



# Prácticas de curso

Ingeniería de Estructuras

Jordi Rofes Ruiz  
17/05/2015

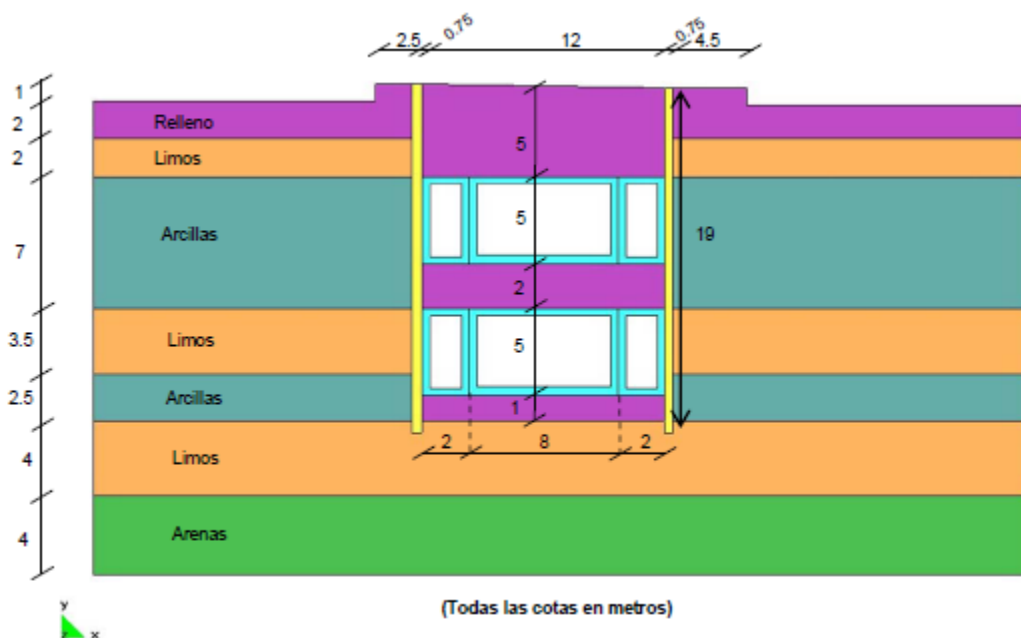
## Problema DP-1

La planificación de la obra de la figura contempla la construcción de unas pantallas de hormigón de 0.75 m. de espesor y la excavación con apuntalamiento del suelo comprendido entre ellas que no permite ninguna deformación del terreno. Posteriormente se colocarán dos intercambiadores de hormigón prefabricado en el hueco.

Se pide dimensionar el espesor de las paredes de hormigón de los intercambiadores, que deben ser iguales, para soportar tanto las tensiones horizontales producidas por el terreno cuando se quiten los puntales como las tensiones verticales producidas por el relleno y el peso propio de los mismos intercambiadores. Supóngase un terreno saturado con comportamiento lineal y los siguientes condicionantes de diseño:

1-La tensión máxima a compresión/tracción en cualquier punto del intercambiador no debe ser superior a 30/26 MPa.

2- Por cuestiones constructivas, el espesor de las paredes debe ser mayor de 15 cm.



Después de leer el enunciado decidimos que se trata de un problema de tipo deformación plana ya que en el eje  $z$ , profundidad del túnel, no se producen deformaciones o estas son constantes.

Una vez se ha decidido que tipo de problema es, empezamos a definir la geometría en GID, para hacer mas eficiente el calculo, es decir tener el menor coste computacional con resultados coherentes, se decide cortar la figura por su eje de simetría vertical y quedar-nos con la parte de la izquierda como se observa en la imagen a continuación.

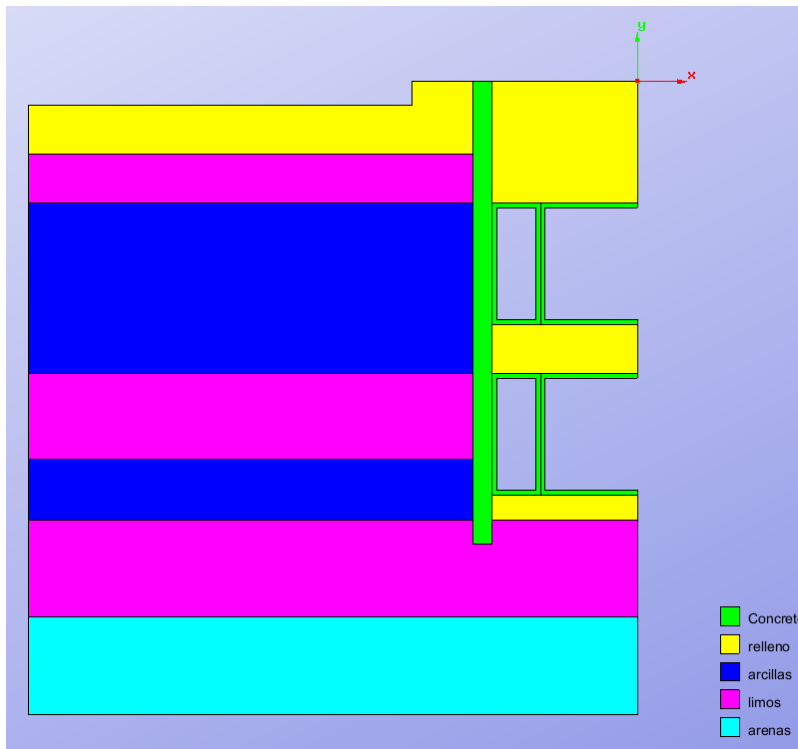


Imagen1. Definición geometría simétrica

Además resaltar que el espesor elegido para la sección de los intercambiadores es de 0.2 metros. Se ha escogido este valor debido a que se no indica que el mínimo ha de ser 0.15 m y por seguridad he decidido aumentar en 5 cm el espesor.

El tema cargas es sencillo, ante la ausencia de cargas externas solamente se han definido como cargas el peso propio seleccionando la opción en GID.

Por último antes del mallado se han definido las restricciones. La parte de abajo se ha empotrado, se han bloqueado los desplazamientos tanto verticales como horizontales. En cambio en los límites laterales solo se ha impedido el desplazamiento vertical en el margen izquierdo, para el margen derecho además se ha bloqueado el giro como causa de la simetría.

El siguiente proceso era el de mallado. La malla más grande debería tener como mucho el tamaño del elemento igual al canto más pequeño. En este caso la sección mas pequeña era la de los intercambiadores 0.2m pero por problemática con el ordenador la malla mas fina que me ha dejado calcular ha sido la nombrada anteriormente. Al final se ha hecho el análisis de convergencia con tres tamaños de malla: 0.2, 0.5 0.75. Los elementos utilizados han sido elementos triangulares de 3 nodos.

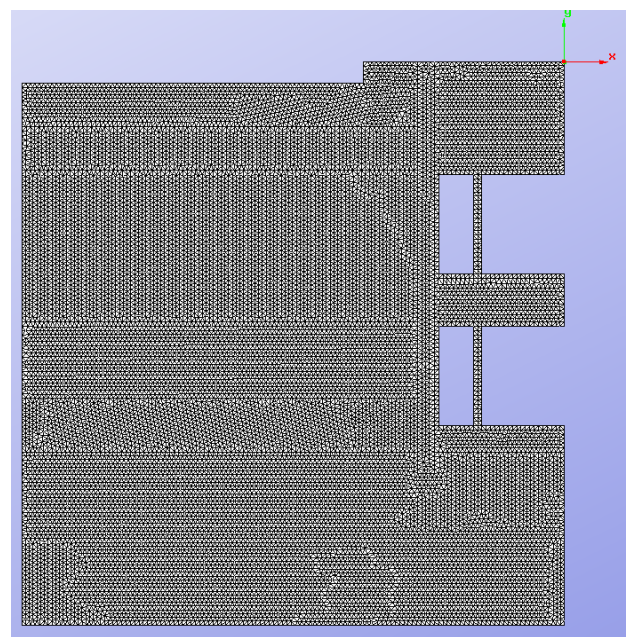


Imagen2. Ejemplo de mallado

A continuación se muestra la tabla de resultados obtenidos en función del número de nodos. En ella se muestra los valores máximos de flecha y tensiones de tracción/compresión. Recordar que las tensiones no pueden superar los 30 MPa a compresión y 26 MPa a tracción. En los resultados se observa que los valores se quedan muy alejados de los máximos.

tamaño malla	nodos	eq	flecha [m]	tracción [Pa]	compresión [Pa]
0,2	16701	33063		9,53E+006	1,49E+007
0,5	2800	5456		7,59E+006	5,20E+006
0,75	1279	2455		3,28E+006	9,35E+006

Para terminar se comentaran varias capturas de la situación de la tensiones y flechas máximas.

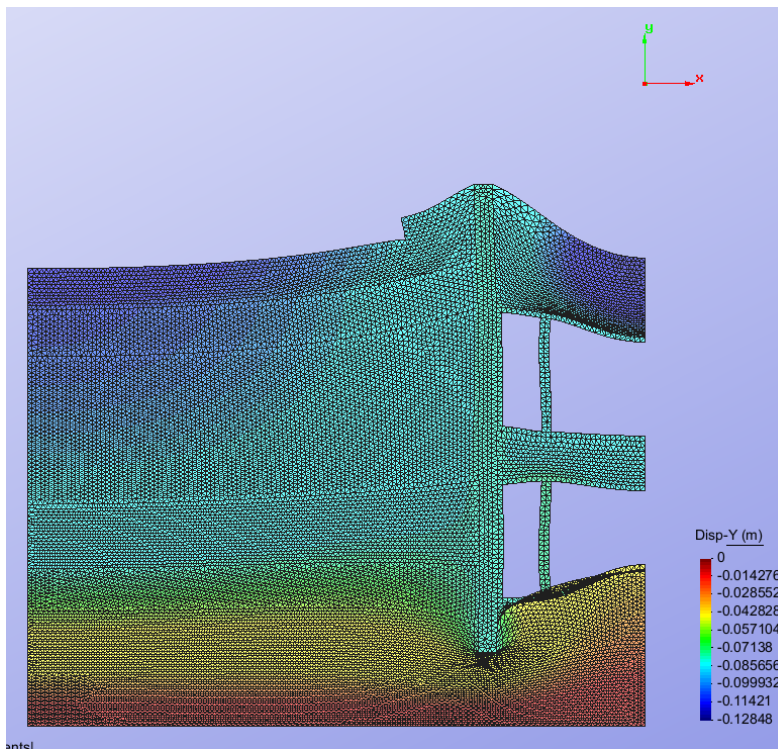
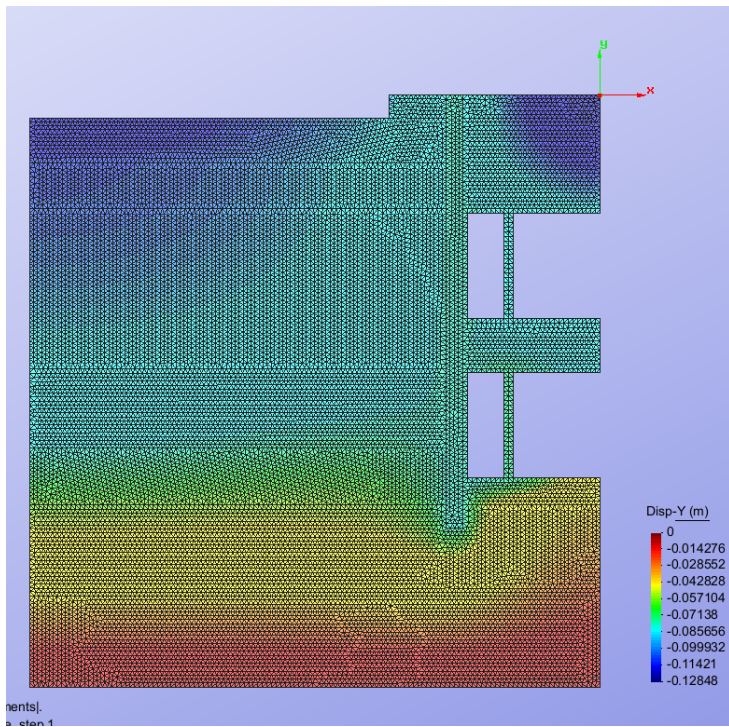


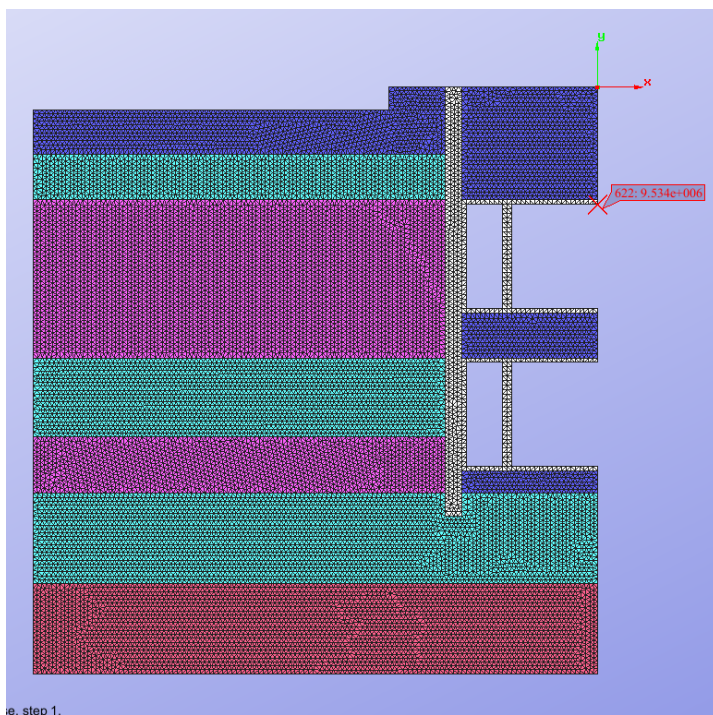
Imagen3. Deformada

Para empezar comentaremos la deformada. En esta imagen los desplazamientos de la deformada están aumentados x55. Podemos resaltar que a cause del relleno se produce un asentamiento de los estratos inferiores siendo este inferior en las zonas de hormigón, como en la zona de la pantalla de excavación y en los intercambiadores.



**Imagen4. Flechas**

Pese que en la imagen 3 las deformaciones parezcan muy grandes, si nos fijamos en la leyenda nos daremos cuenta que la deformación máxima es de 12 cm en los estratos superiores.



**Imagen5. Tracción máxima.**

En la imagen se puede localizar la tracción máxima en el centro de la parte superior del intercambiador. Se debe al efecto biga biempotrada que se produce en esa arista.

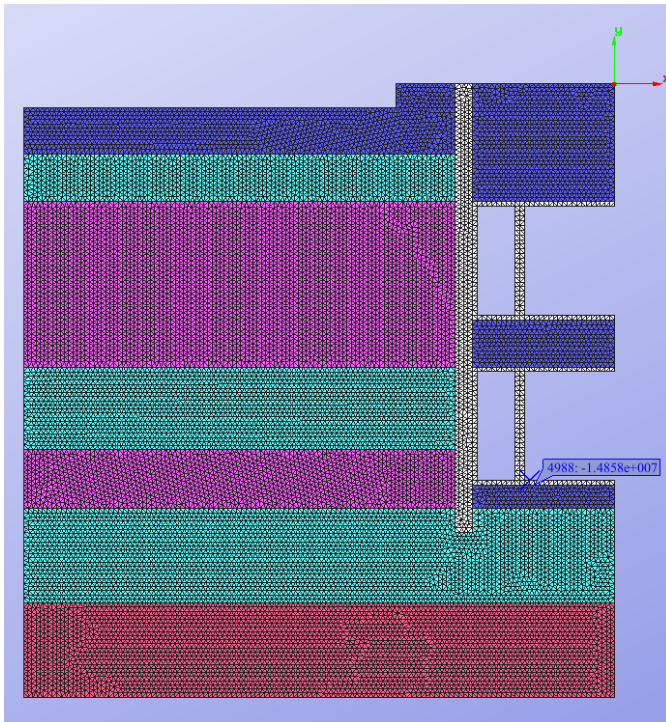
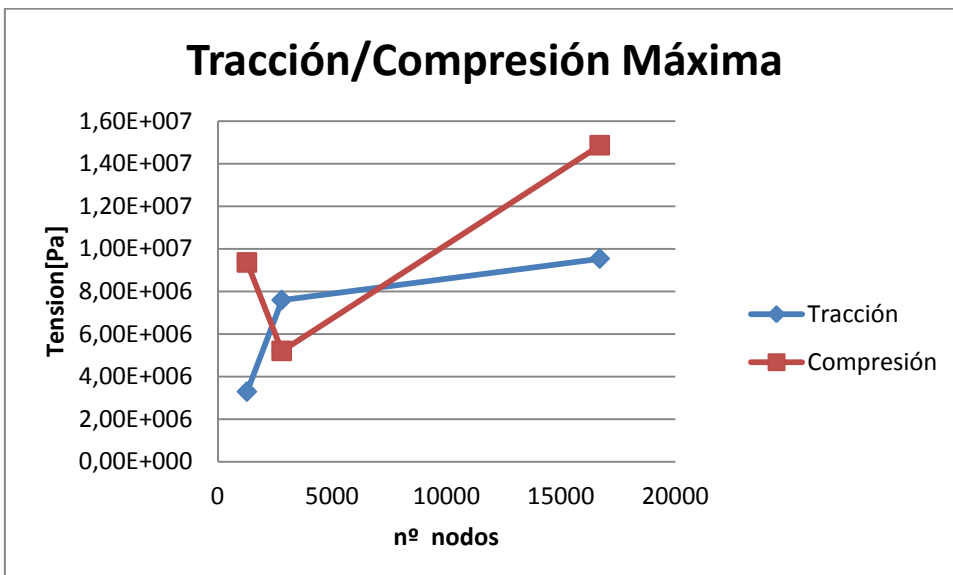


Imagen6. Compresión máxima

En esta imagen observamos la que la compresión máxima se encuentra en la zona cercana al pilar inferior donde se combinan las compresiones debido a la carga vertical aportada por el pilar y la flexión negativa debido al efecto biga de la parte inferior del intercambiador.

Como resumen se presenta un gráfico donde se muestra la evolución de las tensiones máximas en función del número de nodos.

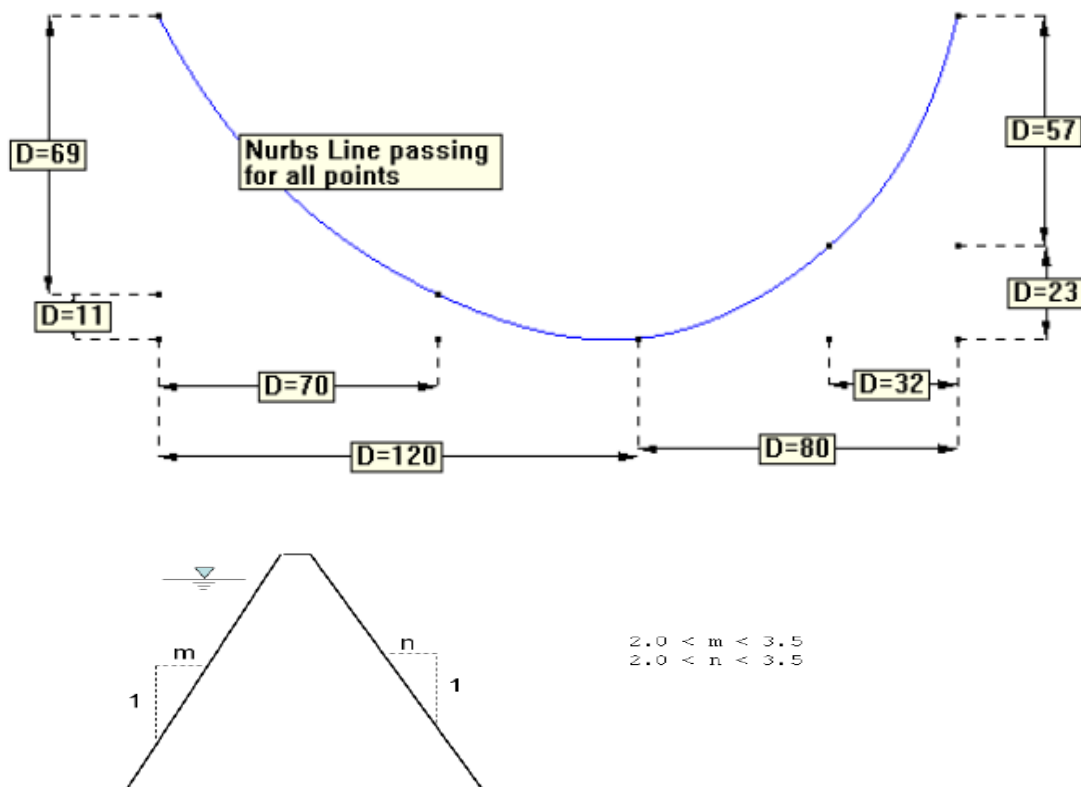


## PROBLEMA S-6

Dimensionar y calcular una presa homogénea de materiales sueltos de 80 m de altura. La anchura en coronación debe ser de 6 m. con las restricciones geométricas que se indican. Realizar el proyecto mediante un análisis bidimensional y posteriormente en 3D para verificar el diseño utilizando en ambos casos las siguientes hipótesis:

- 1) Las tracciones máximas en cualquier punto de la presa no deben superar 1 MPa
- 2) El peso específico del terreno y el material de construcción es de 20000 N/m<sup>3</sup>
- 3) El Modulo de elasticidad del material a usar es de 9900 K N/m<sup>2</sup> y el coeficiente de poisson es de 0,285
- 4) Base empotrada en el terreno
- 5) Cimentación en terreno homogéneo. Modulo de elasticidad: 35 G N/m<sup>2</sup> y coeficiente de poisson 0,30.
- 6) Cargas actuantes:
  - a) Peso propio
  - b) Peso propio + empuje hidrostático en presa y cimentación (altura del agua 77 metros)

El perfil del emplazamiento es el que se muestra:



Este proyecto se compone de 2 apartados , resultados con o sin la acción hidrostática, además del el análisis en 3 o 2 dimensiones.

Empecemos con el análisis en 3D. Para su creación tuve que recurrir a la ayuda del profesor Celigueta ya que creaba mal la superficie de contacto entre la presa y el terreno que lo sujeta. Los pendientes elegidos para ambas caras de la presa fueron 2.5. El resultado fue el siguiente:

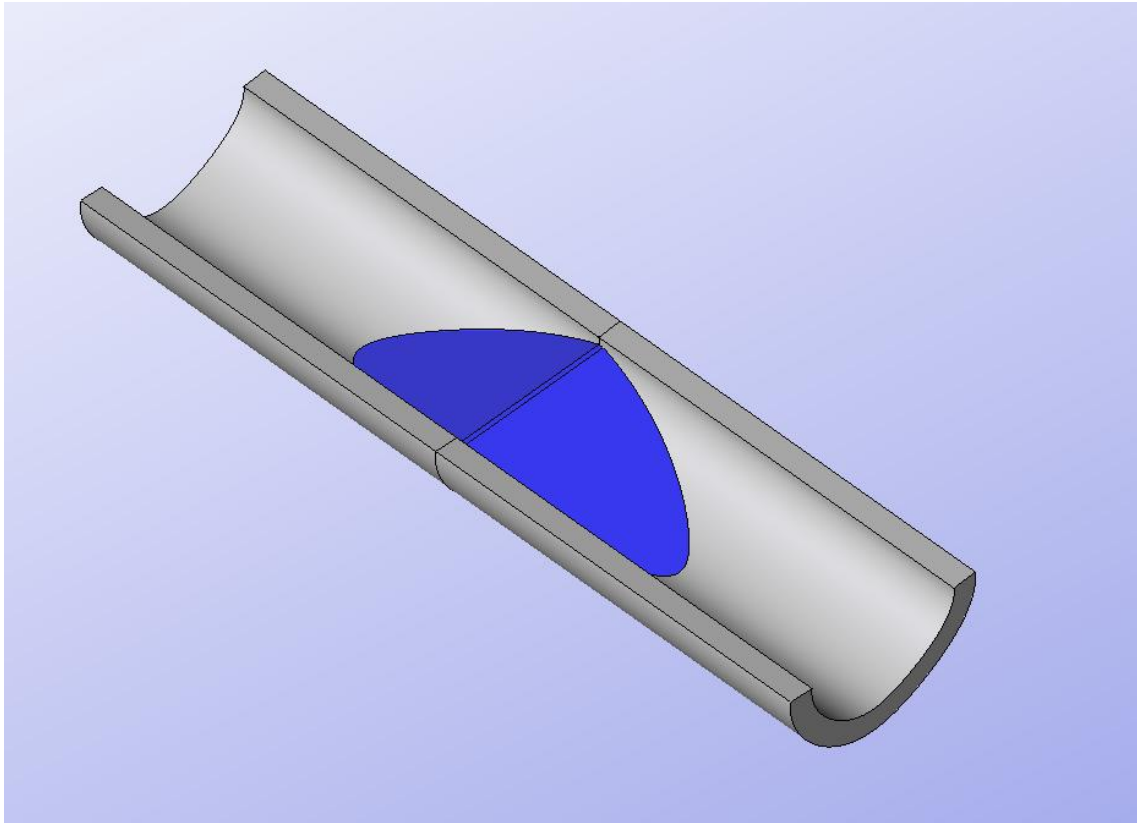


Imagen 7. Render geometría 3d

Para terminar de definir el problema resaltar que los 2 colores indican 2 materiales distintos. La restricciones aplicadas fueron el empotramiento en toda la parte inferior del contorno y en los cortes de la sección se bloqueo el desplazamiento longitudinal.

El tema cargas fue mas sencillo, para el peso propio simplemente hacía falta marcar la casilla de GID para que lo tuviera en cuenta y para la carga hidrostática el programa Ram series ya la tiene implementada, solo hay que seleccionar las superficies donde esta actuará, cuenca y cara mojada de la presa, e indicar la cota de la lamina de superficie del agua.

En el mallado es donde volvieron a aparecer los problemas. Se utilizaron elementos tetraédricos de 6 Nodos por su simplicidad y porque como se trataba de un problema de dimensiones grandes para no sobrecargar el ordenador. Pese a eso solo el elemento de menor tamaño no se consiguió que fuera tan pequeño como el canto mas pequeño, la coronación de la presa 6m, el programa para elementos con tamaño inferior a 15 metros no ejecutaba el cálculo. Los tamaños de elementos utilizados fueron 15, 20, 30, 40.



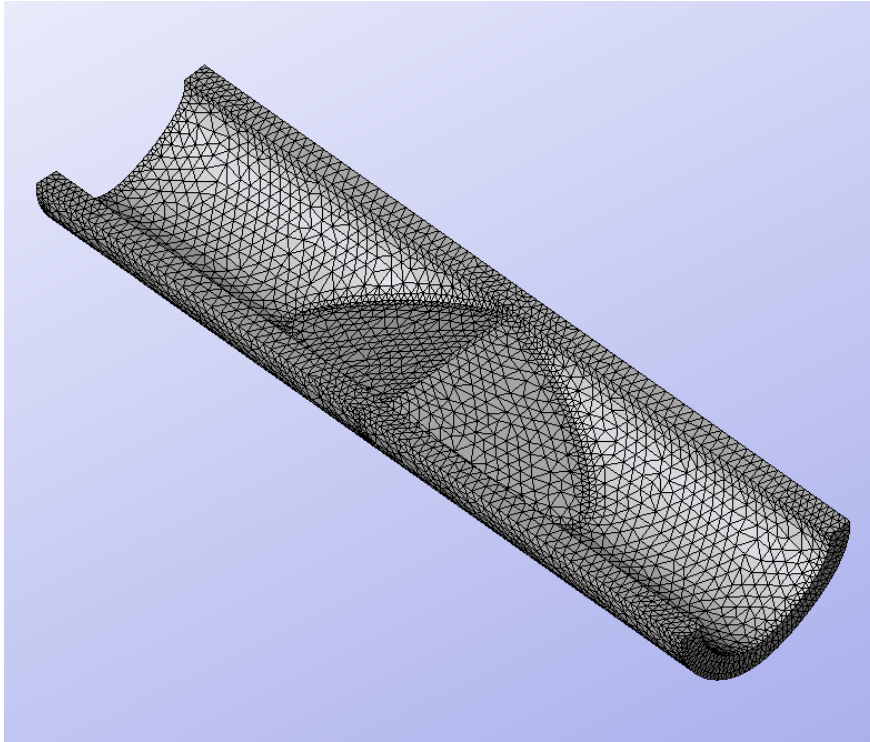


Imagen 8. Ejemplo de mallado

Empezamos a comentar el post proceso. Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas:

Sin Agua

tamaño malla	nodos	eq	flecha [m]	tracción [Pa]	compresión [Pa]
15m	9771	22004	3,7568	8,74E+005	1,62E+005
20	4868	10381	3,639	7,95E+005	1,08E+006
30	2493	4430	3,5351	7,49E+005	9,05E+005
40	1649	2898	3,3107	6,72E+005	9,40E+005

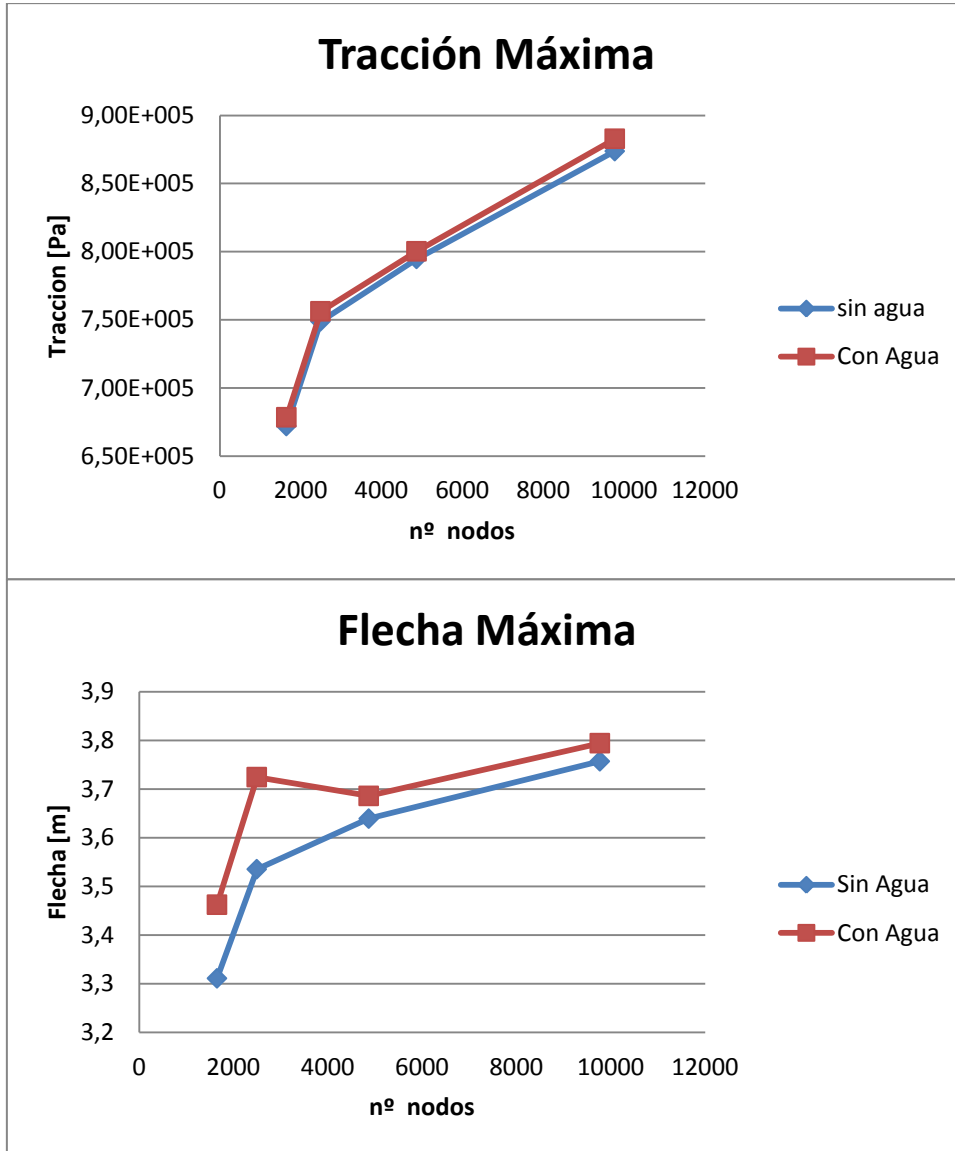
Con agua.

tamaño malla	nodos	eq	flecha [m]	tracción [Pa]	compresión [Pa]
15m	9771	22004	3,7941	8,83E+005	1,17E+006
20	4868	10381	3,6857	8,00E+005	1,12E+006
30	2493	4430	3,7243	7,56E+005	9,87E+005
40	1649	2898	3,4621	6,78E+005	9,76E+005

Principalmente resaltar que no se supera la condición del enunciado. Ningún punto de la presa supera 1Mpa de tracciones pero hay que resaltar como se mostrara más adelante que hay una zona del volumen del terreno donde la presa es contenida que si se supera ese valor. Las compresiones máximas se localizan en la base de la presa y las flechas en la coronación de

esta. Resaltar también que el efecto hidrostático no es tan determinante ya que solo aumenta los valores máximos ligeramente.

A continuación se mostraran la convergencia de la flecha y la tracción en función del número de nodos.



Por último se comentarán algunas capturas de los resultados del análisis en 3 dimensiones.

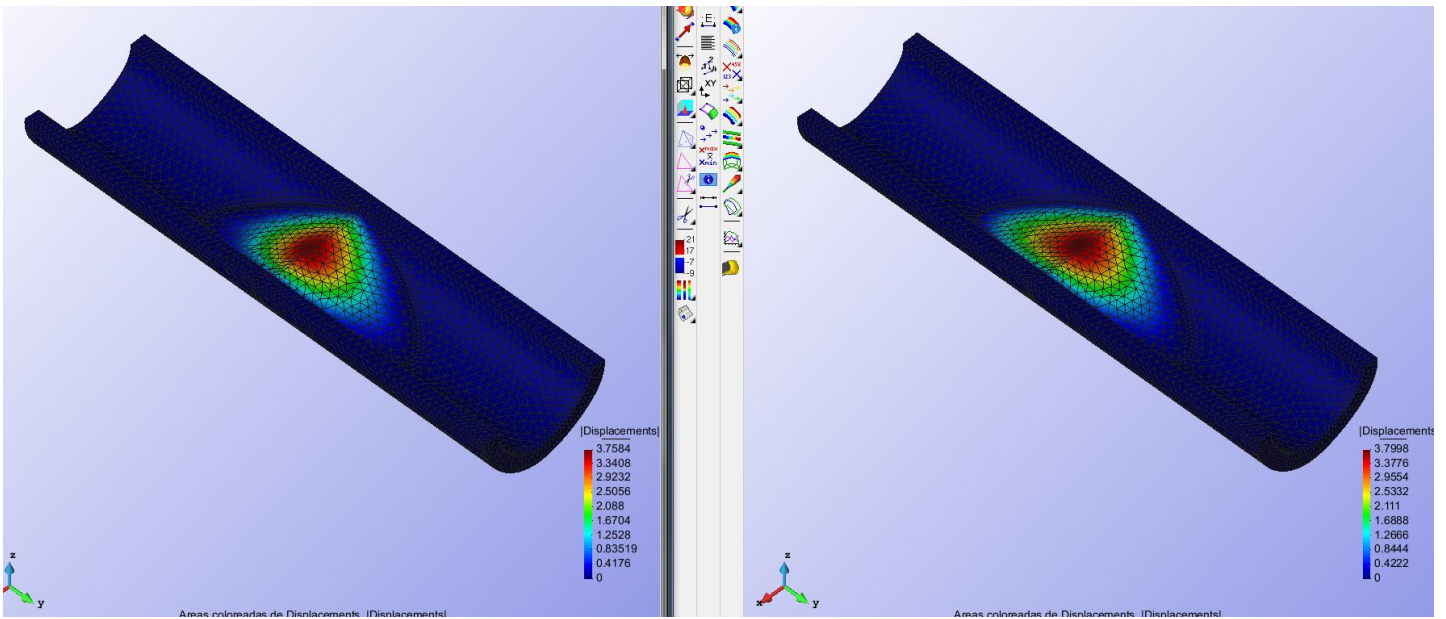


Image9. Desplazamientos

La imagen de la izquierda representa los desplazamientos sin el efecto del agua y a la derecha con dicho efecto. Observamos que la imagen de la derecha los desplazamientos tienen un area de influencia mas grande y desplazada hacia aguas arriba.

Las imágenes siguientes nos hablaran de las tracciones máximas.

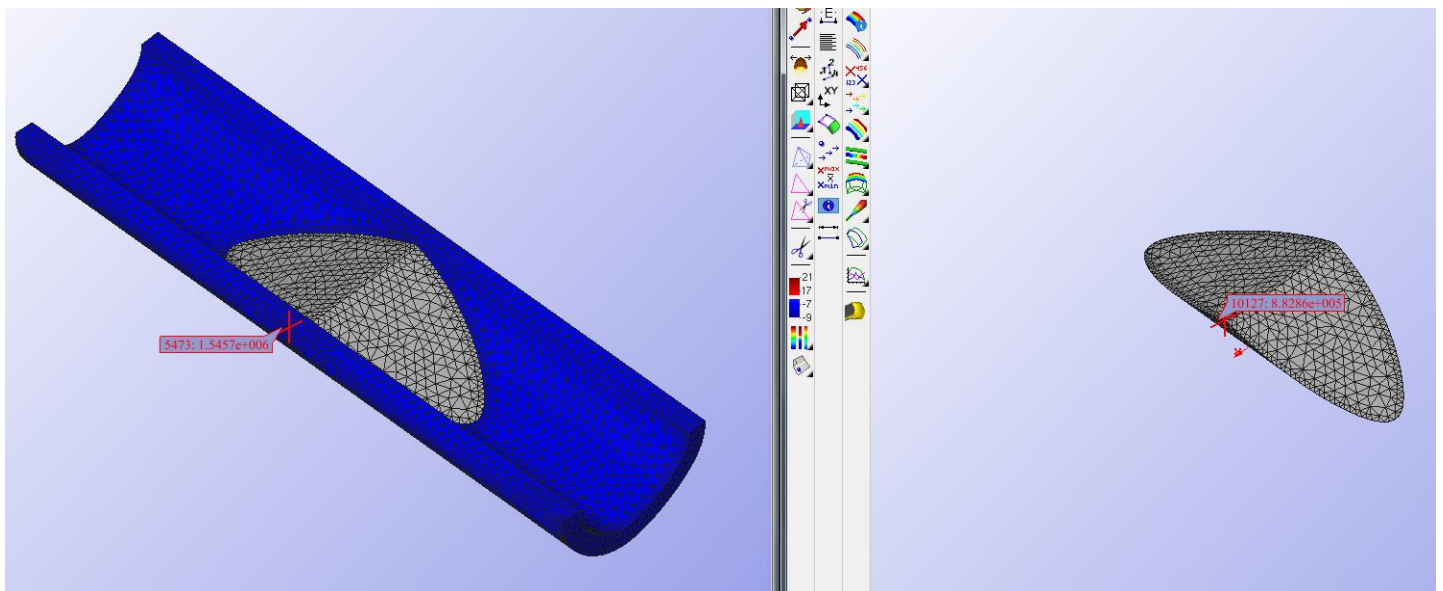


Imagen10. Tracciones Máximas

En la imagen anterior se observa como la tracción máxima se encuentra en el terreno, pero la máxima dentro de la presa que es la que nos interesa es inferior a 1MPa y se localiza en el contacto con el terreno.

Por último hablar de las compresiones.

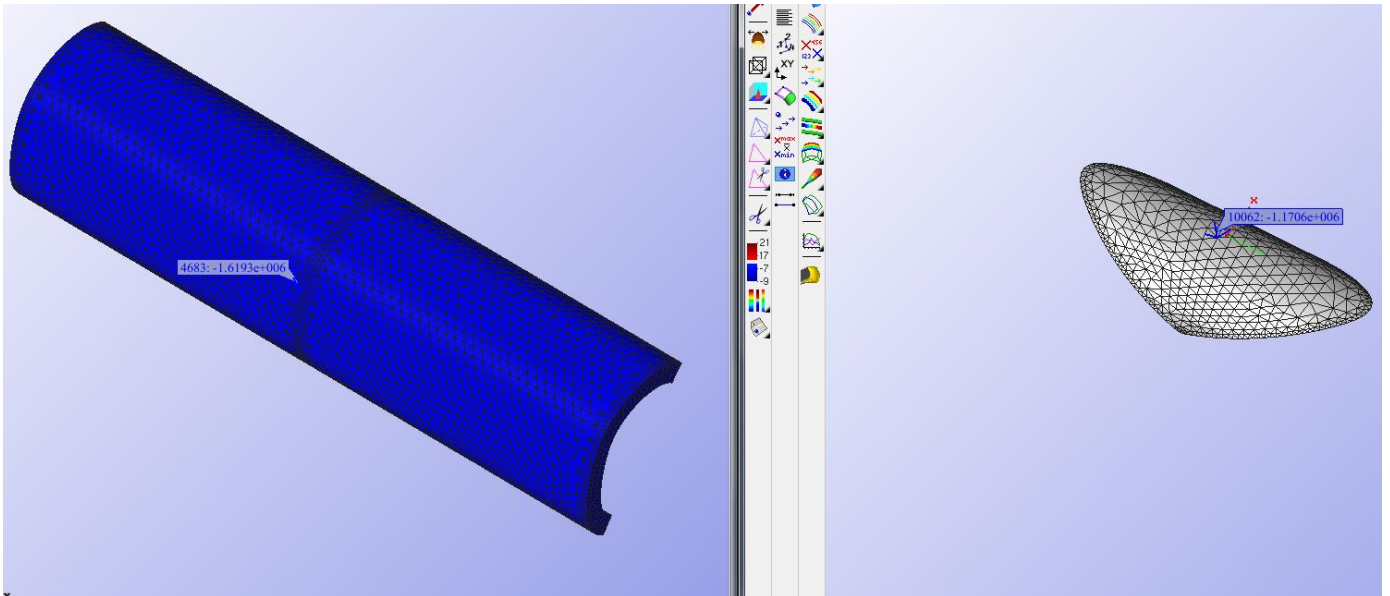


Imagen11. Compresiones máximas

Como era de esperar estas se localizan bajo la presa en la sección media ya que es el punto con más material encima, produciendo así la mayor compresión.

El análisis 2d ha sido más sencillo de implementar en GID. El tipo de problema es de deformación plana, ya que en el eje de profundidad la deformación es constante o nula. La sección analizada es la sección media donde la altura de la presa es mayor. La geometría implementada es la siguiente:

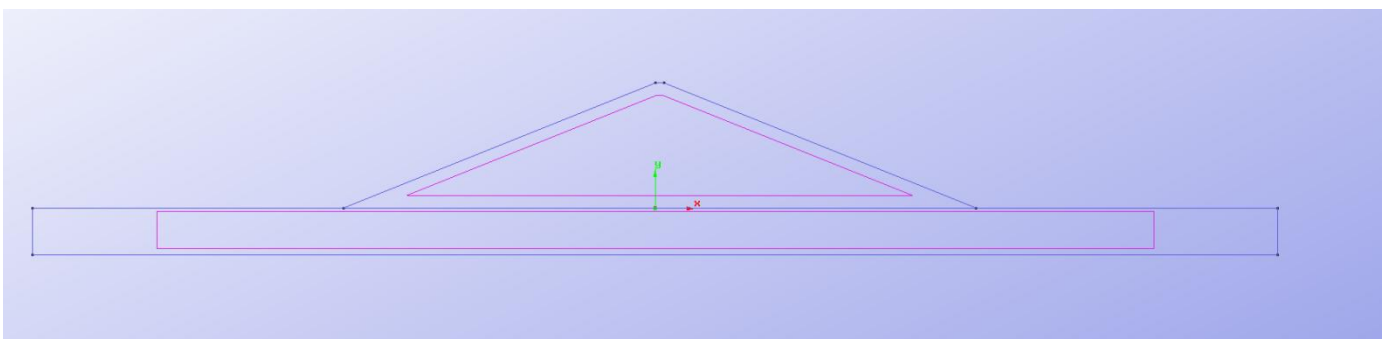


imagen 12. geometría 2d

Como anteriormente las restricciones son las mismas: empotramiento en la parte inferior y bloqueamos el desplazamiento horizontal en los márgenes laterales. Para las cargas exactamente lo mismo que se explico anteriormente y el problema vuelve a residir en el mallado.

La magnitud más pequeña de la sección es de 6 metros en la coronación pero el programa me da problemas para mallas más pequeñas de 6 metros por lo tanto la regresión es de una malla optima a mallas mas malas por ser más grandes que la optima. Los tamaños son: 6, 10, 20, 30 y se han utilizado elementos triangulares de 3 nodos.

Se ha utilizado elementos triangulares de 3 nodos como se observa a continuación:

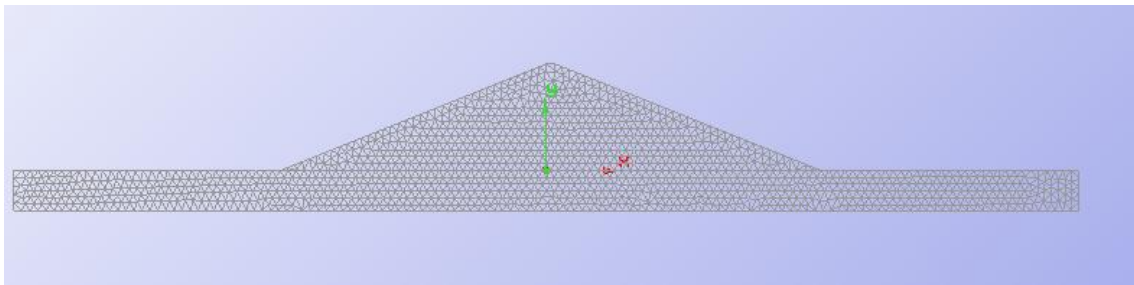


Imagen13. Ejemplo mallado

Los resultados obtenidos son los siguientes.

Sin Agua

tamaño malla	nodos	eq	flecha [m]	tracción [Pa]	compresión [Pa]
6	1421	2564	4,4752	3340	1,88E+005
10	552	852	4,4592	19975	1,82E+006
20	162	238	4,4039	15872	1,68E+006
30	89	120	4,3416	25175	1,64E+006

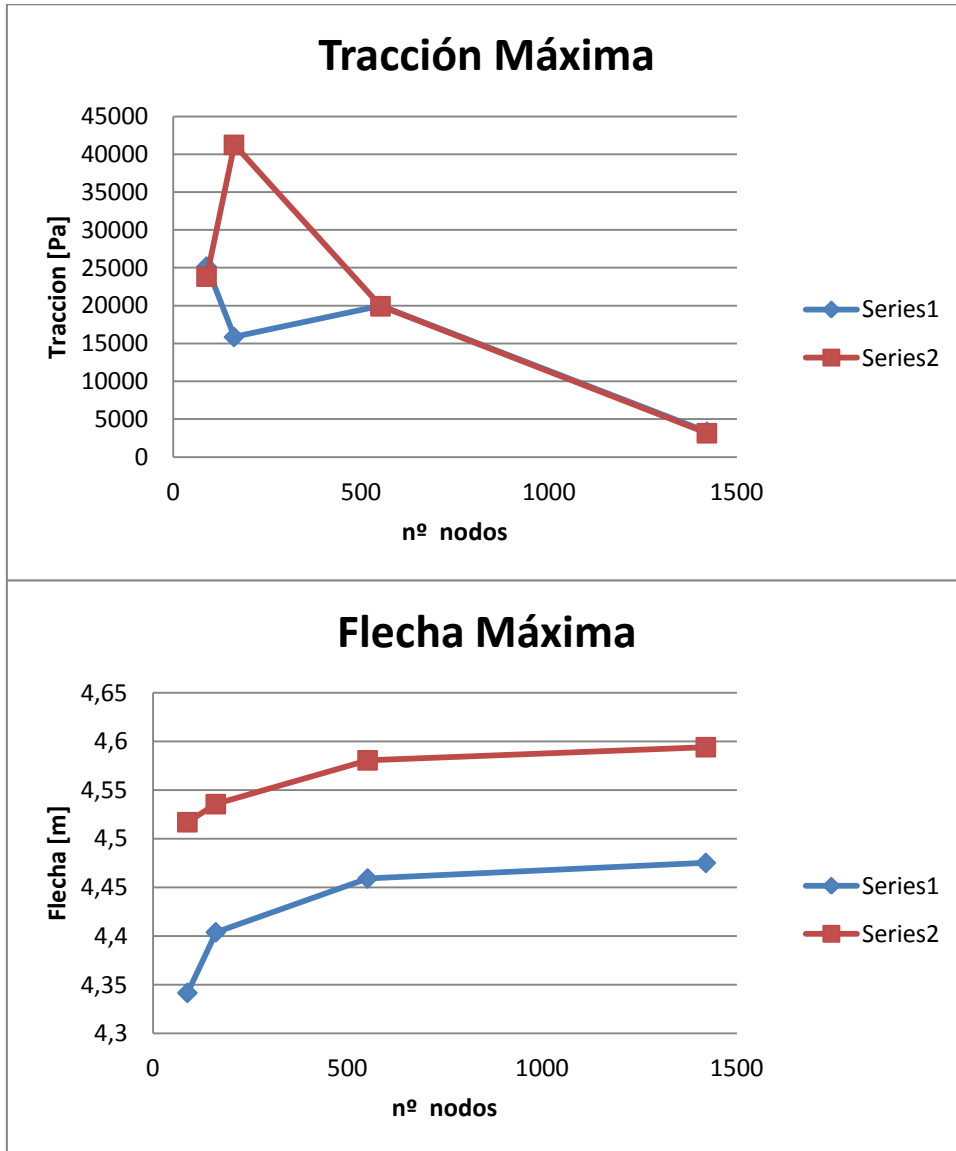
Con agua.

tamaño malla	nodos	eq	flecha [m]	tracción [Pa]	compresión [Pa]
6	1421	2564	4,5941	3159	1,99E+006
10	552	852	4,5806	19935	1,92E+006
20	162	238	4,5356	41258	1,85E+006
30	89	120	4,517	23858	1,75E+006

En la sección media como se ha visto en el análisis en 3d no encontramos grandes tracciones por eso los valores son tan pequeños y serían poco adecuados para el estudio de la presa. Las compresiones son del mismo orden que el análisis anterior por eso se puede utilizar la simplificación en 2d como una buena alternativa para su cálculo.

Resaltar el comportamiento de la flecha que es un metro mayor que en el análisis en 3d pero no sabría decir bien porque se debe este fenómeno.

Si hablamos en términos de convergencia en función de la malla en los siguientes gráficos observaremos que con pocos nodos los resultados de tracción y flecha convergen rápidamente, en cambio los resultados de tracción son muy sensibles a la cantidad de estos por el fenómeno de acumulación de tracciones en las esquinas.



Por último comentar algunas capturas de los resultados:

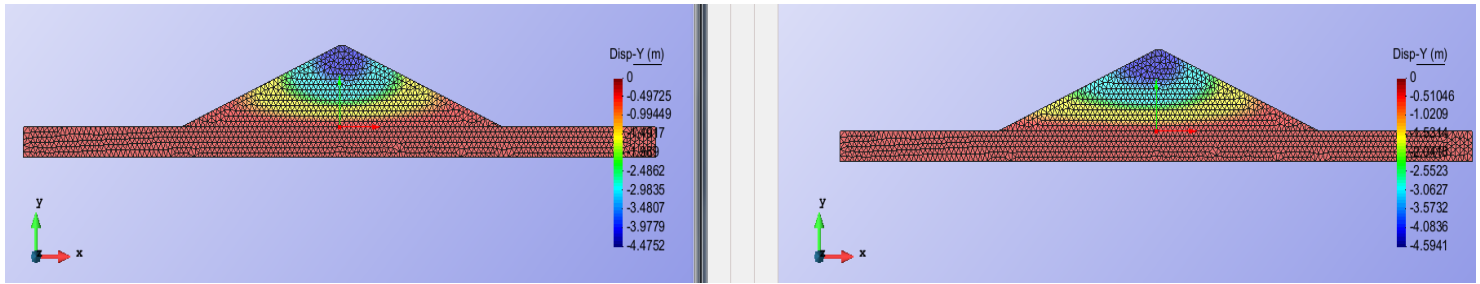


Imagen14. Flechas

La imagen de la izquierda corresponde a la presa sin los efectos hidrostáticos, en cambio la de la derecha esta sometida a la carga del agua retenida. Como era de esperar los desplazamientos de la presa de la derecha están desplazados hacia la carga del agua.

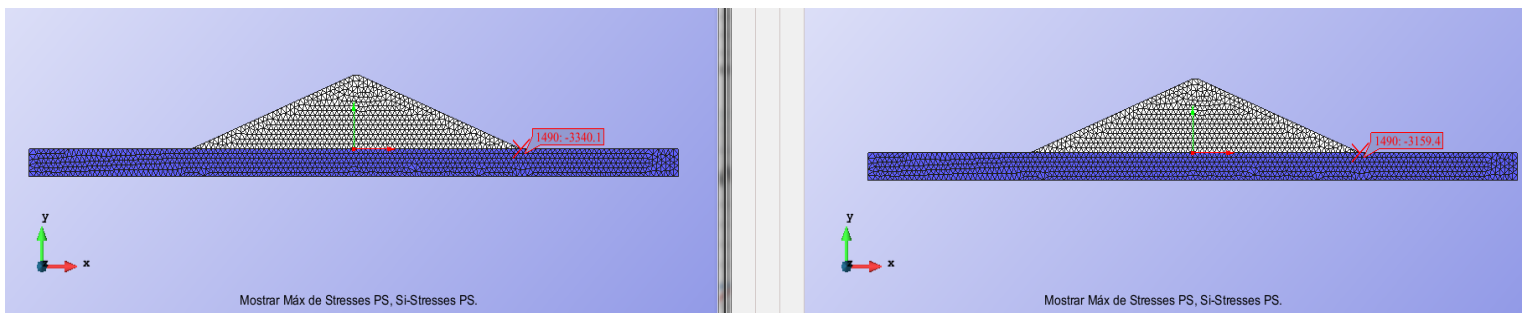
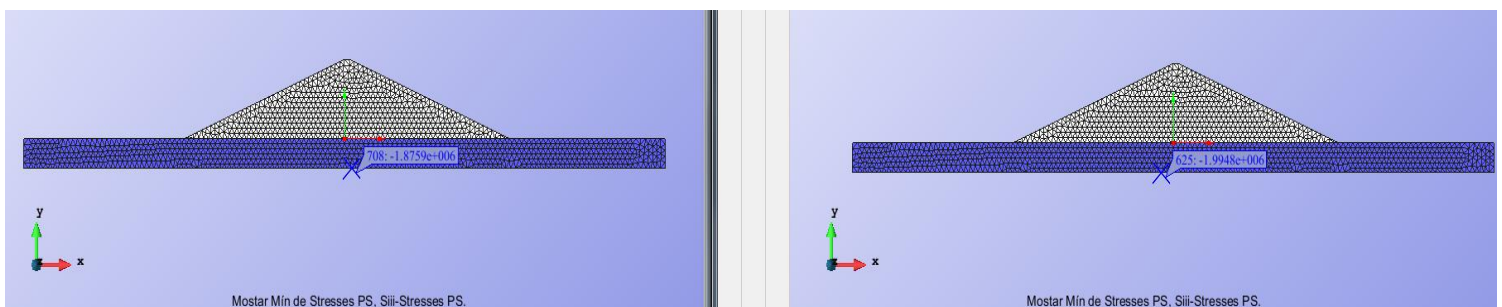


Imagen 15. Tracciones

Las tracciones se sitúan donde se esperaban. Al final del apoyo aguas abajo. Al ser la sección media este valor ni se acerca al valor máximo que aparecerá en nuestra presa ya que este se sitúa en el estribo debido a la gran diferencia de rigidez de los materiales de la presa y el terreno donde se aguanta que producen desplazamientos muy distintos.



Para terminar la compresión también se encuentra donde debía estar en el fondo de la presa debajo de la mayor vertical porque es donde se tiene más material encima.

