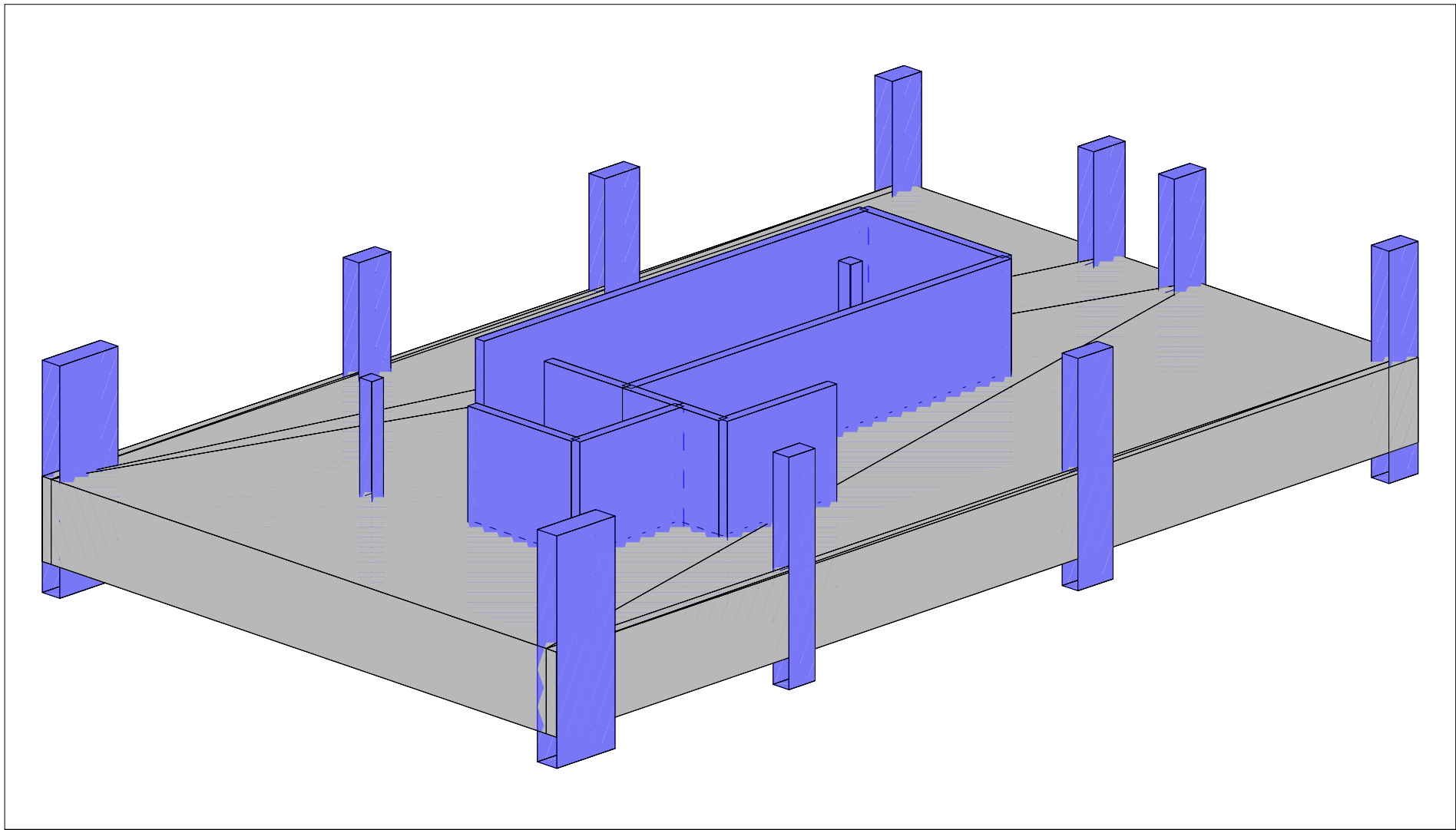


FIUBA 74.11 Y 94.09

:
:

obra: platea, vista general 3D



Fecha : 27/06/02

ROBOT 97 v 13.0.3 - File: **Pla1.rtd**



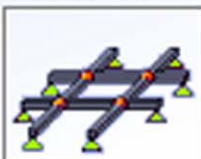
pórtico plano



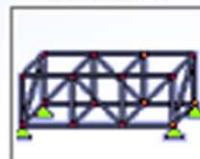
celosía plana



emparrillado



celosía espacial



pórtico espacial



estructura parametrizada



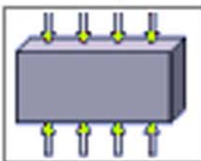
placa



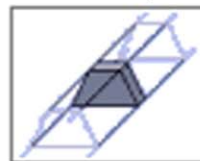
lámina



tensiones planas



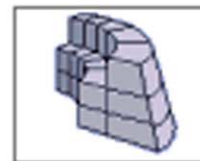
deformaciones planas



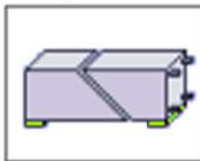
axisimétrica



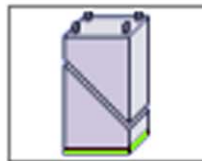
volumétrica



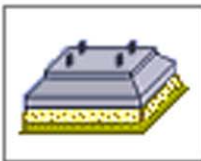
viga de H°A°



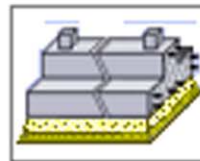
columna de H°A°



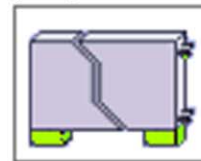
cimentación de H°A°



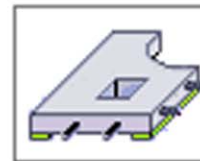
solera de H°A°



viga de gran altura de H°A°



losa de H°A°



unión de barras



definición de perfiles



catálogo de perfiles



edición planilla de planos



abrir proyecto



nuevo proyecto



Definición del material

Acero | Hormigón | Aluminio | Madera | Otros

Nombre: Descripción:

Color:

Elasticidad

módulo de Young, E: (kG/cm2)

coeficiente de Poisson, ν :

coeficiente de Kirchhoff, G: (kG/cm2)

Resistencia

resistencia de cálculo: (kG/cm2)

Densidad (peso específico): (T/m3)

Dilatación térmica: (1/°C)

Coeficiente de amortiguación:

Definición del material

Acero | Hormigón | Aluminio | Madera | Otros

Nombre: Descripción:

Color:

Elasticidad

módulo de Young, E: (kG/cm2)

coeficiente de Poisson, ν :

coeficiente de Kirchhoff, G: (kG/cm2)

Resistencia

resistencia de cálculo: (kG/cm2)

Densidad (peso específico): (T/m3)

Dilatación térmica: (1/°C)

Coeficiente de amortiguación:

Definición del material

Acero | Hormigón | Aluminio | Madera | Otros

Nombre: Descripción:

Color:

Elasticidad

módulo de Young, E: (kG/cm2)

coeficiente de Poisson, ν :

coeficiente de Kirchhoff, G: (kG/cm2)

Resistencia

resistencia de cálculo: (kG/cm2)

Densidad (peso específico): (T/m3)

Dilatación térmica: (1/°C)

Coeficiente de amortiguación:

Preferencias del proyecto [?] [X]

MJP

Unidades y formatos

- Dimensiones
- Esfuerzos
- Otros
- Edición de unidad:
- Materiales
- Catálogos
 - Catálogo de perfil
 - Catálogo de carros
 - Catálogo de carga
 - Catálogo de suelo
 - Catálogo de tornillo

Dimensiones de la estructura: m 0.321 E

Dimensiones de la sección: cm 0.1 E

Características de la sección: cm 0.321 E

Uniones de acero (dimensiones): mm 0. E

Diámetros de armaduras: mm 0.1 E

Área de la sección de la armadura: cm2 0.21 E

☒ Actualizar preferencias para el proyecto al cerrar

☒ Actualizar parámetros predeterminados al cerrar

OK Cancelar Ayuda

Preferencias del proyecto [?] [X]

MJP

Unidades y formatos

- Dimensiones
- Esfuerzos
- Otros
- Edición de unidad:
- Materiales
- Catálogos
 - Catálogo de perfil
 - Catálogo de carros
 - Catálogo de carga
 - Catálogo de suelo
 - Catálogo de tornillo

Fuerza: T 0.54321 E

Momento: T*m ... 0.321 E

Tensión: kG/cm2 ... 0.21 E

☒ Actualizar preferencias para el proyecto al cerrar

☒ Actualizar parámetros predeterminados al cerrar

OK Cancelar Ayuda

Preferencias del proyecto [?] [X]

MJP

Unidades y formatos

- Dimensiones
- Esfuerzos
- Otros
- Edición de unidad:
- Materiales
- Catálogos
 - Catálogo de perfil
 - Catálogo de carros
 - Catálogo de carga
 - Catálogo de suelo
 - Catálogo de tornillo

Desplazamiento lineal: cm 0.4321 E

Ángulo y rotación (datos): Deg 0.1 E

Ángulo y rotación (resultados): Rad 0.321 E

Temperatura: °C 0.21 E

Peso: kG 0.21 E

Masa: kg 0.21 E

Valor numérico (adimensional): 0.21 E

Regla: 0.1 E

☒ Actualizar preferencias para el proyecto al cerrar

☒ Actualizar parámetros predeterminados al cerrar

OK Cancelar Ayuda

Preferencias del proyecto [?] [X]

MJP

Unidades y formatos

- Dimensiones
- Esfuerzos
- Otros
- Edición de unidad:
- Materiales
- Catálogos
 - Catálogo de perfil
 - Catálogo de carros
 - Catálogo de carga
 - Catálogo de suelo
 - Catálogo de tornillo

Unidad de longitud: m

Coficiente: 1 [m]

Agregar Eliminar

Unidad de fuerza: N

Coficiente: 1 [N]

Agregar Eliminar

Unidad de masa: kg

Coficiente: 1 [kg]

Agregar Eliminar

☒ Actualizar preferencias para el proyecto al cerrar

☒ Actualizar parámetros predeterminados al cerrar

OK Cancelar Ayuda

Opciones para la generación de la malla

Métodos admisibles de generación de la malla

☐ Coons Frecuente

☒ Delaunay Frecuente

Uso: Recomendado

Generación de la malla

☒ Automática ☐ Definida por el usuar

☐ Tamaño del elemento

Reparto 1: Reparto 2:

5 0

Mollado - elementos volumétricos

☐ Fino ☐ Grueso

☐ Mollado suplementario del superficie del sólido

Parámetros para el método de Coons

Tipo de división:

☐ Triángulos - espacio triangular

☒ Triángulos y cuadrados - espacio triangular

☐ Triángulos y trapezoides - espacio triangular

☐ Cuadrados - espacio rectangular

☐ Triángulos - espacio rectangular

Uso: Cualquiera

Elementos finitos

Tipo (superficiales):

Triángular (3 nudos)

Tipo (volumétricos):

Tetraedro 4-nudos

Coeficiente de la conversión de los triángulos en quadrilateros:

-0.3

Uso: Recomendado

Parámetros para el método de Delaunay

☐ Delaunay H max = 1.000

☐ Kang Q = 1.05

☒ Delaunay y Kang

Emisores:

☒ Predeterminados H0 = 0.300 (m)

☒ Usuario

☒ Alisar

OK Cancelar Ayuda

Nuevo espesor

Uniforme Ortótropo



Nombre: 060-KZ4000 Color: Auto

☒ uniforme Esp = 60.00 (cm)

☐ variable según la línea

☐ variable en el plano

	Coordenadas del punto (m)	Espesor (cm)
P1:	0.000, 0.000	0.00
P2:	0.000, 0.000	0.00
P3:	0.000, 0.000	0.00

Elasticidad del suelo KZ = 4000.00000 (T/m3)

Despegue: ninguno

Material: H25TM

Agregar Cerrar Ayuda

Paneles

Las mallas de elementos finitos para estructuras de placas y láminas se definen en dos fases.

La primera fase consiste en definir áreas donde las mallas de elementos finitos serán generadas. Las áreas son creadas definiendo sus bordes (los contornos del área son definidos por medio de la opción **Polilínea-Contorno**. En las áreas indicadas, se definen paneles que modelan los pisos y las paredes de la estructura. Durante la definición del panel, se le atribuyen ciertas propiedades (espesor, tipo del armado).

El segundo paso (después de la definición del panel y después del comienzo de los cálculos de la estructura) consiste en generar automáticamente una malla de elementos finitos planos basándose en los parámetros seleccionados en la ventana de dialogo Preferencias (**Opciones de mallado**),

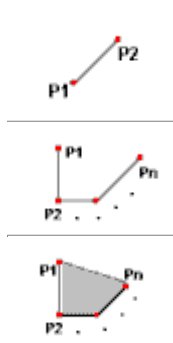
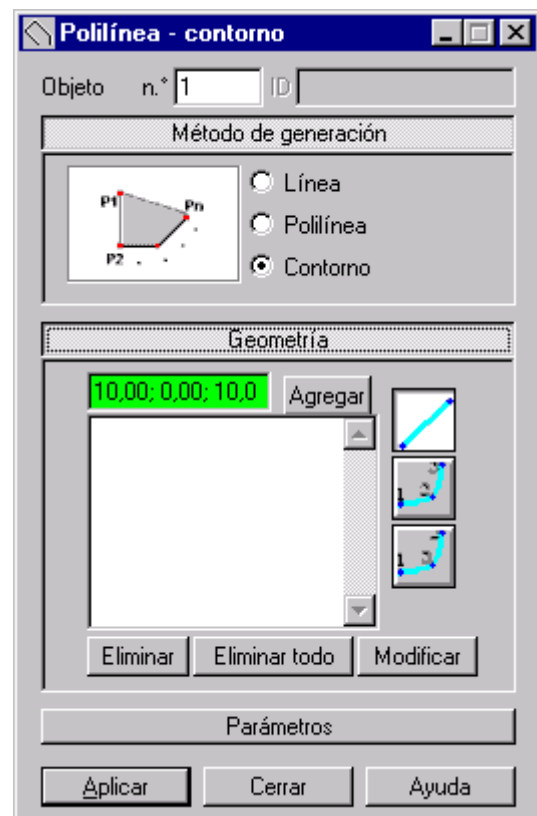
Para definir los contornos de paneles para las estructuras de tipo placas, láminas y sólidos, se puede utilizar la opción **Polilínea-Contorno**.

La ventana de diálogo **Polilínea-Contorno** es accesible :

- En el menú escogiendo:
Estructura/Objetos/Polilínea-contorno o
- En la barra de herramientas **Definición de la estructura**, pulsando el icono 

La zona **Método de generación** de la ventana **Polilínea-Contorno** lista los métodos de definición objetos (líneas, polilíneas y contornos).

Los siguientes dibujos muestran, de manera esquemática, los modos de definición de líneas, polilíneas y contornos.



Definición de línea:

La línea será definida usando dos puntos: principio y final de la línea.

Definición de polilínea:

La polilínea será definida proporcionando los puntos consecutivos en la línea

Definición de contorno:

El contorno será definido dando los puntos consecutivos en el contorno.

En la pestaña *Geometría* se puede determinar el modo de diseño de líneas entre dos puntos:



En el caso de seleccionar esta opción será definida una línea recta entre los dos puntos.



En el caso de seleccionar esta opción, un arco construido a base del tercer punto será definido entre los dos puntos.

El tercer punto define la extremidad del arco.



En el caso de seleccionar esta opción, un arco construido a base del tercer punto será definido entre los dos puntos.

El segundo punto define la extremidad del arco.

Las características de los arcos pueden ser modificados en la zona *Parámetros*.

Una vez que se definen contornos, se deben determinar los paneles a ser incluidos en la estructura. Esto puede hacerse desde la opción disponible en:

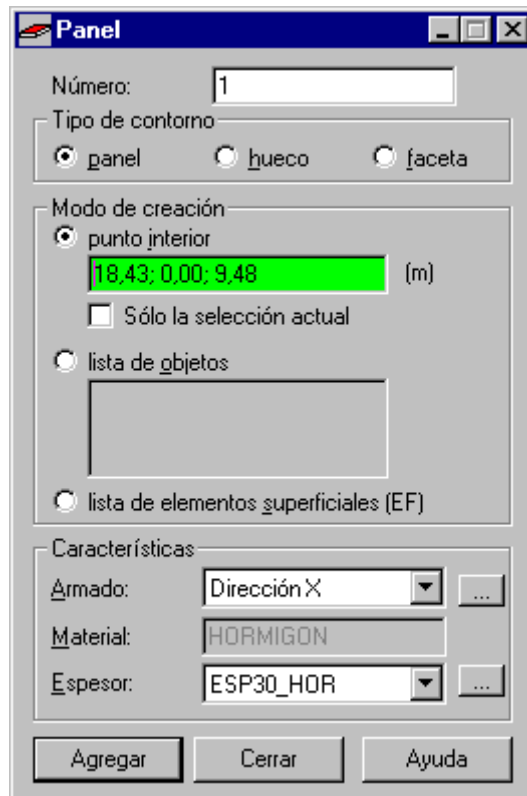
- El menú, comando **Estructura/Paneles** o
- Barra de herramientas **Definición de la Estructura** seleccionando el icono .

La definición del panel se realiza entrando:

- Número del panel
- Bordes del panel (contorno) y, eventualmente, bordes (contornos) de huecos localizados en el panel y bordes de los lados (paredes) en el panel.
Se puede hacerlo de tres maneras:
 - entrando el punto interior del panel/hueco
 - señalando el número del objeto
 - entrando la lista de los elementos finitos superficiales
- tipo de armadura del panel
- material predeterminado para el tipo de espesor seleccionado para el panel (la información presentada en este campo no se puede modificar)
- espesor del panel

En el caso de seleccionar la opción *Cara* en el campo *Tipo de contorno*, se hacen inaccesibles todas las opciones en el campo *Características* que se encuentra en la parte inferior del cuadro de diálogo.

La selección de esta opción hace que el objeto creado será definido como cara de un objeto geométrico (sin atribuir las propiedades como el tipo de armado y espesor). Tal objeto podrá ser utilizado para crear estructuras volumétricas (sólidos) es decir, se podrá constituir la cara de un objeto volumétrico.



NOTA: en la parte superior de la ventana del diálogo, a la derecha de los campos de edición **Armado** y **Espesor**) se localizan dos botones . Un clic en uno de estos botones abre respectivamente la ventana de dialogo **Parámetros de armado** o **Espesor** en las cuales pueden ser definidos un nuevo espesor de placas y láminas o el tipo de refuerzo. La definición de tipo de espesor y o del tipo de armado está luego agregada a la lista activa de espesores o de tipos de armado de placas y láminas.

Una vez definidos los paneles y comenzados los cálculos de estructura, el programa crea una malla de elementos finitos según los parámetros seleccionados en el cuadro de diálogo **Preferencias del proyecto** (apartado **Opciones de mallado**).

La malla de elementos finitos es visible sólo si la opción **Mallado EF** está activada en la ventana de diálogo **Visualizar atributos**.

El procedimiento de crear una malla del elemento para un contorno dado puede repetirse varias veces; pero es importante señalar que el nuevo mallado borrará el mallado precedente.

En el programa, dos tipos de elementos finitos 2D están disponibles:

- elementos triangulares (3 o 6 nudos),
- elementos cuadrangulares (4 o 8 nudos).

En el programa Robot se aconseja el uso de elementos 2D de 3 o 4 nudos.

En el caso de utilizar los elementos 2D de 6 y 8 nudos para la generación del mallado, las siguientes opciones pueden funcionar de una manera incorrecta:

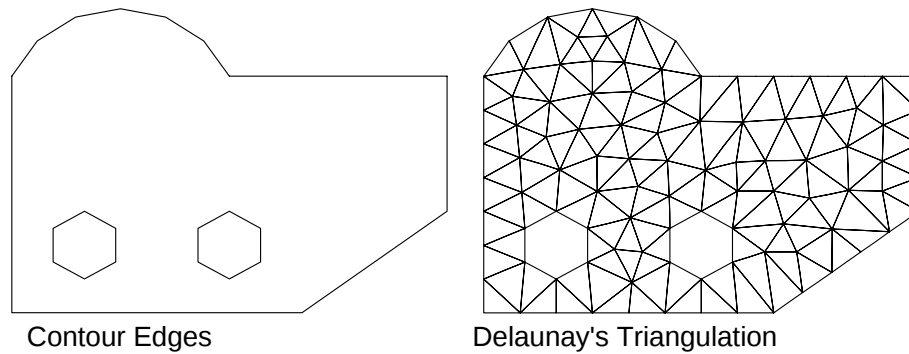
- Relajamientos lineales
- Operaciones booleanas (corte)
- Ajuste del mallado para paneles adyacentes y para barras y paneles adyacentes.

Las funciones usadas durante la generación del mallado por elementos finitos crean los nudos dentro del área seleccionada primero y luego se asignan los nudos generados a los elementos 2D correspondientes. Los nudos dentro del área (contorno) pueden ser creados según el algoritmo de triangulación de Delaunay o por medio del método de Coons.

Tipos de elementos finitos 2D

El Método de Triangulación de Delaunay

El método de la triangulación de **Delaunay** puede ser usado para crear una malla de elementos finitos para cualquier superficie 2D. Si los huecos ocurren dentro del dominio, el usuario debe definirlos como el borde del contorno. Ellos no se tendrán en cuenta durante la creación del mallado EF. Un ejemplo de la malla de elementos finitos creado usando el método de Delaunay se muestra en el dibujo debajo.



Los parámetros siguientes pueden ser definidos por el método de Delaunay:

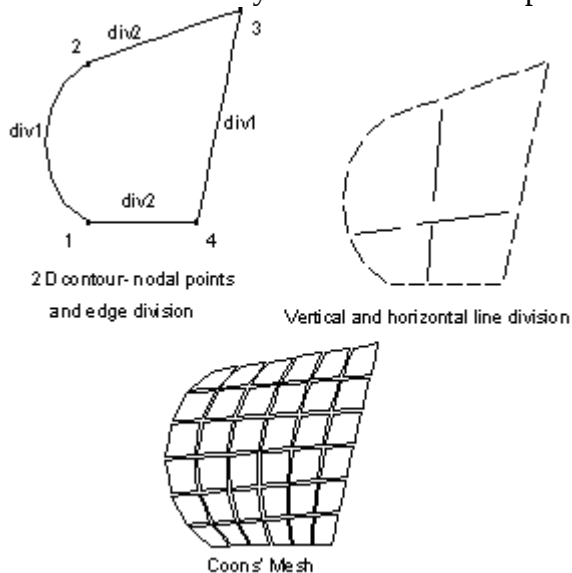
- El método de generación del mallado:
 - El método de Delaunay solo
 - El método de generación de nodos adicionales (el método de Kang - emisoras).

Los emisores son los nudos definidos por el usuario cerca de la cual la malla de elementos finitos será refinada. Los parámetros del refinamiento se dan como los parámetros de Kang.

- H0 parámetros que definen la longitud de la primera onda
- Los parámetros de Kang ($H_{\max}$, Q y k)
- Los parámetros específicos del método de Kang representan:
 - $H_{\max}$ - la longitud de la segunda onda hasta la última antes del extremo de la malla espesa;
 - Q - la relación de la longitud de la onda próxima hasta la anterior
 - k - este parámetro no está actualmente en uso.

Método de Coons

Las superficies de **Coons** son superficies 3D limitadas por contornos cuadrangulares o triangulares cuyos lados opuestos son divididos en el mismo número de segmentos. Las formas de los elementos creados corresponden a la forma del contorno para el que se crea la malla. El concepto general de este método presupone conectar todos los puntos creados en el borde del contorno seleccionado con los puntos correspondientes en el borde opuesto del contorno. El punto de intersección de cada par de líneas horizontales y verticales marca la posición extrema del nodo dentro de la región (ver fig. sig.).

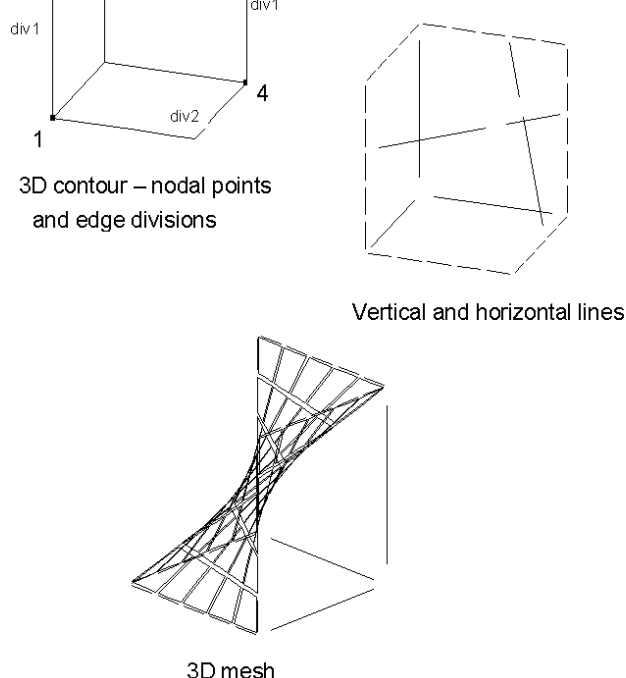


Una vez que el contorno es seleccionado, el usuario debe definir los parámetros de método de Coons que describe la forma del mallado por elementos finitos (triángulos, cuadriláteros, tipo del elemento mixto) así como la división de parámetros: division1 y división 2.

Los parámetros de la división describen el número de elementos que se crearán en el primer lado (entre el primero y la segundo vértice del contorno) y en el segundo lado (entre el segundo y tercer vértice del contorno). Los bordes del contorno opuesto a los lados del contorno listados serán divididos automáticamente para que la división corresponda a la división aceptada en el primer y segundo borde del contorno. Para las regiones triangulares, la división del borde entre el tercer y primer vértice del contorno es igual que entre el segundo y tercer vértice del

contorno. En regiones cuadrangulares, la división entre la tercer y cuarto vértice del contorno es igual que entre la segundo y tercer vértice. Sí, por ejemplo, la división entre el tercer y el cuarto vértice del contorno es más grande que la existente entre la primer y segundo vértice, entonces el número inicial de divisiones dado por el usuario para el borde entre el primer y segundo vértice del contorno se aumentará automáticamente.

El método de Coons puede ser utilizado tanto para generar el mallado para superficies 2D (se definen contornos planos - vea el dibujo de arriba) como para superficies 3D (contornos definidos en espacio tridimensional, vea el dibujo abajo).



Los parámetros siguientes pueden definirse para el método de Coons:

- = tipo de mallado de elementos finitos (topología de Coons)
- = los parámetros de creación de malla (division1 y division2) explicados antes.

El programa proporciona la opción *Puntos de base para el mallado* que sirve a definir los puntos del panel que constituirán la base para la generación del mallado por elementos finitos según el método de Coons.

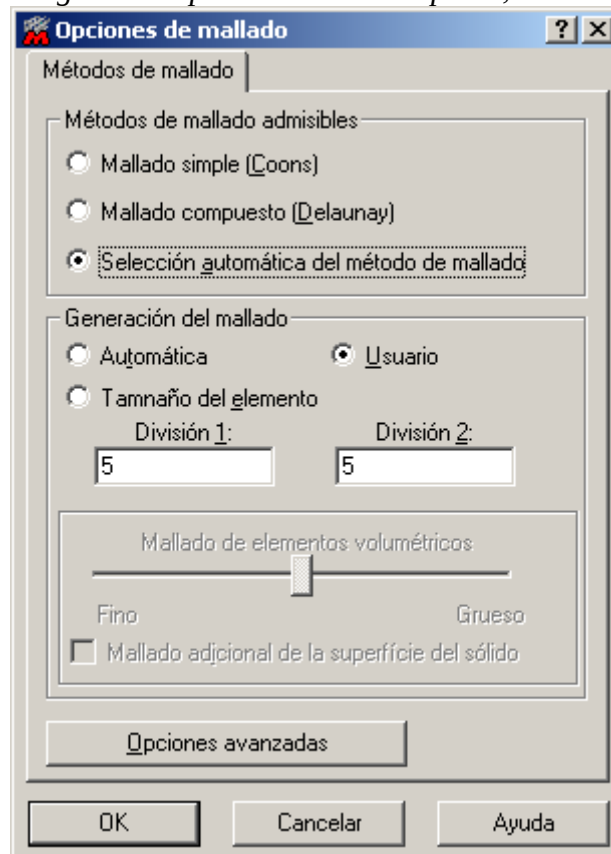
La opción está disponible:

- En el menú, después de haber seleccionado el comando *Análisis / Modelo de cálculo / Puntos principales del mallado*
- En la barra de herramientas, después de haber hecho clic en el icono .

Parámetros de Generación de Malla EF

Después de un clic en el botón **Modificar** en la ventana de diálogo **Preferencias para el proyecto** (apartado **Opciones de mallado**) o después de la selección del comando **Análisis/Modelo de cálculo/Opciones de mallado**, la siguiente ventana de diálogo aparecerá en pantalla.

NOTA: El comando *Análisis/Modelo de cálculo/Opciones de mallado* está disponible en el menú para los siguientes tipos de estructura: placa, lámina y estructuras volumétricas.



En la parte superior del cuadro de diálogo, en el campo *Métodos de mallado disponibles* se puede seleccionar el método de generación del mallado de elementos finitos:

- *Mallado simple (método de Coons)*
- *Mallado compuesto (método de Delaunay)*
- *Selección automática del método de mallado* (parámetro por defecto).

La zona *Generación del mallado* sirve para definir el tipo de mallado.

Tres opciones están disponibles:

- *Automático*
- *Del usuario* – para el método de Coons se pueden definir dos parámetros: *división 1* y *división 2*
- *Tamaño del elemento* – si se selecciona esta opción, se vuelve disponible el campo de edición en el que se puede definir el tamaño característico del elemento de mallado de elementos finitos; por ejemplo, si se toma un elemento igual a 0.5 m, esto significa que:
 - para el mallado de elementos finitos superficiales (cuadrados), se generará un mallado de elementos finitos cuya forma será próxima a la de un cuadrado con el lado 0.5 m
 - para el mallado de elementos finitos superficiales (triángulos), se generará un mallado de elementos finitos cuya forma será próxima a la de un triángulo equilátero con el lado 0.5 m
 - para el mallado de elementos finitos volumétricos, se generará un mallado de elementos cuya forma será próxima a la de un cubo con el lado 0.5 m.

Esta zona agrupa también la opción permitiendo definir el tipo de mallado por elementos volumétricos que deben generarse (mallado fino o grueso). Debajo está disponible la opción *Mallado adicional de la superficie del sólido*. Si se activa esta opción, al generar el mallado de elementos finitos volumétricos se efectuará la generación del mallado adicional en la superficie (contorno) del sólido, este mallado influirá en el refinamiento del mallado de elementos volumétricos en el interior del sólido. Hay que resaltar el hecho que la activación de esta opción aumenta la densidad del mallado de elementos volumétricos.

NOTA: La opción *Mallado adicional de la superficie del sólido* no debe utilizarse par las superficies de contacto de dos sólidos.

La parte inferior de la ficha *Métodos de mallado* contiene el botón **Opciones avanzadas**; un clic en este botón abre el cuadro de diálogo **Opciones avanzadas de mallado** representado en el dibujo a continuación.

Después de la selección de la opción *Mallado simple (Coons)* o *Mallado compuesto (Delaunay)* en la ficha *Métodos de mallado*, en el cuadro de diálogo aparece las segunda ficha *Parámetros del método* en la que se pueden definirse los parámetros del método de mallado seleccionado. Estos parámetros están discutidos en la parte relativa al cuadro de diálogo **Opciones avanzadas de mallado**.

Opciones avanzadas del mallado

Métodos admisibles de generación de la malla

☐ Coons

☒ Delaunay

Uso:

Generación de la malla

☐ Automática ☒ Definida por el usuario

☐ Tamaño del elemento

Reparto 1: Reparto 2:

Mallado - elementos volumétricos

Fino Grueso

☐ Mallado suplementario del superficie del sólido

Parámetros para el método de Coons

Tipo de división:

☐ Triángulos - espacio triangular

☒ Triángulos y cuadrados - espacio triangular

☐ Triángulos y trapezoides - espacio triangular

☐ Cuadrados - espacio rectangular

☐ Triángulos - espacio rectangular

Uso:

Elementos finitos

Tipo (superficiales):

Tipo (volumétricos):

Coefficiente de la conversión de los triángulos en cuadriláteros:

Uso:

Parámetros para el método de Delaunay

☒ Delaunay ☐ Kang

☐ Delaunay y Kang

H0 = (m)

H max = Q =

Emisores automáticos:

☒ En los puntos característicos de los paneles

☒ En los nudos de apoyo

☒ Emisores del usuario

☐ Alisar

OK Cancelar Ayuda

En esta ventana del diálogo pueden escogerse los parámetros de generación de la malla de elementos finitos.

En la zona **Métodos admisibles de generación de la malla** pueden escogerse los siguientes métodos:

- método de Coons
- método de Delaunay.
- método isoparamétrico

Adicionalmente, para cada método de generación de la malla, puede determinarse la frecuencia y el grado de obligación de la aplicación del método: nunca, poco frecuente, frecuente. Si, por ejemplo, el usuario selecciona método de Coons y se define el grado de aplicación frecuente y el uso impuesto, esto significa que la generación del algoritmo de mallado impondrá la generación del mallado según el método de Coons para la zona seleccionada.

En la zona Elementos Finitos puede escogerse el tipo de elementos finitos usados durante la generación de malla de elementos finitos: triángulos de 3 nudos, triángulos de 6 nudos, cuadriláteros de 4 nudos, cuadriláteros de 8 nudos.



Triángulos de 3 y 6 nudos



Cuadriláteros de 4 y 8 nudos

En el programa Robot se aconseja usar los elementos finitos 2D de 3 y 4 nudos. En el caso de usar los elementos 2D de 6 y 8 nudos, para la generación de la malla las siguientes opciones pueden funcionar de una manera incorrecta:

- relajamientos lineales
- operaciones booleanas (corte)
- ajuste del mallado para paneles adyacentes y para barras y paneles adyacentes.

En esta zona también puede definirse la necesidad de usar el tipo de elementos finitos superficiales seleccionado. Por ejemplo, si triángulos de 3 nudos y el uso *Cualquiera* han sido seleccionados, eso significa que el algoritmo de generación de malla usará cualquier tipo de elementos finitos superficiales durante la generación de la malla.

En la zona **Generación de la malla** puede seleccionarse el método automático o definido por el usuario. En el método de Coons y para el método isoparamétrico, se pueden definir los siguientes dos parámetros:

- División 1 - el parámetro define el número de elementos que se usaron en el primer borde del contorno (entre la primero y segundo vértice). El borde del contorno opuesto al lado del contorno mencionado será dividido automáticamente para que la división corresponda al primer borde del contorno.
- División 2 - el parámetro define el número de elementos que se usaron en el segundo borde del contorno (entre el segundo y tercero vértice). El borde del contorno opuesto al lado del contorno

mencionado será dividido automáticamente para que la división corresponda al segundo borde del contorno.

Es también posible definir el valor para el tamaño de los elementos finitos creados al generar la malla. Para hacerlo utilice la opción *Tamaño del elemento*.

En esta zona se encuentra también una opción que permite definir qué tipo de malla de elementos volumétricos finitos ha de ser generado: el botón permite la selección de un mallado más fino o más espeso.

En el zona **Parámetros del método de Coons** puede escogerse uno de los tipos de división de contorno siguientes:

- Triángulos de contornos triangulares
- Triángulos y cuadrados en contorno rectangular
- Triángulos y rombos en contornos triangulares
- Cuadrados en contorno rectangular
- Triángulos en contorno rectangular.

Adicionalmente, en esta zona puede definir la obligación de usar el tipo de división seleccionado para el mallado según el método de Coons.

En la zona **Parámetros del método de Delaunay** puede seleccionarse el método de generación de la malla:

- Si se selecciona el método de Delaunay - el mallado utilizara únicamente el método Delaunay.
- Si selecciona el método de Kang - el mallado se generará alrededor de los emisores únicamente según los el método de Kang y según los parámetros seleccionados para este método (H0, Hmax y Q).
- El método combinado de Delaunay y Kang – el mallado se generará según el método de Kang cerca de los emisores y según el método de Delaunay lejos de los emisores.

Los emisores son los nudos alrededor de los cuales el mallado de elementos finitos será refinado. Están disponibles dos tipos de emisoras:

- *Por defecto* – creados automáticamente por el programa en los puntos característicos (en los puntos característicos de los paneles: en los vértices de los paneles, en la proximidad de huecos y en los nudos de apoyo) – estas opciones pueden definirse en el cuadro de diálogo **Opciones avanzadas de mallado**
- *Usuario* – indicados por el usuario, definidos en el cuadro de diálogo **Emisores** disponible al seleccionar en el menú la opción *Análisis / Modeo de cálculo / Emisores*.

Si durante la generación de la malla la opción **Alisar** se utiliza, el programa también usará un algoritmo para alisar la malla generada de elementos finitos.

Opciones para la generación y modificación de la malla de elementos finitos

Las opciones están accesibles después de haber hecho clic en el icono *Opciones de generación del mallado EF*  que se encuentra en la barra de herramientas principal.

El programa muestra la barra de herramientas presentada en el dibujo de abajo



Los iconos específicos permiten:



- generar el modelo de cálculo, es decir crear mallado de elementos finitos



- definición de los puntos que constituirán la base del mallado según el método de Coons.



- abrir el cuadro de diálogo *Opciones para la generación de la malla* para el panel seleccionado



- inmovilizar la malla para el panel seleccionado – el hecho de seleccionar esta opción significa que durante la generación del modelo de cálculo, la malla en este panel no se modificará



- movilizar la malla para el panel seleccionado – el hecho de seleccionar esta opción significa que el panel será tomado en consideración durante la generación del mallado de elementos finitos.



- generar la malla local – la malla será generada sólo para los paneles seleccionados
(Nota: el uso de esta opción hace inmovilizar la malla)



- eliminar la malla local para el panel seleccionado



- definir emisores del usuario



- consolidar la malla – la opción permite la conversión de los elementos triangulares en cuadriláteros para los elementos finitos seleccionados.



- afinar la malla – esta opción permite efectuar la conversión de elementos triangulares en triangulares o cuadrangulares para los elementos finitos seleccionados.



- calidad del mallado – esta opción permite efectuar una estimación de la calidad del mallado de elementos finitos para los paneles seleccionados.

NOTA: *Los ejemplos de la generación del mallado de elementos finitos para la estructura de tipo placa/lámina están presentados en el anexo de este manual.*

Emisores, refinamiento, consolidación y calidad del mallado para los elementos finitos

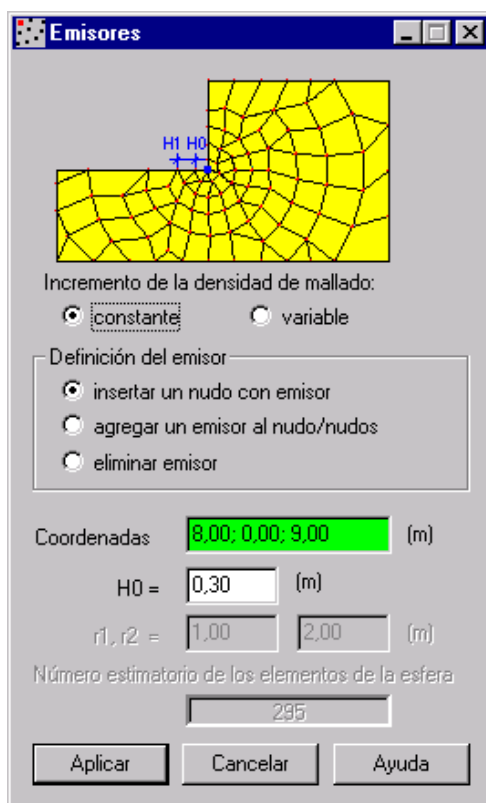
Los emisores son unos nudos definidos por el usuario, alrededor de los cuales la malla de elementos finitos será refinada. Es una opción muy importante durante los cálculos de placas/láminas o durante el cálculo de estructuras volumétricas, cuando el usuario desea recibir los resultados de cálculos más precisos en los puntos característicos de la estructura (apoyos, puntos de la aplicación de las fuerzas etc.).

La opción es accesible:

- seleccionado del menú el comando **Análisis/Modelo de cálculo/Emisoras**
- en la barra de herramientas, presionando el icono .

Hay dos métodos de definir un emisor. Estos métodos dependen del modo de incrementar la densidad del mallado de los elementos finitos:

- *incremento de densidad - constante* - este método se aplica a las estructuras de placas o láminas
- *incremento de densidad - variable* - este método se aplica a las estructuras volumétricas.



Después de seleccionar esta opción en la pantalla aparece el cuadro de diálogo presentado a continuación (el dibujo muestra el caso *Incremento de densidad – constante*).

En este cuadro de diálogo se puede seleccionar una de tres opciones accesibles:

- insertar un nudo con emisor – es posible definir el nudo en el que estará localizado el emisor en unas determinadas coordenadas
- agregar un emisor al nudo/nudos – la definición del número de nudo/s en los que se encontrará el emisor.
- eliminación del emisor – la definición del número del nudo/s de los que se eliminará el emisor.

Los parámetros de las opciones presentadas son los siguientes:

- inserción del nudo junto con emisor:
H0 – longitud de la onda inicial (los otros parámetros de la generación de la malla alrededor del emisor pueden ser definidos en el cuadro de diálogo **Opciones de generación del mallado EF**)
coordenadas - coordenadas de la posición del nudo emisor con parámetro H0 definido
- agregación de un emisor al nudo o nudos existentes:
H0 – longitud de la onda inicial del mallado (los otros parámetros de la generación del mallado alrededor de la emisora pueden ser definidos en el cuadro de diálogo **Opciones de generación del mallado EF**)
lista de nudos - lista de los números de nudos en los que se encuentra el emisor con los parámetros definidos H0
- eliminación de la emisora:

lista de nudos - lista de números de nudos de los que será eliminado el emisor.

Después de seleccionar la opción *Incremento de densidad – variable* son accesibles todas las opciones que se refieren al mallado de incremento de densidad. Además, los siguientes campos de edición son disponibles:

- $r1$ - radio de la esfera, en la que la malla se caracterizará por la longitud inicial de la onda H_0
- $r2$ - radio de la esfera, en la que la densidad del mallado será reducida (eso significa que la reducción de la densidad del mallado se efectuará en la zona entre los radios $r1$ y $r2$)
- *Número estimatorio de los elementos de la esfera $r1$* – este campo es inaccesible; el programa define el número de elementos después de indicar las coordenadas del emisor y de los valores H_0 , $r1$ y $r2$.

Durante la creación de la malla de elementos finitos 2D también pueden ser aprovechadas las siguientes opciones: *Consolidación* y *Refinamiento de la malla*.

La opción CONSOLIDACIÓN efectúa la conversión de los elementos triangulares seleccionados en elementos cuadrangulares (se reduce el número de elementos). Se aconseja el uso de la opción CONSOLIDACIÓN después de la generación de la malla de elementos finitos siguiendo el método de triangulación de Delaunay. Como resultado los elementos triangulares son convertidos en cuadrangulares para los cuales normalmente se suele obtener unos resultados de cálculo más exactos. Antes de efectuar la opción CONSOLIDACIÓN el usuario debe definir los siguientes datos:

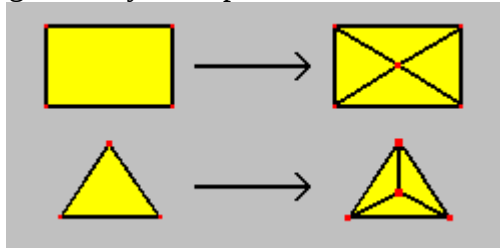
- Parámetros (coeficiente de conversión) sus valores se incluyen en el intervalo: $[-1, +1]$
- lista de elementos para los cuales ha sido realizada la consolidación.

Si el valor del coeficiente de la conversión es igual a “+1” eso significa que los cuadrángulos serán creados a base de los elementos triangulares en todos los sitios posibles de la zona seleccionada (pero eso puede llevar a una generación de cuadrángulos de formas incorrectas y en consecuencia de un mal acondicionamiento del sistema de ecuaciones). Si el valor “-1” está tomado como el parámetro de ponderación, en el mallado de elementos finitos, la conversión de triángulos en cuadrángulos será efectuada solamente para los triángulos que crearán elementos en forma de un cuadrángulo.

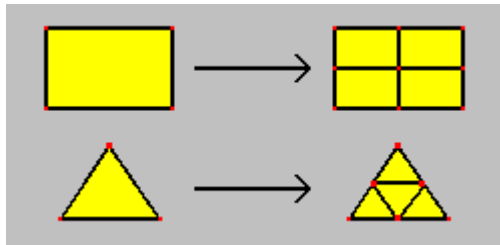
La aplicación de la opción REFINAMIENTO provoca el aumento de la densidad del mallado de elementos finitos en la zona seleccionada por el usuario. La malla de elementos cuadrangulares es dividida en unos elementos más pequeños triangulares o cuadrangulares según los parámetros adoptados. Para refinar la malla de elementos finitos hay que:

- seleccionar el tipo de consolidación
- definir la lista de elementos, para los cuales será realizada la consolidación.

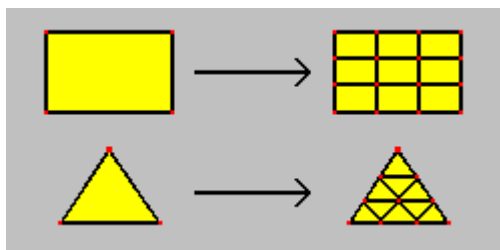
En el programa hay tres tipos de consolidación:



Simple – los bordes de los elementos finitos no serán divididos



Doble – cada borde del elemento finito será dividido en dos partes



Triple - cada borde del elemento finito será dividido en tres partes

En los dos cuadros de diálogo, la opción *Inmovilizar la malla EF para los paneles modificados* está disponible.

Esta opción, si es activada, posibilita la inmovilización de la malla de elementos finitos generada para los paneles seleccionados. Eso significa que durante la preparación de la estructura para los cálculos (generación del modelo de cálculo de la estructura), la malla de elementos finitos no será modificada.

Si se activa la opción, durante la preparación de la estructura para los cálculos, la malla de elementos finitos puede ser modificada para el panel seleccionado; y entonces se aplicarán los parámetros de generación de la malla de elementos finitos definidos en el cuadro de diálogo **Opciones para la generación de la malla EF**.

Un clic en el icono *Calidad del mallado*  en la barra de herramientas abierta con el icono *Opción de generación de malla de elementos finitos*, permite evaluar la calidad de la malla de elementos finitos para los paneles seleccionados.

Cada elemento posee un coeficiente de proporción que define la calidad de su mallado, eso quiere decir que indica si el elemento está bien o mal parametrizado. El coeficiente está incluido en el intervalo (0,1), en el que 1 describe el elemento de tipo cuadrado o triangular equilátero. Los valores más pequeños son tomados por los elementos parametrizados de una manera peor, es decir, estos cuya geometría difiere de un cuadrado o un triángulo equilátero. Para los paneles seleccionados, dos coeficientes son verificados de una manera global:

- Q1 – coeficiente ponderado que toma en consideración la importancia del elemento relacionado con su área de superficie (cuando más grande es el área de superficie del elemento, más grande es el peso de su calidad en el coeficiente global)
- Q2 – toma en consideración el número de triángulos “buenos” y “malos” sin acordar la importancia de su peso.

Los valores de dos elementos son incluidos en el intervalo (0,1). Si el coeficiente es próximo al valor 1, esto significa que la calidad del mallado es buena y cuando el coeficiente es próximo a 0, el mallado no es satisfactorio. El coeficiente Q1 bajo significa que el mallado contiene unos elementos superficiales grandes y mal parametrizados. En cambio, un valor bajo del coeficiente Q2 indica que los elementos mal parametrizados son numerosos en relación con el número total de elementos. Al mismo tiempo, se pueden encontrar los elementos en los que el coeficiente de proporción es más bajo que un cierto valor (el campo *Precisión* en el cuadro de diálogo **Calidad del mallado**).

Espesor del Panel

Para asignar un espesor a los paneles definidos, hay que efectuar una de las siguientes operaciones:

- tipo de espesor en el cuadro de diálogo **Paneles**, en el campo **Características**
- en el menú, seleccione el comando **Estructura/Características/Espesor**
- en la barra de herramientas **Definición de la Estructura**, seleccione el icono 
- pase al esquema de CARACTERISTICAS - este esquema está sólo disponible para los tipos de la estructura siguientes: placa y lámina.

El cuadro de diálogo **Nuevo espesor** se compone de dos pestañas: *Uniforme* y *Ortótropo*. En la pestaña *Uniforme* se pueden definir los siguientes parámetros:

- espesor:
 1. espesor **constante** con el valor en el campo *Esp*
 2. espesor **variable lineal** en la dirección de la línea seleccionada (parámetros definidos en el campo de edición relativos a los puntos P1 y P2)
 3. espesor **variable definido por un punto** en la dirección definida por el punto seleccionado (parámetros definidos en el campo de edición relativos a los puntos P1, P2 y P3)
- valor del coeficiente KZ – coeficiente de elasticidad del apoyo
- material.

En la parte inferior del cuadro de diálogo, para ciertas normas de hormigón armado puede estar disponible la opción *Reducir el momento de inercia*; si se activa esta opción, esto permite reducir los elementos de matriz de inercia en flexión. NOTA: La reducción no influye en la rigidez de membrana (compresión, tracción) y en las fuerzas transversales. Los elementos de la matriz de flexión para los elementos finitos se multiplican por el valor dado de coeficiente de reducción.

La reducción de los momentos de inercia para las secciones de hormigón armado se utiliza en los cálculos estáticos para considerar el impacto de la fisuración de las secciones. Este método se admite, entre otros, en las normas estadounidenses (UBC 1997, punto 1910.11.1 o ACI 318-95 p.10.11.1). A continuación encontrará un ejemplo de valores de reducción según ACI:

- muros no fisurados $0,70 \cdot I_g$
- muros fisurados $0,35 \cdot I_g$
- losas planas $0,25 \cdot I_g$

Además, para cada dirección, se puede definir el distanciamiento de la placa/lámina del suelo. La opción es accesible solamente cuando se define el coeficiente de elasticidad del suelo.

Hay tres posibilidades:

- Ningún – el distanciamiento no tendrá lugar
- “+” - el distanciamiento será efectuado en la dirección conforme con el sentido del eje (por ejemplo UX+)
- “-“ - el distanciamiento será efectuado en la dirección inversa al sentido del eje (por ejemplo, UZ-).

Las opciones que están disponibles en la pestaña *Ortótropo* sirven para tomar en consideración la ortotropía estructural de las placas y láminas. La ortotropía toma en consideración las diferencias de rigidez en las direcciones perpendiculares, pero en cambio, no tiene en cuenta la heterogeneidad del material. Toda la heterogeneidad geométrica es tenida en cuenta por las matrices de rigidez de los elementos. La placa que posee este espesor hay que tratarla como una estructura con espesor equivalente que posee las rigideces diferentes en las direcciones perpendiculares.

NOTA: *La variación local de la rigidez de los nervios no se tiene en cuenta, la geometría precisa no se presenta en la pantalla y no es tomada en consideración al calcular el armado.*

En el cuadro de diálogo de definición de tipo de espesor ortótropa se encuentran las siguientes opciones:

- el botón **Dirección** – un clic en este botón abre el cuadro de diálogo **Selección de la dirección principal**, en el cual se puede definir la dirección principal de la ortotropía
- lista desplegable que contiene los tipos de geometría predefinidos de una placa (rigidizadores, piso alveolar, emparillado, ortotropía del material). Se puede también definir las matrices de ortotropía después de la selección de tipo de geometría de la placa. Se abren los respectivos campos de edición y se puede definir las dimensiones de la placa.
- La tecla **Mostrar** o **Definir**, abre un nuevo cuadro de diálogo **Matrices de rigidez**
- La opción *Espesor equivalente* – después de su activación son accesibles los campos de edición que permiten la definición de los espesores *Esp.*, *Esp 1*, *Esp 2*. El espesor equivalente *Esp* sirve para calcular el peso propio de la placa. Los espesores *Esp*, *Esp1* y *Esp2* sirven para la definición de los espesores equivalentes utilizados al calcular las cargas térmicas. Estos espesores son calculados automáticamente a base de los parámetros geométricos de la placa.

NOTA: *El cálculo de armadura para este tipo de placas no dará resultados correctos. Por eso habrá que introducir un algoritmo de armadura de placas que toma en consideración la sección en I simétricas o asimétricas. Entonces los cálculos de armadura para este tipo de placas serán efectuados de la misma manera que para la placa uniforme de sección constante*

Un clic en el botón **Elasticidad del suelo** abre el cuadro de diálogo **Suelos constructivos – cálculo del coeficiente K**, este cuadro de diálogo sirve como una calculadora para el cálculo del valor del coeficiente de elasticidad del suelo K para el suelo estratificado.

Del mismo modo que en el cuadro de diálogo de definición de las barras, apoyos etc. el proceso de definición de un espesor se dividirá en dos etapas:

- Definición del tipo de espesor del elemento finito 2D (panel)
- Aplicación del espesor a los paneles

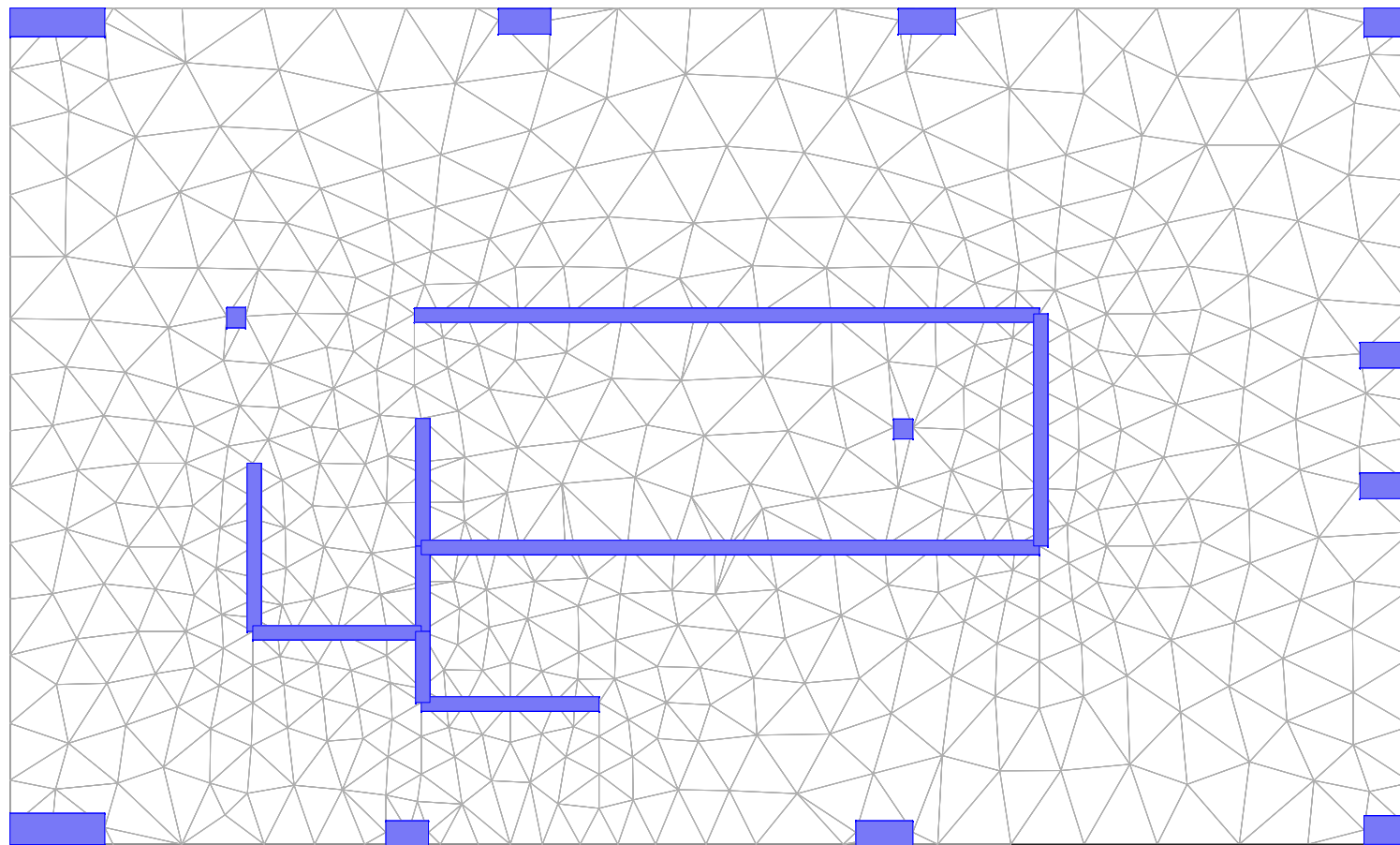
Para eliminar un tipo de espesor aplicado a un panel que forma parte de la estructura, hay que utilizar el espesor cero (icono ELIMINAR), siempre presente la lista activa en el cuadro de diálogo **Espesor EF**. El espesor cero no puede ser modificado; el proceso de su aplicación es igual al proceso de aplicar los espesores reales.

Después de la aplicación de un espesor, su símbolo es mostrado en la pantalla gráfica.

FIUBA 74.11 y 94.09

⋮
⋮

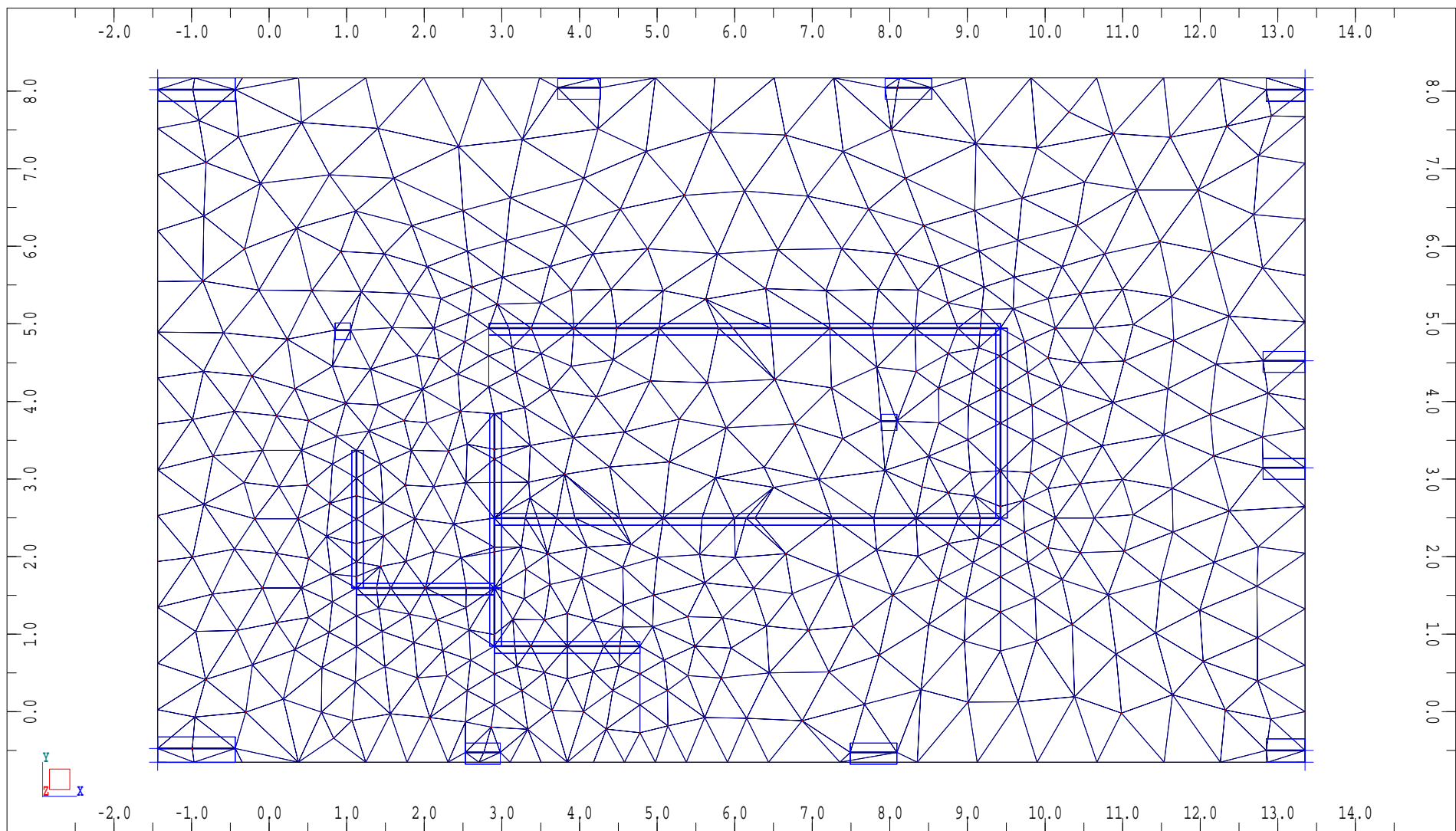
obra: **platea, geometría 2D de columnas S/platea**



FIUBA 74.11 y 94.09

...

obra: **platea, geometría 2D columnas en nodos y mallado de elementos finitos c/emisores y celdas de tamaño variables**



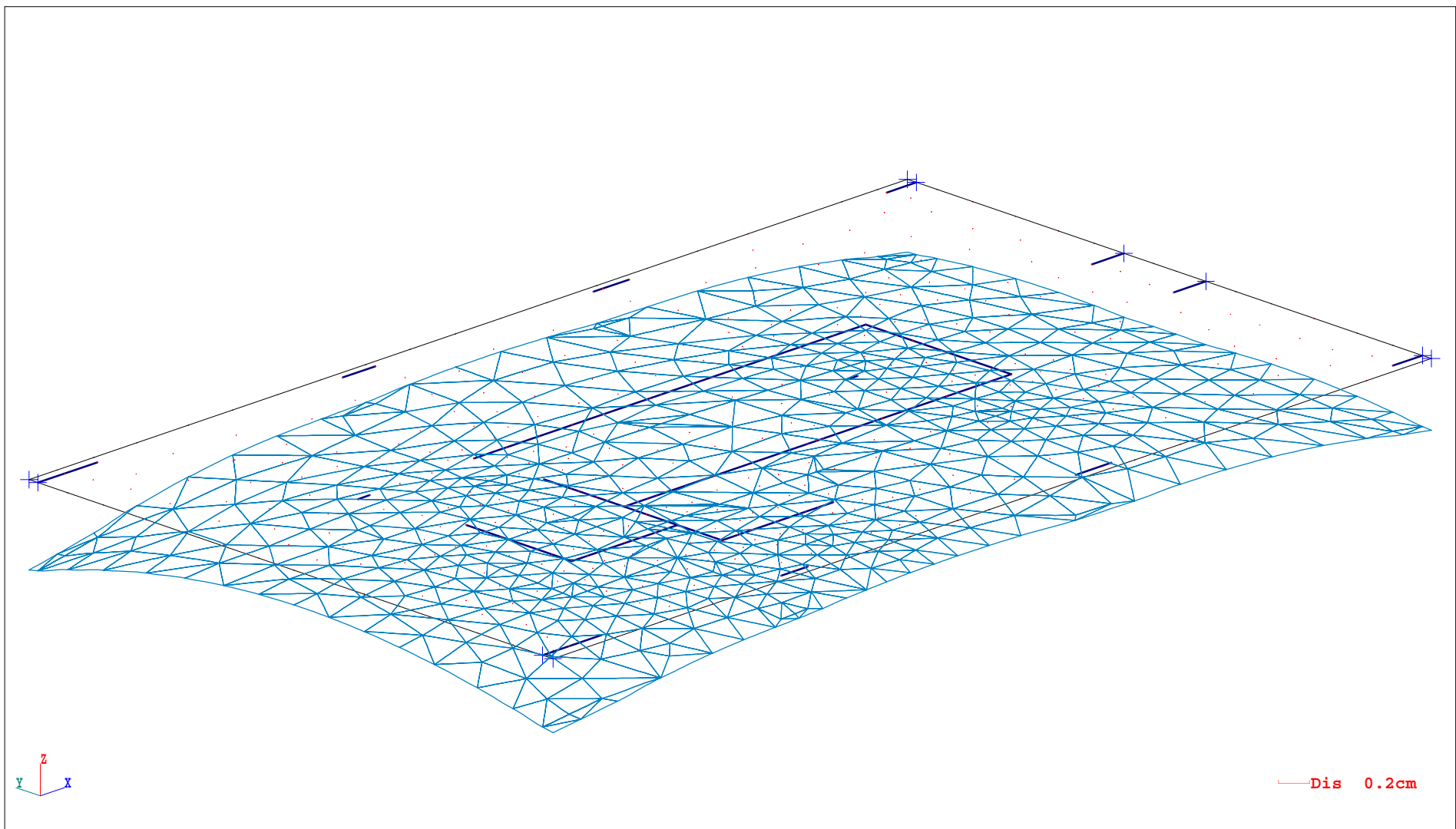
Fecha : 27/06/02

ROBOT 97 v 13.0.3 - File: **Pla1.rtd**

FIUBA 74.11 y 94.09

:
:

obra: platea, estado de carga: g+p, isolíneas de descensos



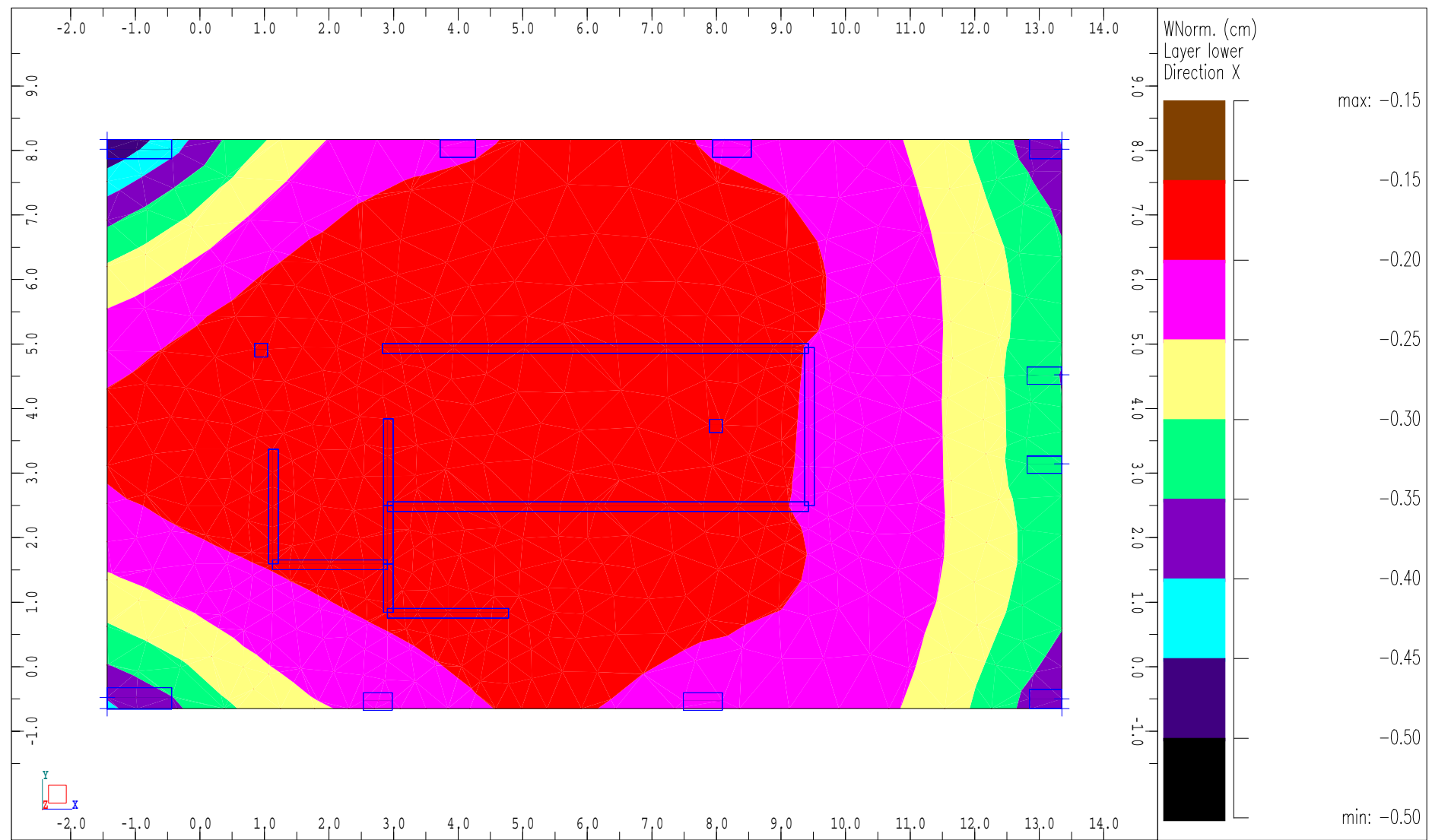
Fecha : 27/06/02

ROBOT 97 v 13.0.3 - File: **Pla1.rtd**

FIUBA 74.11 y 94.09

...

obra: platea, estado de carga: g+p; isosuperficies de descensos



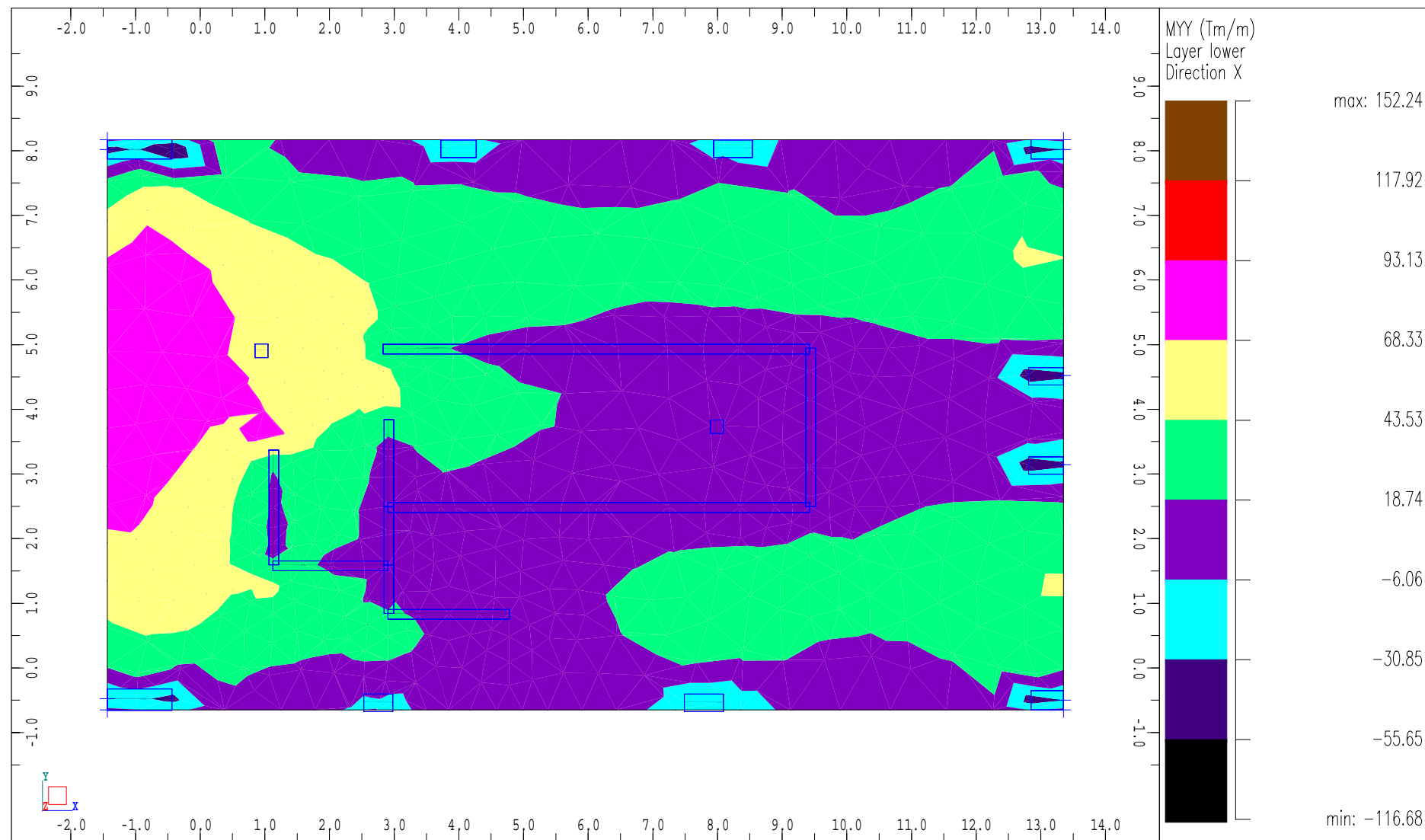
Fecha : 27/06/02

ROBOT 97 v 13.0.3 - File: **Pla1.rtd**

FIUBA 74.11 y 94.09

...

obra: platea, MYY - estado de garga: g+p



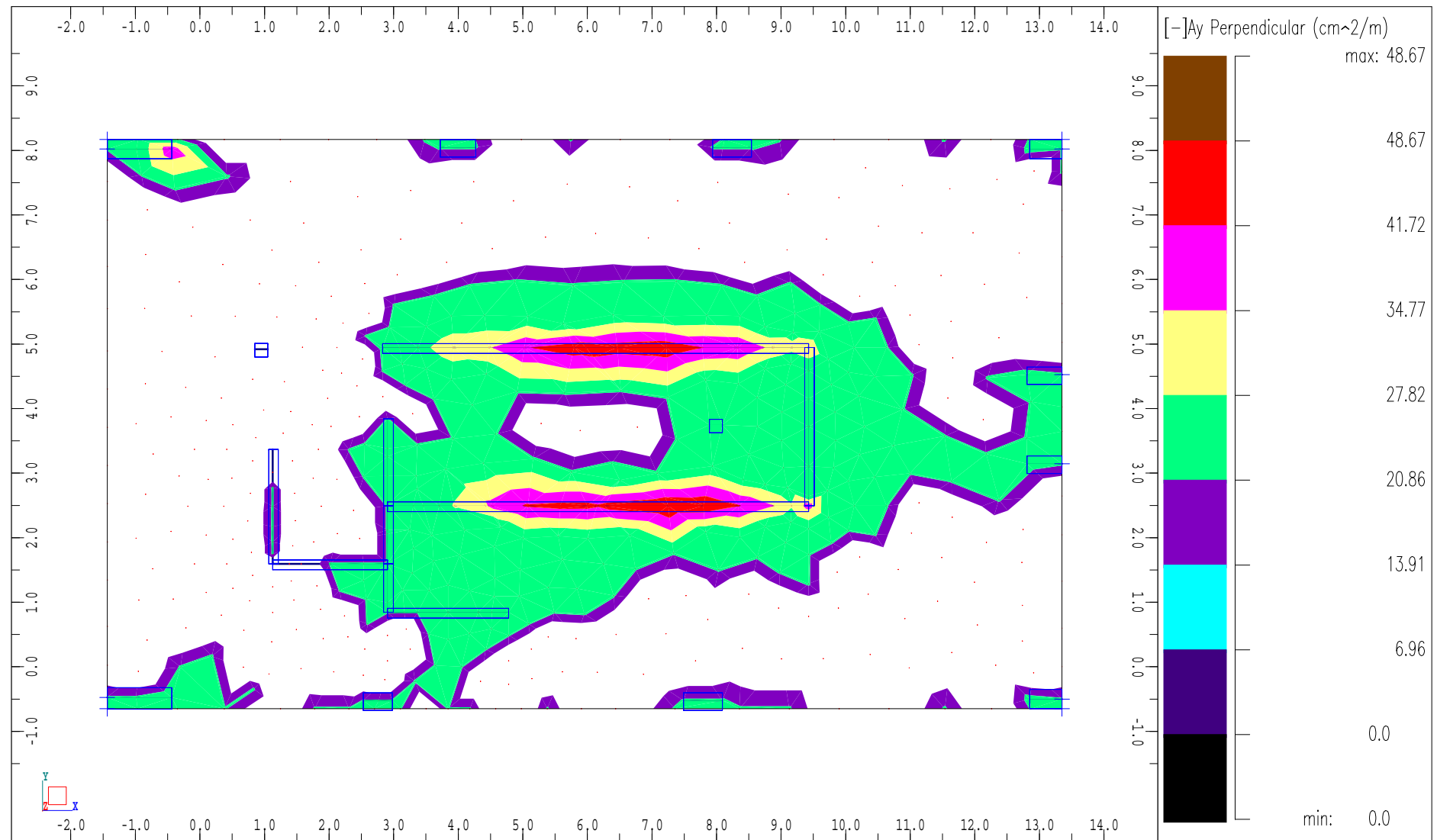
Fecha : 27/06/02

ROBOT 97 v 13.0.3 - File: **Pla1.rtd**

FIUBA 74.11 y 94.09

...

obra: platea, armado inferior (dirección y)



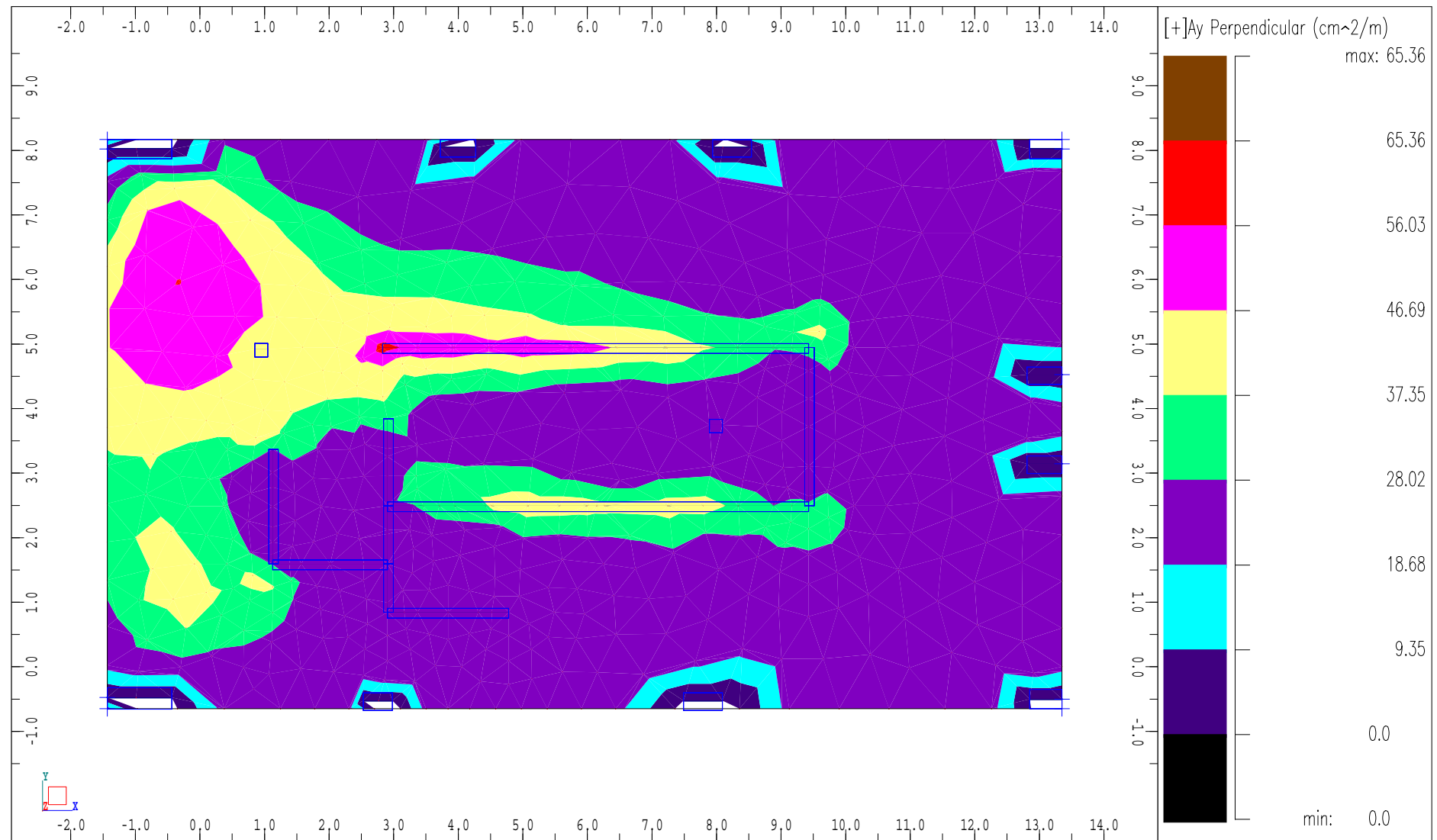
Fecha : 27/06/02

ROBOT 97 v 13.0.3 - File: **Pla1.rtd**

FIUBA 74.11 y 94.09

...

obra: platea, armado superior (dirección y)



Fecha : 27/06/02

ROBOT 97 v 13.0.3 - File: Pla1.rtd