

# 1

## Estructuras

### SABER

- ¿Qué es una estructura?
- Resistencia a esfuerzos.
- Elementos de una estructura.
- Estructuras estables.
- Estructuras resistentes.
- Perfiles.
- Tipos de estructuras artificiales.

### SABER HACER

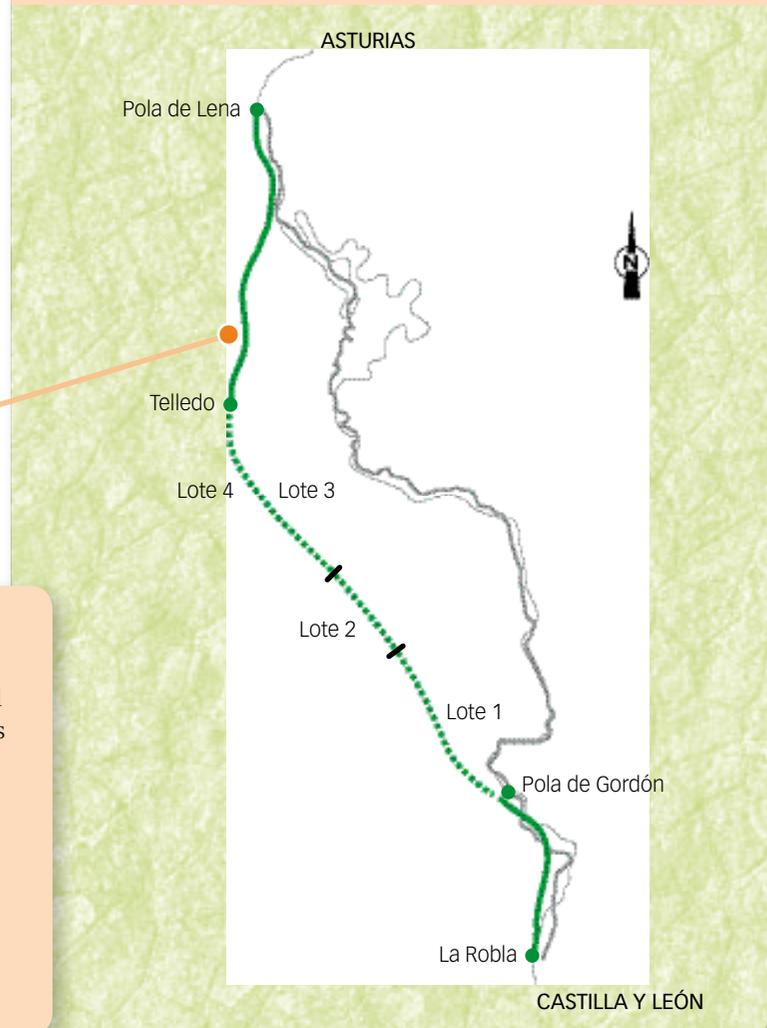
- Construir estructuras estables.
- Identificar tipos de estructuras.

El **trazado** de un túnel acorta la distancia y permite salvar obstáculos para los trenes, que no pueden subir grandes pendientes.



La **perforación** del túnel duró tres años y dos meses, y se extrajeron cuatro millones de metros cúbicos de roca. Fecha prevista de inauguración: 2015.

El **túnel ferroviario de Pajares**, entre León y Asturias, tendrá unos **24,6 km** de longitud. No obstante, el túnel más largo de España es el de Guadarrama, entre Madrid y Segovia, con 28 km.



### ? INTERPRETA LA IMAGEN

- ¿Qué estructuras conoces que sirvan para mejorar las redes de transporte? ¿Qué materiales emplean?
- ¿Qué forma tienen los túneles? ¿Por qué crees que tienen esa forma?

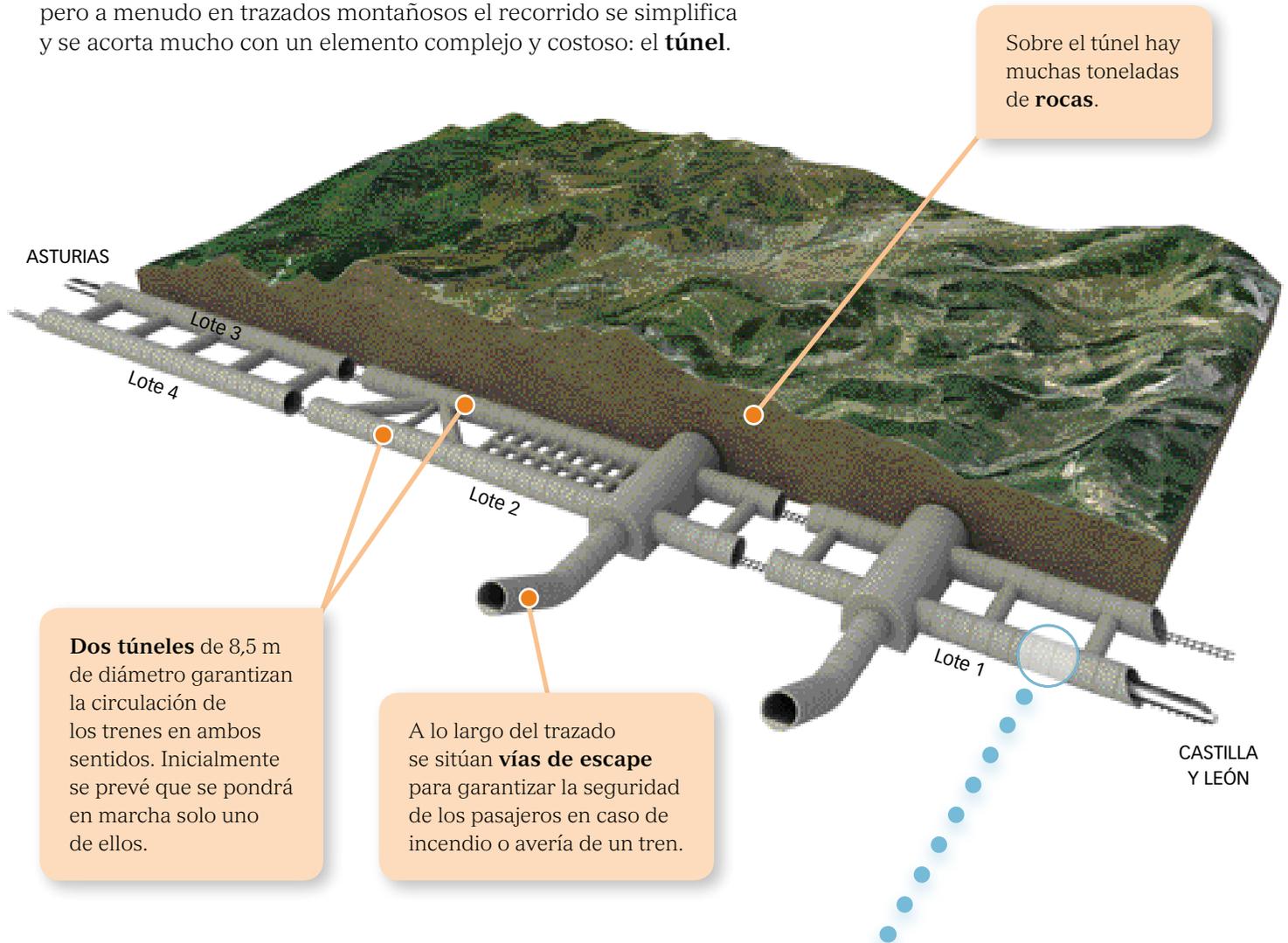
### 🔑 CLAVES PARA EMPEZAR

- ¿Qué túneles cercanos conoces? ¿Qué necesidad satisfacen? Haz un dibujo de ellos.
- Opina. Las grandes obras públicas, como la construcción del túnel de Pajares, pueden provocar alteraciones en el medio ambiente local. ¿Qué aspectos relacionados con el medio ambiente crees que hay que valorar antes de comenzar a ejecutar obras de este calibre?

## NOS HACEMOS PREGUNTAS. ¿Cómo se construyen los túneles?

Las carreteras o trazados férreos tienen que salvar a menudo obstáculos: ríos, barrancos, cordilleras...

En el caso de los ríos, los puentes y viaductos son la opción elegida, pero a menudo en trazados montañosos el recorrido se simplifica y se acorta mucho con un elemento complejo y costoso: el **túnel**.



**Dos túneles** de 8,5 m de diámetro garantizan la circulación de los trenes en ambos sentidos. Inicialmente se prevé que se pondrá en marcha solo uno de ellos.

A lo largo del trazado se sitúan **vías de escape** para garantizar la seguridad de los pasajeros en caso de incendio o avería de un tren.

La **estructura** de un túnel se construye con hormigón, un material muy resistente.

Los **cables** que suministran la corriente eléctrica circulan por tubos.

Una **capa impermeable** protege el interior del túnel.

La **forma** del túnel consigue repartir el peso de manera que no se derrumbe la estructura.

Además de las vías, en un túnel hay que construir **drenajes** para evacuar el agua.

# 1

## ¿Qué es una estructura?

Cualquier objeto que queramos construir necesita soportes o paredes donde sujetar sus diferentes partes.

Una **estructura** es un conjunto de elementos capaces de soportar **fuerzas** y transmitir las a los puntos donde se apoya con el fin de ser resistente y estable.

Estamos rodeados de estructuras naturales y artificiales. Las personas, los animales y las plantas son estructuras: nuestro cuerpo dispone de una estructura formada por huesos, los animales tienen huesos o caparazones y las plantas tienen troncos y ramas que soportan las hojas.

Las personas construimos estructuras tales como casas y puentes, pero muchos animales también construyen estructuras; por ejemplo, los pájaros fabrican nidos y las arañas elaboran telas.



Llamamos **cargas** a las **fuerzas** que actúan sobre una estructura.

Las cargas pueden ser: el propio peso de la estructura, el peso de los elementos que se colocan sobre ella, el viento que la empuja, la nieve que se acumula encima...

Imagina un tren que cruza un puente sobre un río. La estructura del puente debe soportar el peso del puente y el del tren y, además, trasladar este peso hasta los apoyos del puente en el suelo.

## Evolución de los materiales y las estructuras

Hasta el siglo XIX no se adquirieron conocimientos técnicos profundos sobre el comportamiento de las estructuras, y a finales de ese siglo la disponibilidad de perfiles de acero y la invención del ascensor eléctrico permitieron la construcción de edificios de gran altura: los rascacielos. Sin embargo, en la Antigüedad se construyeron asombrosas estructuras, como pirámides, y en la Edad Media se levantaron fantásticas catedrales. Se pueden elaborar estructuras con muchos materiales. Observa cómo han evolucionado tanto el tipo de estructura como los materiales empleados a lo largo de la historia:



Crómlech de Stonehenge (Inglaterra).  
3100-2500 a.C.



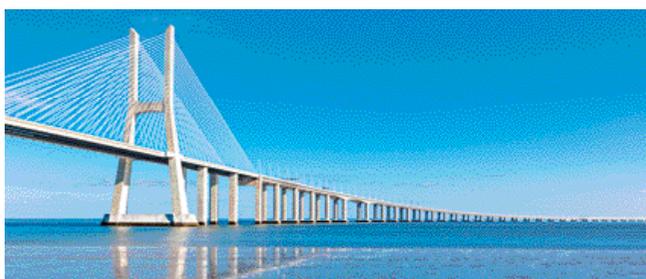
Pirámides del antiguo Egipto.  
2500 a.C.



Acueducto romano de los Milagros (Mérida, Badajoz).  
Siglo I d.C.



Rascacielos (Nueva York).  
Primeras décadas del siglo XX.



Puente Vasco da Gama (Lisboa).  
1998.

### SABER MÁS

#### El primer puente construido con acero

Puente en arco que se levantó en Inglaterra entre 1777 y 1779 sobre el río Severn. Salva una distancia de 60 m.



### COMPROMETIDOS

La evolución de los materiales y las estructuras nos ha permitido construir presas que nos abastecen de agua; viaductos y túneles que favorecen el comercio y la economía... Pero estas mejoras, a veces, tienen efectos negativos.

¿Qué medidas tomarías para minimizar las consecuencias medioambientales sin renunciar a los avances y beneficios sociales y económicos que nos proporcionan?

### ACTIVIDADES

- 1 ¿Qué es una estructura?
- 2 Identifica en las fotografías de esta página alguno de los materiales utilizados.
- 3 Señala algunas diferencias entre la estructura más antigua y la más moderna.

## 2

## Resistencia a esfuerzos

Los **esfuerzos** son las fuerzas que aparecen en los elementos de una estructura cuando está sometida a otras fuerzas o cargas.

La resistencia a esfuerzos es la propiedad más importante a la hora de elegir un material u otro, ya que indica la capacidad de soportar esfuerzos sin romperse.

Las estructuras, según cómo sean y cómo las usemos, tendrán que soportar esfuerzos que tienden a:

- Estirarlas.
- Flexionarlas.
- Retorcerlas.
- Comprimirlas.
- Cortarlas.

Estudiamos estos cinco casos:

- Una estructura o un elemento están sometidos a un **esfuerzo de tracción** cuando sobre ellos actúan fuerzas que tienden a aumentar su longitud. Es decir, a estirarlos.

← tracción →

Muchos puentes están sustentados por cables o tirantes. Los tirantes se ven sometidos a esfuerzos de tracción al soportar el peso de la tabla.

- Una estructura o un elemento están sometidos a un **esfuerzo de compresión** cuando sobre ellos actúan fuerzas que tienden a disminuir su longitud. Es decir, a comprimirlos.

→ compresión ←

Las columnas de un templo o los pilares de tu edificio son ejemplos de esfuerzos de compresión.

- Una estructura o un elemento están sometidos a un **esfuerzo de flexión** cuando las fuerzas o las cargas tienden a doblarlos.

flexión ↓



Hay estructuras que están sometidas a esfuerzos de tracción, compresión y flexión simultáneamente.

### ? INTERPRETA LA IMAGEN

Observa las siguientes imágenes:

A



B



C



- Indica, explicando tu respuesta, a qué tipo de esfuerzos están sometidos.

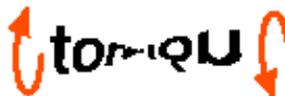
- Un elemento está sometido a un **esfuerzo de cortadura** o **cizalla** cuando las fuerzas que actúan paralelamente a su sección tienden a cortarlo. Es decir, tienden a desplazar una sección con respecto a otra.



Unas tijeras sobre el papel que están cortando es un ejemplo de esfuerzo de cizalla. Aunque no solo soportan fuerzas de cizalla los elementos que queremos cortar.

En general, soportan esfuerzos de cizalla casi todos los elementos de unión de una estructura, por ejemplo, los ensambles que unen las piezas de madera haciendo que una de ellas encaje en la otra.

- Un elemento está sometido a un **esfuerzo de torsión** cuando existen fuerzas sobre él que tienden a hacer girar una sección con respecto a la otra; es decir, tienden a retorcerlo.



Al apretar un tornillo o girar el pomo de una puerta estamos ejerciendo un esfuerzo de torsión.

Observa en la fotografía del margen cómo se retuerce la goma al aplicar fuerzas de torsión en sus extremos.



Las **espigas** de un mueble soportan esfuerzos de cortadura o cizalla.



Sobre el **tornillo** se está ejerciendo un esfuerzo de torsión.

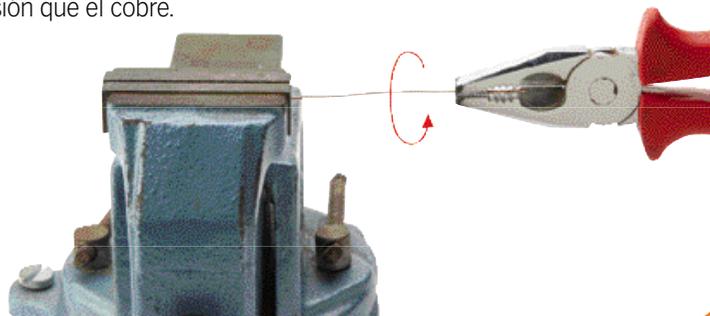
## ➔ SABER HACER

### Comparar la resistencia a la torsión de diferentes materiales

Toma un hilo de estaño. Sujeta un extremo a un gato y, con unos alicates, ve retorciendo el otro extremo. Repite el experimento con un hilo de cobre.

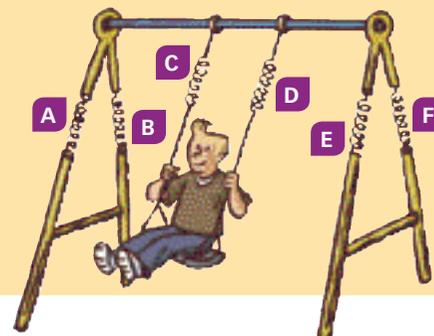
- ¿Cuál de los dos hilos se rompe antes?

El estaño se rompe antes. Decimos que es menos resistente a la torsión que el cobre.



## ACTIVIDADES

- Las columnas de un edificio ¿deben estar hechas de un material resistente a tracción o a compresión? ¿Por qué?
- Unas llaves para abrir una puerta deben estar hechas de un material resistente. ¿Para qué tipo de esfuerzo?
- Indica qué esfuerzos soportan los muelles de la ilustración que forman parte de la estructura y di para qué sirven.



### 3

## Elementos de una estructura

Muchas estructuras están formadas por la unión de varios elementos. Cada elemento está diseñado para soportar distintos tipos de esfuerzos, de modo que el resultado final sea una estructura **resistente** y **estable**. Los elementos más usados en las estructuras son: **cimientos**, **columnas** o **pilares**, **vigas**, **arcos** y **tirantes**.



### ? INTERPRETA LA IMAGEN

Observa las siguientes imágenes:

- ¿Qué elementos forman cada estructura? ¿Qué tipo de esfuerzos soportan?



- Dibuja una estructura que tenga alguno de los siguientes elementos: vigas, pilares, arcos y tirantes.

## 4

## Estructuras estables

Son estructuras **estables** aquellas que, al aplicar una fuerza sobre ellas, conservan su posición. Son **inestables** las estructuras que, al aplicar un pequeño empuje, pierden el equilibrio.

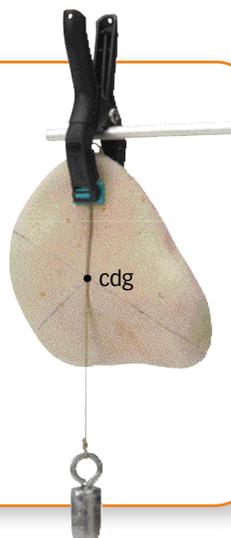
La estabilidad está relacionada con el **centro de gravedad** (cdg). El centro de gravedad es un punto imaginario donde estaría toda la masa del objeto si se pudiera comprimir. Cuando este punto se sitúa fuera de la base de sustentación del objeto, entonces este se convierte en inestable y se vuelca.

 SABER HACER

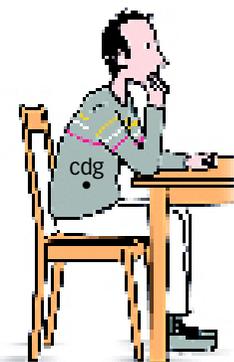
### Determinar el centro de gravedad

Para conocer la ubicación del centro de gravedad de un objeto puedes realizar la siguiente actividad:

1. Cuelga una plomada de un hilo.
2. Marca la línea vertical del hilo sobre el objeto.
3. Repite la operación colgando el objeto de dos o tres puntos distintos.
4. El cruce de las tres líneas es el **centro de gravedad**.

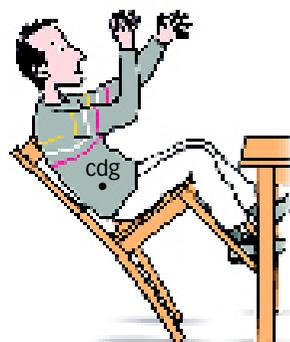


A



El cdg está dentro de la base de sustentación.

B



El cdg está fuera de la base de sustentación. La silla vuelca.

## ?

## INTERPRETA LA IMAGEN

En la siguiente ilustración se describen algunos recursos para mejorar la estabilidad de una estructura.

- ¿Podrías encontrar alguno más? Señálalos.

Aumentando la distancia entre los apoyos.

Utilizando tirantes.

Manteniendo el centro de gravedad dentro de la base de sustentación.

Utilizando escuadras en la base.

Bajando el centro de gravedad.



## 5

## Estructuras resistentes

Una estructura es **resistente** cuando conserva su forma al aplicarle cargas.

Vamos a estudiar elementos y recursos que proporcionan resistencia a las estructuras.

## Arcos

Los arcos fueron usados ya por los romanos para construir puentes con piedras o ladrillos.



Los arcos romanos se mantienen gracias al apoyo de un ladrillo sobre otro; no se utiliza ningún adhesivo entre las piezas. Estas suelen tener forma de cuña y encajar perfectamente.

## SABER HACER

## Comprobar la resistencia de los arcos

1. Forma dos filas de libros de la misma altura. Únelas mediante un par de trozos de cartulina y coloca monedas encima.
2. Repite el ensayo colocando bajo la primera cartulina la otra doblada en forma de arco y vuelve a colocar monedas.

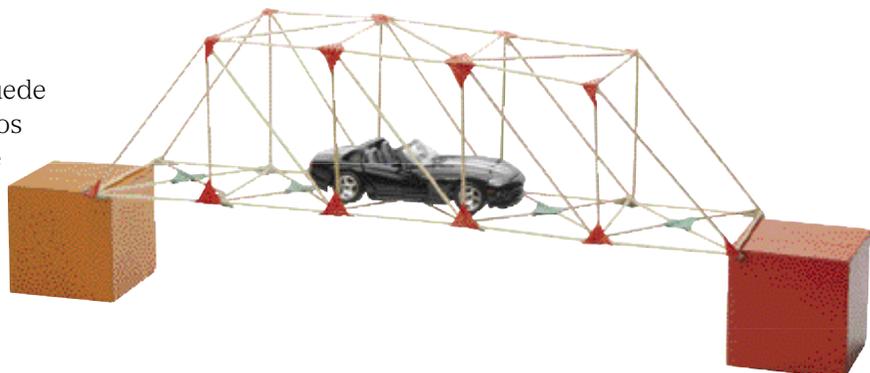
- ¿Cuál de las dos estructuras soporta más monedas?  
¿Por qué?

La estructura B soporta más monedas.  
El arco le proporciona mayor resistencia.



## Triángulos

La única figura geométrica que no se puede deformar aplicándole fuerzas en sus lados es el triángulo. Esto ha servido de base para fabricar las estructuras triangulares. Por ejemplo, puentes triangulados que tienen poca masa y son muy resistentes.



## SABER HACER

### Comparar la resistencia de diferentes estructuras

Une con tornillos y tuercas perfiles de madera realizando las siguientes formas: cuadrado, triángulo y pentágono. No aprietes mucho la unión para que se puedan mover los perfiles.

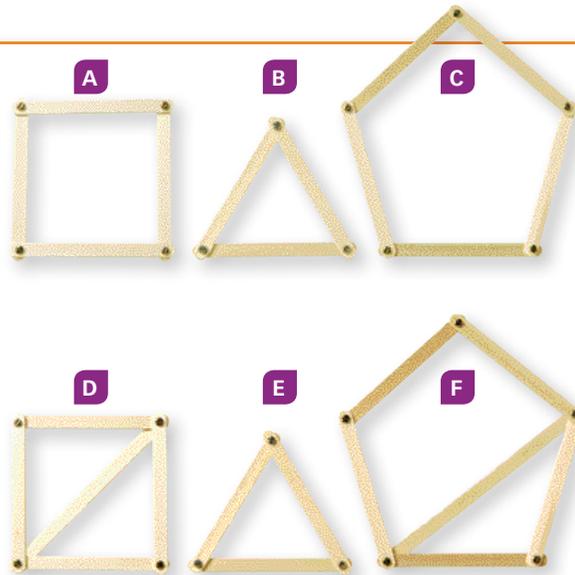
- ¿Cuáles de estas formas se pueden deformar?

La única forma que no se deforma es el triángulo.

Prueba ahora a colocar en cada forma una varilla en la diagonal.

- ¿Se pueden deformar?

D y E, no; pero F, sí. Para que F no se deforme deberíamos colocar al menos otra varilla.



## Tirantes

Los tirantes son cables o barras, con frecuencia de acero, que sirven para aumentar la resistencia y la estabilidad de una estructura.

Ponerle tirantes a un puente es una idea genial. Los cables aguantan el peso de la tabla y ayudan a conseguir así un puente largo sin pilares en el centro, que se autosostiene y es muy elegante.

Muchos puentes combinan varias de las soluciones propuestas, como el de la imagen inferior: **arcos**, **triángulos** y **cables** perfectamente combinados.

Sydney (Australia).



## ACTIVIDADES

- 7 Analiza las siguientes estructuras e indica si se pueden deformar.

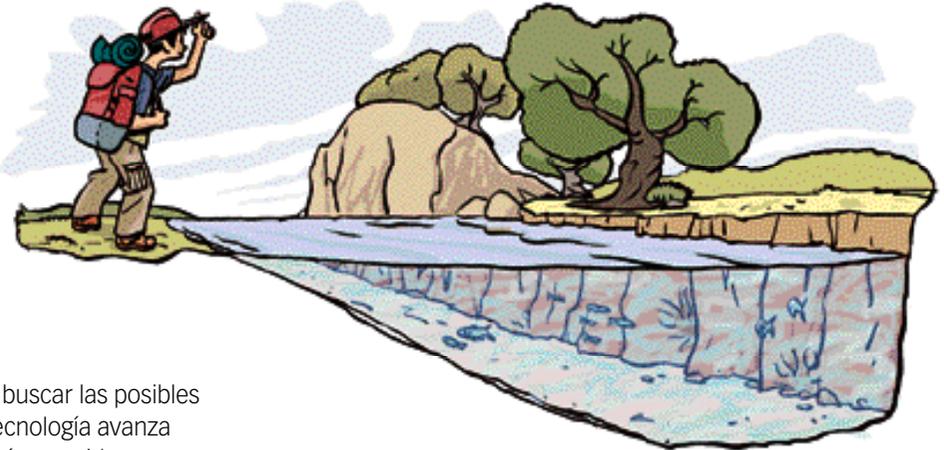


- 8 ¿Qué quiere decir que una estructura debe ser indeformable?

## Construir un puente

Imagina que tienes que construir un puente que cruce un río como el del dibujo, con poca profundidad en una orilla y mucha en la otra.

Vamos a aplicar a este problema las distintas fases del proceso tecnológico.



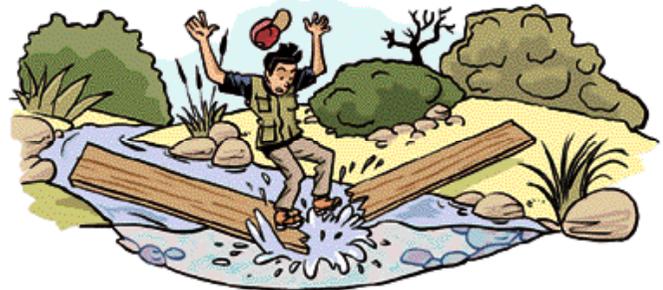
### 1. Identificar el problema

Identificar el problema es esencial para buscar las posibles soluciones. Con el paso del tiempo, la tecnología avanza y se dan nuevas soluciones, cada vez más atrevidas e ingeniosas.

Desde siempre, cruzar los ríos ha sido una necesidad. La historia de los puentes va pareja a la historia de la humanidad; un largo camino que ha unido orillas y gentes.

Un simple tronco puede resolver el problema pero cuando el peso que tiene que soportar el tronco es grande, la madera se acaba rompiendo. La solución: poner pilares en el centro. En este caso basta con colocar una buena piedra.

En cambio, en nuestro ejemplo no podemos construir un puente ni con uno ni con dos pilares, ya que una de las orillas es demasiado profunda.



### 2. Explorar y diseñar

Es una fase en la que se deben poner en juego la creatividad y los conocimientos científicos y tecnológicos, además de tener en cuenta las características funcionales y estéticas.

Como en la zona profunda no es posible construir un pilar, podemos pensar en un puente que solo se apoye en una orilla. Pero esa solución tan original nos trae un nuevo problema:

- ¿Cómo equilibrar el distinto peso de la tabla a ambos lados?

Hay que poner un contrapeso en un extremo, hacer ensayos y saber hallar el **centro de gravedad**.

Con nuestras ideas, pruebas y ensayos tenemos que dibujar un **boceto** y un **croquis** del puente, elegir los materiales según sus propiedades y escribir el listado oportuno.

En esta fase de diseño no debemos olvidar el **factor estético** y el **económico**.

Un puente puede ser resistente y hermoso, pero si es muy caro, probablemente nunca se construirá.



### 3. Construir

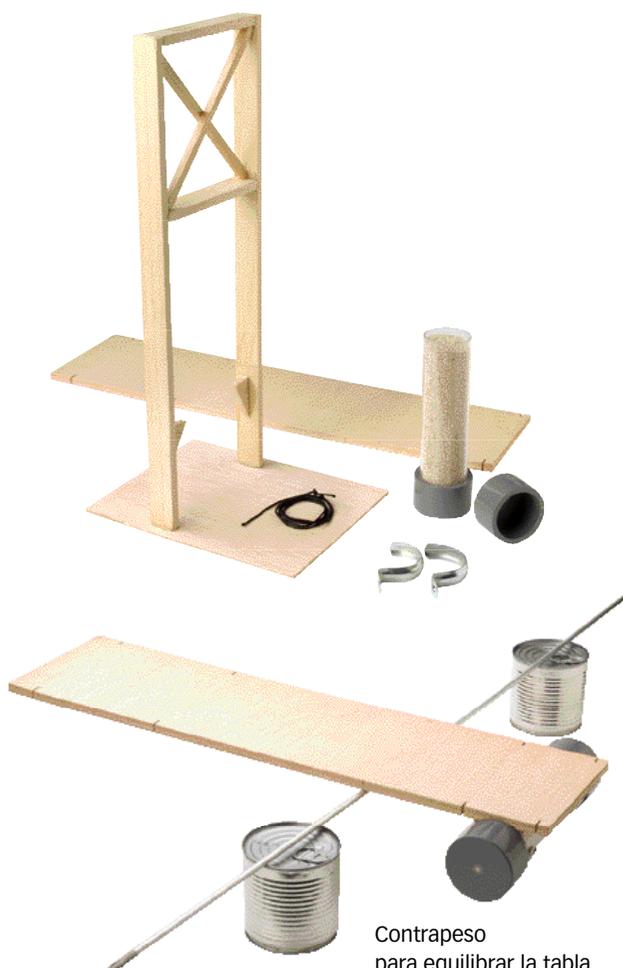
Es la fase en la que las ideas se plasman en un objeto real. Para ello hay que poner en juego las distintas técnicas de trabajo que hayamos aprendido.

Con las herramientas adecuadas se cortan y preparan las piezas necesarias según el croquis. Después se montan, y se construye el objeto en cuestión.



#### PRESTA ATENCIÓN

Medir bien es fundamental.



Contrapeso para equilibrar la tabla.

### 4. Evaluar

El último paso es el de **comprobar** si el objeto construido resuelve el problema planteado.

En nuestro caso consistiría en ver si el puente de un solo pilar y autoportante no se cae y aguanta el «tráfico».

Si hemos conseguido que el puente sea resistente, el proyecto es un éxito; si no es así, debemos repasar el proceso para ver en qué paso nos hemos equivocado.



## 6

## Perfiles

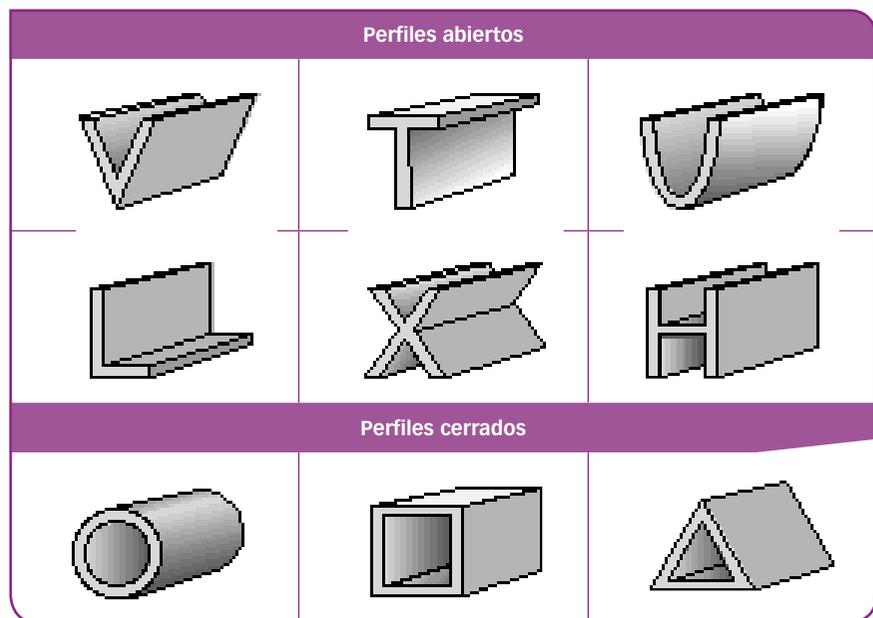


Estructura fabricada con perfiles.

Los **perfiles** son barras de diferentes secciones utilizadas a la hora de realizar estructuras.

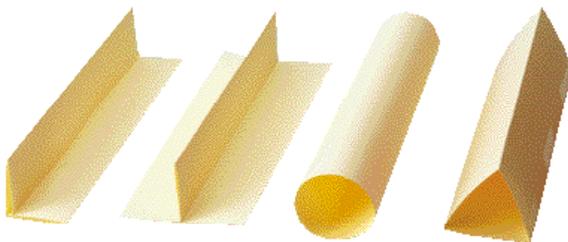
Los perfiles nos permiten elaborar estructuras resistentes, ligeras y baratas al mismo tiempo. Muchos de los elementos estructurales que hemos estudiado (sobre todo las vigas y los pilares) están fabricados con perfiles. Si tuviéramos que usar vigas y columnas macizas, pesarían tanto y serían tan caras que no podríamos fabricar grandes estructuras.

Los perfiles pueden ser:


 SABER HACER

## Construir perfiles

1. Construye perfiles con distintas formas. Pégalos con cinta adhesiva.



2. Coloca encima de ellos una caja de CD.
3. Luego ve colocando más cajas hasta que se derrumben.

- ¿Cuál es el perfil más resistente?



La L es el perfil menos resistente.

## SABER HACER

### Construir y unir perfiles

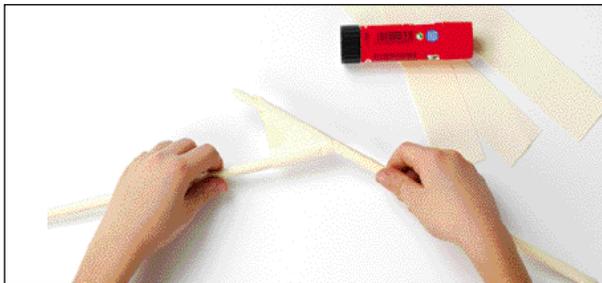
Se pueden hacer perfiles de papel, cartulina o cartón de diferentes formas. También pueden utilizarse otro tipo de perfiles, como espaguetis o tallarines, pajitas de plástico, pinchos de brochetas o alambres de cobre.



- 1. Construye perfiles de papel.** Enrolla por un vértice una hoja de papel. Es mejor para el medio ambiente que utilices papel usado. Al terminar de enrollarlo, échale un poco de pegamento.



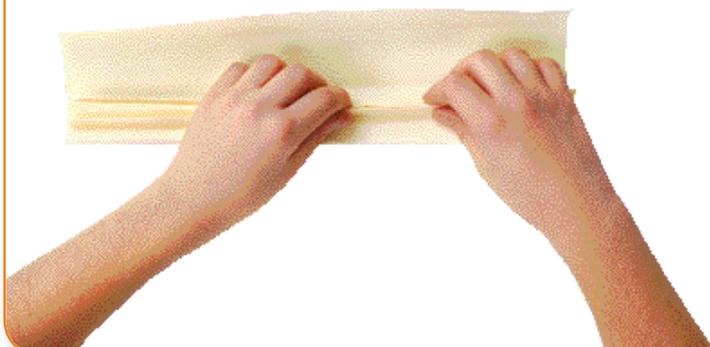
- 2. Une perfiles de papel.** Enrolla una tira de papel en la unión de los dos perfiles. Utiliza pegamento para fijar la tira.



- 3. Une en ángulos perfiles de papel.** Enrolla una tira de papel para sujetar los dos perfiles formando el ángulo que necesites. Ten cuidado al terminar para que no se arrugue el papel. Al final, fija con pegamento.

### Para construir perfiles de cartulina o cartón.

Es más fácil si al principio empiezas doblando un poco la cartulina.



Con muchas pajitas unidas con papel adhesivo se pueden construir columnas capaces de soportar el peso de una persona.

## PRESTA ATENCIÓN

Recuerda que mientras usas una herramienta cortante debes tener cuidado con la posición de los dedos.

## ACTIVIDADES

**9** ¿Por qué se usan perfiles en vez de elementos macizos?

**10** ¿Qué diferencia existe entre vigas y columnas?

Una manera sencilla de clasificar las estructuras es por su forma, o la de los elementos que predominan en ellas. Según este criterio, podemos distinguir entre:

- Estructuras masivas.
- Estructuras abovedadas.
- Estructuras trianguladas.
- Estructuras entramadas.
- Estructuras colgantes.

### Estructuras masivas

Son estructuras **masivas** aquellas en las que predomina una gran concentración de material.

Se caracterizan por ser macizas, estables y muy pesadas. Emplean en su construcción materiales muy resistentes a esfuerzos de compresión, como el granito, el mármol o el hormigón.

Ejemplos de estructuras masivas son las pirámides, los templos griegos, las presas de los embalses, las murallas y los diques.

Los templos griegos son ejemplos de estructuras masivas. Sus principales elementos son las **columnas** y los **dinteles**.



Las **columnas** soportan esfuerzos de compresión.



Los **dinteles** soportan esfuerzos de flexión. Se colocan horizontalmente y se apoyan sobre las columnas. Sirven para sujetar las cubiertas.

## Estructuras abovedadas

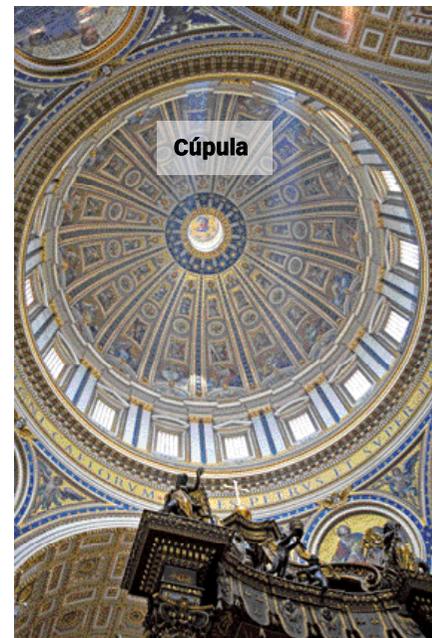
En las **estructuras abovedadas** predominan los **arcos**, las **bóvedas** o las **cúpulas** como elementos de sujeción y soporte.

Estos elementos soportan fuertes esfuerzos de compresión.

Son ejemplo de estructuras abovedadas: los teatros, los circos, los acueductos romanos, las iglesias y catedrales, algunas mezquitas y determinadas construcciones actuales, como los túneles.



La **bóveda** es una sucesión de varios arcos.



La **cúpula** es una bóveda con forma semiesférica.

## Estructuras trianguladas

Las **estructuras trianguladas** se forman con la unión de muchos triángulos, construyendo redes planas o espaciales.

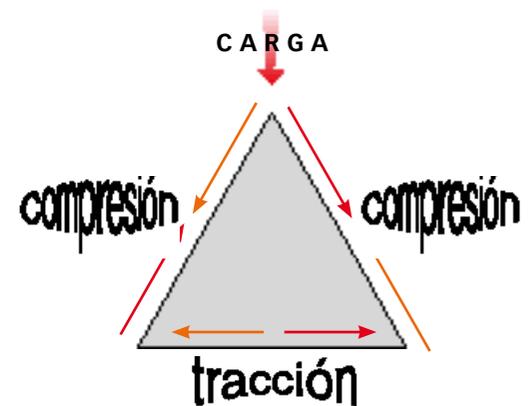
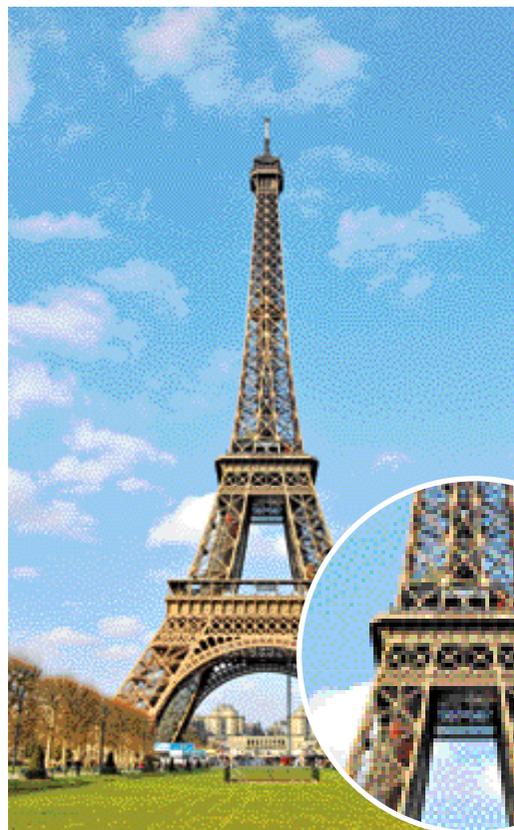
La triangulación en las estructuras aporta **estabilidad** y **resistencia** con el mínimo número de perfiles.

Estos elementos soportan simultáneamente esfuerzos de tracción y compresión, equilibrándose la estructura y permitiendo que esta pueda crecer cuanto se desee.

Los materiales que se suelen emplear para construir estas estructuras son la madera o el acero.

Estas estructuras son muy ligeras, pues están huecas.

Son ejemplos de estructuras trianguladas las torres de alta tensión, las grúas, las plataformas petrolíferas, los estadios deportivos y algunos puentes.



Cada triángulo está sometido a esfuerzos de tracción y compresión, equilibrándose la estructura.

Torre Eiffel (París).

## SABER MÁS

### Otras estructuras

Las **estructuras neumáticas** son inflables, ligeras y desmontables. Están sometidas a esfuerzos de tracción.



## Estructuras entramadas

Las **estructuras entramadas** están formadas por un conjunto de perfiles de madera, acero u hormigón que se entrecruzan entre sí.

Los elementos estructurales son las **vigas**, los **pilares** o **columnas** y la **cimentación**.

Este tipo de estructura es el más utilizado para la construcción de edificios en la actualidad.

Un edificio que se cubre con ladrillos o cristal después de colocar los pilares y las vigas es un ejemplo de estructura entramada.

Esto supone una disminución de peso respecto de las estructuras masivas o abovedadas antiguas, lo que permite aumentar la altura de las construcciones actuales.



Rascacielos (Hong Kong).

## SABER HACER

### Construir entramados con palillos

1. Coge palillos o pajitas y colócalos primero como aparece en la figura A.
2. Después aplica fuerza hacia abajo con la mano.
3. A continuación haz un entramado como en la figura B y realiza la misma operación.



### ? INTERPRETA LA IMAGEN

¿Cuál de las dos estructuras es más resistente?

## Estructuras colgantes

Son **estructuras colgantes** las que están sustentadas por cables o perfiles sujetos a elementos de soporte.

En ellas predominan los **tirantes**, que están sometidos a esfuerzos de tracción. Los puentes colgantes tienen un **tablero** para el paso de vehículos, que suele ser metálico, y unos pilares de hormigón con cimientos muy profundos. Los tirantes sujetan el tablero apoyándose en los **pilares** y están amarrados con firmeza desde la orilla. El puente está literalmente colgado de los cables. Si los cables se rompieran, el puente se hundiría.

Esta técnica permite construir puentes más largos con menos pilares intermedios de sujeción, lo que resulta de especial interés para atravesar ríos anchos, bahías, etc.



**Puente Rama VIII** (Bangkok, Tailandia).



**Puente Golden Gate** (San Francisco, EE UU).

### ACTIVIDADES

- 11 ¿Qué diferencia existe entre las estructuras masivas y las trianguladas?
- 12 ¿Puede una estructura ser abovedada y triangulada a la vez? ¿Cómo?
- 13 ¿Por qué son más ligeros los edificios actuales que los antiguos?
- 14 ¿Por qué la distancia entre pilares puede ser mayor en los puentes colgantes que en los puentes entramados?

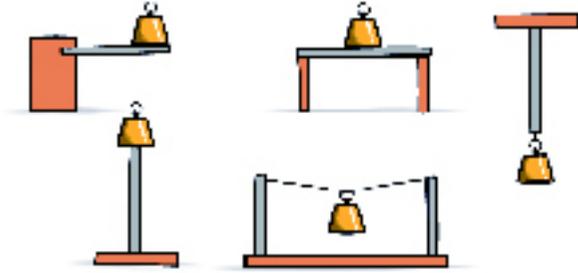
# ACTIVIDADES FINALES

## REPASA LO ESENCIAL

15 ¿Qué tipos de estructuras conoces? Escribe  
 ●●● varios ejemplos de cada tipo de estructura.

16 ¿A qué se denomina carga?  
 ●●●

17 Dibuja en tu cuaderno la flecha en la dirección  
 ●●● de la fuerza e indica el tipo de esfuerzo en cada caso.



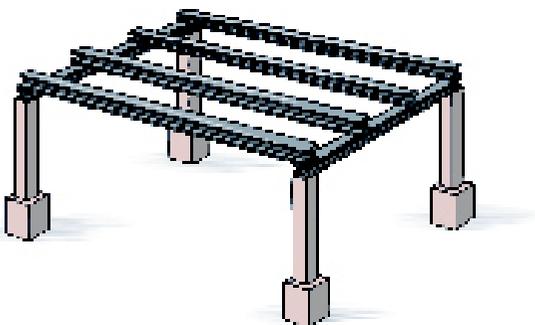
18 Indica el tipo de esfuerzo en cada uno de estos  
 ●●● objetos.

- Pomo de una puerta.
- Arco.
- La punta del bolígrafo al escribir.
- Cimientos de un edificio.
- Un destornillador al apretar un tornillo.
- Tirantes de un puente colgante.
- Dintel.
- Los tornillos que sujetan las bisagras de una puerta.
- La cuerda que sujeta una persiana.
- El eje que une los pedales de la bicicleta.
- Las vigas de un puente.

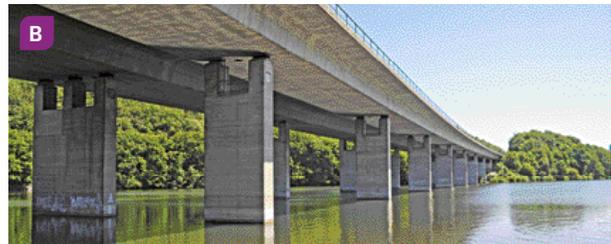
19 Indica qué esfuerzos trabajan las siguientes  
 ●●● estructuras.

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| a) Carcasa de un teléfono. | e) Cabina telefónica.     |
| b) Bastón.                 | f) Rompeolas.             |
| c) Mástil de un barco.     | g) Suelo de un escenario. |
| d) Columna vertebral.      |                           |

20 Escribe en tu cuaderno las partes que identifiques  
 ●●● en la siguiente estructura.



21 Indica en tu cuaderno qué elementos estructurales  
 ●●● encuentras en las siguientes fotografías.



22 Completa en tu cuaderno. Para aumentar la estabilidad  
 ●●● de una estructura se pueden utilizar distintos métodos:

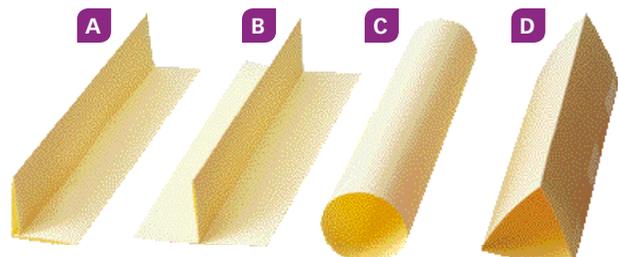
- Fijar parte de la base en el suelo, utilizando \_\_\_\_\_.
- Aumentar la \_\_\_\_\_ entre apoyos.
- Sujetar con \_\_\_\_\_ para evitar que el viento la vuelque.
- \_\_\_\_\_ el centro de gravedad.
- Aumentar el peso o la superficie de la \_\_\_\_\_.

23 ¿Qué silla es más estable? ¿Por qué?  
 ●●●



24 Indica tres estructuras en las que sea imprescindible  
 ●●● usar tirantes.

25 Observa. ¿Qué perfil te parece más resistente?  
 ●●●



## PRACTICA

26 Diversos animales fabrican estructuras. Indica algunas de ellas.

27 Los huesos del cuerpo también son estructuras. ¿Qué tipo de esfuerzo soportan generalmente los huesos de las piernas?

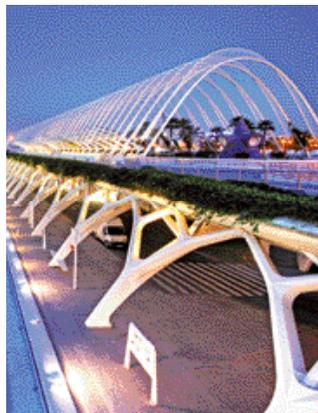
28 Fíjate en las siguientes ilustraciones.



- a) ¿Por qué la silla de oficina tiene tantas patas?  
b) ¿Por qué los coches deportivos son tan bajos?

29 Observa la fotografía de esta pérgola de la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia.

- a) ¿Qué elementos aparecen?  
b) ¿Qué tipo de estructura es?



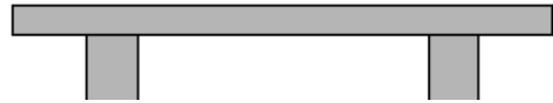
30 Las antenas de televisión que están colocadas en los tejados pueden no ser muy estables. ¿Qué harías para aumentar su estabilidad?

31 ¿Qué estructura te parece más resistente?



32 ¿Por qué crees que no se construyeron rascacielos en la Antigüedad?

33 Busca una solución para que la viga del siguiente puente no se deforme por flexión.



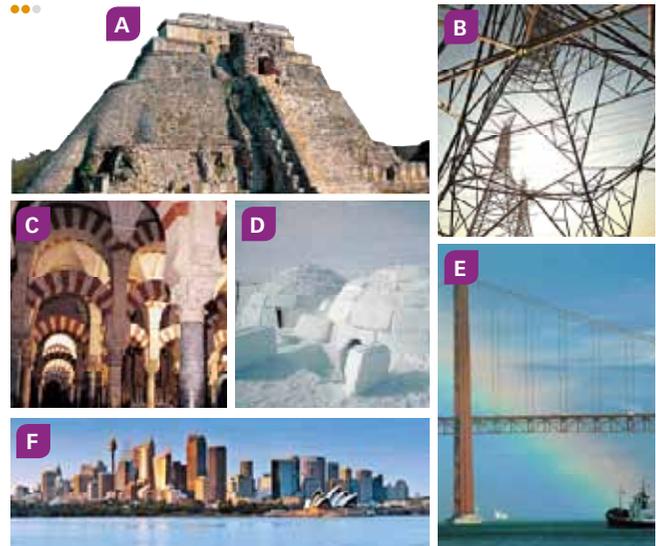
34 ¿Qué elemento de construcción usaban los romanos para dar estabilidad y altura a sus edificaciones?

35 ¿Puede construirse un rascacielos con vigas de madera? ¿Por qué?

36 Indica qué tipo de estructura es cada uno de los siguientes elementos:

- a) Un neumático.  
b) Un andamio.  
c) La vía del tren.  
d) Un castillo.  
e) El cuadro de una bicicleta.

37 Indica de qué tipo de estructura se trata:



38 ¿Se construyen estructuras trianguladas y entramadas con madera? Pon algún ejemplo.

## AMPLÍA

39 Investiga qué son los acueductos, para qué servían, quién los construyó y qué elemento principal se usaba en su construcción.

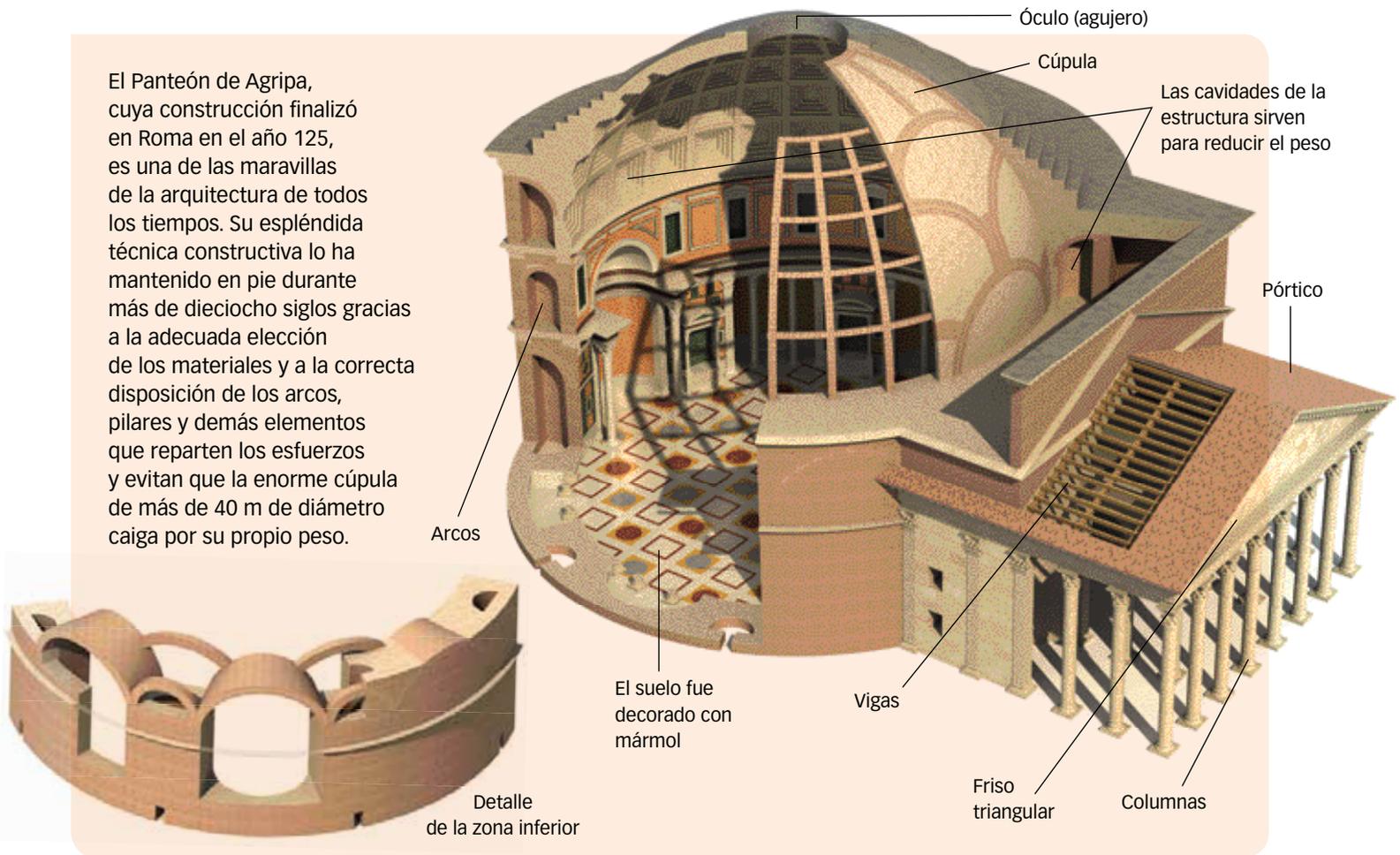
40 ¿Una estructura triangulada puede ser de piedra u hormigón? ¿Por qué?

41 Investiga los tipos de puentes que existen y descríbelos incluyendo un esquema de cada uno.



RESUELVE UN CASO PRÁCTICO. **Analizar una estructura: el Panteón de Agripa**

El Panteón de Agripa, cuya construcción finalizó en Roma en el año 125, es una de las maravillas de la arquitectura de todos los tiempos. Su espléndida técnica constructiva lo ha mantenido en pie durante más de dieciocho siglos gracias a la adecuada elección de los materiales y a la correcta disposición de los arcos, pilares y demás elementos que reparten los esfuerzos y evitan que la enorme cúpula de más de 40 m de diámetro caiga por su propio peso.



**42 EXPRESIÓN ESCRITA.** Describe con una frase qué te sugiere contemplar una estructura tan antigua y resistente como el Panteón de Roma.

**43** Dibuja en tu cuaderno qué tipo de esfuerzos existen sobre:

- a) Las columnas del pórtico de la entrada.
- b) Las vigas apoyadas en estas columnas.
- c) Los ocho pilares inferiores.

**44** Explica la función estructural de:

- a) Los ocho pilares inferiores.
- b) Los arcos situados en el interior de los muros.
- c) Los arcos de descarga embebidos en la cúpula.

**45** Contesta.

- a) ¿Por qué se emplearon materiales más ligeros en la parte superior de la cúpula que en la parte inferior del templo?
- b) ¿Qué influencia tiene la abertura superior de cara a la resistencia de la cúpula sin hundirse?

c) ¿Cómo influye el artesonado de la cúpula en la estabilidad del conjunto?

d) ¿Por qué son tan gruesas las paredes del cilindro inferior que soporta el peso de la cúpula?

**46** ¿Por qué crees que no se volvieron a construir cúpulas equivalentes a la del Panteón de Roma hasta el Renacimiento? ¿Crees que fue fácil levantar el Panteón en el siglo II? ¿Por qué?

**47** ¿Por qué no se cae la cúpula del Panteón por su propio peso? ¿Qué tipo de estructura es?

**48** Copia en tu cuaderno el esquema de los arcos del interior de los muros y señala con flechas la dirección de los esfuerzos que reparten.

**49** Representa.

- a) La planta del templo.
- b) El alzado del Panteón visto desde la entrada.
- c) La sección de la cúpula.

## FORMAS DE PENSAR. Análisis ético. ¿Permitirías construir hoteles en espacios protegidos?

### El Tribunal Supremo coloca El Algarrobico (Almería) fuera de la ley

El Tribunal Supremo (TS) ha emitido hoy uno de los fallos determinantes en el largo periplo judicial sobre el futuro de El Algarrobico, el hotel de Carboneras (Almería) situado en suelo protegido no urbanizable dentro del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. La sentencia del Supremo –firme y contra la que no cabe recurso– dictamina que el hotel vulnera la Ley de Costas al invadir parcialmente la zona de servidumbre de protección del dominio público marítimo-terrestre, que se sitúa a 100 metros desde el mar. La posibilidad del derribo del hotel, de 20 plantas y 411 habitaciones, es cada vez mayor, pero aún quedan casos judiciales por resolver.

El fallo del Supremo da respuesta desfavorable al recurso [...] interpuesto por el Ayuntamiento de Carboneras contra la decisión de la Audiencia Nacional [...] de mantener la zona de servidumbre en 100 metros y no en 50 como pretendía el Ayuntamiento de Carboneras. El Consistorio argumentaba [...] que el plan parcial del sector en el que se encuentra El Algarrobico fue aprobado en 1988, con anterioridad a la Ley de Costas, de ese mismo año.



Sin embargo, el Supremo esclarece que dicho plan parcial no se aprobó hasta octubre de 1997, con posterioridad a la entrada en vigor de la norma.

Marta Soler y Julio M. Lázaro, *El País*, 2012

- 50** **COMPRESIÓN LECTORA.** Resume el texto en unas pocas líneas.
- 51** Agrupaciones ecologistas creen que construcciones de este tipo resultan dañinas para el medio ambiente.
- ¿Qué problemas medioambientales pueden aparecer asociados a la existencia de hoteles de este tipo en espacios protegidos? ¿Cuáles serían para ti los más importantes?
  - ¿Cómo podría minimizarse el impacto de estos posibles daños?
- 52** Algunas personas dicen que si no construimos carreteras para acceder a espacios naturales, hoteles en las inmediaciones, viaductos, etc., no podremos disfrutar igual de la fauna y la flora o del paisaje.
- ¿Qué opinión tienes tú?
  - ¿Conoces alguna zona de interés natural afectada por alguna edificación, carretera u otro elemento artificial introducido por las personas?
  - ¿Cómo afecta la presencia humana a las plantas y a los animales de un espacio protegido?
- 53** ¿Crees que la presencia de turistas en espacios naturales puede tener alguna consecuencia positiva para el medio ambiente? Pon algún ejemplo para apoyar tu respuesta.

- 54** **EXPRESIÓN ESCRITA.** Imagina que eres representante de una agrupación de municipios cercanos a la ubicación del hotel y que quieres defender su construcción.
- Escribe una carta dirigida al juez que ha dictado la sentencia en contra de la construcción del hotel para mostrarle las ventajas que la existencia del hotel tendría para los habitantes de la zona.
  - ¿Qué acciones podríais emprender para demostrar que vuestra opinión es la adecuada?
- 55** Ahora supón que perteneces a una organización ecologista que defiende la protección del medio ambiente por encima de otros intereses económicos.
- Diseña un plan de actuación para lograr que tu protesta aparezca en los medios de comunicación.
- 56** **USA LAS TIC.** Elabora una presentación que muestre las consecuencias que podría tener para el entorno la construcción de un hotel y varios restaurantes en el interior de un parque natural donde habitan animales en peligro de extinción.
- 56** **TOMA LA INICIATIVA.** Ahora, contesta: ¿te parece adecuado construir hoteles tan cerca del mar? ¿Por qué?

## Construye estructuras colgantes y apoyadas

Sin duda habrás oído hablar del Modernismo, que tuvo su auge a finales del siglo XIX y principios del XX. Uno de sus máximos representantes fue Antonio Gaudí, arquitecto que realizó muchas de las grandes obras significativas del periodo... ¿Te suena el templo de la Sagrada Familia? Gaudí concebía el diseño de sus obras de una forma global integrada en las leyes de la naturaleza y la geometría y en particular utilizó una técnica que se basaba en los llamados «modelos colgantes».

Con este proyecto te proponemos un pequeño acercamiento a esta forma de trabajo. La idea es colgar una plancha de metacrilato de varios hilos, comprobar que todos están tensos (soportando una parte del peso de la plancha) y después darle la vuelta a todo el sistema de forma que los hilos que antes estaban trabajando a tracción ahora son sustituidos por alambres que trabajan a compresión. Convertimos una estructura colgada en una apoyada.



### PRESTA ATENCIÓN

¡Ten cuidado para no pincharte ni estropear la mesa de apoyo!

### ¿Qué necesitas?

#### Materiales

- 1 DIN A4 de cartón o cartón pluma finito.
- Hilo de aproximadamente 1 mm de grosor.
- Celo o cinta de pintor.
- Alambre no demasiado rígido.
- 1 plancha de metacrilato tamaño DIN A6.
- 4 o 5 pinzas sujetapapeles.

#### Herramientas

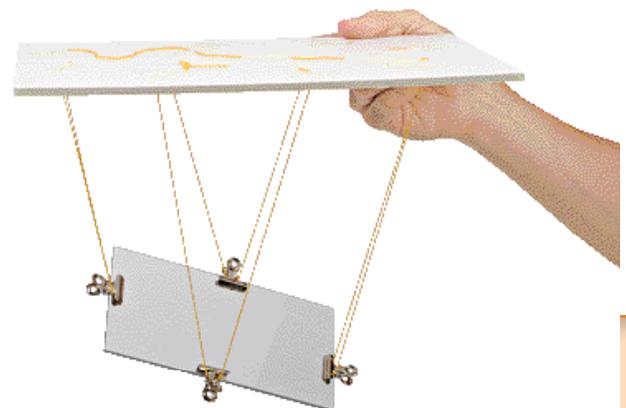
- Regla.
- Punzón.
- Tijeras.
- Nivel.
- Alicates.

#### ¿Dónde encontrar los materiales?

Material escolar básico. El resto en ferreterías o tiendas de bricolaje.

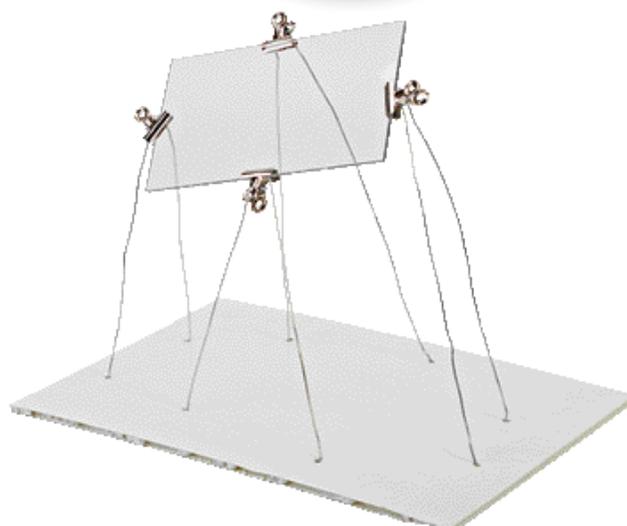
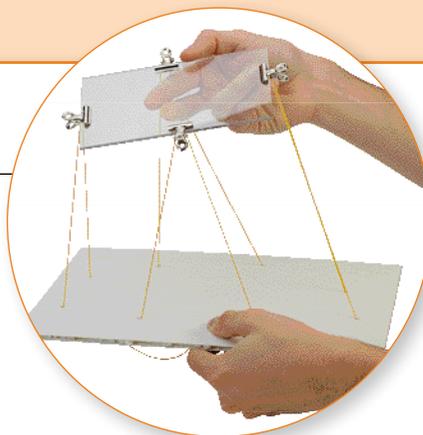
### Estructura colgante

1. Nuestro diseño va a tener cuatro puntos de apoyo (uno por cada lado de la plancha) con dos puntos de sustentación cada uno. Con ayuda del punzón realiza ocho agujeros en el DIN A4, ten cuidado de no hacerlos demasiado agrupados.
2. Ahora vamos a montar el entramado de hilos; corta cuatro trozos de hilo y pásalos por los agujeros dos a dos. Una vez hecho, tendrás cuatro «uves» de distintas formas.
3. Coloca en el vértice de cada «uve» una pinza y únelas a cada lado de la plancha. Estos son los cuatro apoyos del metacrilato.
4. Comprueba que todos los hilos están más o menos tensos (si no es así, muévelos hasta que lo estén) y pon un poco de celo en cada agujero para que los hilos no se muevan. Tu estructura colgante está acabada.



## Estructura apoyada

- Ahora se trata de replicar la estructura pero girándola 180°. La idea es sustituir los hilos por alambre, un material suficientemente rígido para soportar la compresión y el pandeo correspondiente.
- Pega la **estructura colgante**. Comprueba que la superficie es horizontal (si es necesario, pue un nivel). Mide la longitud de lo el apoyo en el metacrilato hasta
- Por último, retira los hilos y fija de los alambres al cartón plum «gaudiana» está acabada. Ahora puedes mejorar el proye cambiando la plancha de meta una escultura de verdad cread



### EL PROCESO TECNOLÓGICO

Identificación del problema	Diseño y construcción de una estructura apoyada.
Exploración de ideas	Investigación de modelos colgados. Estructuras en la naturaleza. Modernismo. Gaudí.
Diseño y construcción	Fases explicadas en la unidad.
Comprobación	Ensayos explicados en la unidad.

Actividad	0	1	2	3	4	5
1. Realizar taladros						
2. Entramado de hilos						
3. Colocar metacrilato y ajustar						
4. Medir hilos y colocar alambres						
5. Acabado						

\*Sesiones de 50 minutos trabajando por parejas.

## ACTIVIDADES

- ¿Por qué hay que comprobar que la superficie de la que cuelgan los hilos esté perfectamente horizontal?
- Investiga qué es una curva «catenaria». ¿En qué sistemas se ven este tipo de curvas? ¿Por qué los cables de alta tensión tienen esa curva característica y no van perfectamente paralelos al suelo con el consiguiente ahorro de material?
- USA LAS TIC.** Diseña puentes teniendo en cuenta las dimensiones, los materiales, etc., con la aplicación gratuita West Point Bridge Designer.
- Indica el tipo de esfuerzo al que se ven sometidos los hilos de la estructura colgante. ¿Y los alambres de tu estructura apoyada?

