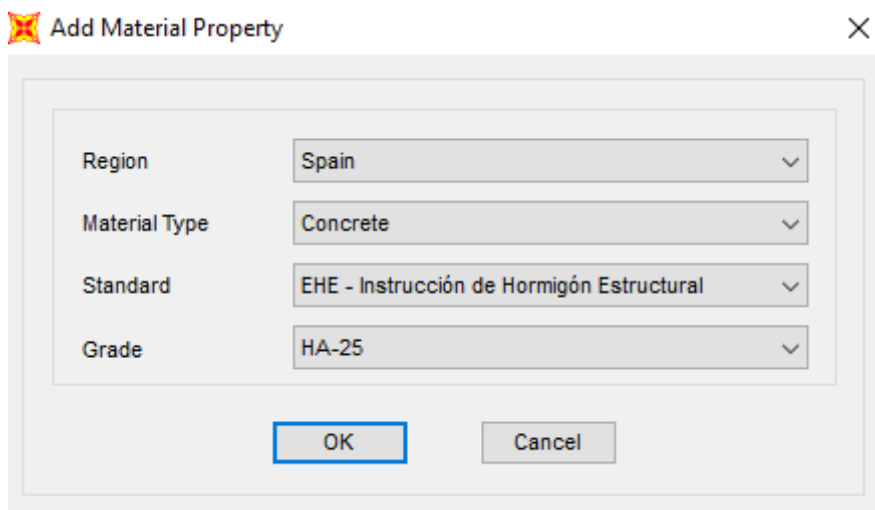
Por lo tanto definimos nuestro material HA-25 en SAP2000:

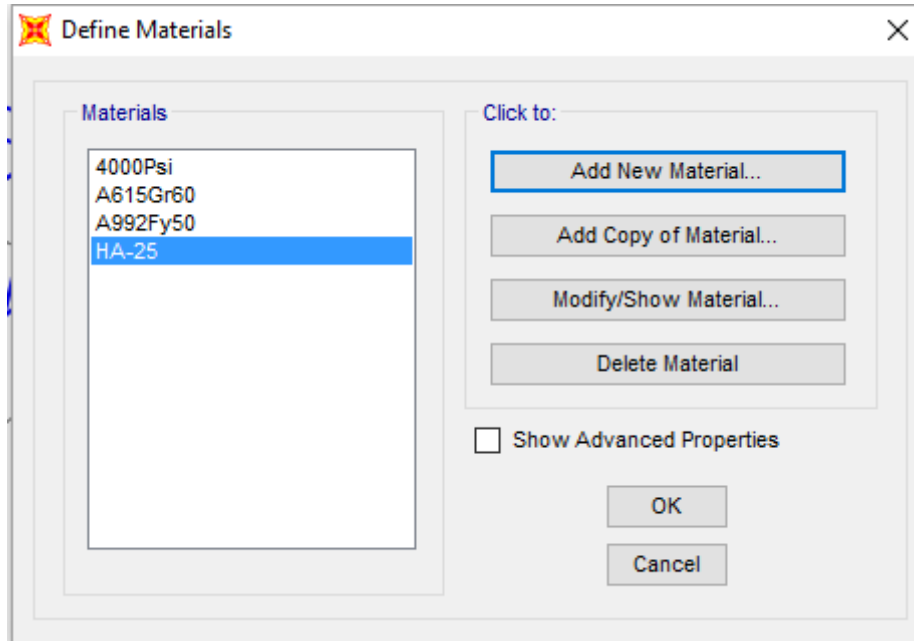


Vamos a Add New Material:

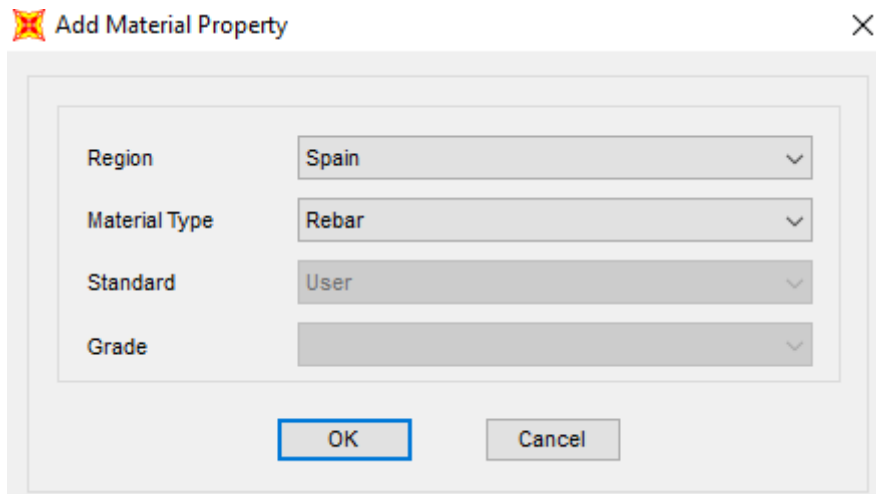


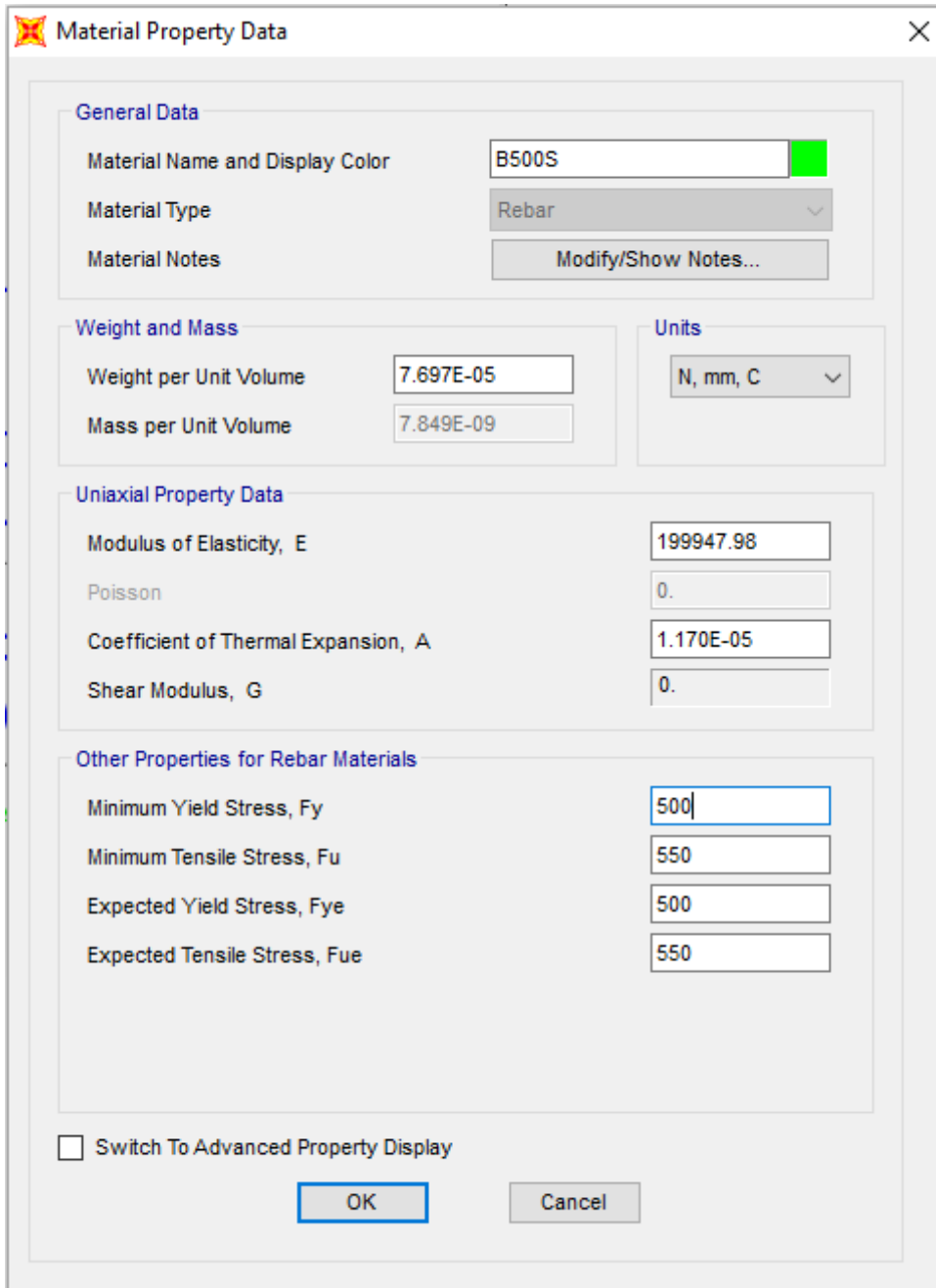
Y seleccionamos HA25:





Ya tenemos el material para hormigón, para acero corrugado utilizamos B500S:





Material Property Data [Close]

General Data

Material Name and Display Color: B500S [Color: Green]

Material Type: Rebar [Dropdown]

Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7.697E-05

Mass per Unit Volume: 7.849E-09

Units

Units: N, mm, C [Dropdown]

Uniaxial Property Data

Modulus of Elasticity, E: 199947.98

Poisson: 0.

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 0.

Other Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 500

Minimum Tensile Stress, Fu: 550

Expected Yield Stress, Fye: 500

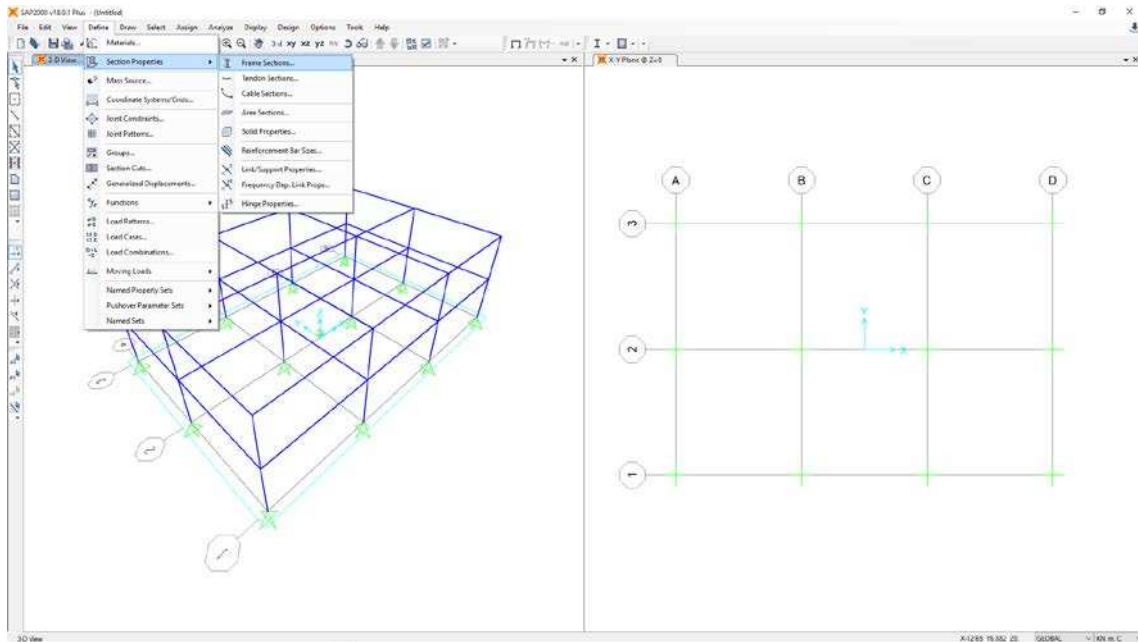
Expected Tensile Stress, Fue: 550

Switch To Advanced Property Display

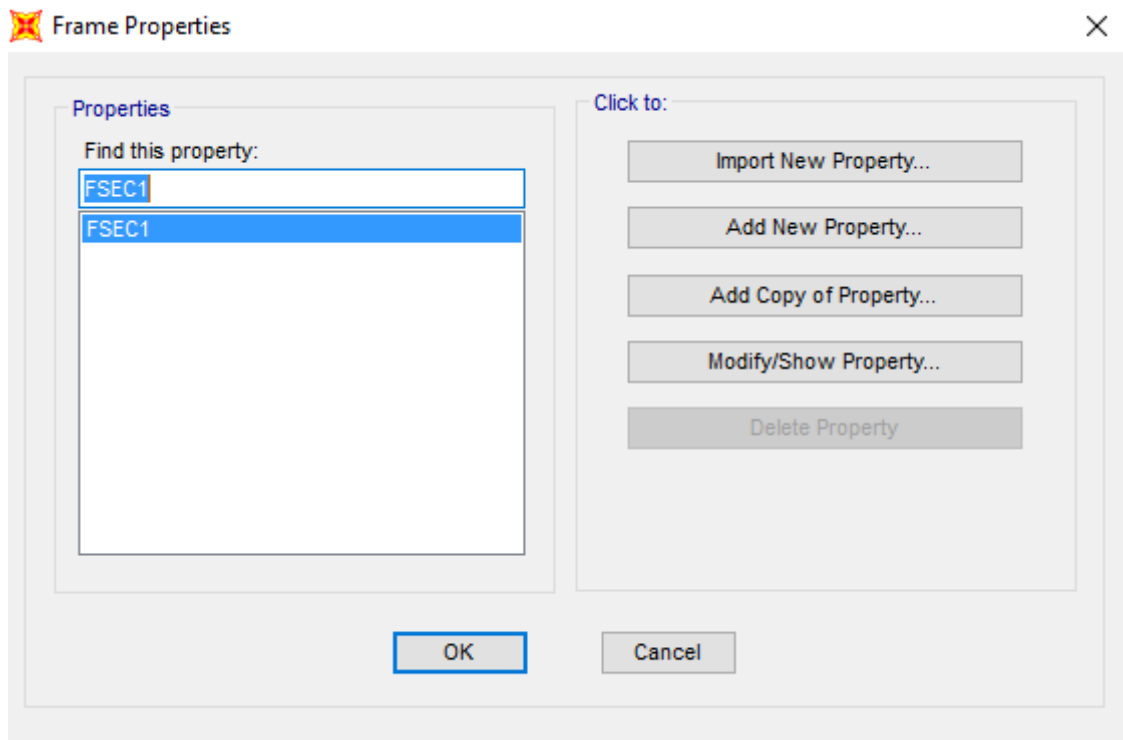
[OK] [Cancel]

Ahora vamos a definir las secciones. Es importante diferenciar las diseño tipo viga y tipo columna, para que nos las importe bien en Vis (este tipo de diseño se puede cambiar en Vis como veremos posteriormente, pero vamos a dejarlo ya listo ahora).

Definimos una sección cuadrada 40x40 cm para los pilares:



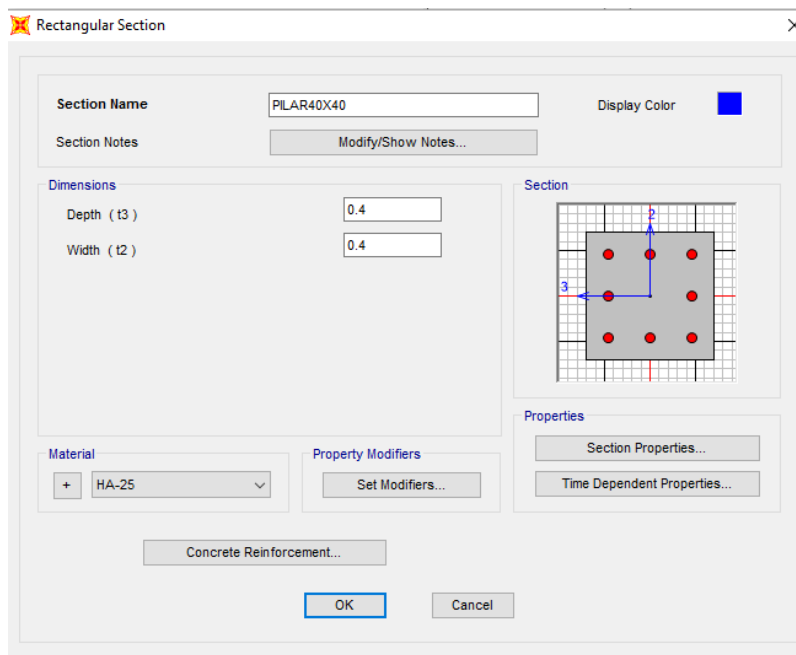
Vamos a Add New Property:



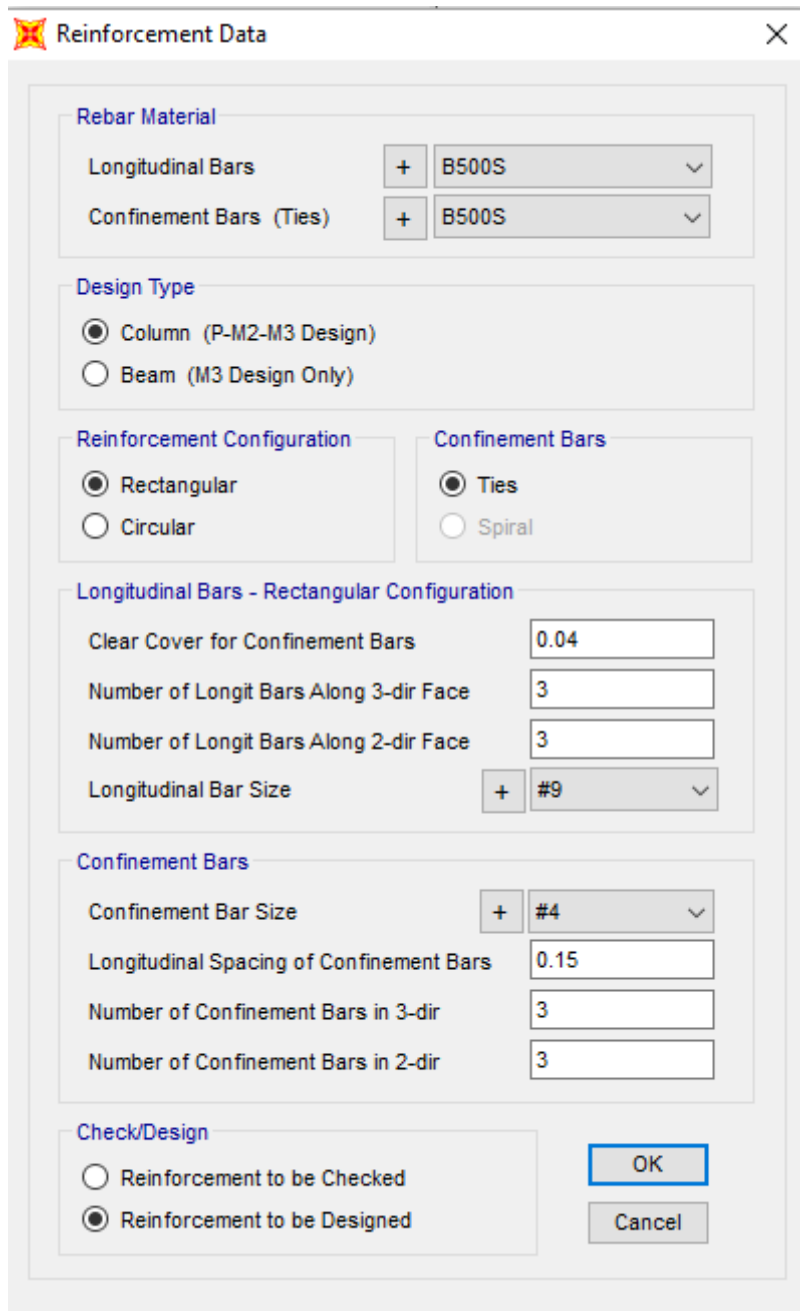
Seleccionamos sección rectangular:



Ponemos pilar HA-25 de 40x40:



Comprobamos en Concrete Reinforcement que aparece diseño tipo columna y seleccionamos acero B500S:



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + B500S

Confinement Bars (Ties) + B500S

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

Rectangular

Circular

Confinement Bars

Ties

Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars 0.04

Number of Longit Bars Along 3-dir Face 3

Number of Longit Bars Along 2-dir Face 3

Longitudinal Bar Size + #9

Confinement Bars

Confinement Bar Size + #4

Longitudinal Spacing of Confinement Bars 0.15

Number of Confinement Bars in 3-dir 3

Number of Confinement Bars in 2-dir 3

Check/Design

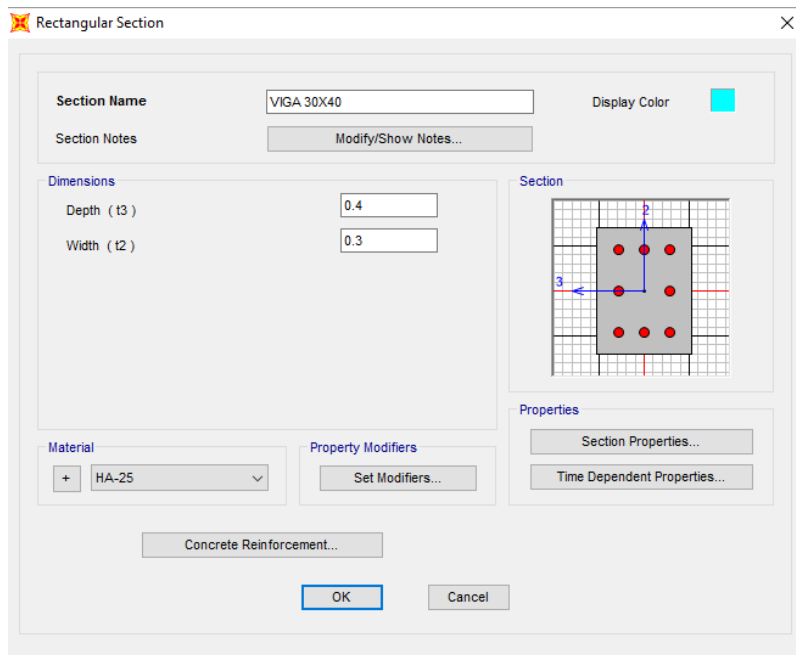
Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

OK

Cancel

Ahora una viga de 30 cms de ancho y 40 cms de canto:



Rectangular Section

Section Name: VIGA 30X40 Display Color: [Blue]

Section Notes: [Modify/Show Notes...]

Dimensions

Depth (t3): 0.4

Width (t2): 0.3

Section

Material: HA-25

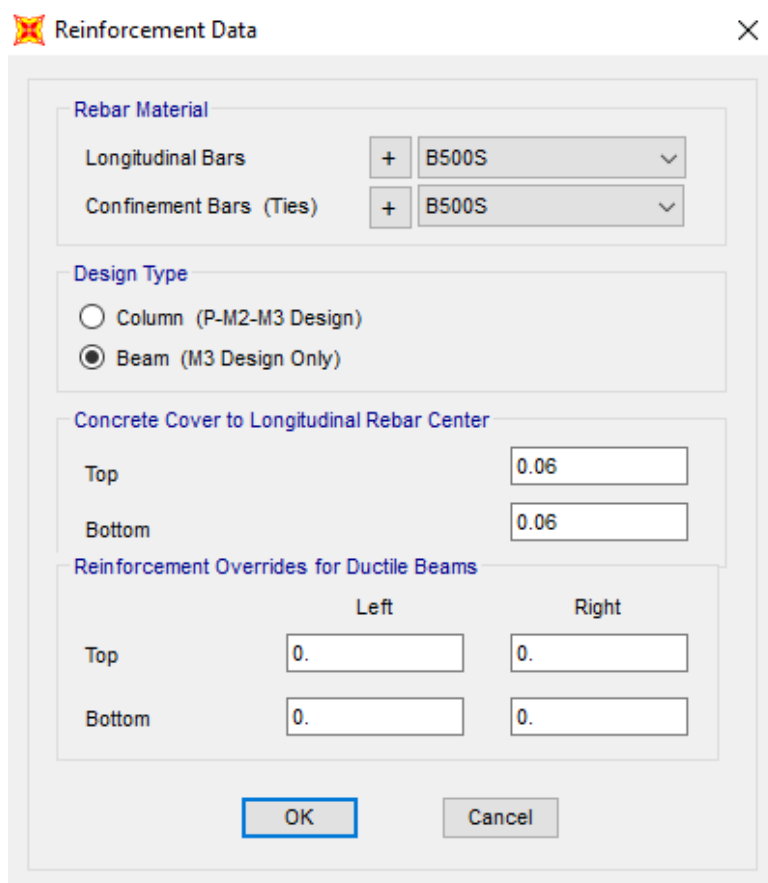
Property Modifiers: [Set Modifiers...]

Properties: [Section Properties...], [Time Dependent Properties...]

[Concrete Reinforcement...]

[OK] [Cancel]

Comprobamos en Concrete Reinforcement que aparece en este caso diseño tipo viga y seleccionamos acero B500S:



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars: + B500S

Confinement Bars (Ties): + B500S

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top: 0.06

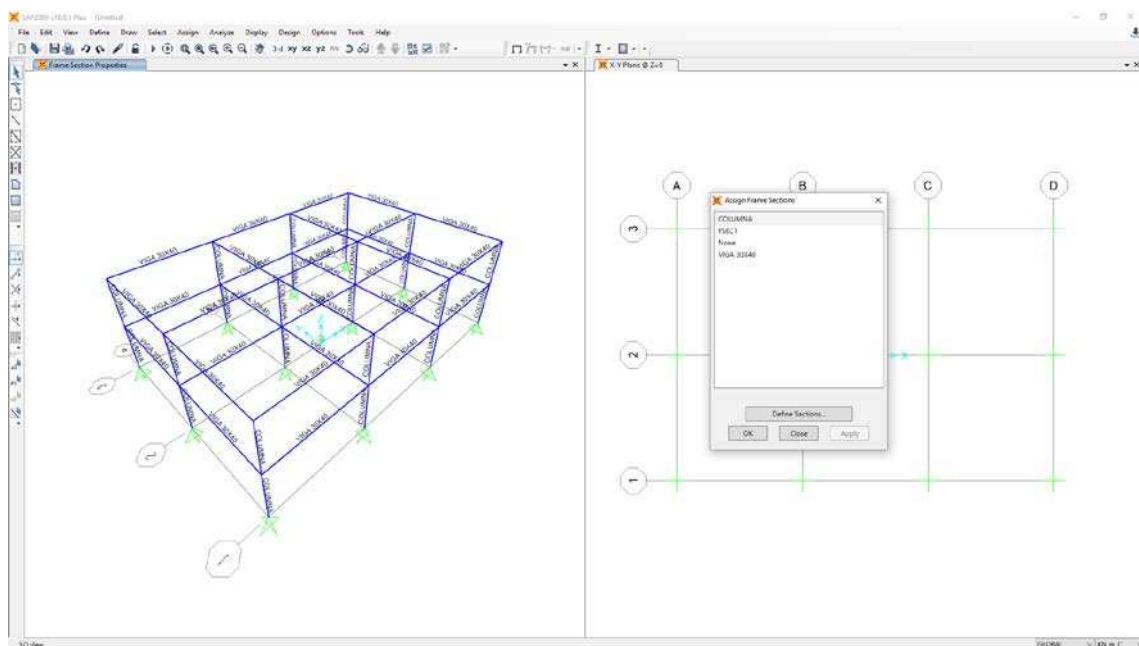
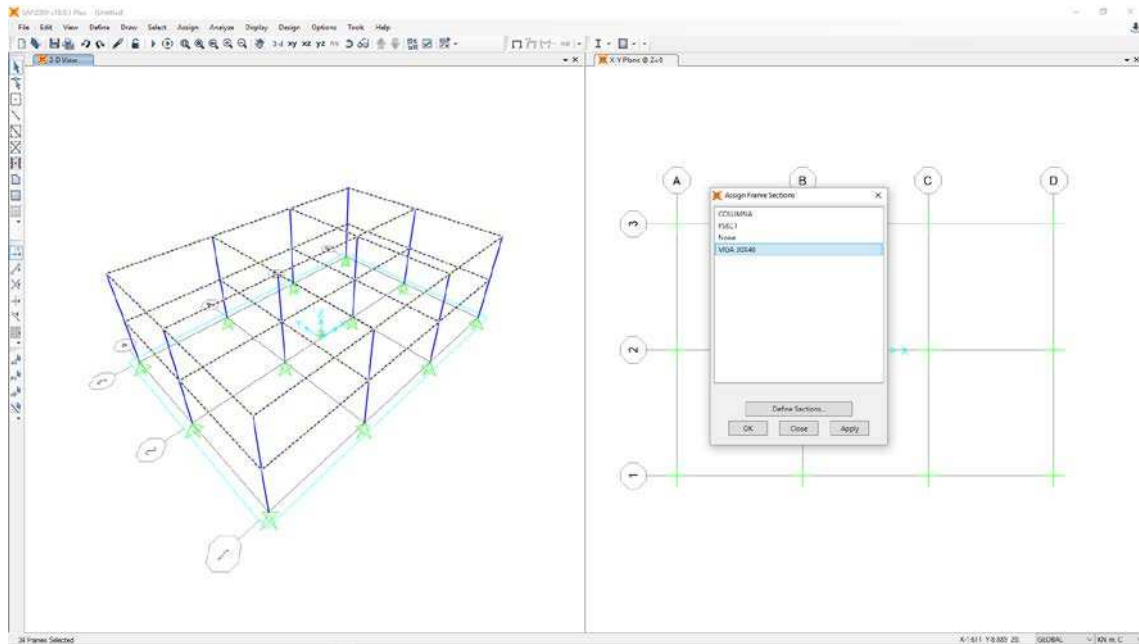
Bottom: 0.06

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

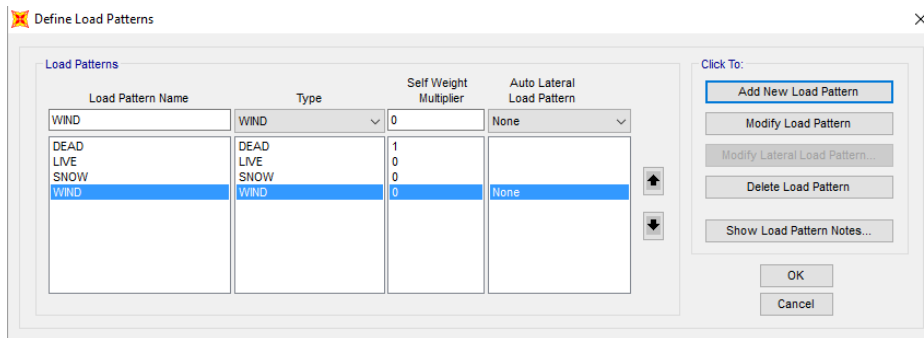
	Left	Right
Top	0.	0.
Bottom	0.	0.

[OK] [Cancel]

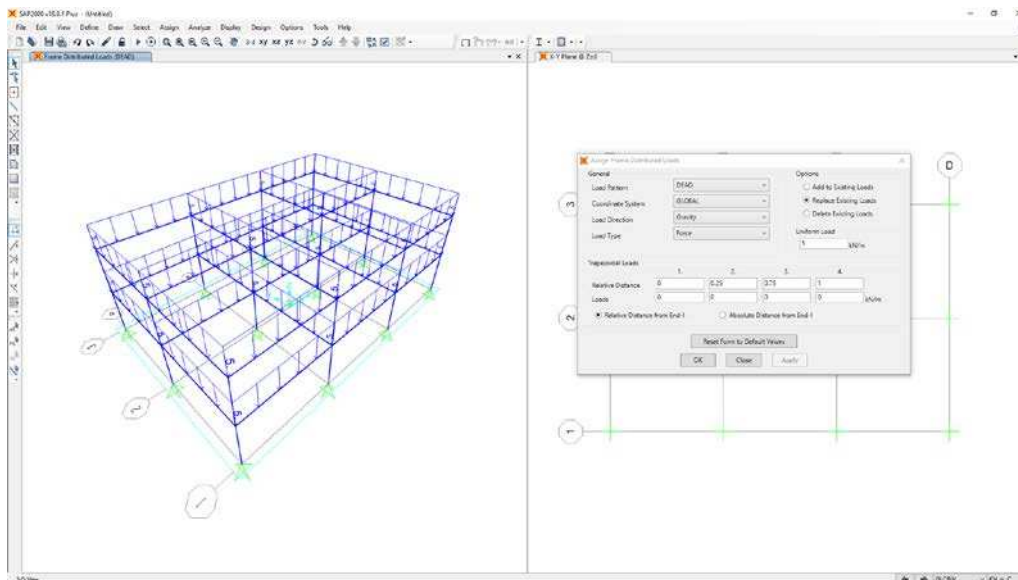
Asignamos secciones a vigas y pilares:



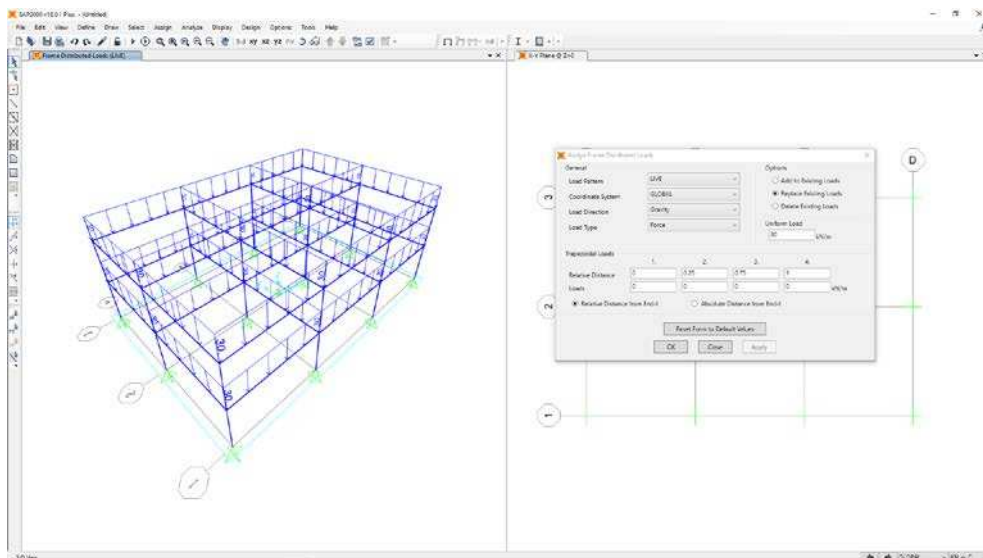
Vamos a considerar 4 patrones de carga (carga muerta, viva, nieve y viento):



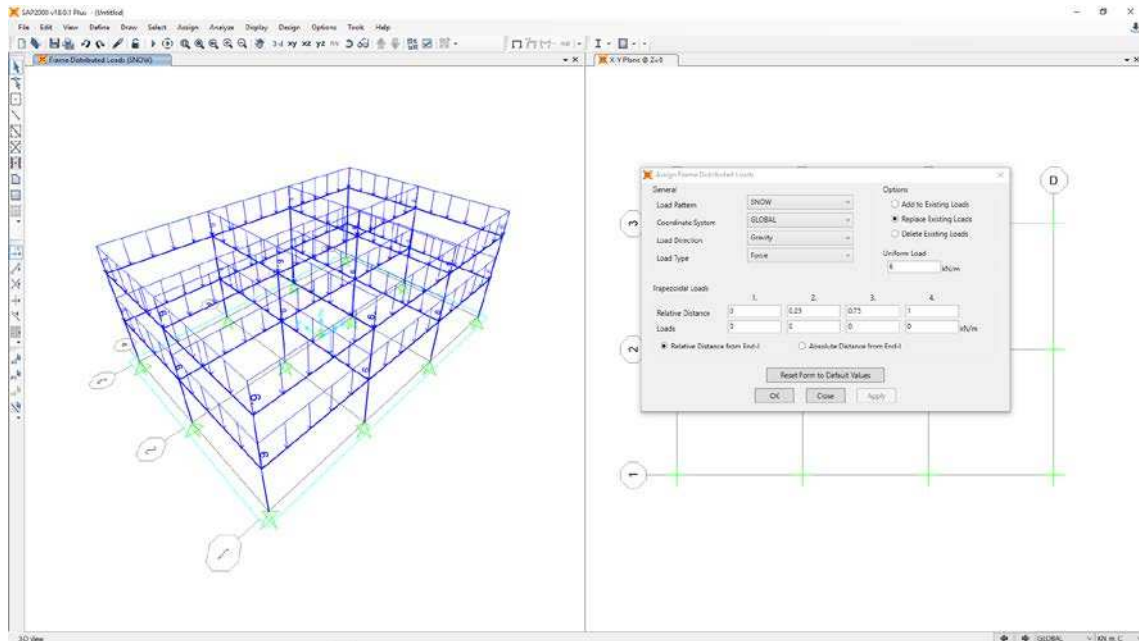
Asignamos a todas las vigas una carga de 5 kN/m DEAD:



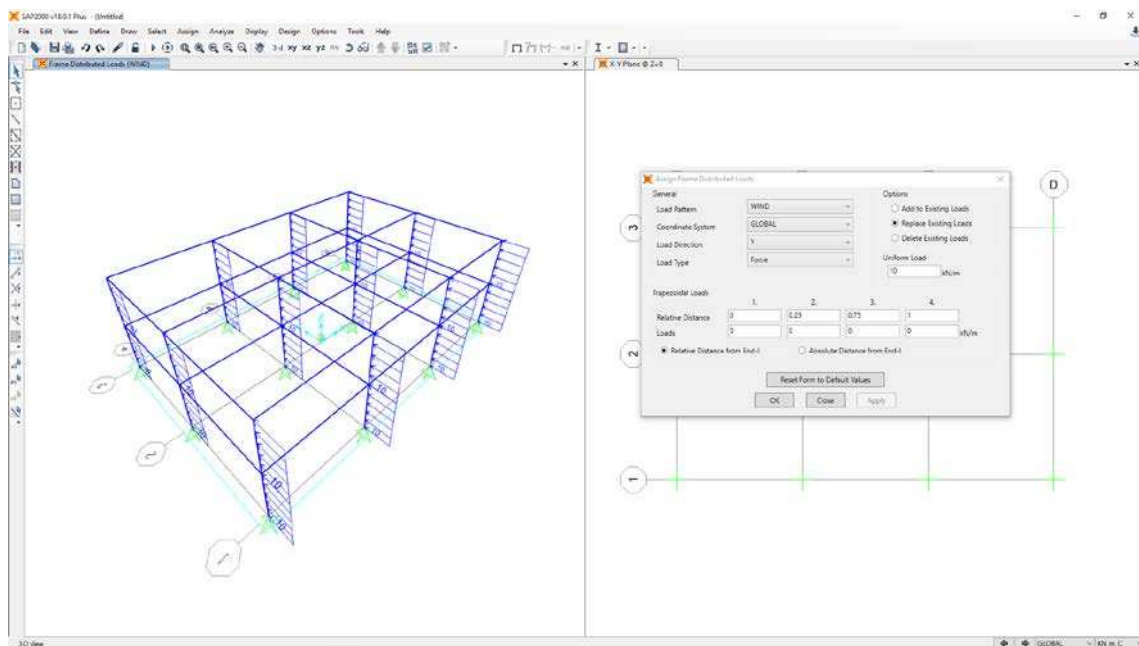
Asignamos a todas las vigas una carga de 30 kN/m LIVE:



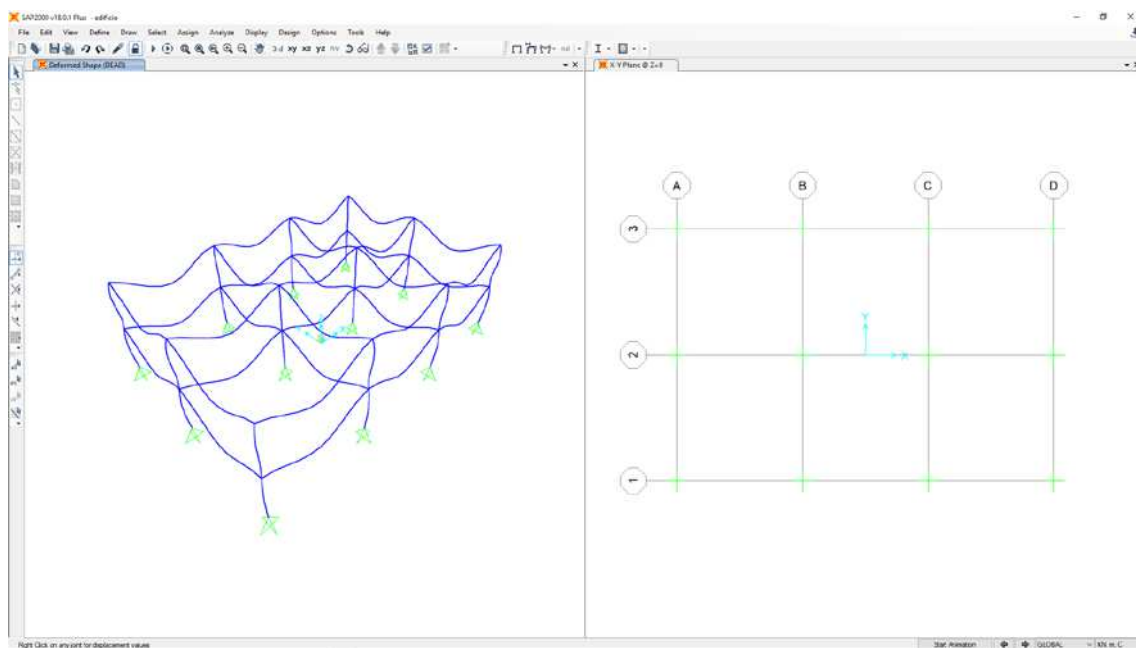
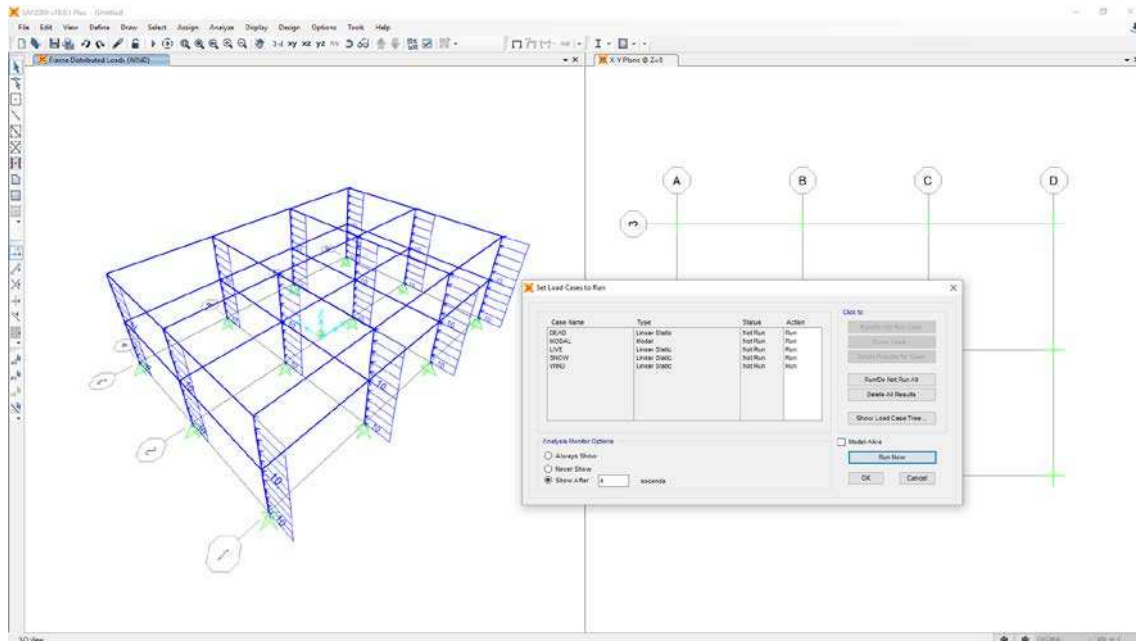
Asignamos a todas las vigas una carga de 6 kN/m SNOW:



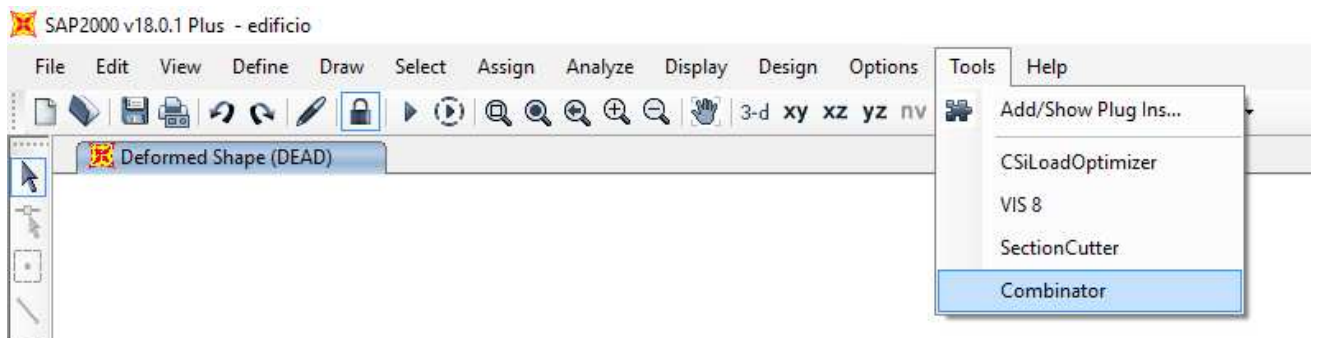
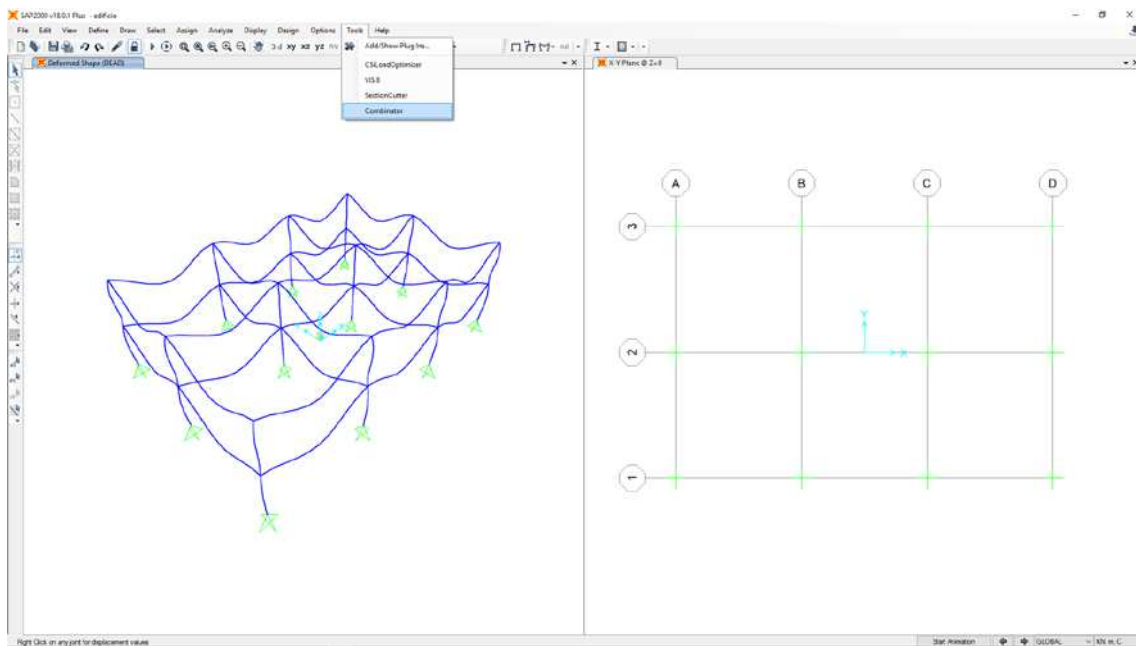
Y por último asignamos a pilares 10 kN/m WIND en la dirección del eje x:



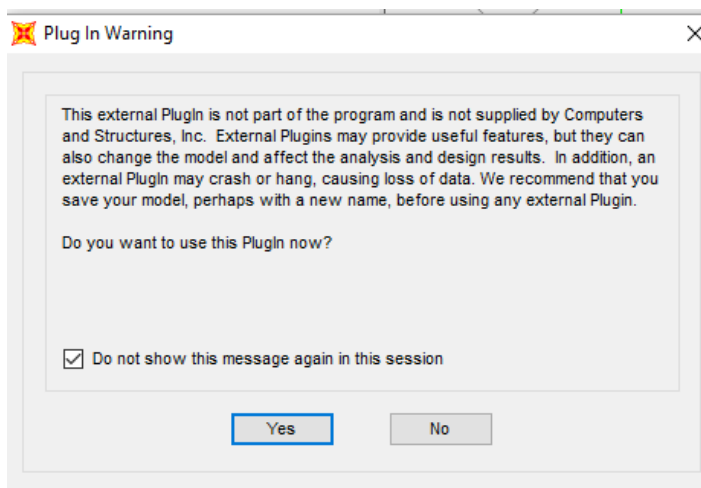
Corremos el programa:



Y ahora vamos a establecer las combinaciones de cálculo según Eurocódigo.
Vamos a Tools – Combinator:



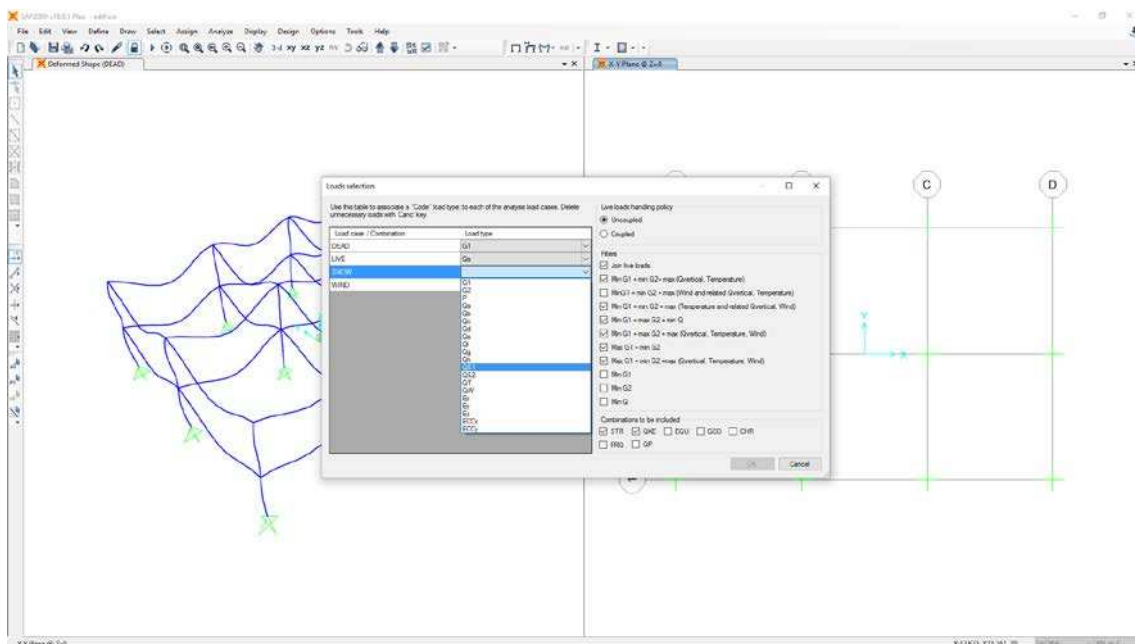
Como es un Plug in que ha podido crear cualquier usuario mediante el API de sap2000 nos presenta un Warning al comienzo, marcamos que no nos vuelva a avisar:



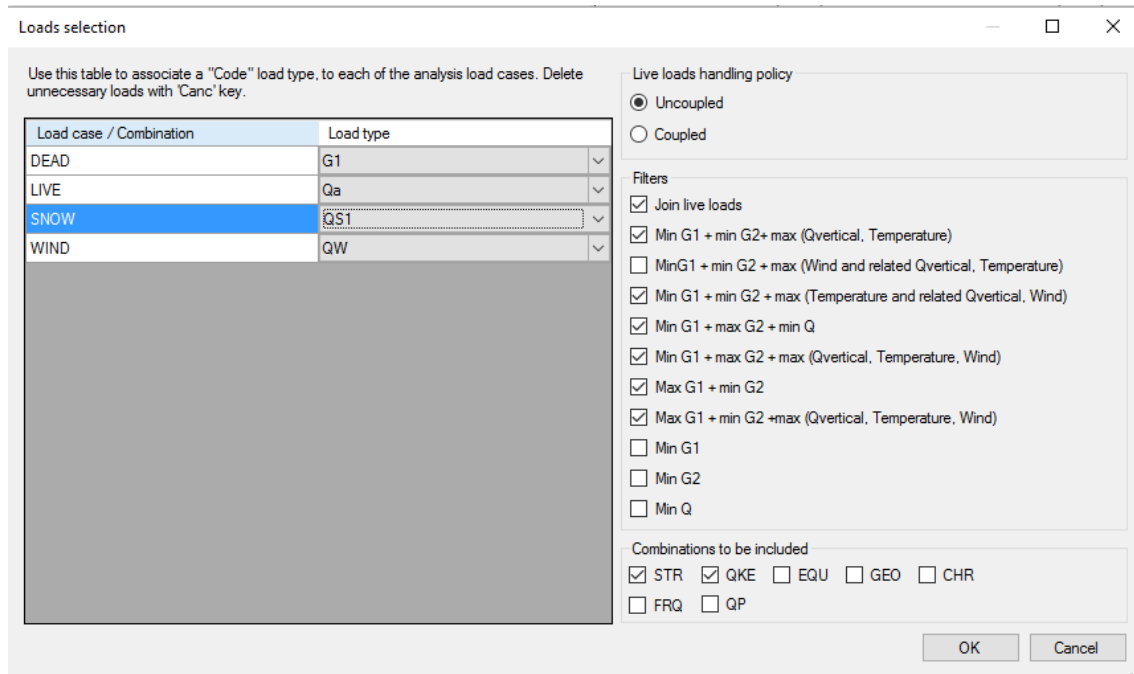
Nos aparecen las acciones y tenemos que tipificarlas según Eurocódigo UNE- EN1990 Bases de cálculo, tabla A.1.1:

Tabla A.1.1
Valores recomendados de los coeficientes ψ para edificios

Acción	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecargas en edificios, categoría (véase la Norma EN 1991-1-1)			
Categoría A: zonas residenciales, domésticas	0,7	0,5	0,3
Categoría B: zonas de oficinas	0,7	0,5	0,3
Categoría C: zonas de reunión	0,7	0,7	0,6
Categoría D: zonas comerciales	0,7	0,7	0,6
Categoría E: zonas de almacenamiento	1,0	0,9	0,8
Categoría F: zona de tráfico, peso del vehículo ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Categoría G: zona de tráfico, $30 \text{ kN} < \text{peso del vehículo} \leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Categoría H: cubiertas	0	0	0
Cargas de nieve en edificios (véase la Norma EN 1991-1-3)*			
Finlandia, Islandia, Noruega, Suecia	0,70	0,50	0,20
Resto de los Estados miembro del CEN, para sitios localizados a alturas $H > 1\,000$ m sobre el nivel del mar	0,70	0,50	0,20
Resto de los Estados miembro del CEN, para sitios localizados a alturas $H \leq 1\,000$ m sobre el nivel del mar	0,50	0,20	0
Cargas de viento en edificios (véase la Norma EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatura (no la debida a incendio) en edificios (véase la Norma EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
NOTA – Los valores de ψ pueden establecerse mediante los anexos nacionales.			
* Para los países que no se citan, véanse las condiciones locales correspondientes			



Utilizamos para la carga viva la Categoría A y para la carga de nieve la categoría 1 (alturas $H > 1000$ m) y ya tenemos los coeficientes de combinación definidos:



Use this table to associate a "Code" load type, to each of the analysis load cases. Delete unnecessary loads with 'Canc' key.

Load case / Combination	Load type
DEAD	G1
LIVE	Qa
SNOW	QS1
WIND	QW

Live loads handling policy
 Uncoupled
 Coupled

Filters

Join live loads

Min G1 + min G2 + max (Qvertical, Temperature)

MinG1 + min G2 + max (Wind and related Qvertical, Temperature)

Min G1 + min G2 + max (Temperature and related Qvertical, Wind)

Min G1 + max G2 + min Q

Min G1 + max G2 + max (Qvertical, Temperature, Wind)

Max G1 + min G2

Max G1 + min G2 +max (Qvertical, Temperature, Wind)

Min G1

Min G2

Min Q

Combinations to be included

STR QKE EQU GEO CHR

FRQ QP

OK Cancel

Además de los filtros que podemos imponer, tenemos que especificar las combinaciones que queremos generar. Por un lado tenemos las correspondientes a estado límite último según nomenclatura de Eurocódigo:

STR Structural

QKE Seismic

EQU Equilibrium

GEO Geotechnical

Y las correspondientes a estado límite de servicio:

CHR Characteristic

FRQ Frequent Service

QPR Quasi-Permanent

Vamos a seleccionar por ejemplo la combinación para cálculo de estructura en ELU y las 3 de servicio (característica, frecuente y casi permanente):

Loads selection

Use this table to associate a "Code" load type, to each of the analysis load cases. Delete unnecessary loads with 'Canc' key.

Load case / Combination	Load type
DEAD	G1
LIVE	Qa
SNOW	QS1
WIND	QW

Live loads handling policy

Uncoupled
 Coupled

Filters

Join live loads

Min G1 + min G2 + max (Qvertical, Temperature)

MinG1 + min G2 + max (Wind and related Qvertical, Temperature)

Min G1 + min G2 + max (Temperature and related Qvertical, Wind)

Min G1 + max G2 + min Q

Min G1 + max G2 + max (Qvertical, Temperature, Wind)

Max G1 + min G2

Max G1 + min G2 +max (Qvertical, Temperature, Wind)

Min G1

Min G2

Min Q

Combinations to be included

STR QKE EQU GEO CHR

FRQ QP

OK Cancel

Ha creado 25 combinaciones:

Created combinations: 25

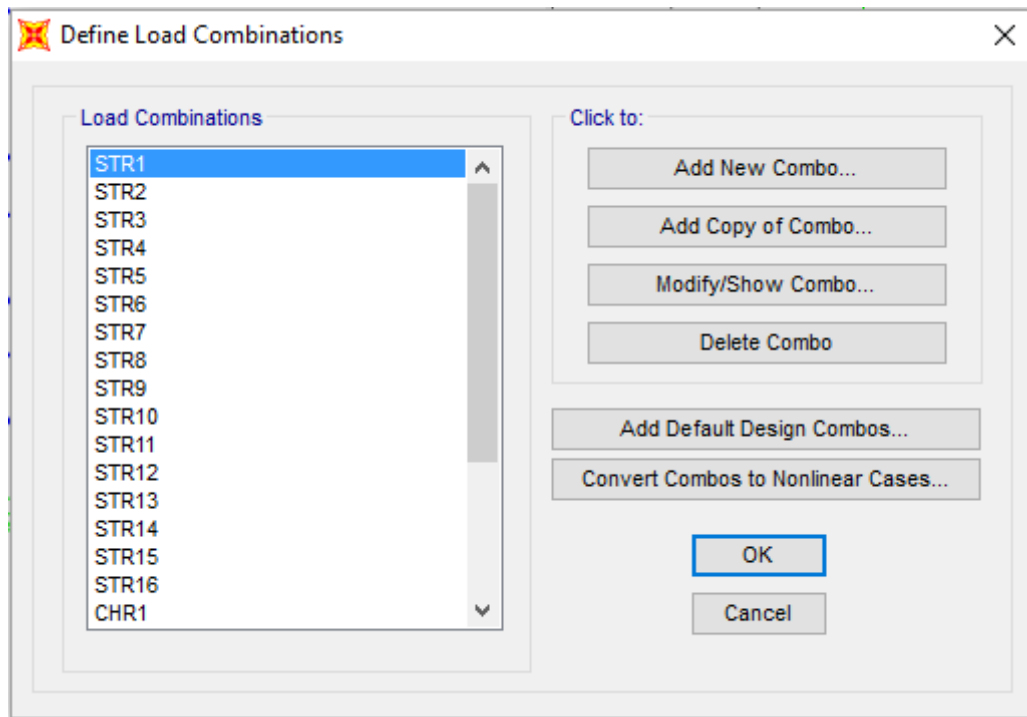
OK Show... Cancel

Combinations

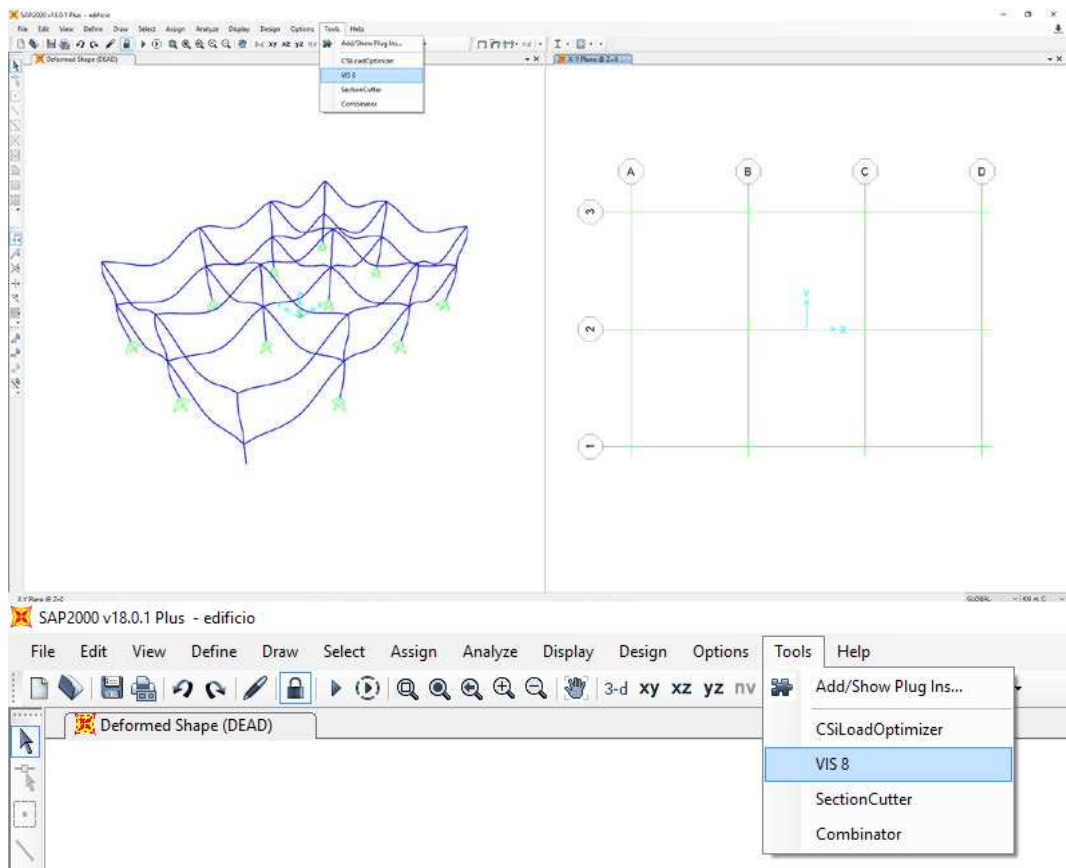
Combination	LoadCase	Factor	Combination type
STR00	DEAD	1	LINEAR ADD
STR01	DEAD	1	LINEAR ADD
STR02	DEAD	1	LINEAR ADD
STR03	DEAD	1	LINEAR ADD
STR04	DEAD	1	LINEAR ADD
STR05	DEAD	1	LINEAR ADD
STR06	DEAD	1	LINEAR ADD
STR07	DEAD	1	LINEAR ADD
STR08	DEAD	1	LINEAR ADD
STR09	DEAD	1	LINEAR ADD
STR10	DEAD	1	LINEAR ADD
STR11	DEAD	1	LINEAR ADD
STR12	DEAD	1	LINEAR ADD
STR13	DEAD	1	LINEAR ADD
STR14	DEAD	1	LINEAR ADD
STR15	DEAD	1	LINEAR ADD
STR16	DEAD	1	LINEAR ADD
CH01	DEAD	1	LINEAR ADD

OK Cancel

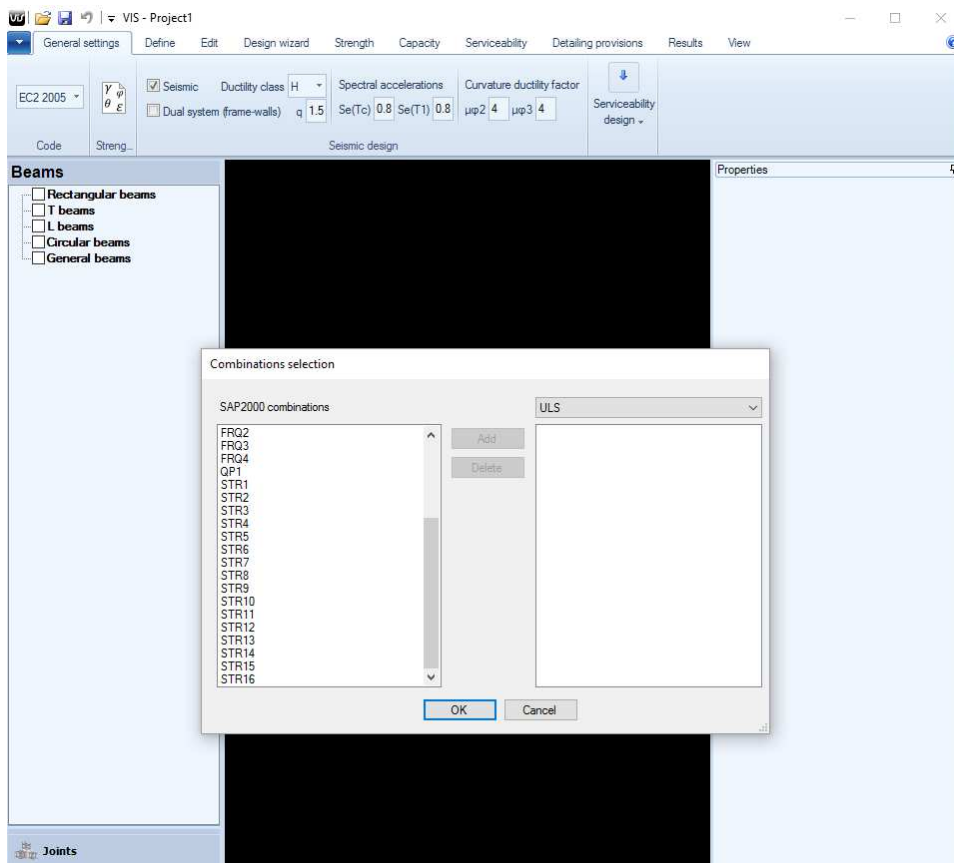
Estas combinaciones ya las tenemos disponibles en SAP2000:



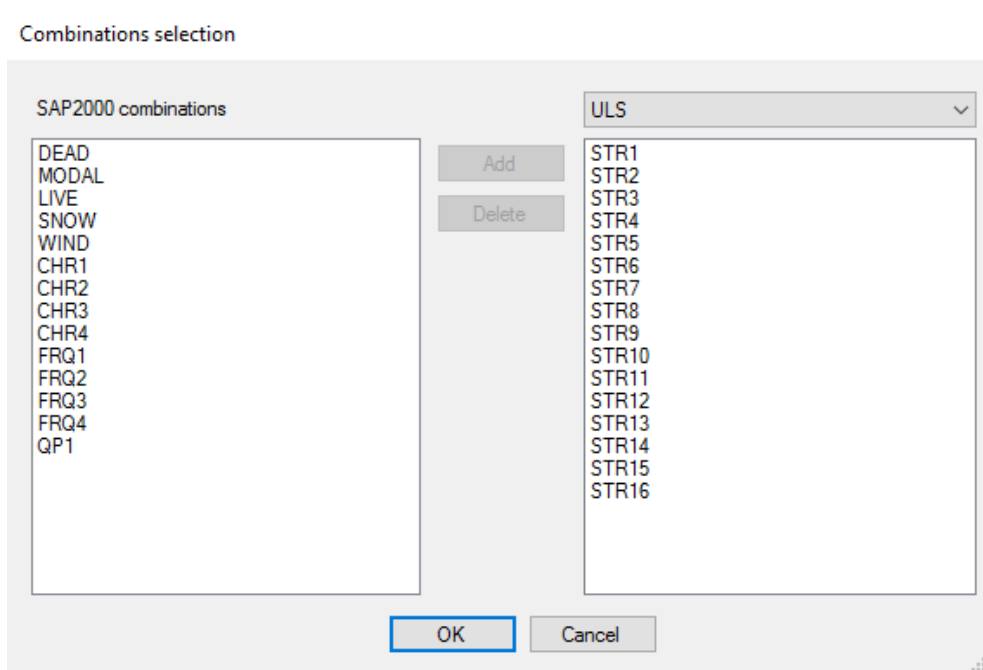
Ya tenemos nuestro modelo preparado para ser importado por Vis, vamos a Tools- Vis 8:



Nos aparece la siguiente ventana en la que tenemos que seleccionar que combinaciones pertenecen a estado límite último (ULS) y a estado límite de servicio (SLS) en cada una de sus 3 subtipos.



Añadimos las combinaciones para estado límite último:



Añadimos las combinaciones para estado límite de servicio característica:

Combinations selection

The screenshot shows the 'Combinations selection' dialog box in SAP2000. The title bar reads 'SAP2000 combinations'. On the left, a list box contains the following items: DEAD, MODAL, LIVE, SNOW, WIND, STR1, STR2, STR3, STR4, STR5, STR6, STR7, STR8, STR9, STR10, STR11, STR12, STR13, STR14, and STR15. In the center, there are two buttons: 'Add' and 'Delete'. On the right, a dropdown menu is set to 'CHR-SLS', and a list box contains the items: CHR1, CHR2, CHR3, and CHR4. At the bottom, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

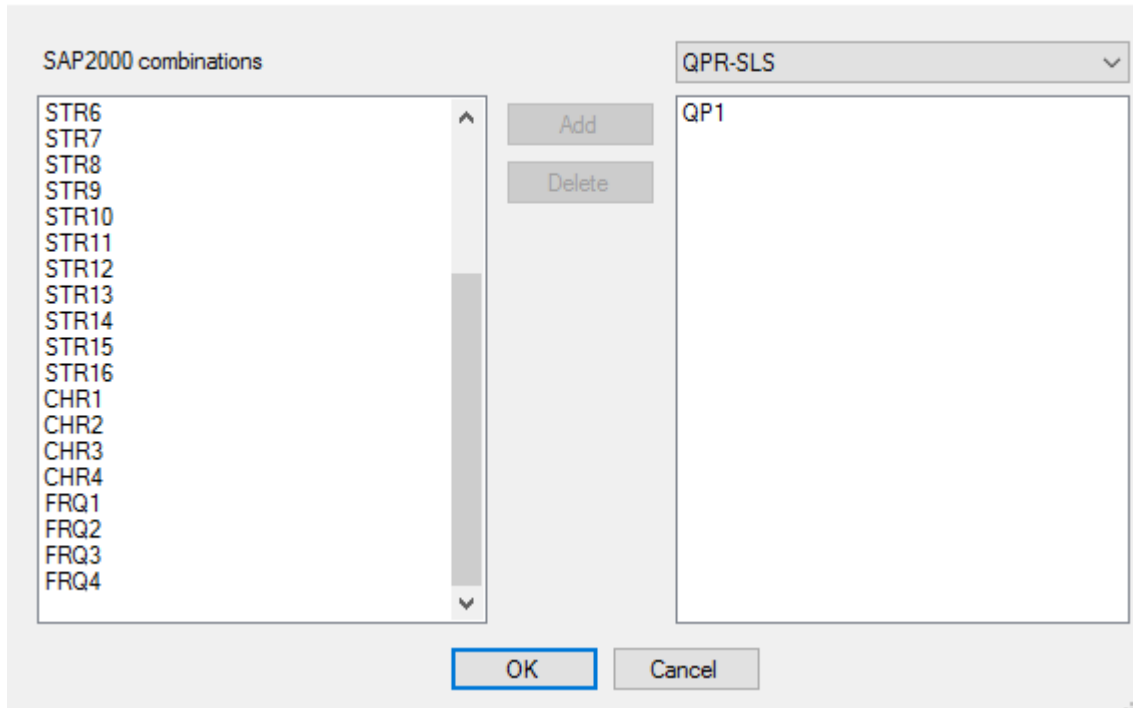
Añadimos las combinaciones para estado límite de servicio frecuente:

Combinations selection

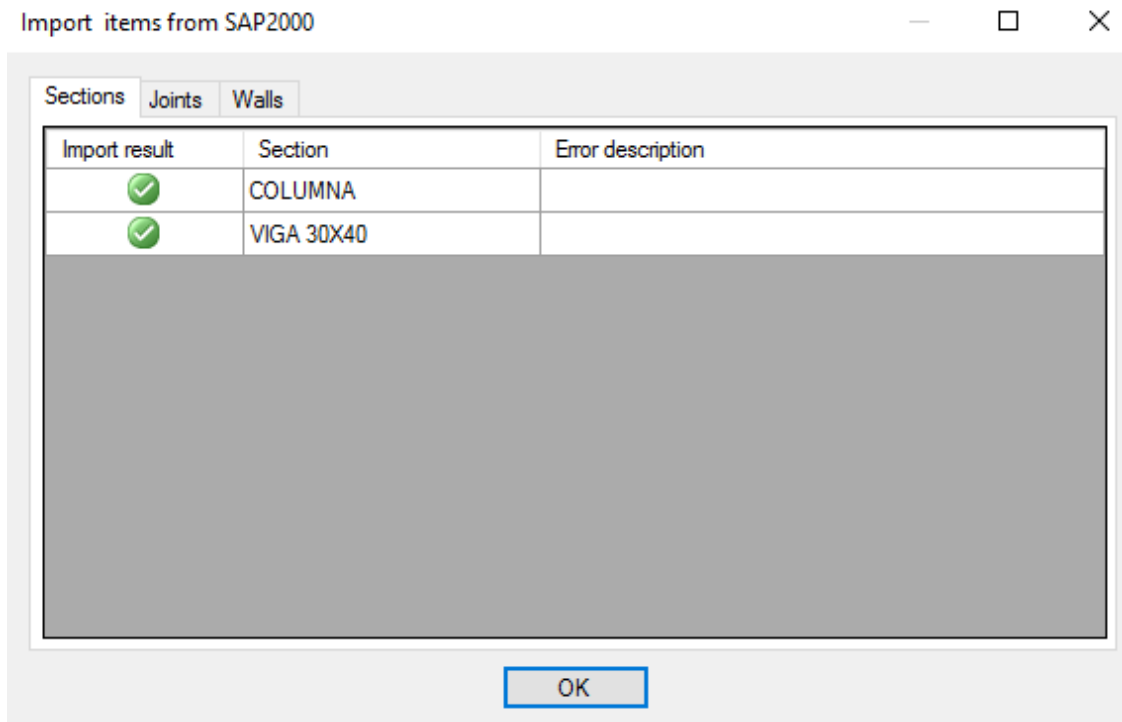
The screenshot shows the 'Combinations selection' dialog box in SAP2000. The title bar reads 'SAP2000 combinations'. On the left, a list box contains the following items: STR6, STR7, STR8, STR9, STR10, STR11, STR12, STR13, STR14, STR15, STR16, CHR1, CHR2, CHR3, CHR4, and QP1. In the center, there are two buttons: 'Add' and 'Delete'. On the right, a dropdown menu is set to 'FRQ-SLS', and a list box contains the items: FRQ1, FRQ2, FRQ3, and FRQ4. At the bottom, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Añadimos las combinaciones para estado límite de servicio cuasi-permanente:

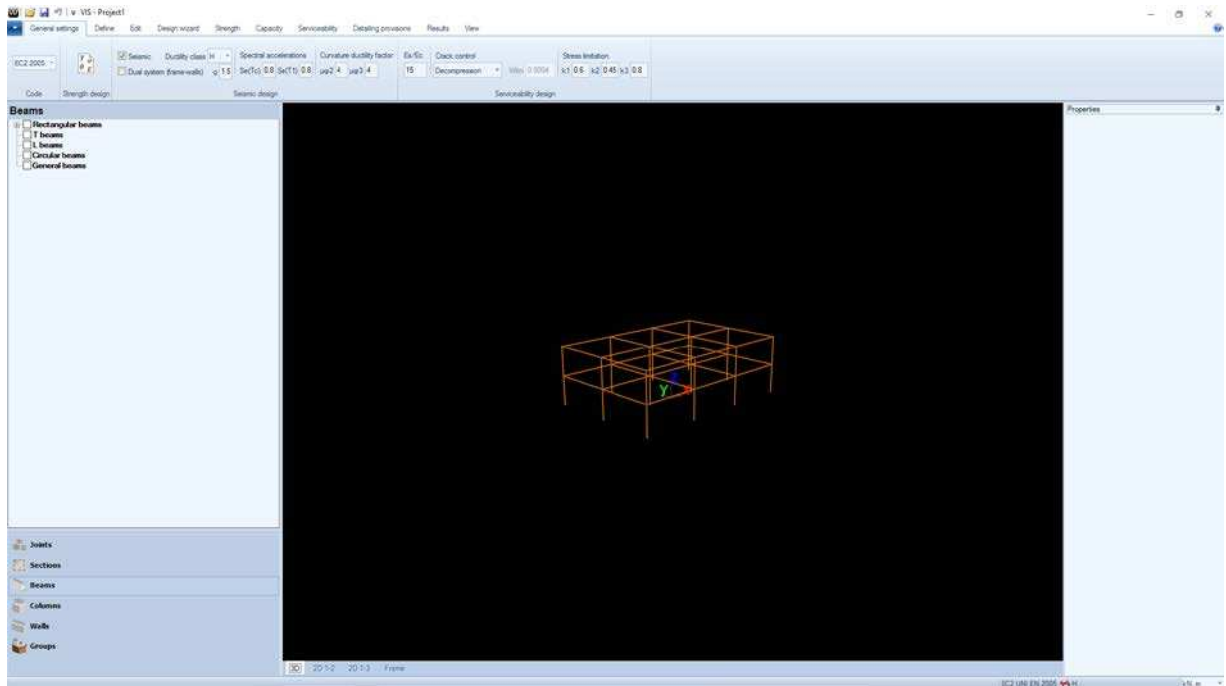
Combinations selection



Damos Ok y comienza a importar el modelo:



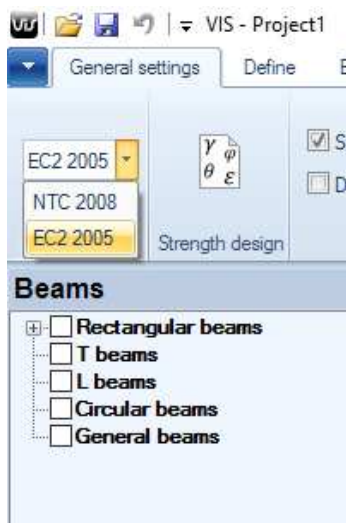
Ya tenemos nuestro modelo sap2000 importado en Vis Concrete:



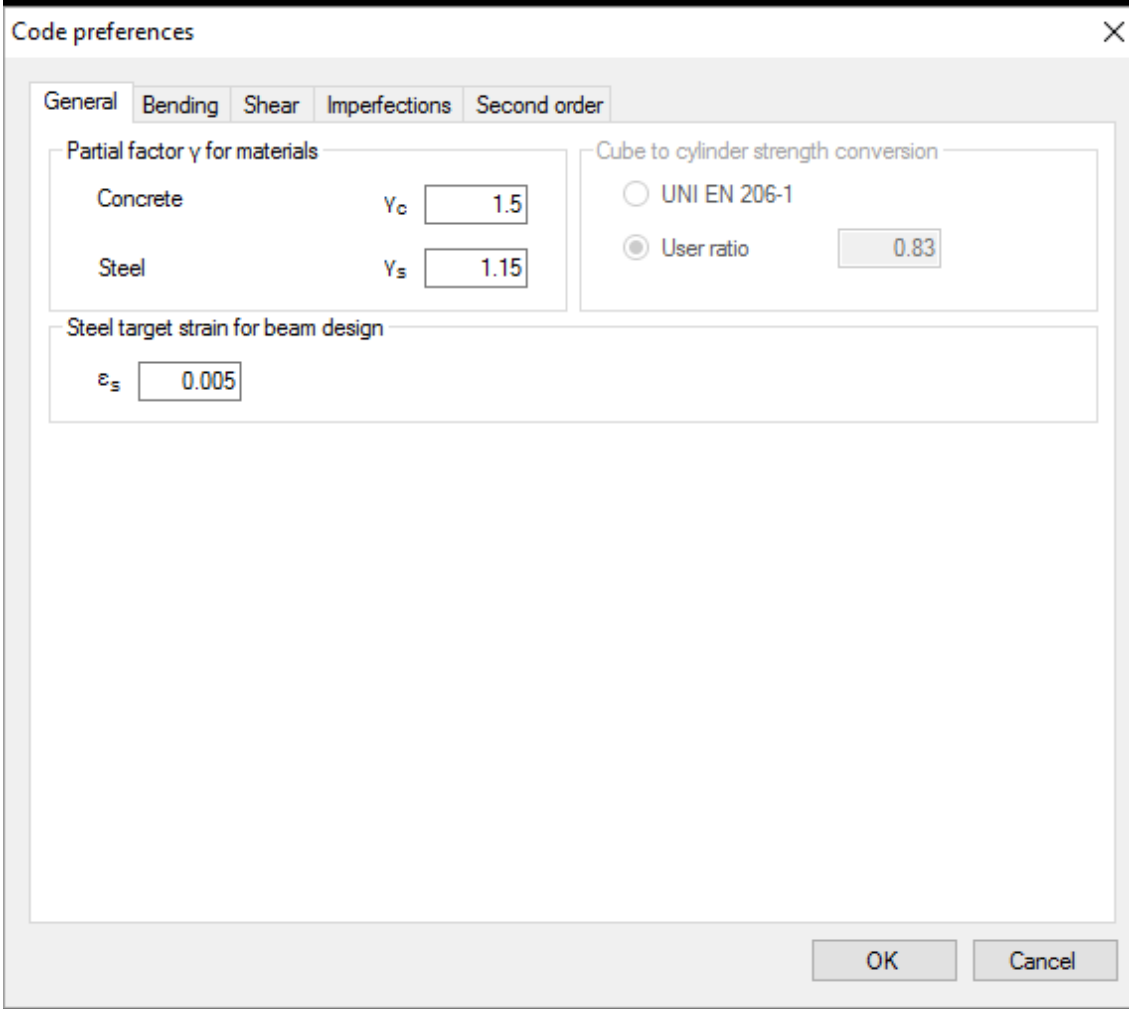
Vamos a comenzar con la definición de ajustes generales, para ello en la pestaña General Settings tenemos 4 menús:



En la primera pestaña seleccionamos el código de diseño. Tenemos el Eurocódigo 2 o el código italiano NTC2008:



En la siguiente pestaña Strength Design, tenemos que especificar nuestros parámetros resistentes:



Code preferences

General Bending Shear Imperfections Second order

Partial factor γ for materials

Concrete	γ_c	1.5
Steel	γ_s	1.15

Cube to cylinder strength conversion

UNI EN 206-1

User ratio 0.83

Steel target strain for beam design

ϵ_s 0.005

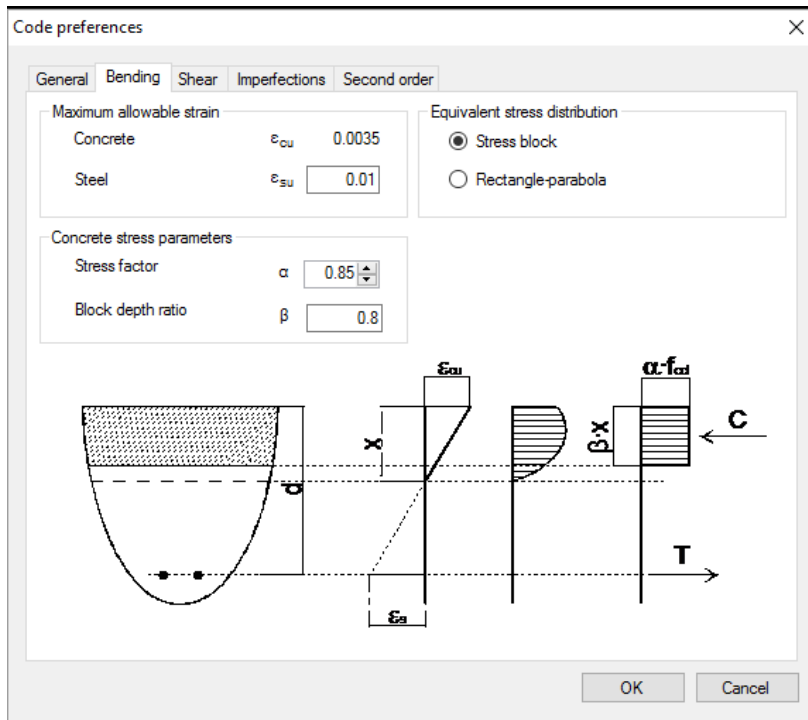
OK Cancel

Tenemos que especificar el coeficiente de minoración de resistencia para el hormigón (1,5), el del acero corrugado (1,15) y la máxima deformación que vamos a permitir al acero para el diseño tipo viga. Este valor se utiliza para resolver vigas con armado de positivos y negativos, ya que este tipo de armado tiene soluciones infinitas si no se fija este parámetro. Si especificamos 0.005, aseguramos un buen comportamiento dúctil en la viga.

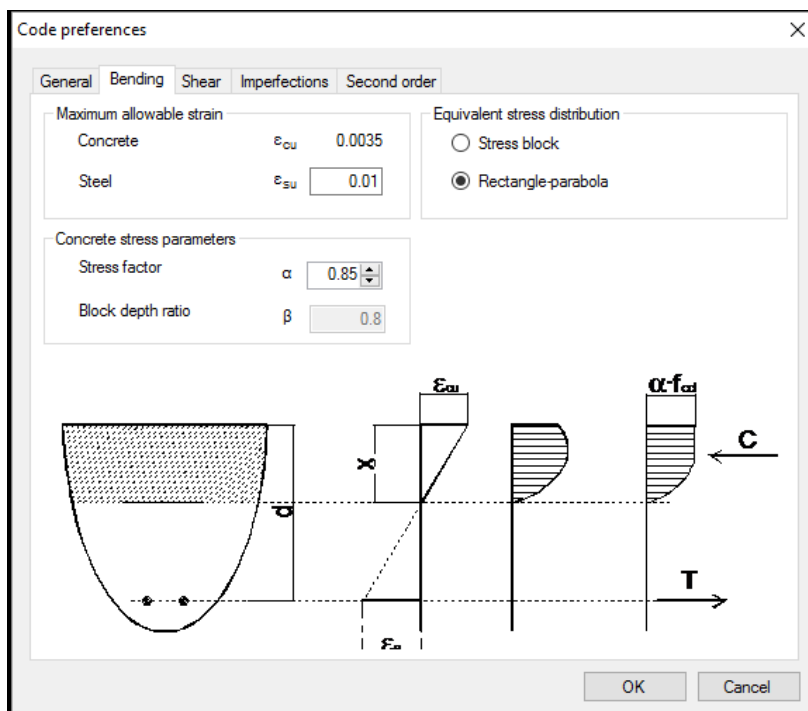
En esta misma ventana en la pestaña Bending, especificamos las deformaciones máximas de hormigón y acero para considerar en los dominios de deformación.

Además podemos elegir entre 2 modelos de respuesta del hormigón:

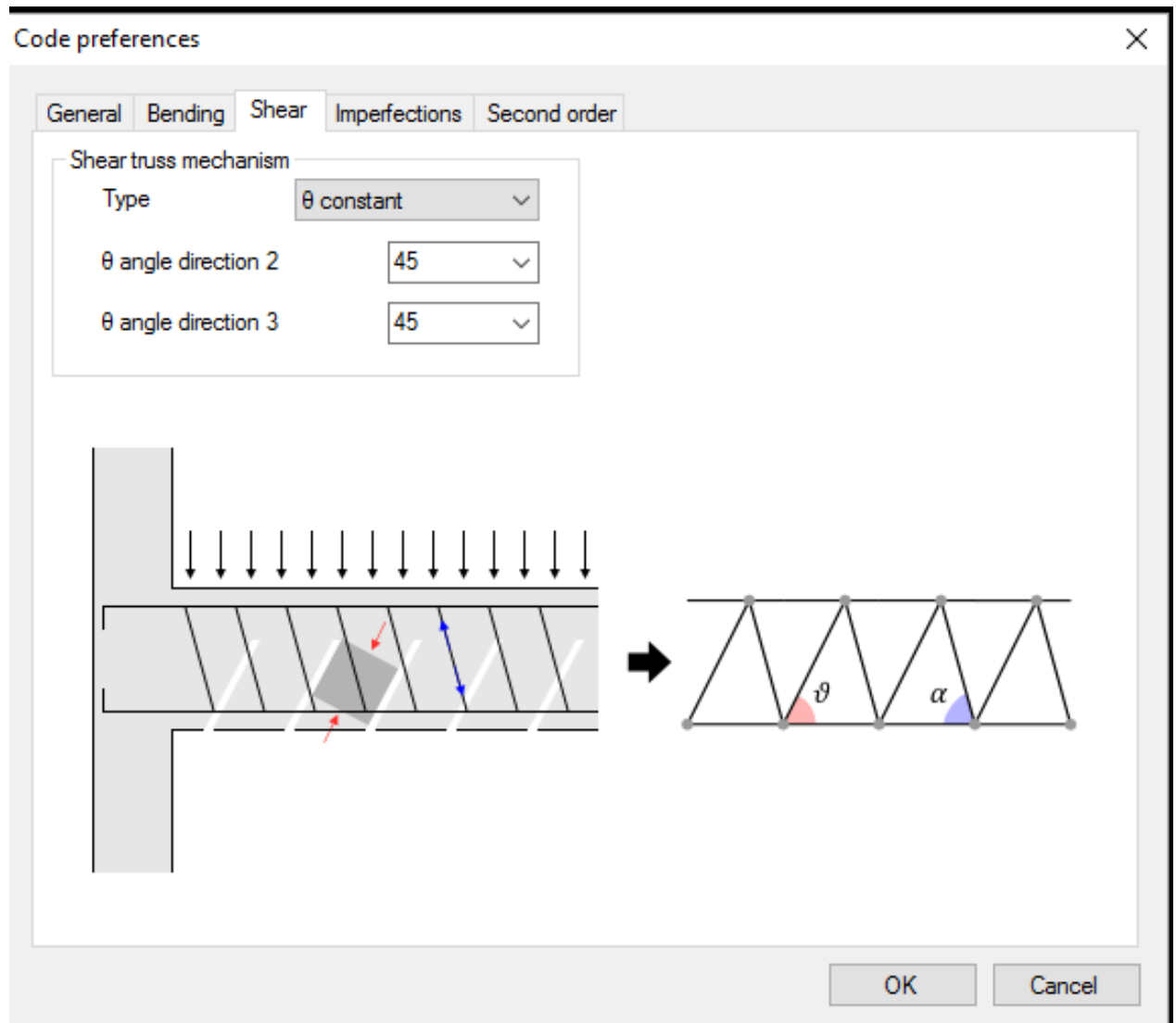
- El bloque rectangular, con sus parámetros definitorios α y β :



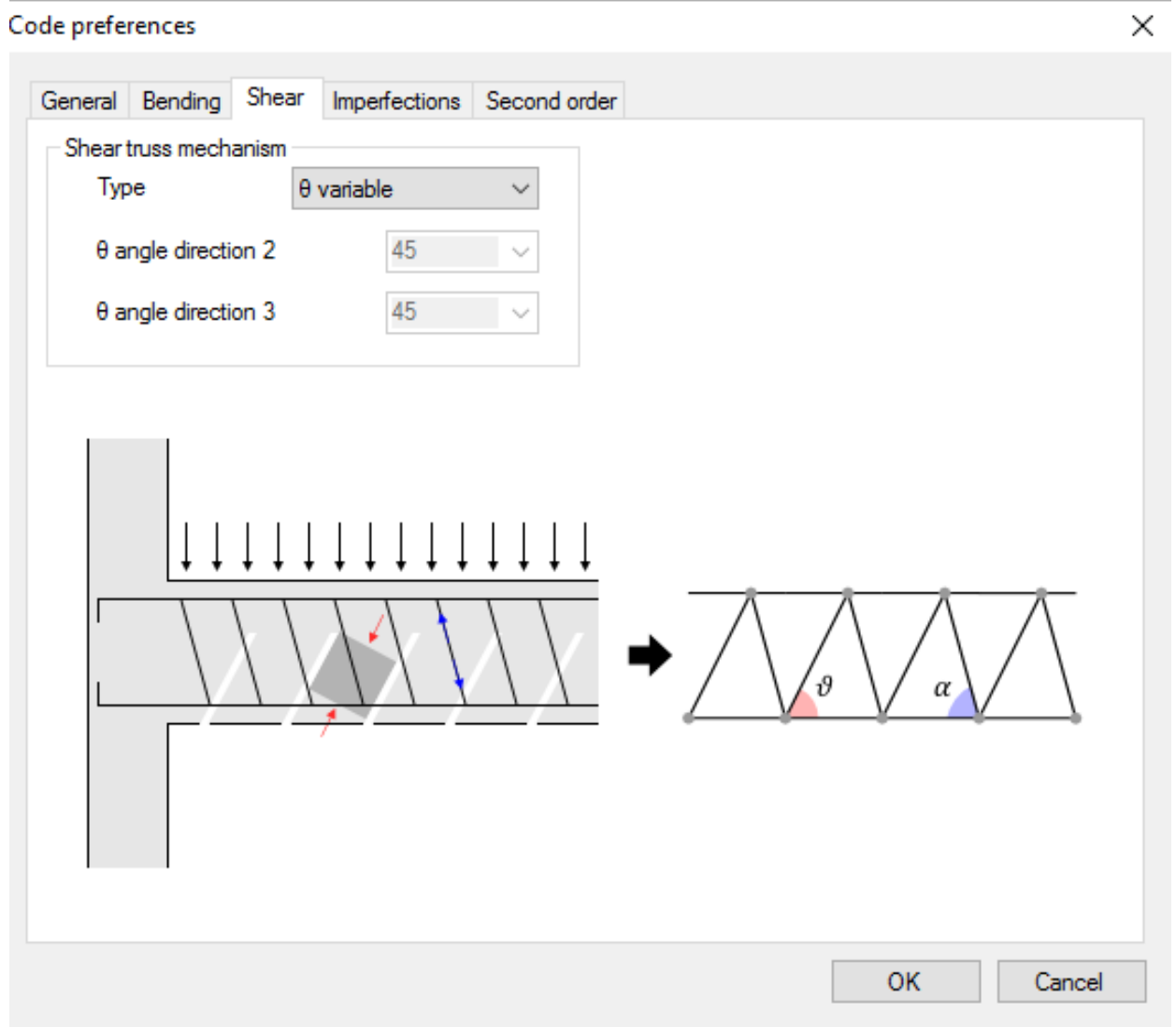
- El diagrama parábola rectángulo, con su parámetro definitorio α :



Dejamos seleccionado el diagrama bloque rectangular. La siguiente pestaña en esta ventana es la relativa al diseño para cortante. El eurocódigo permite escoger el ángulo de inclinación de las bielas de forma que $1 \leq \cotg\theta \leq 2.5$. Nosotros podemos especificar un ángulo fijo para toda la estructura, por ejemplo 45° :

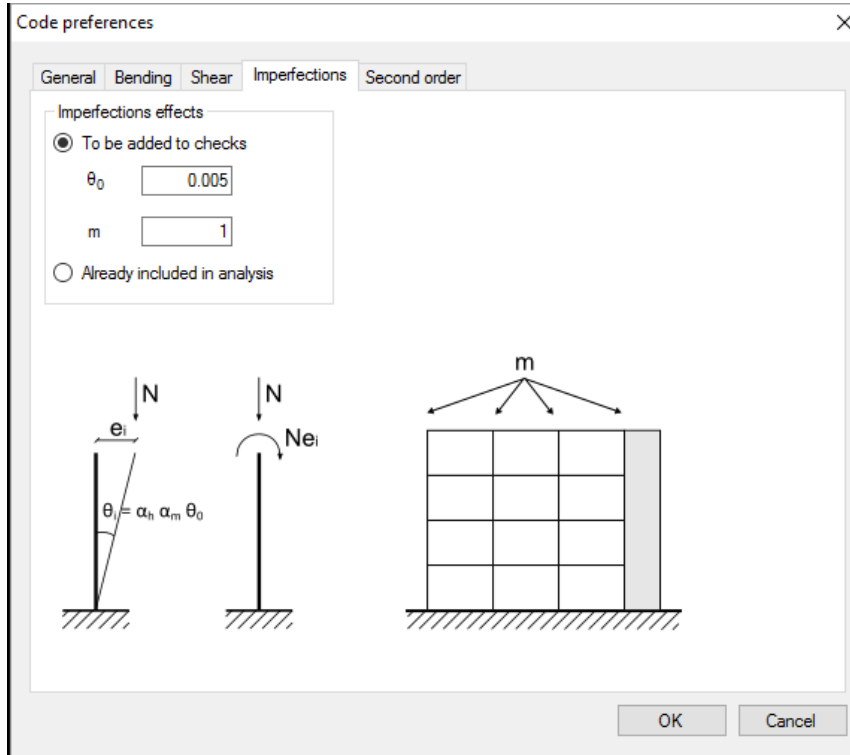


O dejarlo en variable, en este caso el programa calcula en cada caso el ángulo más óptimo dentro del rango que comentaba antes $1 \leq \cotg\theta \leq 2.5$:

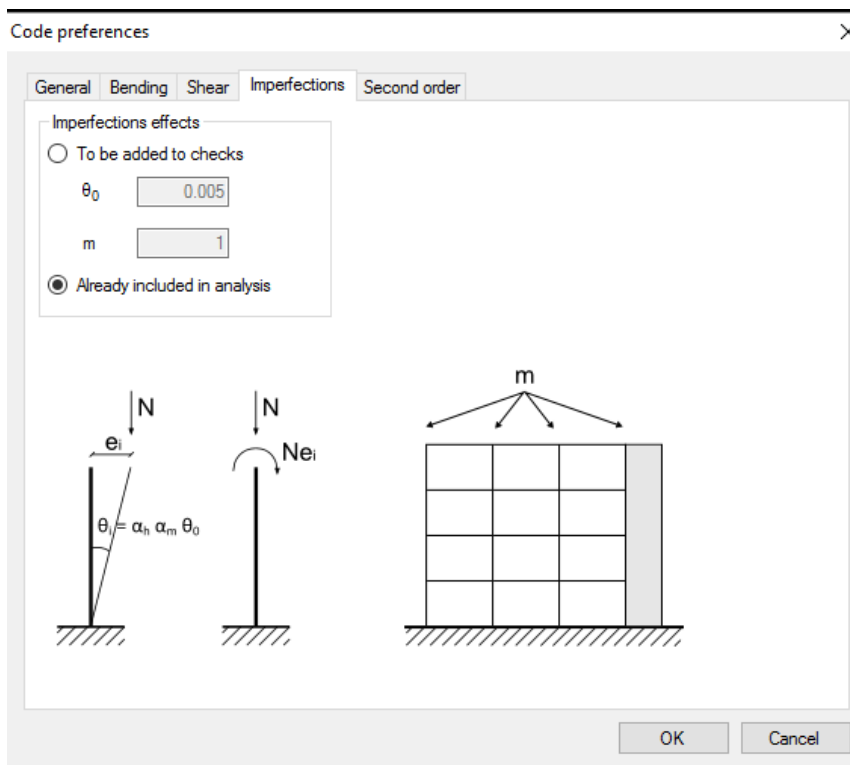


Lo dejamos variable.

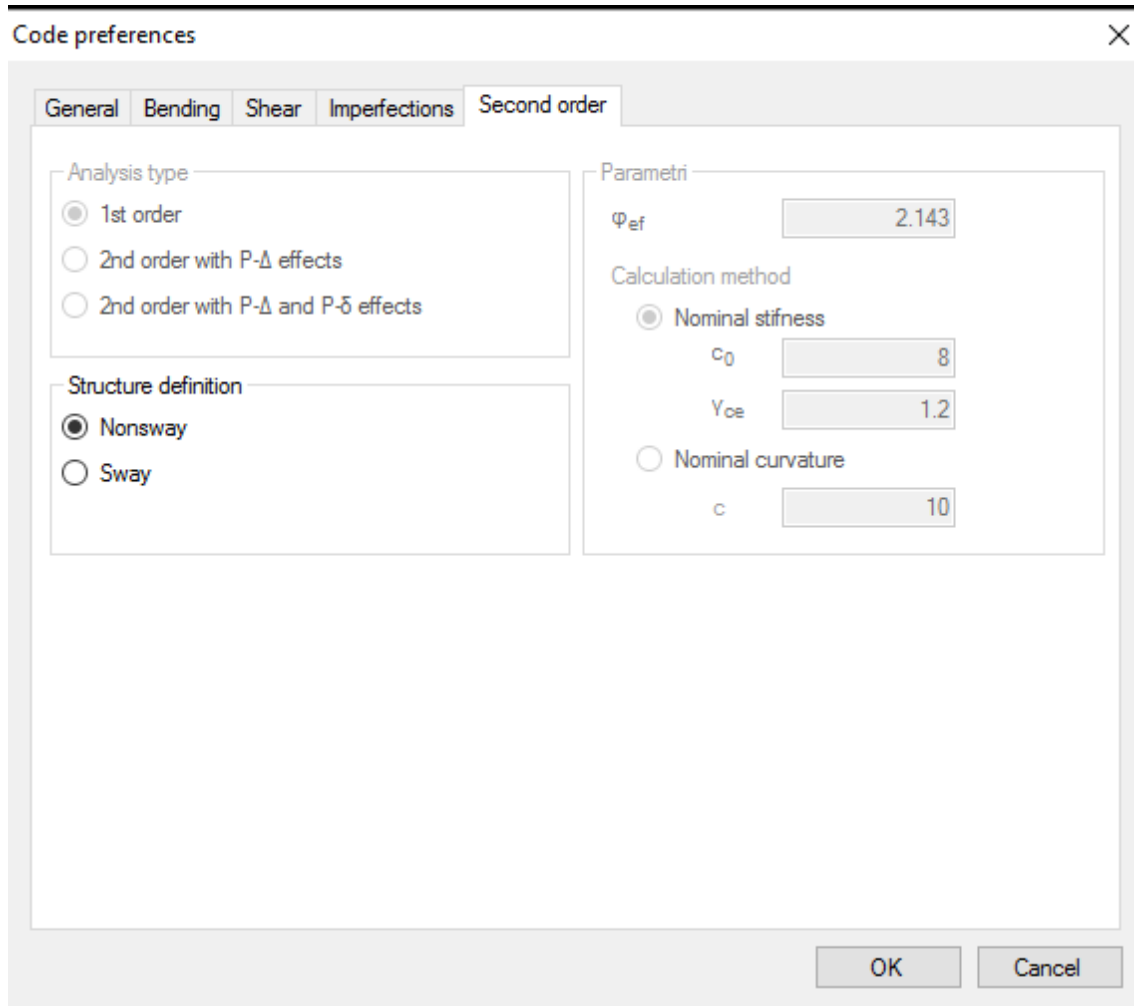
La siguiente pestaña se usa para considerar el efecto de las imperfecciones, especificamos los parámetros del eurocódigo θ_0 y m y nos muestra las acciones:



O bien, si ya lo hemos metido en sap2000, marcamos Already included in analysis:



Por último, tenemos la opción de considerar efectos de segundo orden, pero esto lo podemos hacer directamente en sap2000 al igual que las imperfecciones:



Code preferences

General Bending Shear Imperfections **Second order**

Analysis type

- 1st order
- 2nd order with P- Δ effects
- 2nd order with P- Δ and P- δ effects

Structure definition

- Nonsway
- Sway

Parametri

Φ_{ef} 2.143

Calculation method

- Nominal stiffness
 - c_0 8
 - Y_{ce} 1.2
- Nominal curvature
 - c 10

OK Cancel

Este apartado está incluido porque Vis Concrete puede funcionar como un programa independiente, pero al utilizarlo como plug in de sap2000, lo normal es hacer estos análisis en sap2000.

La siguiente pestaña del menú General Settings es la relativa a diseño sísmico:



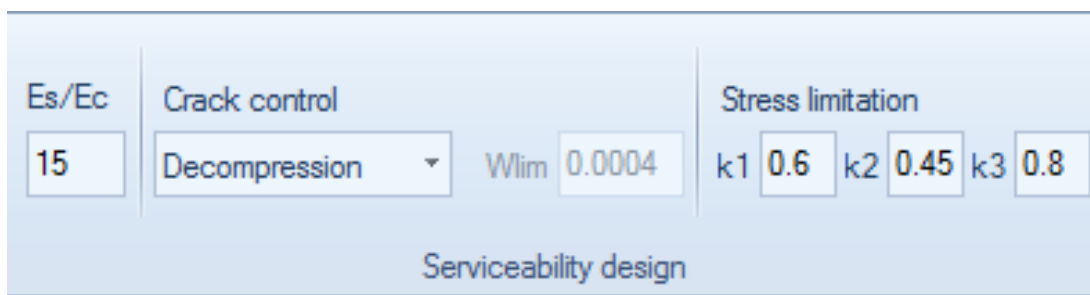
Seismic design

Aquí especificamos los parámetros normativos de nuestra estructura, como el factor de comportamiento q , clase de ductilidad H(alta) M(media) y los valores espectrales. Si dejamos desactivado, no nos considera detallamientos sísmicos:



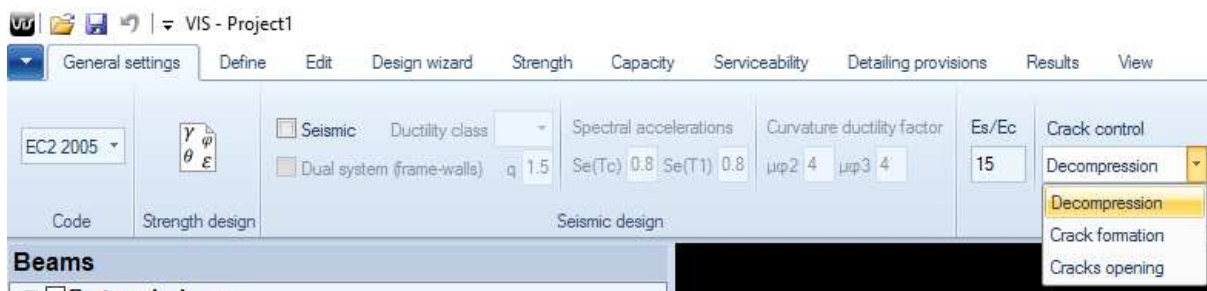
Seismic design

Por último tenemos la pestaña correspondiente a estado límite de servicio:



Serviceability design

Introducimos la relación de módulos de deformación acero/hormigón. A continuación elegimos entre 3 tipos de control de fisuración:



Beams

- Decompression: considera que no se puede alcanzar tracción en ninguna fibra de hormigón.
- Crack formation: considera que se puede alcanzar tracción pero no la suficiente para producir fisura.
- Cracks opening: assume que el hormigón está fisurado y se establece una apertura máxima de fisura W_{lim} :

Es/Ec	Crack control	Stress limitation
15	Cracks opening ▾ W_{lim} 0.0004	k1 0.6 k2 0.45 k3 0.8
Serviceability design		

Por último se introducen los coeficientes minoradores de la resistencia k_1 , k_2 y k_3 que según Eurocódigo representan:

- k_1 : coeficiente minorador de la resistencia característica del hormigón a utilizar en la comprobación de tensiones límite en la combinación característica.
- k_2 : coeficiente minorador de la resistencia característica del hormigón a utilizar en la comprobación de tensiones límite en la combinación cuasi-permanente.
- k_3 : coeficiente minorador de la resistencia de límite elástico del acero a utilizar en la comprobación de tensiones límite en la combinación característica.

De esta forma ya tenemos el menú General Settings completo.