



2°CyR_m: Suculentas torres de sémola de trigo

Material(es): cualquier tipo de “pasta italiana” y otros en uniones
Rotura: En el aula YG2, el 13-11-2017

Objetivo: Construir una torre de 1,6 m de altura total y no más de 3 kg de masa propia, apoyada en el suelo del aula, definiendo en cabeza apoyos suficientes para un **tablero cuadrado** (plano horizontal de apoyo) de 270 mm de lado, sobre el que se dispondrá peso cuyo valor útil (o característico) será de 0,3 kN; salvo los materiales para realizar uniones, el resto de piezas será de pasta de sémola de trigo, en cualquiera de las formas disponibles en los comercios del ramo.



La forma de la sección horizontal de la torre a lo largo de toda su altura es libre, salvo en la cabeza, sobre la que debe poderse apoyar un cuadrado de 270 mm de lado, que debería quedar en posición horizontal. Ese cuadrado, sobre el que se apoyarán pesos hasta la rotura de la torre, tendrá señalado su centro geométrico, de manera que pueda alinearse con la cabeza de la torre en la posición decidida en proyecto.

La anchura de la base de apoyo en el suelo también es libre.

Ni en la cabeza ni en la base se podrá disponer de ningún tipo de apeos o suplementos: la torre debe quedar en posición por simple contacto con el suelo; la superficie de apoyo quedará en posición por simple apoyo sobre la cabeza de la torre; tanto si la torre o las pesas quedan inclinadas no se admitirá corrección alguna mediante calzos improvisados.

La puesta en carga se realizará por hileras de pesas que se apoyarán en la superficie horizontal de apoyo en la cabeza de la torre. Para cada hilera se procederá a disponer pesas pequeñas que una vez alcanzada una masa de aproximadamente 10 kg serán sustituidas por una única pesa de esa masa. Durante este proceso se procurará que la resultante total de peso esté aproximadamente alineada con el centro geométrico del cuadrado de apoyo, pero sólo puede asegurarse que su línea de acción intersecta con el plano del cuadrado de apoyo en un punto interior. La torre debe ser capaz de resistir la manipulación y cambio de pesas antedicho.

La masa de la estructura está limitada a 3 kg.

Los materiales para uniones son libres: cola blanca, cola de pescado, pegamento universal UHU, cinta adhesiva de cualquier tipo, etc, etc. Pero **en ningún caso** se admitirán piezas que en toda su longitud estén **dopadas** con otros materiales.

Data: Datos útiles sobre las características mecánicas de la pasta de sémola y de los adhesivos apropiados para uniones, pueden encontrarse en:

- Propuesta para el Taller experimental 1 (AA15/16): Estructuras de *spaghetti e maccheroni*.
- Estudio de uniones en estructuras de pasta de sémola
- Diseño y construcción de estructuras de pasta

Como resumen puede decirse que el peso específico de la pasta es aproximadamente 15 kN/m^3 y que el alcance estructural en tracción es del orden de 1300 m.

El acopio de materiales corre a cargo de cada equipo: dado el precio actual del kilo de pasta se considera que es un coste asumible por el alumnado.

Fases de realización

Este ejercicio se realizará en fases, con entregas parciales en alguna de ellas:

1. Lectura individual del enunciado y, en su caso, discusión y aprobación de enmiendas, a través de la lista **t1cre17m**.

2. Redacción de un proyecto¹ de la solución ideada. Se entregará un PDF con la información suficiente *como para que otro equipo (distinto del redactor) pudiera o pudiese acometer la construcción del diseño ideado*. Aunque se trata de un PDF, la confección del original puede realizarse tanto digitalmente (programa de dibujo) como manualmente (croquis a mano alzada convenientemente acotados y textos manuscritos, escaneados), o por cualquier hibridación de los dos métodos anteriores. (5h+homework)

Para la redacción del proyecto pueden hacerse pruebas con prototipos de piezas. Para medida de resistencias y fuerzas, pueden emplearse pesacartas o pesas, cilindros o esferas de acero.

3. Entrega y publicación del proyecto. Recepción de comentarios, en su caso, a través de la lista `t1cre17m`.
4. Construcción del diseño según las especificaciones del proyecto, modificado si fuera el caso (6h+homework).
5. Rotura de la estructura construida (el tiempo que haga falta)
6. Entrega final en PDF

Pistas

- **Las pesas son chapones de acero**, cuadradas de unos 260 mm de lado. Puede usarse este hecho para el diseño de la cabeza de la torre.
- **Los soportes**. Piezas usualmente comprimidas sujetas a fenómenos de inestabilidad o pandeo si no tienen suficiente rigidez a la flexión y/o presentan imperfecciones iniciales respecto a su trazo teórico. Cargas asimétricas pueden solicitarlos a flexión.
- Una masa de 3 kg de pasta a lo largo de 1,6 m representa un peso de unos 18,75 N/m, que multiplicado por el alcance estructural en tracción significa resistir unos 23 kN, es decir, el peso de unos 2300 kg. El problema es que se trata de compresión y esos 18,75 N/m representa un cilindro de pasta de unos 40 mm de diámetro y 1,6 m de alto, algo muy fino para resistir alguna compresión, de hecho difícil de mantener de pie.
- La resistencia a compresión con los datos de las referencias indicadas puede evaluarse aproximadamente con:

$$\approx \frac{20 \text{ N/mm}^2}{1 + \left(\frac{\lambda}{15}\right)^{2,7}}$$

expresión en la que λ es la proporción o esbeltez, razón entre su altura y su diámetro, de una pieza maciza cilíndrica, impedida de desplazamiento en sus extremos.

Por ejemplo, la pieza anterior de 40 mm de diámetro tendría una proporción o esbeltez de $1600 \div 40 = 40$ y podría resistir a compresión del orden de $1,32 \text{ N/mm}^2$, es decir, unos 1660 N o el peso de unos 166 kg, si su cabeza no puede moverse respecto de su base (algo improbable). Si se tiene en cuenta ese desplazamiento, para el cálculo de la proporción hay que emplear una altura doble de la real, $2 \times 1600 \div 40 = 80$, y resulta entonces una resistencia del orden de 270 N, es decir, el peso de unos 27 kg.

- El número mínimo de patas para que una mesa sea estable es de tres.
- De la consulta de los documentos indicados más arriba o de referencias en Internet, los adhesivos más prometedores parecen ser la cola de pescado y adhesivos tipo “epoxi”.
- Las pasta de sémola de arroz, con mucha menos proteína, seguramente resistirá menos que la de trigo. Lo mismo cabe decir de la pasta sin gluten. Pero no hay datos fehacientes.

Una posible fuente de inspiración se encontrará en el examen de diseños reales de torres de todo tipo destinadas a soportar acciones en cabeza, como por ejemplo, las torretas de tendidos eléctricos.

Versión del 6/11. M. Vázquez, 2017

¹“3. m. Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería.” (DRAE)