

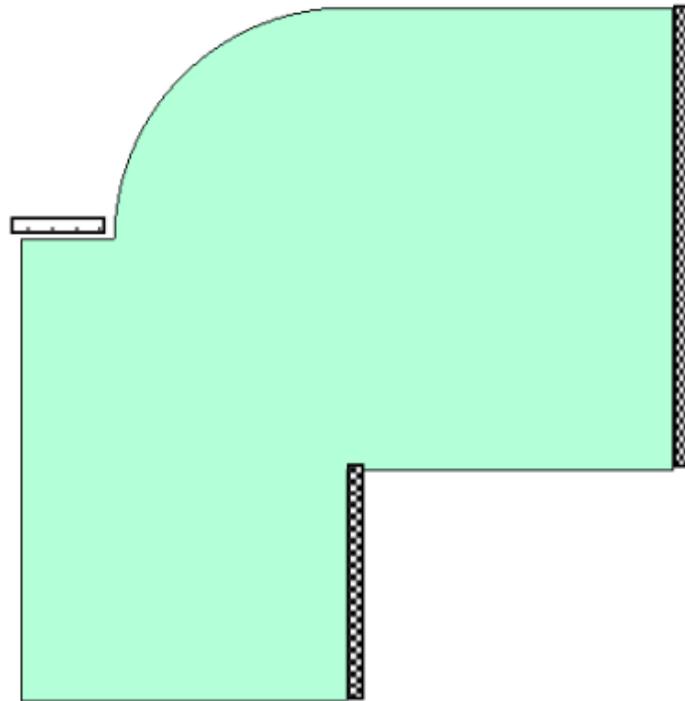
E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona



Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

INGENIERÍA DE LAS ESTRUCTURAS

# PROYECTO L-73



**JORGE PERTIERRA BRASA**

## **ÍNDICE:**

1.- MEMORIA: .....	2
1.1 Introducción: .....	2
1.2 Datos y geometría del problema: .....	2
1.3. Estudio de convergencia .....	3
1.4. Modelización y análisis tensional. ....	5
1.4.1. Carga límite .....	7
1.4.2. Peso propio. ....	10
1.5. Conclusiones .....	12

# 1.-MEMORIA:

## 1.1 Introducción:

El objeto de esta práctica es el aprender a manejar un software de cálculo de estructuras mediante el uso del Método de los Elementos Finitos. El software en cuestión es un programa llamado GiD que ha sido desarrollado en el CIMNE. Por todo lo anterior, se propone la resolución de un ejercicio de cálculo mediante el MEF para una placa.

En esta memoria, en primer lugar se planteará el ejercicio objeto de la práctica, posteriormente se mostrarán los resultados obtenidos con las aclaraciones que fuesen necesarias en forma gráfica o en tablas y finalmente se presentarán unas conclusiones.

## 1.2 Datos y geometría del problema:

Se pide calcular el valor máximo de la carga que satisface las restricciones que se indican a continuación:

- 1) Las tracciones máximas en cualquier punto no deben superar los 30 MPa.
- 2) Las compresiones máximas en cualquier punto no deben superar los 30 MPa.
- 3) Tomar los valores de E y  $\nu$  de un hormigón estándar.
- 4) El espesor de la placa es de 0.20 m.

La figura que se muestra a continuación (Figura1) representa la placa plana de hormigón armado sujeta a una carga uniformemente repartida y con las condiciones de apoyo indicadas.

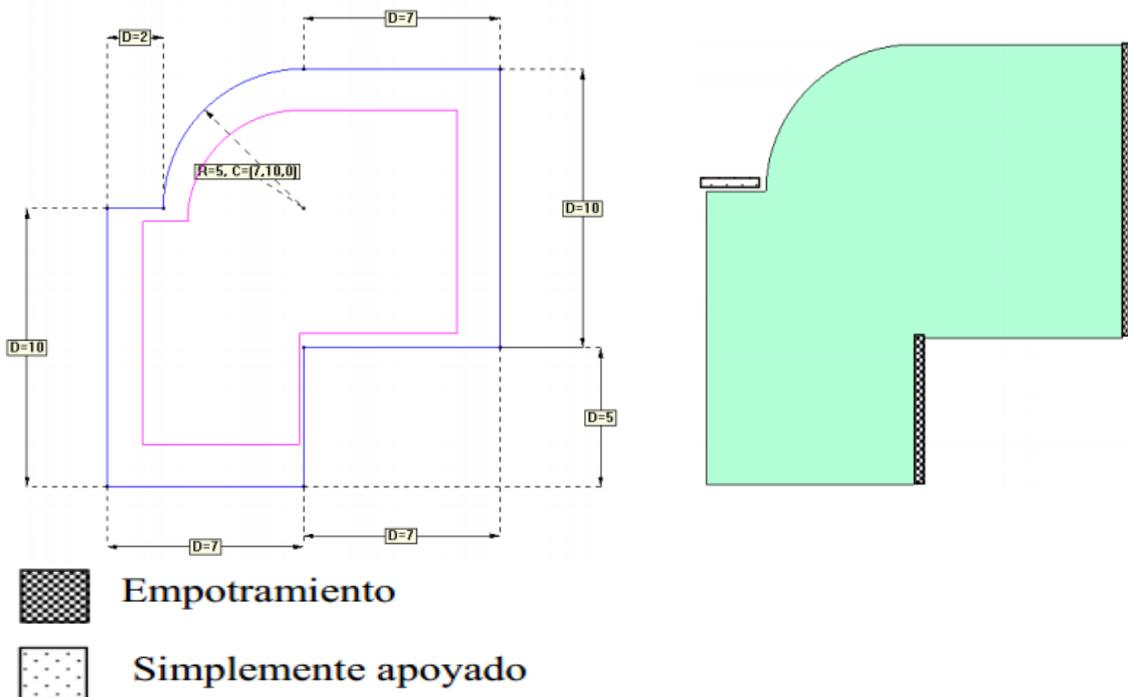


Figura 1: Geometría y apoyos de la placa.

El análisis debe de hacerse en dos situaciones de carga:

- a) *Peso propio.*
- b) *Peso propio + carga uniforme.*

### **1.3. Estudio de convergencia**

Para la elección del tipo de elementos y tamaño de la malla con los que realizar el análisis tensional de la placa, se realiza un estudio de convergencia del valor de la deflexión máxima según el eje Z frente al nº de grados de libertad. Este estudio de convergencia se realiza con diferentes elementos triangulares de 3 y 6 nodos.

Los resultados obtenidos se expresan en forma de tabla (Tabla 1) y posteriormente en forma de gráfica para apreciar mejor la convergencia (Figura 2).

	TAMAÑO	Nº NODOS	NºGDL	[Desp Z (m)]
TRIÁNGULOS (3nodos)	2,5	45	135	0,076172
	2,25	50	150	0,077547
	2	60	180	0,07538
	1,75	80	240	0,074194
	1,5	105	315	0,073832
	1,25	146	438	0,073685
	1	220	660	0,072648
	0,75	383	1149	0,072655
	0,5	800	2400	0,072931
	0,25	3127	9381	0,072968
	0,1	18731	56193	0,072983
TRIÁNGULOS (6nodos)	2,5	150	450	0,082919
	2,25	169	507	0,085367
	2	206	618	0,086357
	1,75	279	837	0,086916
	1,5	373	1119	0,087018
	1,25	528	1584	0,087438
	1	813	2439	0,08772
	0,75	1444	4332	0,087935
	0,5	3068	9204	0,087898
	0,25	12245	36735	0,087913
	0,1	74269	222807	-

Tabla 1: Estudio de convergencia.

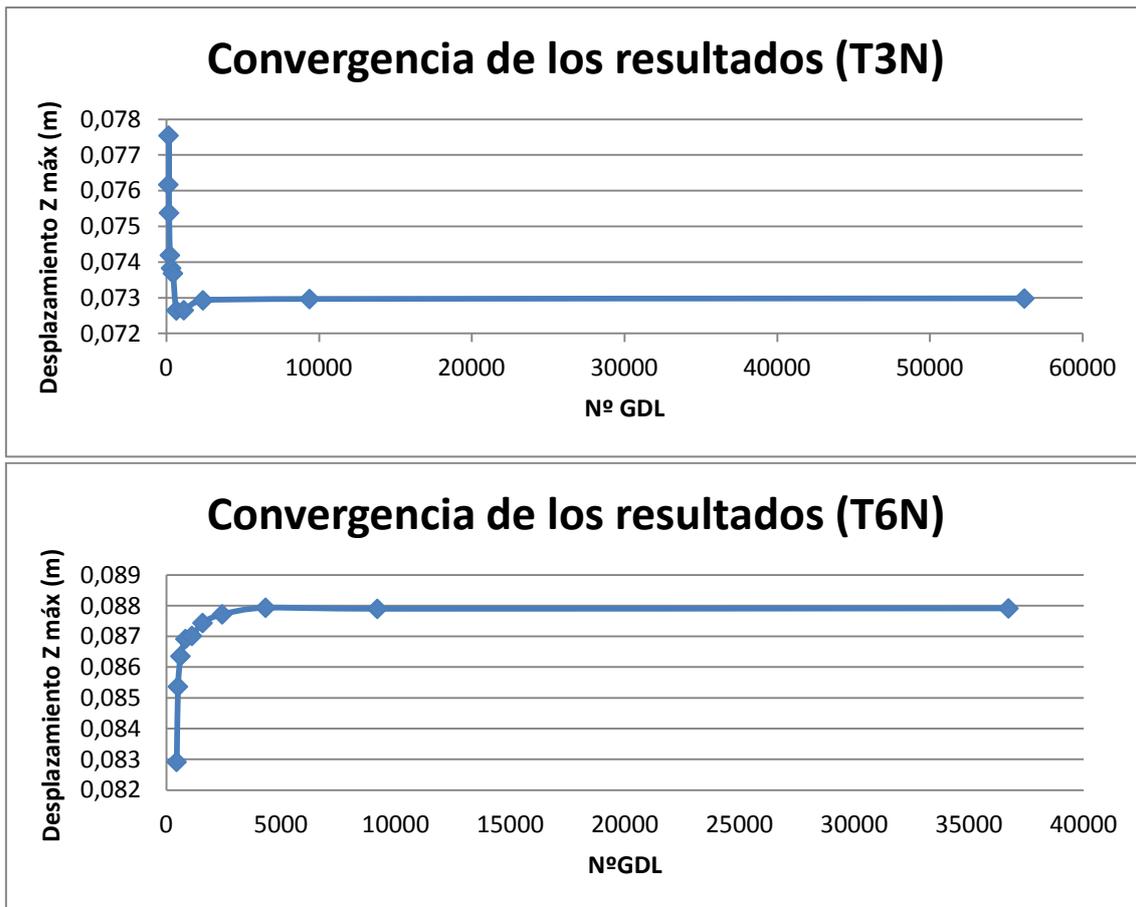


Figura 2: Estudio de convergencia

Podemos comprobar en la figura 2 que los resultados obtenidos con los 2 tipos de elementos son diferentes, esto se debe a que con los elementos triangulares de 6 nodos se tiene en cuenta el cortante y con el otro no, lo que provoca esa pequeña variación en los resultados de la deflexión máxima.

Si la placa se considerase delgada al usar elementos de 6 nodos aparecería un bloqueo por cortante y la deflexión máxima sería menor que con los elementos de 3 nodos. Como esto no ocurre, queda de manifiesto que la placa se puede considerar gruesa con la discretización efectuada y por este motivo se ha decidido optar por la discretización con elementos triangulares de 6 nodos.

De acuerdo con la gráfica de convergencia de los elementos triangulares de 6 nodos se observa que el valor del desplazamiento máximo en el eje Z se estabiliza para un valor de 0,0879 m que se corresponde con un tamaño de elementos de 0,75.

Por ello para el análisis del estado tensional de la placa utilizaremos una malla no estructurada de elementos triangulares de 6 nodos con un tamaño de 0,75.

A continuación se muestra una imagen de la discretización de nuestra placa para este tipo de elementos elegidos (Figura 3).

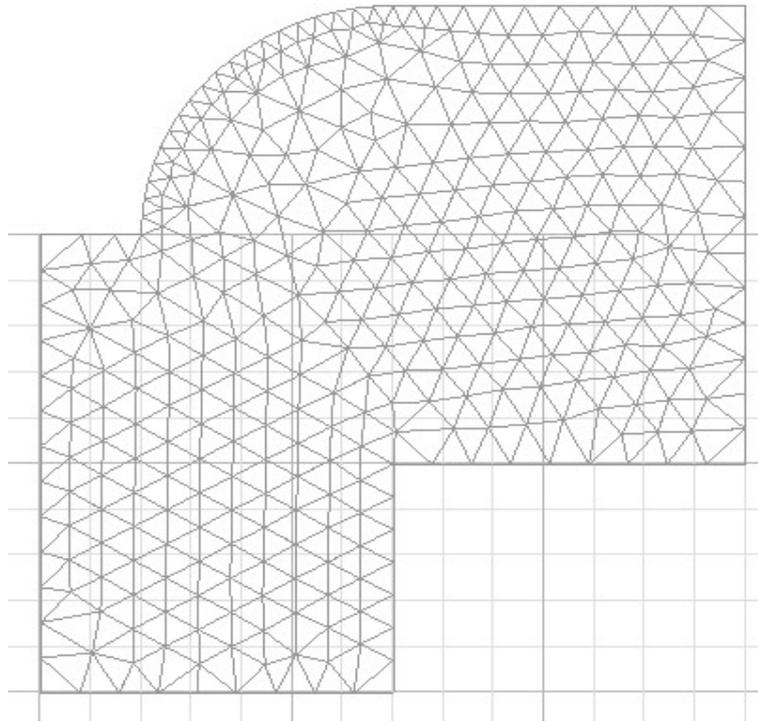


Figura 3: Mallado de la placa.

#### 1.4. Modelización y análisis tensional.

Con el tipo de mallado elegido se ha realizado el análisis tensional de la placa y en los resultados obtenidos se observa que se produce una concentración de tensiones en 2 puntos angulosos de nuestra placa. A continuación se muestra una imagen (Figura 4) en la que se puede observar este fenómeno.

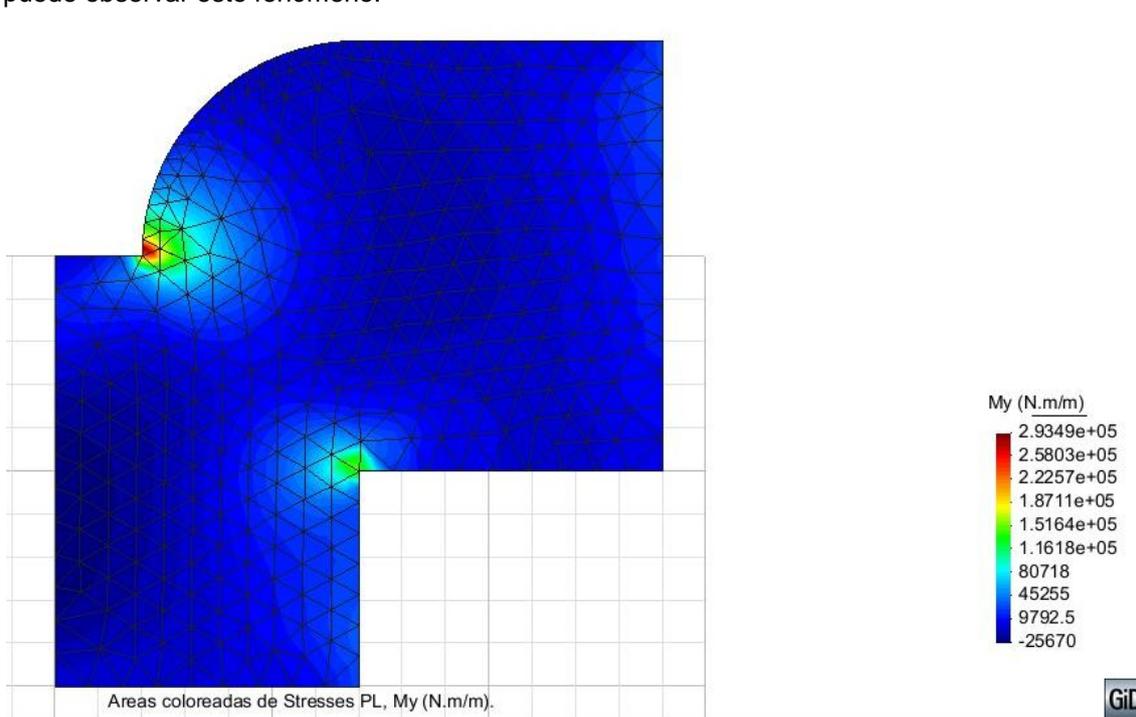


Figura 4: Mapa de isoáreas de Momentos respecto al eje y

Para evitar que se produzca esta situación se ha decidido suavizar estos 2 puntos angulosos de nuestra práctica para así obtener unos resultados más acordes con el comportamiento real de la estructura frente a las cargas indicadas. La mejor opción hubiera sido utilizar elementos más pequeños en estas zonas de concentración de tensiones pero por limitaciones técnicas con el ordenador al aumentar considerablemente el tiempo de cálculo, esta opción resulta imposible.

A continuación se muestra una imagen de la discretización de nuestra placa para el tipo de elementos elegidos anteriormente y habiéndose realizado un suavizado de los puntos angulosos de nuestra placa (Figura 5).

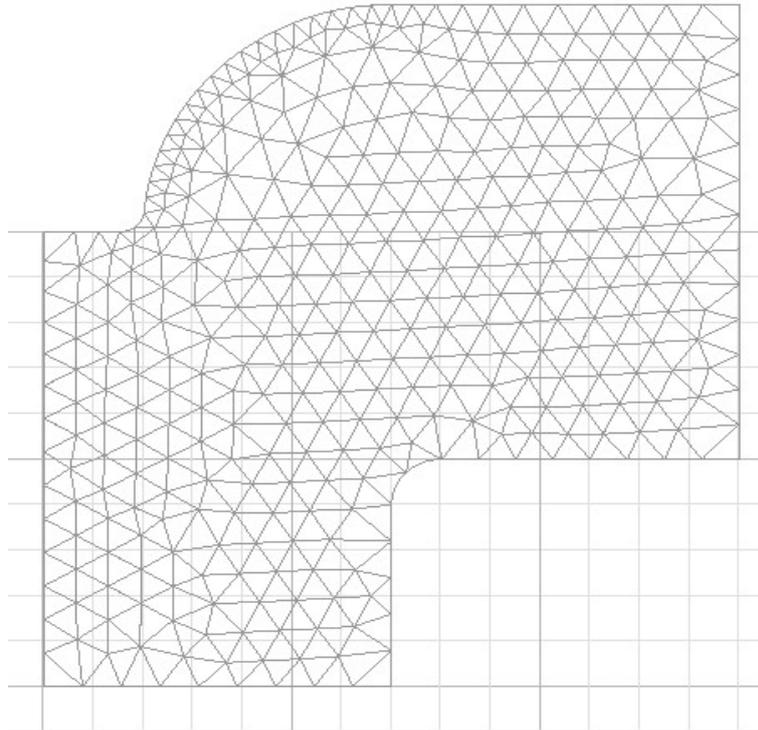
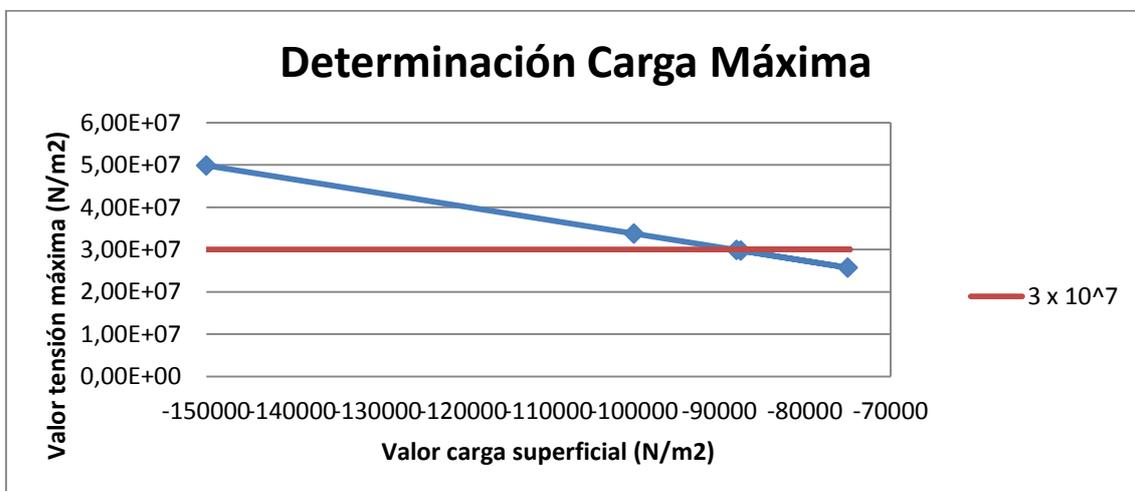


Figura 5: Mallado de la placa.

Como se indicó con anterioridad el objetivo final de la práctica es el calcular el valor máximo de la carga a la que se puede someter la placa sin superar unas determinadas restricciones. Para obtener este valor se han realizado iteraciones sucesivas y algunas de éstas se muestran en la siguiente gráfica:



Gráfica 1: Obtención de la carga máxima.

Como se puede observar en la gráfica la carga máxima a la que se puede someter la placa sin sobrepasar los  $3 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$  límite, es de  $88000 \text{ N/m}^2$  que nos da una tensión máxima de  $2,99 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ .

### 1.4.1. Carga límite

Una vez obtenido este valor límite de sobrecarga se realiza el análisis tensional de la placa sometida a la acción de esta carga más la de su peso propio.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en forma de gráficas:

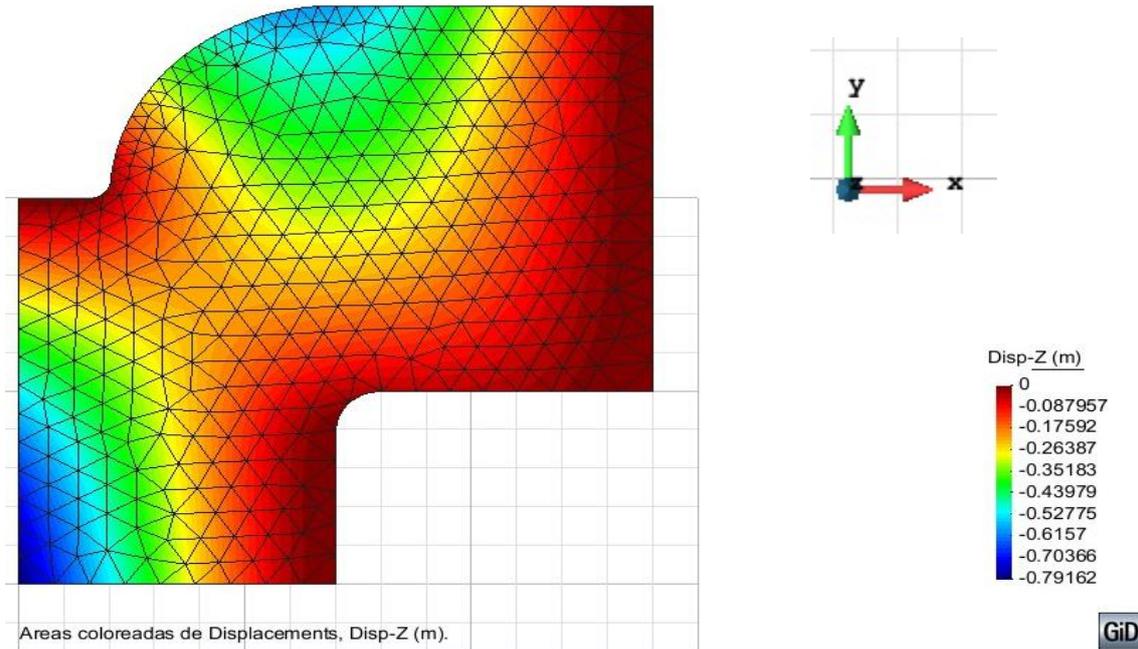


Figura 6: Mapa de isoáreas de desplazamiento en el eje Z.

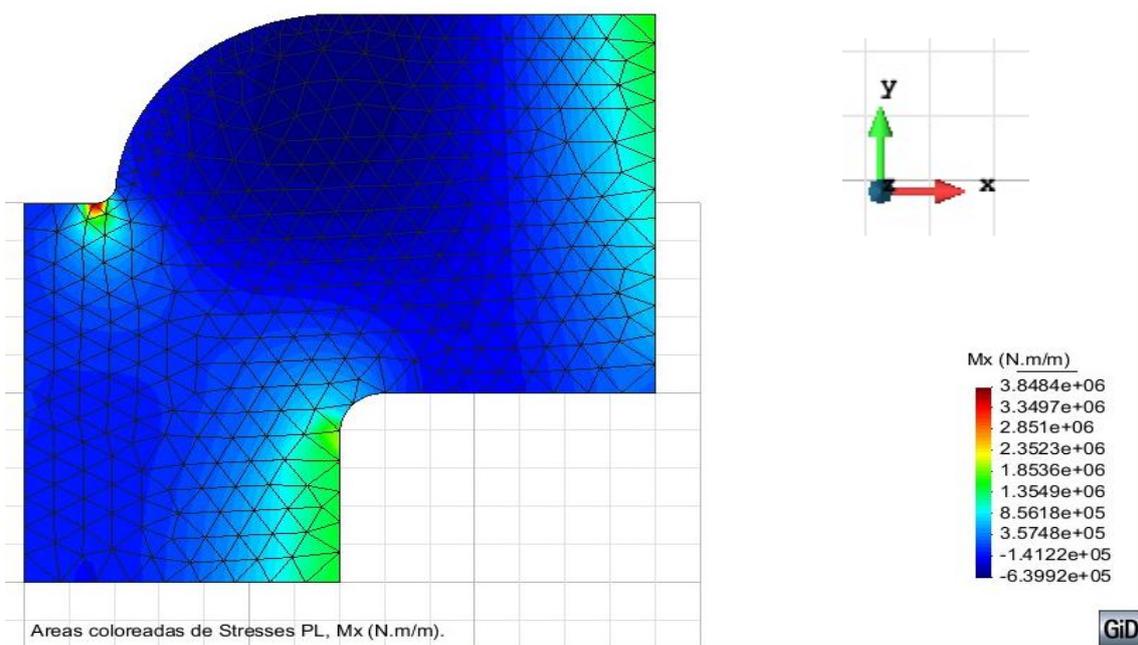


Figura 7: Mapa de isoáreas de Momentos respecto al eje X

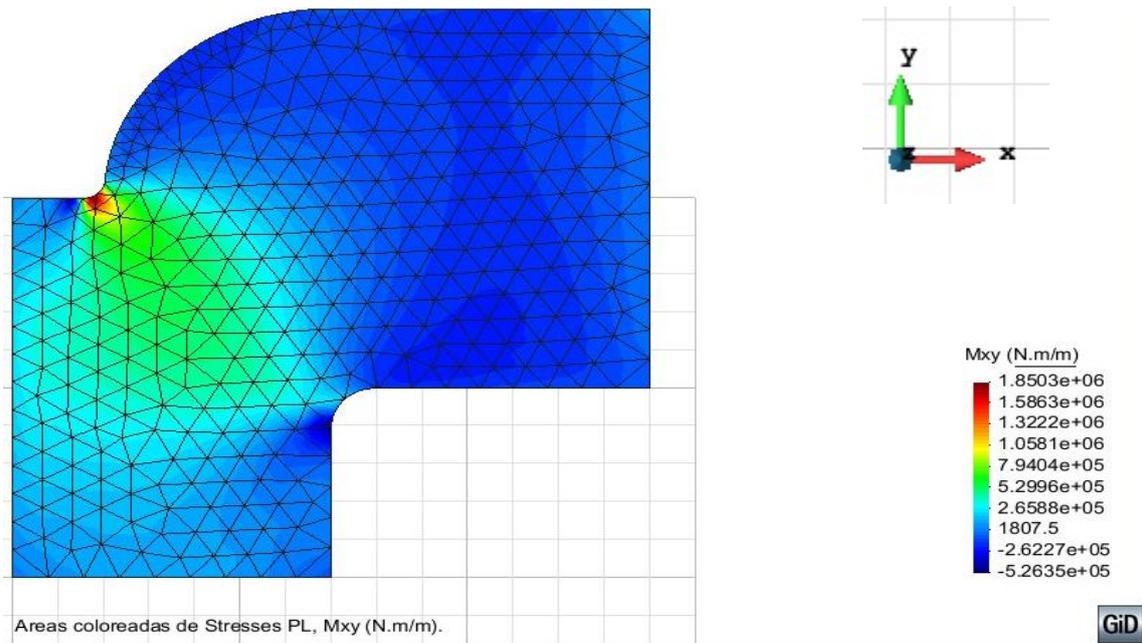


Figura 8: Mapa de isoáreas de Momentos respecto al eje XY

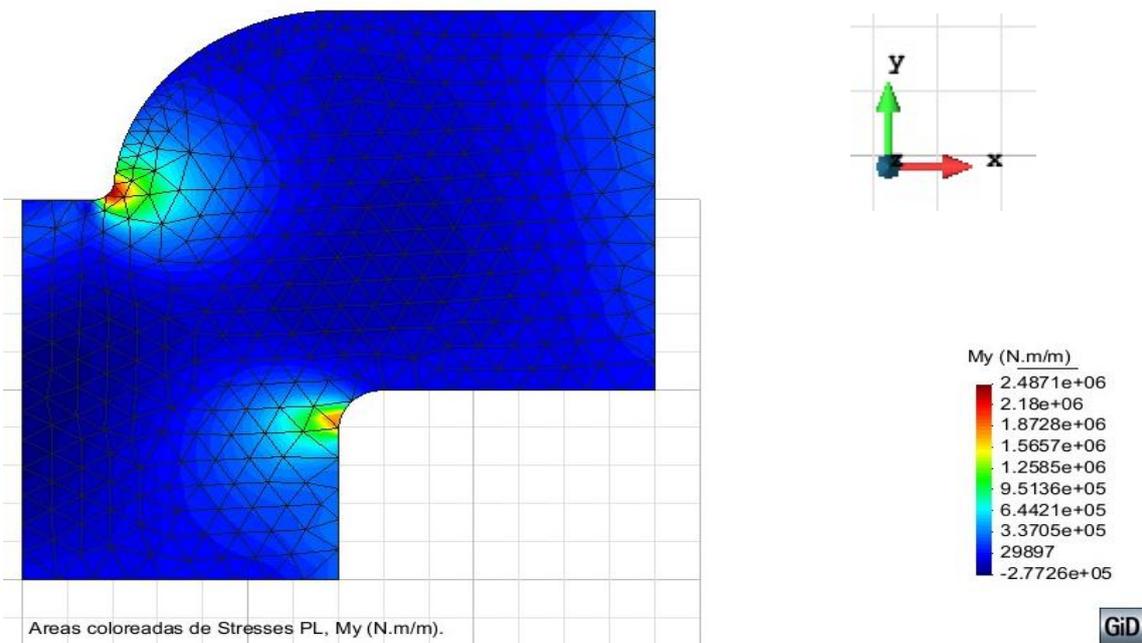


Figura 9: Mapa de isoáreas de Momentos respecto al eje Y

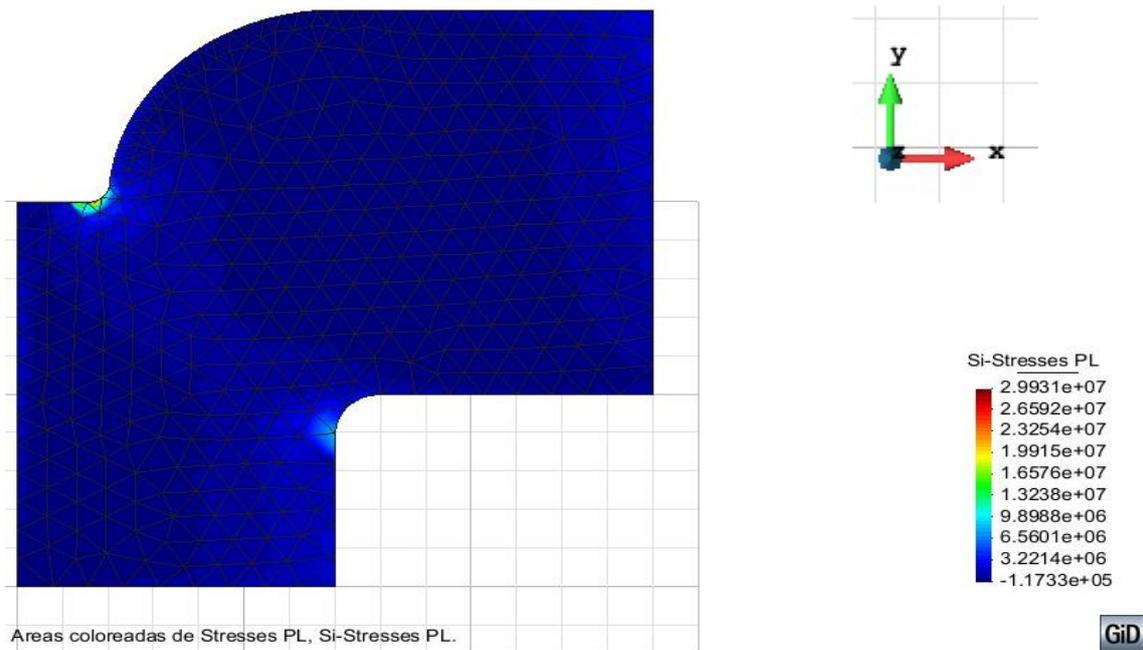


Figura 10: Mapa de isoáreas de Tensiones principales 1 ( $N/m^2$ ).

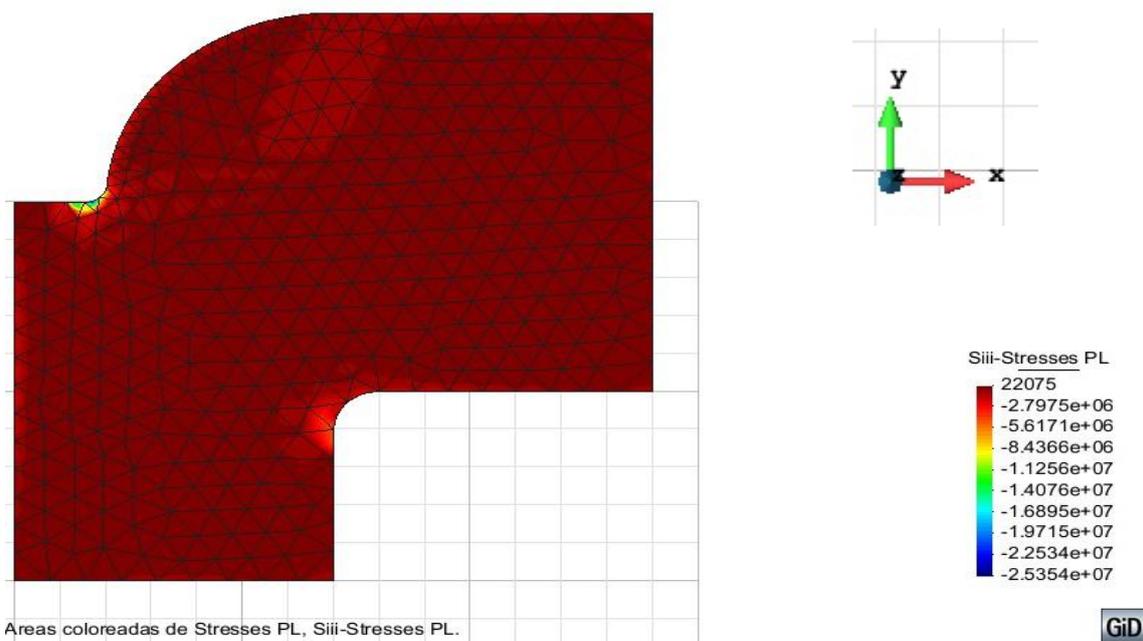


Figura 11: Mapa de isoáreas de Tensiones principales 3 ( $N/m^2$ ).

Como era de esperar los mayores desplazamientos verticales se encuentran en los puntos del borde de la placa más alejados de los apoyos siendo prácticamente nulos cerca de los apoyos.

En las gráficas de isoáreas de momentos se observa como aun se mantienen concentraciones de tensiones tras el suavizado de los puntos angulosos, pero los resultados al realizar el suavizado son mejores que si se trabajase con esquinas angulosas.

En las figuras 9 y10 se observan las tracciones y compresiones máximas a las que está sometida la placa en las condiciones de carga indicada y cómo ambas se encuentran dentro de los límites marcados por el problema.

En general los valores obtenidos son demasiado altos, no tiene sentido que en una placa de estas dimensiones obtengamos una flecha tan grande. Aunque sea un ejercicio teórico es importante señalar que estos valores no son para nada admisibles, como explico a continuación:

Según el Código Técnico de Edificación (CTE) la máxima flecha admisible para una placa de este tipo es de  $(2 \cdot L)/500$  lo que para las dimensiones de esta placa implica:

FLECHA MÁXIMA ADMISIBLE	
L=7m	0,028 m
L=10m	0,040 m

Por lo que se observa que la flecha de nuestra placa (0,79162 m) está muy por encima del valor máximo indicado por el CTE, con lo que en la práctica no sería admisible la utilización de esta placa para una edificación.

A continuación se va a realizar el análisis tensional de la placa sometida únicamente a peso propio para comprobar si en esta situación de carga la flecha obtenida es admisible.

#### **1.4.2. Peso propio.**

A continuación se muestran los resultados obtenidos en forma de gráficas:

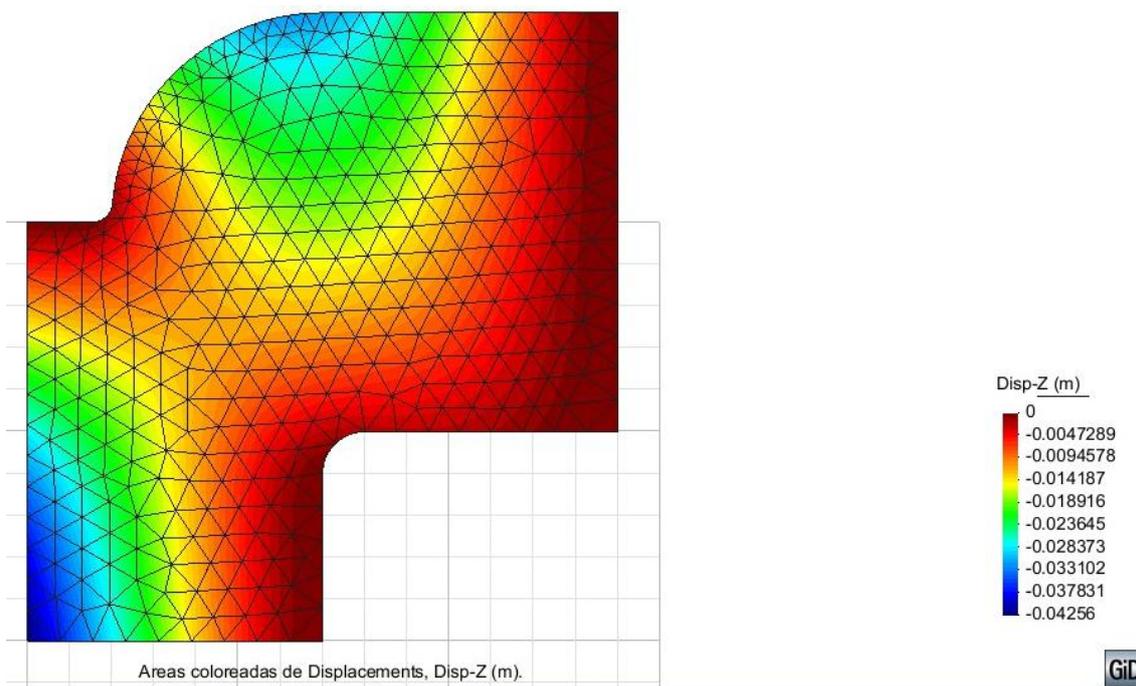


Figura 12: Mapa de isoáreas de desplazamiento en el eje Z.

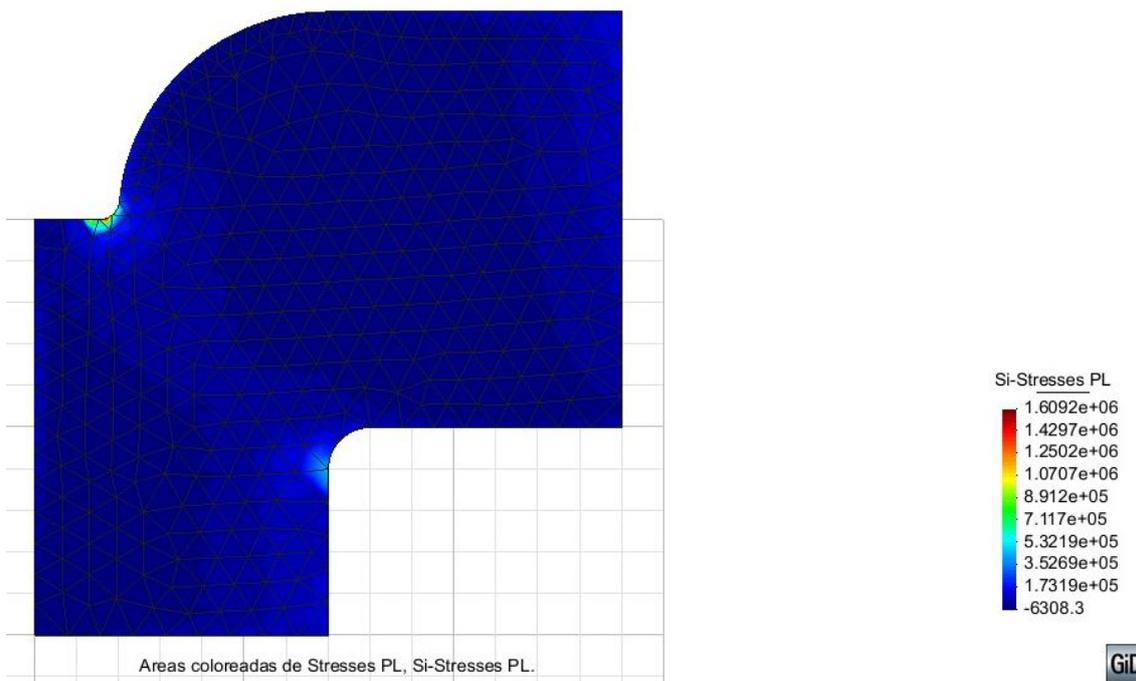


Figura 13: Mapa de isoáreas de Tensiones principales 1 ( $N/m^2$ ).

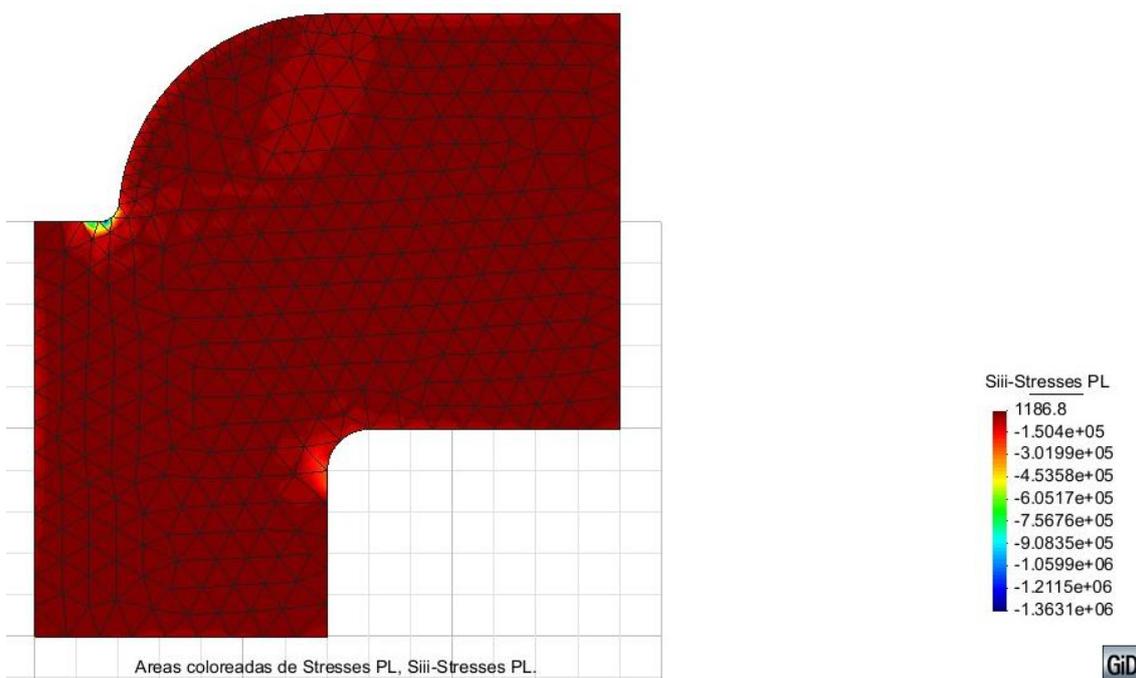


Figura 14: Mapa de isoáreas de Tensiones principales 3 ( $N/m^2$ ).

Las tensiones de tracción y compresión se reducen mucho en caso de no aplicar la carga anteriormente calculada aunque la distribución de las isoáreas es similar a la que se encontraba anteriormente.

La flecha máxima obtenida con sólo el peso propio se reduce también considerablemente quedándose en 0,04256 m.

Como ocurría anteriormente, en este caso la flecha obtenida es también mayor que la máxima flecha admisible según el Código Técnico de Edificación.

## **1.5. Conclusiones**

La carga máxima obtenida que satisfaga unas determinadas restricciones en tensiones de tracción y compresión arroja unos resultados demasiado elevados, especialmente respecto a la flecha máxima obtenida en la placa ya que ésta es varias veces superior a la máxima flecha admisible por el Código Técnico de Edificación.

Si se realiza el análisis tensional sin sobrecarga, es decir con sólo el peso propio, la flecha máxima obtenida en la placa es también superior a la máxima flecha admisible por el CTE.

En definitiva, para conseguir unos resultados admisibles con una placa con esta misma geometría sería necesario aumentar el espesor de la misma para poder obtener unos valores de flecha máxima admisibles según el CTE.