

# ESTRUCTURAS

Autor: Raul Martín



## Índice

Definición.....	2	Arcos, Bóvedas y Cúpulas.....	9
Nuestro principal rival: Las fuerzas.....	3	Entramadas.....	10
Luchando por resistir: Las estructuras.....	5	Trianguladas.....	11
Estabilidad.....	5	Puentes.....	11
Resistencia.....	6	Cimentación.....	12
Rigidez.....	8	Forma y función.....	13
Tipos de estructuras.....	9	Actividades.....	14
Masivas.....	9	Proyecto de estructuras.....	16



# 1 Definición

Si nos fijamos en la etimología (estudio del origen de las palabras) de Estructura:

**Estructura** (del latín *structūra*) es la disposición y orden de las partes dentro de un todo.

Vemos que en una estructura van a ser tan importantes los elementos que la componen como su disposición (ubicación, colocación) y el orden en el que se encuentran.

Podemos hablar de la Estructura de casi todas las cosas.

Por ejemplo, *La estructura de una clase* serían los alumnos/as, el profesor/a, las sillas, las mesas, la pizarra y también, y muy importante, la forma en que están colocadas.

Seguro que recuerdas que cuando tenías 4 o 5 años las sillas y las mesas de las clases no estaban colocadas como suelen estarlo en un instituto. La forma de colocar las sillas y las mesas en un aula está muy relacionada con cómo se trabaja en ese aula. De la misma manera como coloquemos los elementos (la disposición) y el orden en el que los coloquemos va a influir en la forma de trabajar de cualquier otra Estructura.



En este tema vamos a centrarnos en las estructuras que tienen como principal objetivo resistir las **fuerzas físicas** a las que van a estar sometidas.

Como nuestro rival en esta “lucha” son las fuerzas físicas, lo primero que tenemos que hacer es conocerlas bien para saber cómo podremos conseguir que nuestras estructuras sean capaces de resistirlas.

## 2 Nuestro principal rival: Las fuerzas

Todos los objetos del Universo están sometidos a la acción de fuerzas.

Definimos **fuerza** como toda causa capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo o de deformarlo.

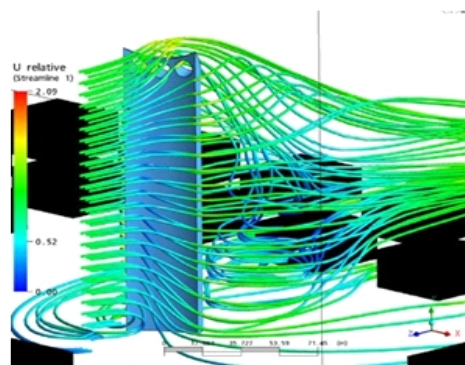
Estas **fuerzas** o cargas se clasifican según su duración en:

- Fijas o permanentes. siempre están presentes y la estructura tendrá que soportarlas en todo momento.

Por ejemplo: el peso de un edificio, del cuerpo o de un tronco.

- Variables o intermitentes. pueden aparecer o desaparecer en función de las condiciones externas a la estructura.

Por ejemplo: la acción del viento, nieve.



Otra clasificación muy importante de las fuerzas es la que las diferencia en función de cómo actúan:

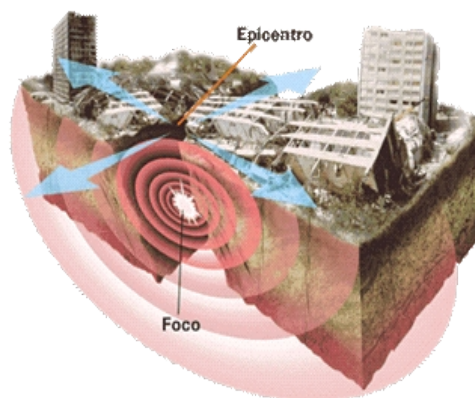
- Fuerzas estáticas. La variación de la intensidad, lugar o dirección en la que actúa la fuerza no cambia o cambia muy poco en periodos cortos de tiempo.

Por ejemplo: el peso de un edificio, nieve.

- Fuerzas dinámicas. Las fuerzas que actúan sobre la estructura cambian bruscamente de valor, de lugar de aplicación o de dirección.

Por ejemplo: terremotos, impactos bruscos...

Las fuerzas dinámicas son muy peligrosas para las estructuras. En las zonas del planeta donde hay riesgos de que se produzcan terremotos, es muy importante tenerlos en cuenta a la hora de calcular la resistencia de las estructuras.



De nuestro rival, las fuerzas, será muy importante conocer dos cosas:

- El valor de la fuerza (si es muy grande o muy pequeña)
- El lugar donde esa fuerza se está ejerciendo.

Esto segundo, el lugar de aplicación de la fuerza, por extraño que parezca, en ocasiones es incluso más importante que el tamaño de la fuerza. Para comprobarlo podemos hacer el siguiente experimento:

Se trata de intentar sujetar, con un solo brazo, durante el mayor tiempo posible una silla de la clase. Primero con el brazo totalmente extendido y después con el brazo pegado al cuerpo.

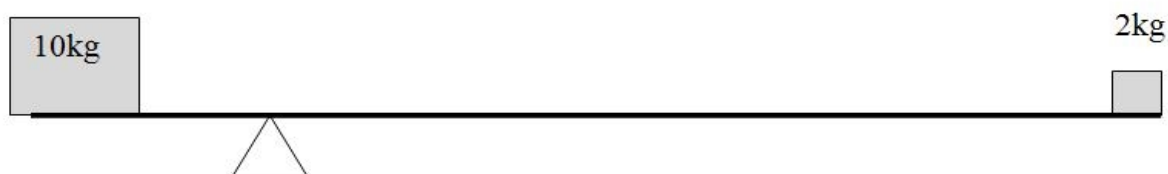
El peso de la silla y por tanto la fuerza (permanente) de la silla (debida a la gravedad de la tierra que la atrae hacia su centro) es la misma en los dos casos. Pero su efecto sobre la estructura, que en este caso es nuestro cuerpo, es muy diferente.

Lo que acabas de experimentar se denomina en cálculo de estructuras: **momento** de una fuerza, y es la magnitud física que se utiliza para calcular el efecto de una fuerza teniendo en cuenta el lugar donde se está aplicando.



Tal vez estás preguntándote porque ocurre esto. La respuesta no es sencilla. Simplemente podríamos decir que así es el planeta y, por lo que sabemos, también el universo en el que vivimos. Pero no hay que pensar en el momento de una fuerza como un obstáculo, como si fuese un problema. Todo lo contrario, podemos aprovechar el **momento de las fuerzas** a nuestro favor para levantar grandísimos pesos con menos esfuerzo. Hasta el punto de que se cuenta que hace ya más de 2000 años el científico Arquímedes, dijo que sería capaz de mover el mundo entero si le daban un punto de apoyo.

La forma más sencilla de aplicar a nuestro favor la característica del momento de las fuerzas es mediante una palanca. En el ejemplo puedes ver como una masa de 2kg puede estar en equilibrio con otra de 10kg simplemente porque la de 2kg está alejada 5 metros ( $2\text{kg} \times 5\text{m} = 10\text{kg m}$ ) y la de 10kg está alejada del punto de apoyo solo 1 metro ( $10\text{kg} \times 1\text{m} = 10\text{kg m}$ ). Las dos fuerzas producen un momento de 10kg m.



## 3 Luchando por resistir: Las estructuras

Podemos hacer una clasificación de las **estructuras** en:

- Naturales: Han sido “fabricadas” por la naturaleza a lo largo de miles de años de evolución.

Por ejemplo: esqueleto, caparazón de un crustáceo, tronco y ramas de un árbol.

- Artificiales: son creadas por el ser humano.

Por ejemplo: las vigas de un edificio, patas de una mesa, puente, grúa.

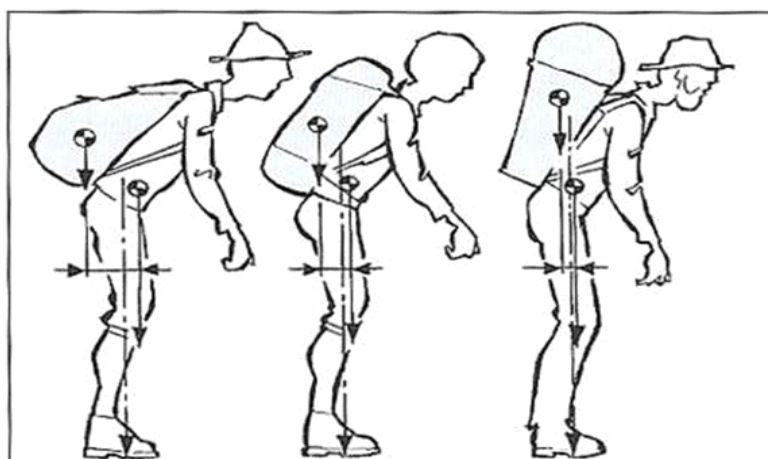
Las condiciones que debe cumplir una estructura son:

- Estabilidad (que no vuelque)
- Resistencia (que no se rompa)
- Rigidez ( que no se deforme)

### 3.1 Estabilidad

Un objeto es tanto más estable cuanto más cerca se encuentra su centro de gravedad del suelo y cuanto mayor es su base.

El centro de gravedad está muy relacionado con lo que hemos llamado **momento** de las fuerzas. Cuanto menor es la distancia del centro de gravedad al centro de la estructura mucho más fácil será resistir la fuerza. Algo que puedes aplicar incluso en tu vida diaria:



*Cuanto más cerca del centro de gravedad corporal se encuentre la carga, más fácil será llevar la mochila.*

En las estructuras para conseguir estabilidad buscamos centrar las masas y acercarlas al suelo, algunas soluciones para dar estabilidad a una estructura:



### 3.2 Resistencia

Una estructura es resistente cuando es capaz de aguantar, de soportar, los **esfuerzos** a los que se ve sometida.

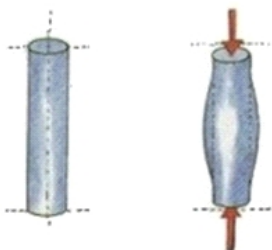
Lógicamente las responsables de esos esfuerzos son las fuerzas y los momentos de esas fuerzas. Cuando las fuerzas actúan sobre las estructuras pueden hacerlo de diferentes maneras producción esfuerzos de: tracción, compresión, flexión, torsión, cizalla y pandeo. Vamos a estudiar un poco más en detalle cada una de estas formas que tienen de actuar las fuerzas sobre las estructuras.

Tipos de esfuerzos:

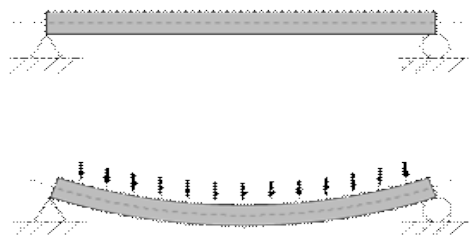
**Tracción:** Consiste en dos fuerzas iguales en la misma dirección y de sentidos contrarios que tienden a estirar el objeto. Ej tirachinas, cuerpo colgado, cuerda tirada por dos extremos



**Compresión:** Consiste en dos fuerzas iguales en la misma dirección y mismo sentido que tienden a reducir la longitud del objeto. Ej. Columna, pata de una mesa, apretar un balón.



**Flexión:** Fuerzas que tienden a doblar el objeto. La flexión produce compresión en la parte cóncava del elemento y tracción en la opuesta, la convexa. Ej. estantería, puente, viga



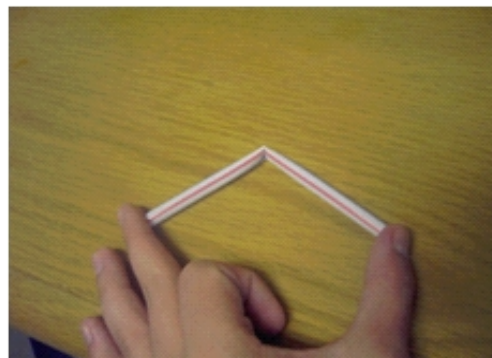
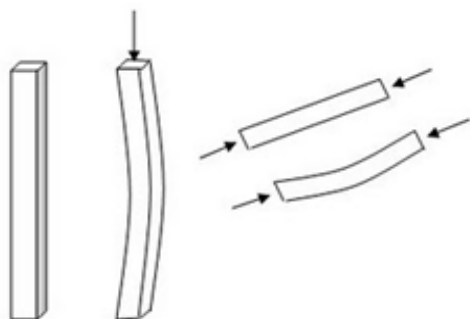
**Torsión:** Fuerzas que tienden a retorcer el objeto .Ej. escurrir un trapo



**Cizalla:** Dos fuerzas aplicadas en sentidos contrarios casi en la misma vertical que tienden a cortar el objeto. Ej. tijeras



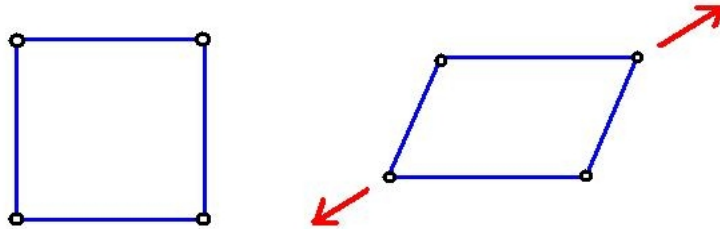
**Pandeo:** Es un tipo especial de compresión en el que la estructura es muy larga en relación a su anchura. Al deformarse la estructura su centro de gravedad se aleja del eje central, aumentando el momento de la fuerza y disminuyendo su resistencia. Ej. Cuando doblamos una pajita comprimiéndola por sus extremos.



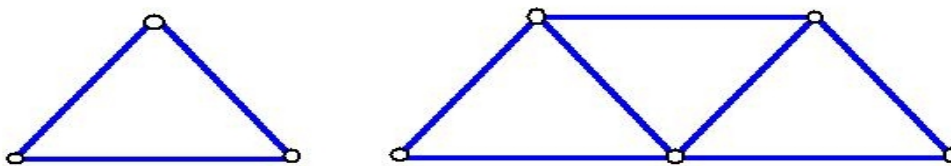
### 3.3 Rigidez

Para conseguir la rigidez de una estructura (que no se deforme), los perfiles deben disponerse formando celdillas triangulares. Para ello se pueden emplear cables, tensores y escuadras.

Una estructura, como la de la figura, compuesta por 4 barras es una estructura fácilmente deformable.



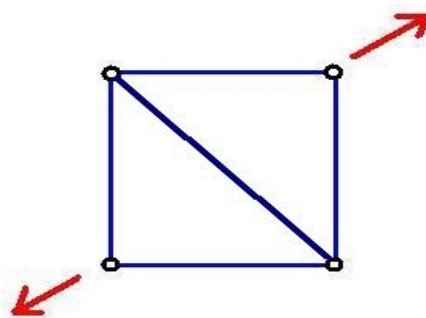
Sin embargo una estructura compuesta por 3 barras no puede deformarse y es por eso que la mayoría de las estructuras metálicas están compuestas por estructuras trianguladas.



No se deforma

Triangulación: da rigidez, no se deforma

Como puedes ver en la siguiente imagen la triangulación impide que la estructura pueda deformarse. La barra central impide que la estructura se deforme.



(Punto del tema en el que podrían realizarse las partes 1 y 2 del Proyecto de Estructuras asociado a la Unidad de Estructuras).



## 4 Tipos de estructuras

Al describir los diferentes tipos de estructuras aprovecharemos para conocer algunas **Estructuras Imprescindibles**. No están en esta breve lista todas las que son imprescindibles, pero si son imprescindibles todas las que están. Con imprescindibles no se pretende decir que sean necesarias para respirar, se puede vivir sin conocerlas, pero seguro que conocerlas y si es posible visitarlas/vivirlas en ocasiones suponen un impacto tan grande para quien las admira que puede significar un antes y un después en la vida de una persona.

### 4.1 Masivas

Emplean elementos muy pesados: piedras, arcillas, maderas, y apenas tienen huecos. Los elementos que las componen trabajan a compresión.

Algunos ejemplos:



Pirámides de Egipto



Pirámide Teotihuacán, Méjico

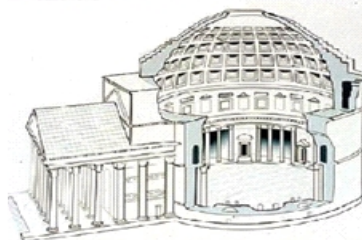
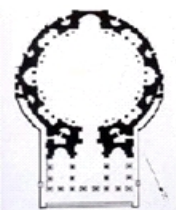
### 4.2 Arcos, Bóvedas y Cúpulas

Sus elementos trabajan a compresión. Su principal finalidad es la de cubrir un espacio, entre dos muros en el caso de las bóvedas o entre 4 o más en el de las cúpulas.

Algunos ejemplos:

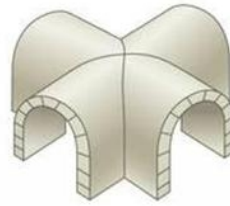
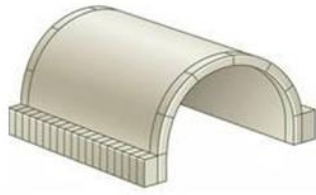


(Arcos) Acueducto de Segovia, España



(Cúpula) Panteón, Roma, Italia

Bóveda de cañón.  
(Románico)



Bóveda de arista.  
(Románico)

Bóveda de crucería.  
(Principio del Gótico)



Bóveda estrellada.  
(Gótico)

### 4.3 Entramadas

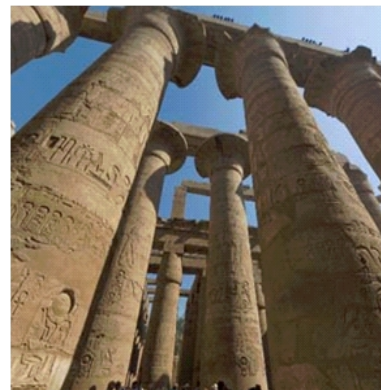
Combinan elementos como las vigas, pilares y columnas. De madera, acero, hormigón.

Pilares: Elementos resistentes dispuestos en posición vertical, que soportan el peso de los elementos que se apoyan sobre ellos. Cuando presentan forma cilíndrica se les denomina columnas.

Vigas: Elementos colocados normalmente en posición horizontal que soportan la carga de la estructura y la transmiten hacia los pilares.



Partenón, Atenas, Grecia



Templo de Karnak, Egipto



Villa Savoye,  
París, Francia



## 4.4 Trianguladas

A menudo nos encontramos estructuras que se hayan formadas por un conjunto de perfiles agrupados geoméricamente formando una red de triángulos, son las denominadas cerchas. Las vemos en construcciones industriales, grúas, gradas metálicas, postes eléctricos, etc.



Torre Eiffel, París, Francia



Pabellón Estados Unidos, Expo Montreal 1967

## 4.5 Puentes



Puente colgante, Golden Gate, San Francisco



Puente atirantado, El Alamillo, Sevilla.



Puente piedra, Puente Romano, Merida



Puente ménsula, Puente ferroviario, Forth.

## 5 Cimentación.

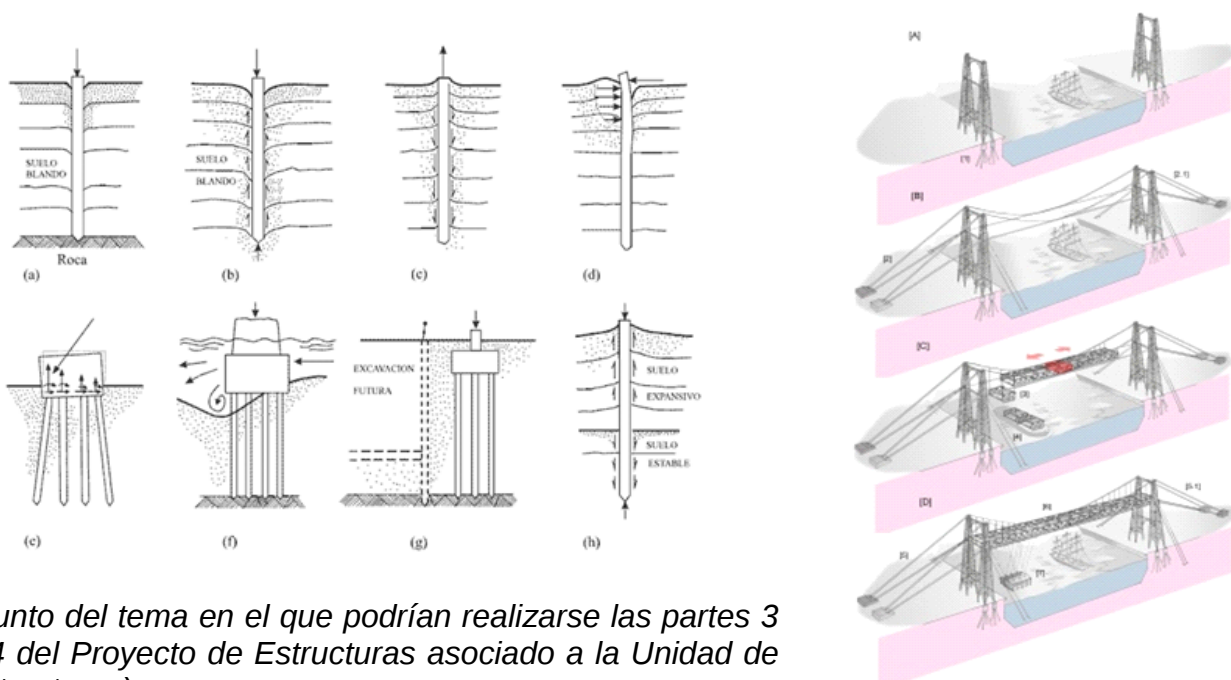
Hemos estudiado los diferentes tipos de fuerzas, los esfuerzos que estas fuerzas producen sobre las estructuras y la forma en que las estructuras trabajan para resistir. Pero, ¿Qué ocurre con los esfuerzos que sufren las estructuras? ¿Quién termina llevándose todos los esfuerzos que soportan las estructuras y por tanto resistiendo todas las fuerzas y los momentos de las mismas? La respuesta es: EL SUELO.

El suelo es nuestro sufrido aliado. Las estructuras son un mero transmisor de las fuerzas desde el lugar donde se originan hasta que llegan al suelo. Esto es casi siempre así, son muy pocos los casos en los que las estructuras no terminan descargando sus pesadas cargas en el sufrido suelo. Por ejemplo un caso en el que esto no ocurre son los aviones, pero salvo estas excepciones, será fundamental que la transmisión de los esfuerzos de la estructura al suelo se haga de la mejor manera posible. Para realizar esta función tan importante de las estructuras en la mayoría de los casos se usa las **Cimentaciones**, que serán la parte de la estructura encargada de transmitir las fuerzas al suelo repartiéndolas de la mejor manera posible.

¿Recuerdas cuando estudiábamos el momento que producen las fuerzas y para ello levantábamos una silla? Por extraño que parezca, quien realmente terminaba soportando el peso de la silla era el suelo que se encontraba a nuestros pies. Nuestro brazo y el resto de músculos y huesos de nuestro cuerpo, mediante los esfuerzos de tracción, compresión y flexión, realizaban la función de transmisores del peso de la silla hasta nuestros pies y estos finalmente al suelo.

Como puedes imaginar, no todos los suelos tienen la misma capacidad de absorber las fuerzas que les transmiten las estructuras y por tanto será muy importante que las cimentaciones se adapten al tipo de terreno en el que la estructura está construida.

En las imágenes se presentan algunos tipos de cimentaciones adaptadas a diferentes tipos de suelos.



(Punto del tema en el que podrían realizarse las partes 3 y 4 del Proyecto de Estructuras asociado a la Unidad de Estructuras).

## 6 Forma y función.

Durante todo el tema hemos estado hablando de las estructuras desde un punto de vista práctico, lo que nos interesaba de ellas era que cumpliesen con su **función**, que aguantasen todos los esfuerzos que las fuerzas producían sobre ellos, que no se deformasen hasta el punto de no poder usarse y si es posible que todo eso lo hiciesen con la menor cantidad de material posible.

Pero un simple vistazo a todo lo que nos rodea nos hace ver que hay algo más. Por un lado vemos estructuras como los postes de los tendidos eléctricos que cumplen la condición de cumplir su función con la mínima cantidad de material, pero por otro lado vemos muchas estructuras con unas formas y diseño que no está relacionado directamente con su función.



¿Crees que la estructura y la **forma** del museo Guggenheim de Bilbao está construida de esa manera para que simplemente funcione mejor? Desde luego que no. Hay formas más sencillas y desde luego más baratas de cubrir un espacio destinado como museo. ¿Esto significa que construir una estructura tan cara y especial como el Guggenheim de Bilbao es un error? En este caso la respuesta claramente también es no. Desde el punto de vista económico el museo Guggenheim ha sido un éxito y ha creado una gran riqueza en Bilbao ya que por ejemplo ha aumentado considerablemente el número de turistas a la ciudad y desde el punto de vista estético, las formas del museo han sido aceptadas como uno de los símbolos de un nuevo y más moderno Bilbao, ayudando a regenerar toda una zona de la ciudad antiguamente degradada por las industrias junto al río.

Aún así hay que tener mucho cuidado con la idea de hacer estructuras como la del Guggenheim de Bilbao, el modelo se ha intentado repetir en otros lugares y lo único que se ha conseguido es crear estructuras carísimas que no sirven prácticamente para nada y que han dejado a algunos ayuntamientos y por lo tanto a todos/as los ciudadanos/as con grandes deudas por malas decisiones políticas.

La pasión por la belleza, por la estética, es algo que ha movido al ser humano desde su origen y las estructuras son una muy buena oportunidad para desarrollar la belleza.

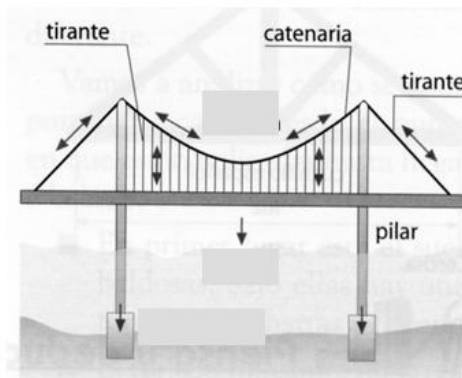
*(Punto del tema en el que podrían realizarse la parte 5 del Proyecto de Estructuras asociado a la Unidad de Estructuras).*

## 7 Actividades

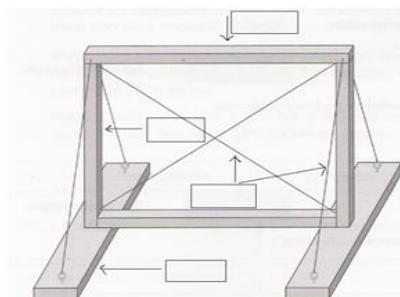
- 1.\_ ¿Qué es una fuerza?
- 2.\_ Diferencia entre cargas permanentes y variables. Pon dos ejemplos de cada una.
- 3.\_ Enumera cuatro cargas que puedan actuar sobre un edificio. Di cuáles son fijas y cuáles variables
- 4.\_ ¿Qué es una estructura?
- 5.\_ Enumera tres estructuras naturales y tres artificiales.
- 6.\_ Cita los tipos de esfuerzos más comunes, explica cuándo se produce cada uno de ellos y pon un ejemplo de cada uno de ellos. Dibuja una tabla como la siguiente en tu cuaderno y complétala.

Tipo de esfuerzo	Dibujo y explicación	Ejemplo

7.- Indica a qué tipo de esfuerzo están sometidos los elementos de las siguientes estructuras



8.\_ Analiza los elementos que aparecen en la siguiente estructura, nombra cada uno de ellos y di a qué tipo de esfuerzo está sometido



9.- De cada uno de los objetos siguientes decir a que tipo de esfuerzo están sometidos:

Llave para abrir una puerta

Papel que se corta con tijeras

Medias

Cable con lámpara colgada

Pata de una silla

Balda de una estantería

Hilo de pescar

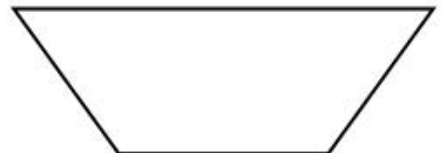
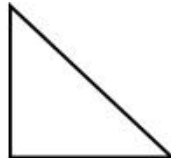
Madera que se sierra

Punta de destornillador

Una columna

10.- ¿Cuál de estas estructuras no se deforma al aplicar una fuerza sobre sus vértices?

Dibuja cómo conseguirías que las otras 3 tampoco se deformaran.



11.- ¿Cuál de las siguientes estructuras es más estable? ¿Y la más inestable? Explica brevemente el por qué.



a) La más estable es la número:                      ¿Por qué?

b) La más inestable es la número:                      ¿Por qué?

12.\_ Tipos de estructuras artificiales. Dibuja una tabla como la siguiente en tu cuaderno y complétala.

Estructuras	Materiales empleados

13.- De las siguientes estructuras, escribe a su lado si son de tipo MASIVAS, Abovedadas, ENTRAMADAS, TRIANGULADAS o COLGANTES

Centro comercial

Acueducto de Segovia

Muro de piedra

Puente de catenaria

Grúa

Catedrales antiguas

Torre de alta tensión

Noria de feria

Edificio de viviendas

Presa de un embalse

## 8 Proyecto de estructuras

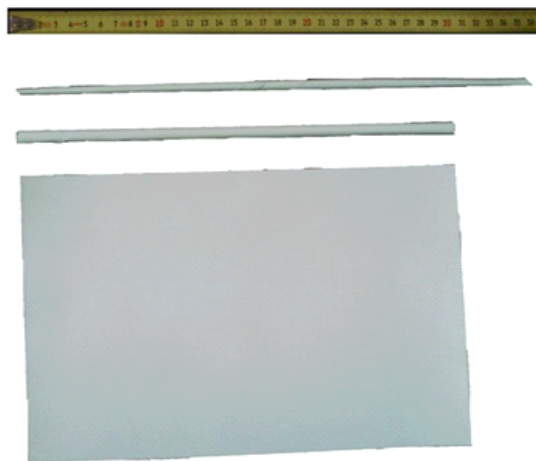
Proyecto de Estructuras: Parte 1 (individual)

Con todos los conocimientos adquiridos a lo largo del tema podemos enfrentarnos a nuestro primer reto como ingenieros/as o arquitectos/as de estructuras.

En esta primera parte del proyecto veremos que a la hora de realizar una estructura es no solo es muy importante realizar un buen diseño, también es muy importante que ese diseño se ejecute bien. Las casas en las que vivimos estarán bien hechas si han estado bien proyectadas, diseñadas, pero es igual de importante que cada uno de las trabajadoras y trabajadores que convierten el proyecto en realidad realicen un buen trabajo. Del mismo modo, para esta primera parte del proyecto que vas a realizar, no solo deberás tener buenas ideas, será necesario también que a la hora de ponerlas en práctica lo hagas con la mayor calidad posible.

Como materiales solo vamos a usar 2: Papel y cola blanca. Las herramientas que usaremos serán tijeras de punta redonda y pincel para aplicar la cola blanca. (Recuerda lavar siempre con agua el pincel con el que has aplicado la cola para que no se endurezca y poder seguir usándolo al día siguiente).

El reto para este primer proyecto es construir un cubo de 14cm de lado formado por 12 “vigas” (cada una de las aristas del cubo) de papel. Al igual que ocurre en la vida real, en la que hay que intentar optimizar al máximo el material a la hora de construir las estructuras, nosotros también vamos a limitar el material de partida a 6 hojas de papel DIN A4. Estas hojas de papel tienen unas dimensiones de 21 cm x 29,7 cm. De manera que antes incluso de empezar a construir nada tendrás que pensar cómo fabricar las 12 vigas de 14cm que necesitas con las 6 hojas, ni una más. En la siguiente imagen tienes una pista de cómo con una hoja se puede obtener vigas de hasta 36cm. Será necesario usar un poco de cola blanca para cerrar los tubos de papel y evitar que se desenrollen. Piensa bien como fabricar las vigas, ya que la forma de fabricarlas influirá sobre su resistencia y esta influirá directamente en la resistencia final del cubo que queremos construir.

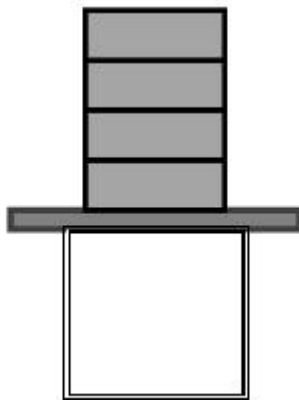


Una vez fabricadas las 12 vigas el siguiente paso será unir las para formar el cubo. Para unir las, al igual que para las vigas, solo está permitido usar papel (del mismo tipo que el usado para las vigas) y cola blanca. Para esta parte podremos contar solo con un cuarto (1/4) de



hoja, que deberemos aprovechar de la mejor manera posible para que junto a la cola blanca formen las uniones más resistentes posibles. Recuerda trabajar con limpieza y aplicar la cola blanca solo en las zonas donde sea necesario.

Una vez terminados los cubos, llegará la hora de enfrentar a nuestras estructuras a su gran rival: las fuerzas. Hay muchas formas de hacer pruebas sobre una estructura. La que vamos a utilizar nosotros para intentar comprobar que estructura es la más resistente, va a ser las de ir aumentando el peso sobre la estructura hasta que esta no termine por ceder. Colocando el cubo sobre el suelo y una tabla de madera sobre el cubo, iremos añadiéndole peso poco a poco hasta que la tabla de madera deje de estar paralela al suelo (porque habrá cedido alguna parte de la estructura).



## **Proyecto de Estructuras: Parte 2 (individual)**

En la primera parte del proyecto has tenido que tomar decisiones sobre cómo fabricar las vigas y como unirlos, pero la forma de la estructura y la colocación de las vigas ya estaba definida (formando un cubo con sus 12 aristas). En esta segunda fase iremos un poco más allá y como un ingeniero/a o arquitecto/a de estructuras tendrás que tomar decisiones sobre la forma de la estructura. Recuerda lo que estudiamos al principio del tema: En una estructura son tan importantes sus partes como la forma en que están colocadas.

El reto en esta segunda fase consiste en aumentar la resistencia de nuestro cubo utilizando 4 hojas más (y la cola blanca que necesites). Seguro que utilizando la teoría que hemos estudiado a lo largo del tema sabrás como optimizar al máximo esas 4 hojas para conseguir realizar las vigas y las uniones que hagan tu estructura mucho más resistente que antes. Ahora además de la calidad en la construcción, las ideas a la hora de diseñar la estructura marcarán la diferencia entre la resistencia de las estructuras.

Si durante la primera parte del proyecto alguna pieza del cubo quedó dañada puedes sustituirla utilizando el papel que necesites o si lo prefieres puedes construir un nuevo cubo partiendo de las mismas condiciones que en la parte 1: material 6 hojas para las vigas y  $\frac{1}{4}$  de hoja para las uniones.

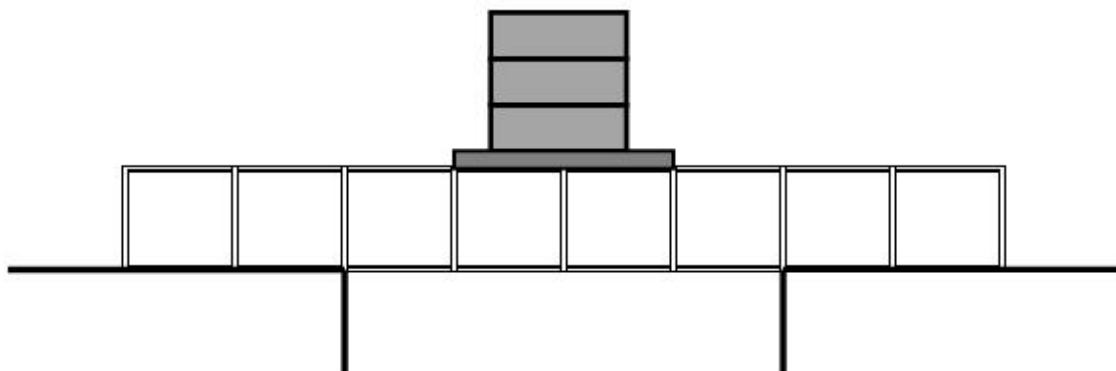
Una vez terminados los nuevos cubos reforzados volveremos cuales son los más resistentes tal y como hicimos anteriormente con los cubos.

### **Proyecto de Estructuras: Parte 3 (equipos de 8)**

En esta tercera parte del proyecto de estructuras vamos a fabricar un puente de 112cm (14cm x 8 =112cm) de largo uniendo 8 cubos reforzados de los que fabricamos en la parte 2 del proyecto. Para ello formaremos grupos de 8 alumnos/as en los que cada uno aportará un cubo y contaremos con 4 nuevas hojas como material, que junto a la cola blanca que se necesite servirán para construir el puente. Una vez terminados los puentes se colocarán entre dos mesas de manera que en cada mesa apoyen 2 de los 8 cubos (28cm), quedando por tanto 4 cubos (56cm) de separación entre las dos mesas.

El siguiente paso, tal y como hicimos en las partes 1 y 2 será ir cargando poco a poco los puentes para comprobar su resistencia hasta que se deformen o cedan. La carga se aplicará colocándola sobre una tabla de 28cm de largo y 14 de ancho sobre los dos cubos centrales.

Cimentación del puente: Si al aplicar la carga sobre los puentes se comprueba que se levantan las partes del puente que están apoyadas sobre las mesas, puede optarse por sujetarlas mediante 4 gatos o sargentos, usando 2 para sujetar cada uno de los lados del puente a la mesa en la que está apoyado. Esto puede ayudarnos a entender la importancia que tiene la forma en que las estructuras terminan transmitiendo sus cargas al suelo.



### **Proyecto de Estructuras: Parte 4 (equipos de 8)**

En esta cuarta parte del proyecto de estructuras, al igual que hicimos en la parte 2, vamos a buscar la forma de reforzar nuestro puente aplicando los con.

Lo primero será reconstruir las partes del puente que hayan podido quedar dañadas tras las pruebas de la fase 3. A continuación tocará diseñar la forma de aumentar la resistencia de nuestro puente contando con el siguiente material: 8 hojas y añadimos un elemento nuevo que podrás utilizar para aumentar la resistencia del puente: 8 metros de cuerda fina o hilo. Como en las fases anteriores podrás utilizar también la cola blanca que necesites para las uniones de papel y como herramientas pincel y tijeras de punta redonda.

Estudiar las zonas del puente que han quedado dañadas después de las pruebas de la fase 3 puede ayudaros a saber que partes del puente son las que sufren los mayores esfuerzos y por tanto como podréis reforzarlas, conseguir que los esfuerzos se repartan mejor por toda la estructura o incluso que los esfuerzos en unas partes compensen los de otras.

Una vez que estén construidos los nuevos puentes reforzados, tocará, una vez más, someterlos a las pruebas de esfuerzo para comprobar si efectivamente gracias a los nuevos diseños y refuerzos son capaces de resistir mucho más peso.

## Proyecto de Estructuras: Parte 5 (equipos de 8)

Después de haber trabajado nuestro puente y haber optimizado su forma para que cumpliera de la mejor manera posible con la función de soportar el mayor peso posible, ahora vamos a intentar desarrollar esa otra cara de las estructuras más relacionada con su forma que con su función meramente práctica.

Vamos a imaginar que nuestro puente está en un lugar importante de una ciudad y queremos conseguir evocar con su forma o estética algo especial en las personas que lo vean o lo usen. Puede que muchas personas crucen nuestro puente por las mañanas cada día y queremos que para ellos represente algo bonito y especial. Puede que las parejas de enamorados vayan a su orilla a pasar la tarde contemplando el río y el puente que hemos construido...

En esta última parte del proyecto vamos a desarrollar la parte estética y bella de las estructuras, puede ser añadiendo nuevas formas, realzando algunas partes, mediante el color, no hay límites para la belleza y la imaginación y por tanto, en esta ocasión, tampoco vamos a limitar los materiales que pueden usarse. Eso sí, siempre es interesante reflexionar sobre si se puede conseguir el mismo resultado de una manera menos recargada y más elegante, no por añadir más cosas a una estructura esta tiene porque ser más bella. Muchos de los grandes artistas y arquitectos, con el paso de los años van evolucionando hacia formas más sencillas de expresarse y transmitir sus ideas. El gran arquitecto Mies Van der Rohe hizo famosa la frase "Menos es más" con la que intentaba representar este tipo de evolución en su arquitectura, que tiene como máxima expresión la Casa Farnsworth.

