

# Problema L-22

---

Ingeniería de Estructuras

Pau Bayona Visiedo

43568550-H

La figura representa una torre de enfriamiento formada por una lámina de hormigón armado.

Calcular el espesor mínimo de la torre capaz de soportar el peso propio de la estructura con las restricciones que se indican.

- Las tracciones máximas en cualquier punto de la estructura no deben superar los 30MPa
- Las compresiones máximas en cualquier punto de la estructura no deben superar los 45MPa
- Las propiedades mecánicas del hormigón son:  $E = 19.8\text{KN/mm}^2$   $\nu = 0.18$
- El apoyo proporcionado por las columnas se puede suponer como empotrado.
- Cargas actuantes: Peso propio

Las dimensiones de la torre en figuran en metros:

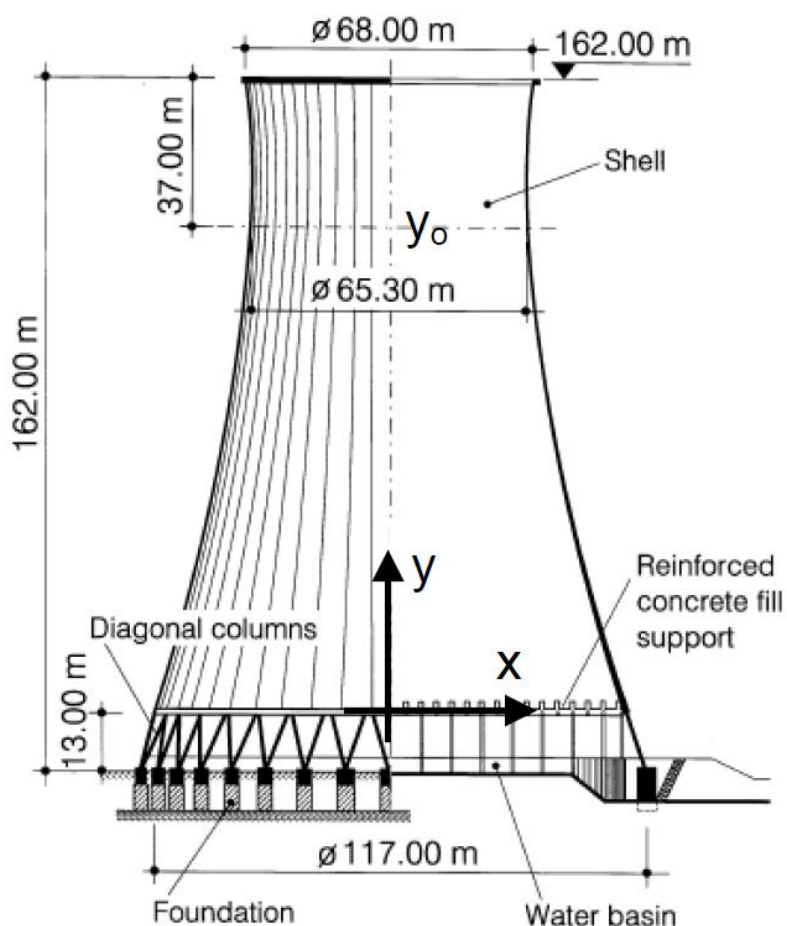


Figura 1. Dimensiones de la torre

Para empezar, se debe introducir la geometría de la torre descrita en el programa. Luego, se impondrán tanto las condiciones de contorno, como las fuerzas y las características del material del depósito. Al ser una torre circular, se estudiará un cuarto de la misma, añadiendo propiedades de simetría en las condiciones de contorno. Estas condiciones de contorno son las siguientes:

Grupo	Restricción de X	Restricción de Y	Restricción de Z	Restricción $\theta_x$	Restricción $\theta_y$	Restricción $\theta_z$
Lado Y	1	0	0	0	1	1
Lado X	0	1	0	1	0	1
Contacto Suelo	1	1	1	1	1	1

Figura 2. Restricciones

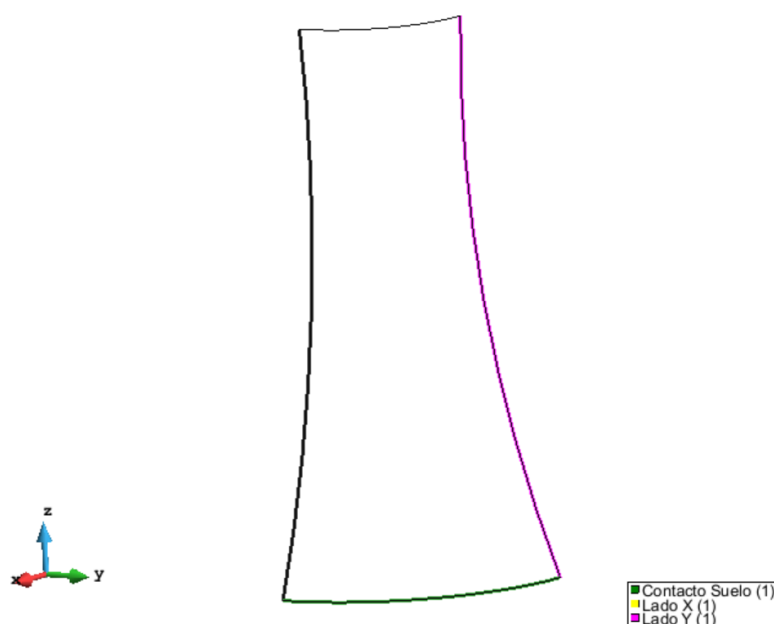


Figura 3. Localización de las restricciones  
 (Nota: el lado X no se ve al estar detrás de la línea negra)

El material con el que se construye la torre es hormigón armado, con las propiedades descritas en el enunciado del problema:

- $E = 19.8\text{KN/mm}^2$
- $\nu = 0.18$
- Se supone un peso específico de  $25000\text{N/m}^3$

Por lo que se supone a la malla, han aparecido varios problemas los cuales dificultan la validación de los resultados. El programa COMPASSIS se instaló para poder realizar la práctica número 4 hace algo más de un mes, así pues, como las contraseñas solo duran 30 días no se pudo completar el trabajo con la primera contraseña. Al pedir otra contraseña, el programa volvió a funcionar, es decir, se podía realizar el cálculo y ver el post-proceso pero la contraseña pasó a ser versión 'estudiante' y no 'profesional' con lo que el número total de nodos no podía superar los 300. Se ha desinstalado el programa entero y vuelto a instalar pero no se puede pasar de la versión de prueba a la profesional.

Es por esto que los cálculos de la torre serán con un máximo de 300 nodos, más en concreto 278, ya que por tamaño de elemento es el número más próximo a 300 posible.

Así pues, se realizará un estudio con un tamaño de elementos de 9.5. Si tenemos en cuenta que hay 6 grados de libertad para cada nodo (3 de desplazamientos y 3 de rotaciones) salen un total de 1668 grados de libertad.

Se estudiarán las máximas tracciones y máximas compresiones de  $S_i$ ,  $S_{ii}$  y  $S_{iii}$  en ejes globales para diferentes espesores de la torre, empezando por los más gruesos.

Cuando una de las dos condiciones falle, el anterior será el espesor mínimo.

Espesor	$S_i$ (MPa)		$S_{ii}$ (MPa)		$S_{iii}$ (MPa)	
	Trac. (-)	Compr. (+)	Trac. (-)	Compr. (+)	Trac. (-)	Compr. (+)
0.5	0.813	3.8	2.99	1.07	5.89	0.547
0.3	0.916	4.01	2.85	1.81	6.39	0.62
0.07	1.87	4.90	3.44	3.84	8.25	1.79

Figura 4. Tabla con diferentes espesores

Como se puede comprobar en la tabla anterior, los esfuerzos de tracción y compresión son de un orden menor al permitido, es decir que no habrá ningún problema en escoger los espesores que se deseen. Se ha escogido un espesor de 7cm ya que según el Art. 56 de la EHE es el espesor mínimo para láminas de simple curvatura.

### Análisis estructural

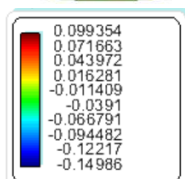
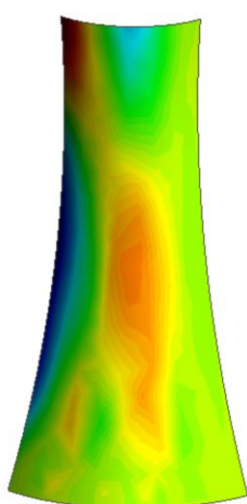


Figura 5. Despl. En X

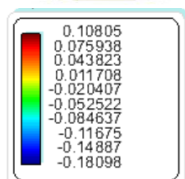
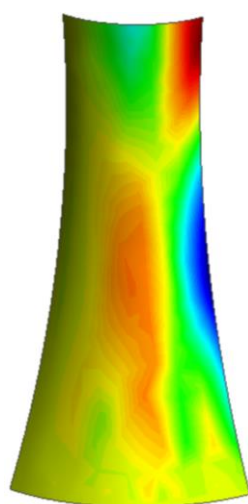


Figura 6. Despl. En Y

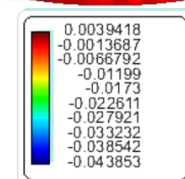
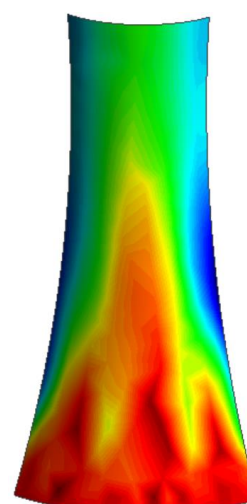


Figura 7. Despl. En Z

Como se puede observar, los desplazamientos en X y en Y son simétricos. Al no haber una restricción en el desplazamiento, se ha obviado este factor y se ha centrado en los esfuerzos.

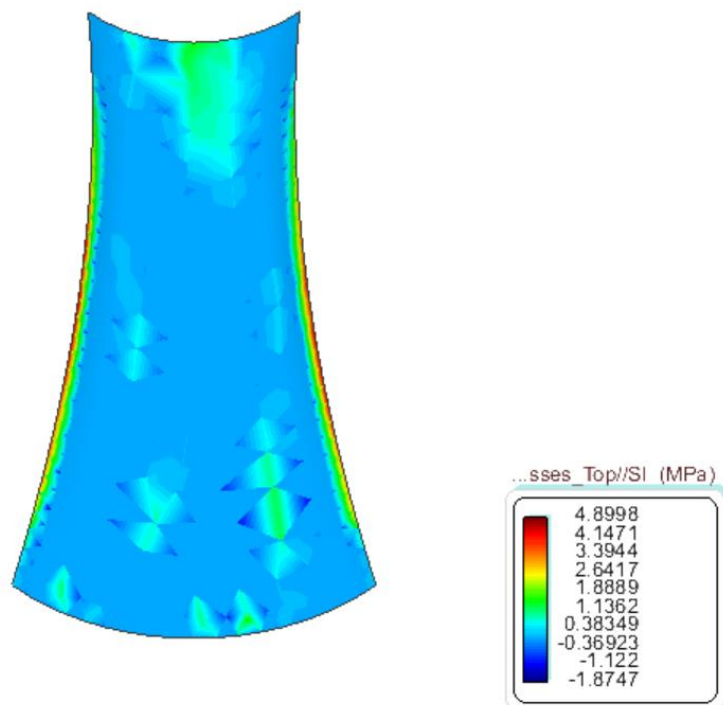


Figura 8. Tensiones  $S_{11}$

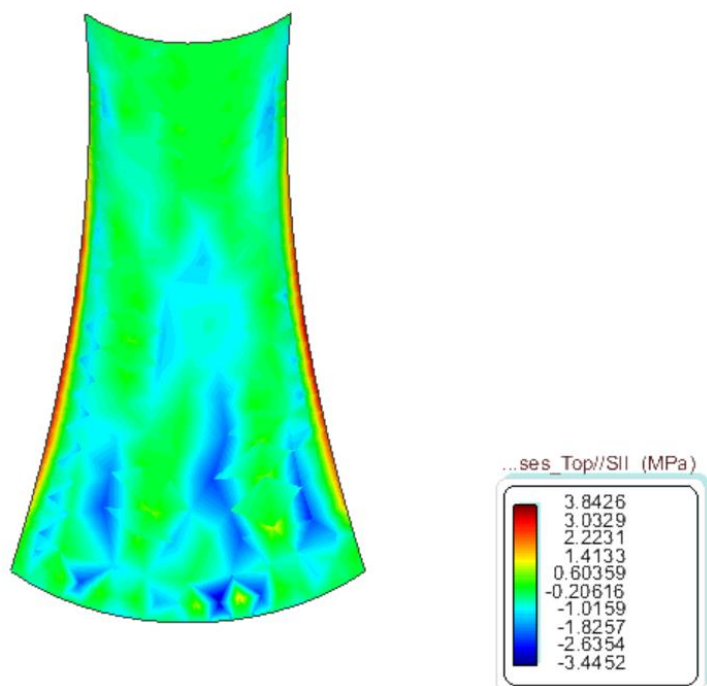


Figura 9. Tensiones  $S_{22}$

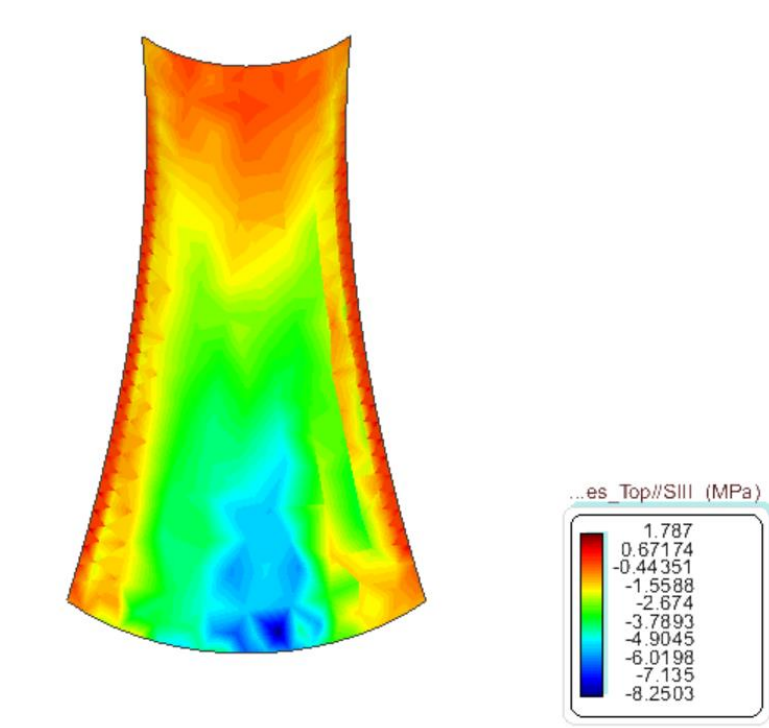


Figura 9. Tensiones  $S_{iii}$

La deformada de la estructura queda de la siguiente manera:



Figura 10. Deformada

## Conclusiones

Para empezar, decir que los resultados podrían ser mucho más precisos si la malla fuera más refinada, pero debido a las imposibilidades explicadas anteriormente, este es el resultado más preciso que se puede conseguir.

Después, el resultado obtenido no se considera correcto. Es muy improbable que las tensiones condicionantes de tracción y compresión sean diez veces mayores a las obtenidas en este estudio. El error puede ser debido a no haber refinado correctamente la malla, aunque es muy improbable, ya que nunca, entre una malla gruesa y una malla fina, hay un orden de magnitud de diferencia. Así pues, ha de haber algún error de concepto que no se consigue encontrar.

- Se ha seguido como ejemplo la práctica número 4 realizada en esta misma asignatura que también se realizó con el programa COMPASSIS; el tipo de problema es un problema con láminas, un análisis estático, con un modelo constitutivo elástico-lineal, una geometría lineal y en tres dimensiones.
- Los datos de partida del material hormigón se presuponen correctos, ya que son bastantes similares a los utilizados en otras prácticas.
- Es un problema con una única carga, y esta carga es la del peso propio, que también está incluida

Dicho esto, el resultado podría ser el correcto, aunque haya más probabilidades de que no sea así.