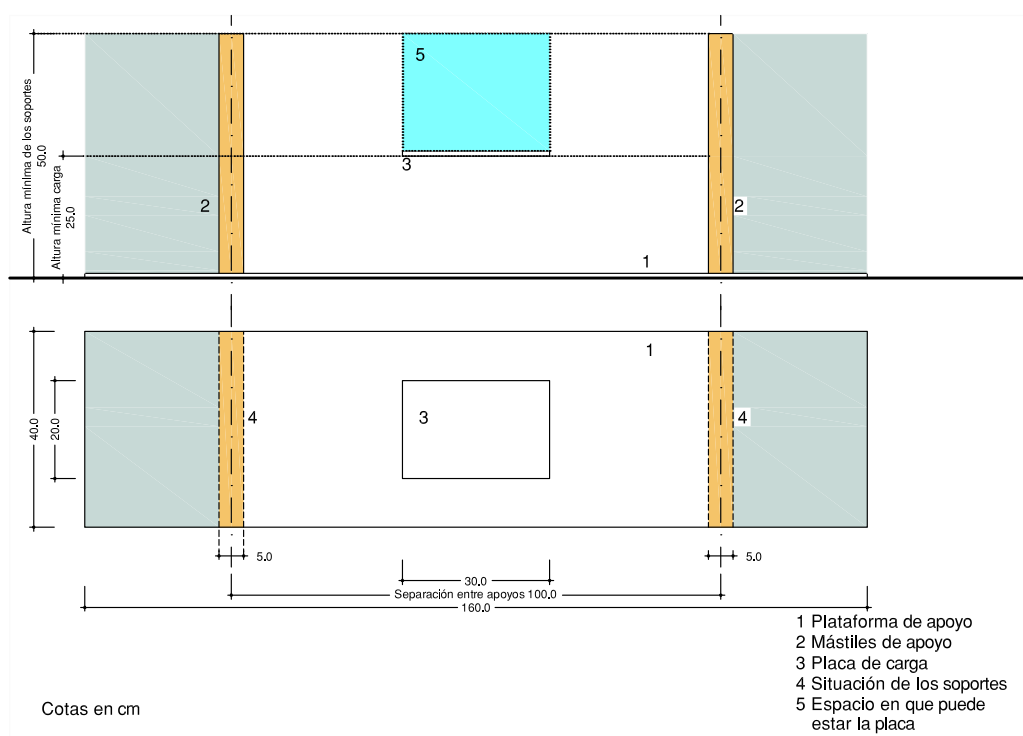


## 1<sup>er</sup> CyR<sub>t</sub>: Descansadas hamacas.

**Material(es): cartón ondulado**  
**Rotura: En el aula YG2, el 8-10-2018**

Objetivo: Construir una hamaca sobre una plataforma de cartón ondulado (1) de 1,6 m × 0,4 m de superficie, suspendida de unos apoyos (2) separados entre si una distancia de 1,0 m y capaz de soportar una carga situada a una altura mínima de 25,0 cm (3).

La finalidad del proyecto será soportar una placa de un tamaño máximo de 0,3 m × 0,2 m colocada en posición centrada con relación a los soportes. Esta placa deberá tener la resistencia y rigidez suficientes para colocar los lingotes o cilindros de acero que se utilizarán como carga. La situación de esta placa puede ocupar el espacio indicado en la figura (5), pero en ningún caso podrá estar a menos de 25,0 cm de altura. Además, habrá que tener la precaución de que el espacio sobre la placa de carga permita colocar de modo sencillo los lingotes o cilindros de carga.



La forma y dimensiones de los soportes son uno de los objetos a diseñar, con la única limitación que no pueden invadir el espacio libre entre ellos, dejando una luz libre de 95,0 cm. Únicamente pueden ocupar el espacio indicado en la figura (2 y 4), y deben garantizar que el apoyo de los tirantes que soporten la placa de carga está, al menos, a 50,0 cm de altura. La superficie 4 es la destinada al apoyo de los soportes, y tanto los pilares como otro elementos de refuerzo o anclaje, pueden disponerse en el volumen 2.

La plataforma de apoyo será de cartón ondulado, con los refuerzos y los elementos añadidos necesarios para asegurar la estabilidad y la resistencia del conjunto. Éste apoyará por simple contacto y no podrán utilizarse uniones ni fijaciones de ningún tipo a elementos exteriores.

La forma de la placa de carga es libre y podrá ocupar el espacio indicado en color **cian**, pero respetando la limitación de no estar a menos de 25,0 cm del suelo.

La carga se aplicará mediante lingotes de acero de 3,30 N de peso o cilindros del mismo material, que se colocarán en la placa de carga. En caso de que la construcción pueda soportar todos los lingotes disponibles, se utilizarán las pesas de 10,0 N o de 20,0 N, hasta la rotura. El diseño de la placa de carga deberá garantizar la colocación de los pesos empleados.

El material que se empleará en la construcción será únicamente el cartón ondulado y, para los tirantes necesarios, se podrá emplear, además de cartón, cuerda o hilo. No se recomienda el uso de materiales mucho más resistentes que el propio cartón.

Como adhesivo se podrá utilizar cola blanca, pegamento **UHU**, pegamento **imedio** o **supergen**. Con el fin de asegurar las uniones entre los tirantes y el cartón de la plataforma, la placa o los soportes, se podrán utilizar puntualmente refuerzos de papel o cartón prensado (pueden ver tipos de cartón y sus propiedades

en <https://cartonlab.com/blog/tipos-de-carton-aplicaciones/>). Salvo en el caso de que algún equipo presente un argumento muy fuerte, no se admitirá en las piezas otro tipo de cartón que el indicado. Pero en ningún caso se admitirán piezas que en toda su longitud estén dopadas con otros materiales.

En el esquema de la figura se indican las dimensiones máximas y las zonas en las que se pueden colocar los soportes y en que puede situarse la placa de carga. Los soportes pueden ser más altos que la dimensión indicada y la posición de la placa de carga puede ocupar todo el espacio [cian](#). La disposición de elementos necesarios es completamente libre, con la única limitación de permitir la colocación de las cargas sobre la placa.

**La masa de la estructura completa está limitada a 2 kg.**

**Data:** El cartón ondulado corriente tiene un alcance estructural de 2 km aproximadamente. Sabiendo el gramaje del cartón es fácil saber la resistencia esperable por unidad de longitud de sección. Por ejemplo, un cartón de gramaje 200, tendrá un peso específico de  $2 \text{ N/m}^2$ , y una resistencia de  $2000 \text{ m} \times 2 \text{ N/m}^2 = 4 \text{ kN/m}$ : una tira vertical de 10 cm de ancho aguantaría el peso de unos 40 kg.

El acopio del cartón ondulado, de gramaje 400 o mayor, de tres o cinco papeles, corre a cuenta de cada equipo: en la basura es abundante; en la escuela: principalmente, trasera de Sancer y/o contenedor de papel al lado de las pistas deportivas; y en muchos otros lugares: taller de maquetas, papeleras y contenedores en pasillos y aulas, etc.

## Fases de realización

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

1. Lectura colectiva del enunciado y, en su caso, discusión y aprobación de enmiendas (1h)
2. Redacción de un proyecto 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. (4h+homework)

Para la redacción del proyecto recomendamos realizar pruebas con modelos a escala en cartón, papel o cartulina con las que probar las soluciones ideadas para realizar los distintos elementos, por ejemplo, la placa de carga. Pero, sobre todo, para el diseño definitivo de las uniones de los tirantes tanto con la placa como con los soportes o la plataforma.

3. Presentación pública del proyecto y crítica en asamblea (10' por equipo, 2h)
4. Construcción del diseño según las especificaciones del proyecto (8h+homework)
5. Rotura de la estructura construida (el tiempo que haga falta)
6. Entrega final en PDF en que se resuman todas las actividades realizadas, proyecto, construcción y rotura de la hamaca. Podrá entregarse un vídeo que entre uno y dos minutos resuma el proceso seguido.

## Condiciones generales

- **Puesta en carga.** El equipo constructor será el encargado de realizar la puesta en carga de la hamaca.
- **Supervisión.** El resto de los equipos delegarán en un representante la labor de supervisar la construcción que se ensaye, así como el proceso de carga.
- **Resultados.** Uno de los encargados de la supervisión, deberá además registrar los movimientos verticales de la plataforma a medida que se produce la aplicación de la carga. El objetivo es dibujar una gráfica que represente la relación de carga a desplazamiento.

## Pistas

- **Las pesas son piezas de acero.** Las pesas son lingotes paralelepípedicos o cilíndricos de acero, indeformables en comparación con el cartón. Puede usarse este hecho, y el de que la posición de las pesas es conocida *a priori*, para disminuir la cantidad de estructura necesaria en la placa.
- **Estados de carga.** La hamaca no debe fallar hasta que se haya completado la carga con al menos 15 lingotes distribuidos a lo largo de toda su longitud. Eso significa que hasta completar una hilera la carga será asimétrica, y la hamaca debe estar preparada para ello: un par de lingotes podrían significar un problema “peor” por una posición asimétrica que muchos simétricamente dispuestos.

- **La placa.** La placa estará suspendida por sus extremos y debe ser capaz de soportar la acción de los lingotes dispuestos a lo largo de su longitud manteniendo la su forma. Por ello, deberá estudiarse detalladamente su disposición.
- **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. Además, los tirantes serán los que se anclen en sus extremos y los pongan en carga.
- **Los tirantes.** Fáciles de imaginar y trazar, pero con dos dificultades: como unirlos a la placa, a los soportes y a la plataforma sin desgarrar a estos, y como asegurar que no tarden en entrar en tensión por estar flácidos bajo la acción exclusiva del peso propio de la placa.

Una posible fuente de inspiración será examinar diseños reales de construcciones suspendidas no muy grandes, a ser posible con tableros de acero (los tableros de hormigón armado no dejan “ver” como es su interior, salvo que se cuente con planos del proyecto original).

Versión del 22-09-2018. M. Vázquez y J. Antuña.