

1

Estructures



Competències en construcció

La bastida



Les bastides són estructures provisionals, auxiliars, amb les quals es poden fer des de torres fins a passarel·les o ponts. És per aquest motiu que s'utilitzen principalment en la construcció i rehabilitació d'edificis. De la mateixa manera, s'utilitzen com plataformes de suport estructural per a grades, atrezzo d'espectacles o rehabilitacions d'obres d'art.

Un factor comú en tots els usos és que s'utilitza sempre que sigui necessari realitzar treballs a una certa alçada. Les alçades a les quals pot arribar depenen del tipus d'obra, però poden assolir els 25 m. En estructures més altes, de 120 m, per exemple, les bastides han de ser d'acer.

Antigament i fins a mitjan segle xx, les bastides es feien de fusta. Encara hi ha països asiàtics que empen el bambú per fer aquestes estructures, però actualment la majoria dels països utilitzen l'acer o l'alumini.

Un dels aspectes més importants en aquest tipus d'estructura és la seguretat. Lamentablement, no totes les instal·lacions ofereixen garanties suficients de fiabilitat ni de seguretat i de vegades són els mateixos operaris els que no compleixen les normes de seguretat en el muntatge, en la utilització o en el manteniment.

D'acord amb la complexitat de la bastida escollida, s'ha d'elaborar un pla de muntatge, d'utilització i de desmuntatge. Aquest pla l'ha de dur a terme personal qualificat i amb una formació superior. A part del pla de muntatge i d'ús, s'han de fer inspeccions abans, durant i després de qualsevol modificació, períodes de no utilització, exposició a la intempèrie, moviments sísmics o qualsevol altra circumstància que n'hagi pogut afectar la resistència o estabilitat. Aquestes revisions també són dutes a terme per personal qualificat.



Bastides per a la construcció.



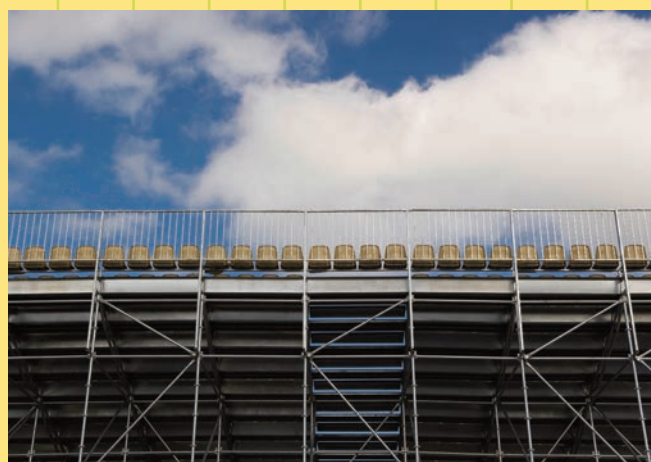
Estructura de bastida per a concert.



Bastides per a la restauració d'un monument artístic.



Bastida de bambú.



Estructura de bastida que suporta les grades d'un estadi.

activitats

- 1 **CA** Dibuixa una bastida.
- 2 Quina part de la bastida suporta més càrrega? De quina manera s'evita el balanceig d'aquesta estructura?
- 3 Com se salven els desnivells que hi pot haver al terra?
- 4 Com es fixen els elements a l'estructura?
- 5 Creus que és justificada la norma que regula l'ús de casc entre els operaris de la construcció?
- 6 Fes una llista de cinc activitats en les quals es facin servir bastides.
- 7 Es podrien substituir les bastides per un altre tipus d'estructura?

1. Les estructures

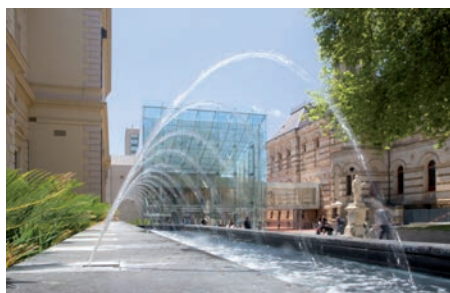
Una tassa, una cadira, un pont, un avió..., tots els objectes creats per l'ésser humà tenen una estructura que els dóna consistència i que impedeix que es trenquin o es deformin irreversiblement. Podem dir que:

Una **estructura** és el conjunt d'elements d'un cos que permet suportar les forces que actuen sobre seu.

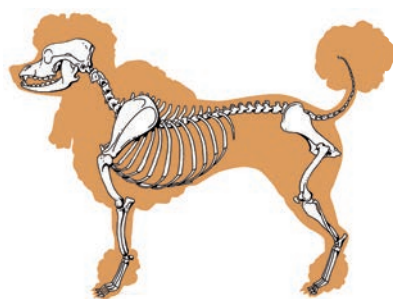
Hi ha cossos en els quals totes les parts es poden considerar estructurals; és el cas de la tassa, la cadira o un pont de ferro. En d'altres, l'estructura només n'és una part; per exemple, en els cotxes.



Els elements naturals també tenen estructura. L'esquelet intern o extern dels animals, la part llenyosa dels arbres, els nervis de les fulles i els nius de les abelles, tots són elements i formes que tenen una funció estructural.



La naturalesa és una gran font d'inspiració d'estructures que es poden aplicar al disseny d'objectes tecnològics.



Les millors estructures:

- **Són resistents** en tots els punts, incloses les juntures i unions de materials.
- **Són lleugeres**, per reduir al mínim l'esforç afegit que representa suportar el seu pes.
- **Donen estabilitat** al cos, i eviten així que es bolqui amb facilitat.

A més de suportar forces, les estructures poden tenir altres funcions, entre les quals destaquen:

- Cobrir espais amplis.
- Protegir volums.
- Salvar accidents geogràfics.
- Aconseguir grans altures.

Al llarg de la història de la humanitat s'han construït estructures amb diferents formes i materials, depenent, sobretot, del coneixement de les propietats d'aquests materials. Si a la prehistòria s'utilitzaven només pedres i fusta, actualment s'utilitzen tot tipus de fustes, metalls, plàstics, ceràmics i materials sintètics.

Materials més utilitzats en estructures en les diferents èpoques de la història



Prehistòria
Pedra i fusta.



Grècia
Roca calcària, fang i fusta.



Roma
Roca, argila, ciment, bronze, metalls i fusta.



Edat mitjana
Roca, ciment, fusta i metalls.



Revolució industrial
Acer, maó, ciment, metalls i fusta.



Època actual
Tot tipus de materials, sobretot formigó, acer, ceràmics i fusta.

activitats

Banc d'activitats: 39, 41, 42

1 En els objectes següents: bolígraf, ulleres, sofà i ordinador portàtil, quins elements formen part de la seva estructura?

2 Identifica i dibuixa tres estructures que puguin trobar-se al carrer i escriu els materials amb els quals estan construïdes.

2. Càrregues i esforços

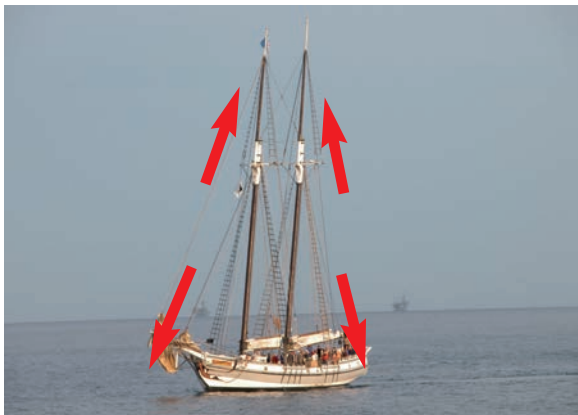
S'anomenen **càrregues** les forces que actuen sobre les estructures i les sotmeten a una sèrie d'**esforços mecànics**.

Com has estudiat anteriorment, els principals esforços mecànics que pot patir un material són els de compressió, tracció, flexió, torsió i tall. Vegem amb més detall en què consisteix cada tipus d'esforç i com afecta cadascun d'ells els elements de les estructures.



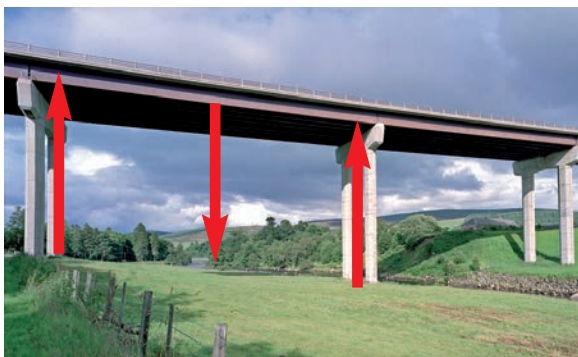
La **compressió** és l'esforç que tendeix a disminuir la longitud d'un material a causa de la presència de dues forces del mateix sentit i de direcció contrària, una cap a l'altra.

Actua en les estructures sobretot gràcies a la gravetat. És el cas de les columnes dels edificis, de les potes de qualsevol moble i, en general, de qualsevol element estructural dissenyat per suportar pes.



La **tracció** és l'esforç que tendeix a augmentar la longitud d'un material a causa de la presència de dues forces del mateix sentit i de direcció contrària, el qual allunya una de l'altra.

La trobem en tots els cables (tensors) que sustenten ponts i, generalment, en els cables tibants, com els que estableixen una antena exterior o tiben una reixa de malla de filferro.



La **flexió** és l'esforç que tendeix a doblegar un material. La provoca la presència d'una força perpendicular al material i una o més forces de direcció contrària que s'apliquen en un punt diferent.

En les estructures afecta sobretot els elements horitzontals a causa, un cop més, de la gravetat, ja sigui una biga de grans dimensions o una prestatgeria.



La **torsió** és l'esforç que tendeix a retorçar un material a causa de forces que intenten girar-lo en sentits oposats.

Afecta els eixos rotatius, com els que transmeten el moviment del volant d'un vehicle a l'eix de direcció o l'esforç mecànic que ha de suportar una clau en obrir un pany.



El **tall** és l'esforç que tendeix a tallar un material a causa de la incidència de dues forces oposades molt properes.

Afecta claus, cargols, espigues i, en general, els elements d'unió que poden ser punts febles de les estructures.

EXEMPLE: Esforços en l'estructura d'una bicicleta



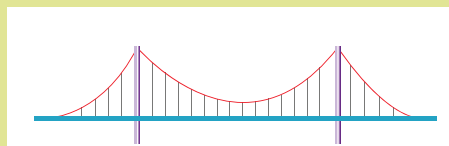
activitats

Banc d'activitats: 14, 15, 17, 18

- 3** Identifica tots els esforços que s'han tingut en compte en la construcció de la imatge.



- 4** Dibuixa amb fletxes les forces a les quals està sotmès el pont del dibuix quan un camió s'hi troba al mig, i anomena els esforços als quals es troba sotmesa l'estructura.



- 5** Indica a quins tipus d'esforços estan sotmesos els amortidors d'un vehicle i com responen davant aquests esforços.

3. Elements de les estructures

Elements verticals

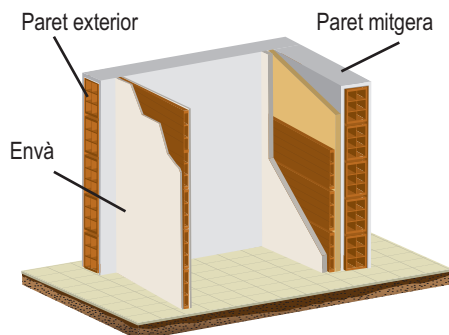
Els elements verticals de les estructures suporten càrregues gràcies a un esforç de compressió.

En els edificis, els principals elements estructurals verticals són els **pilars** i les **columnes**. Suporten les càrregues de tot l'edifici damunt seu. S'acostumen a fer de **formigó armat** (entramat de formigó i ferro) o de ferro.

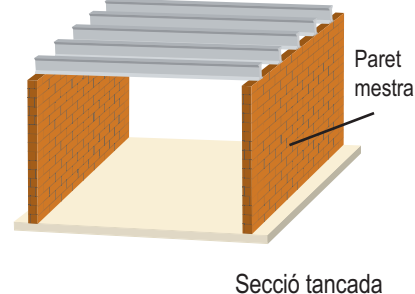
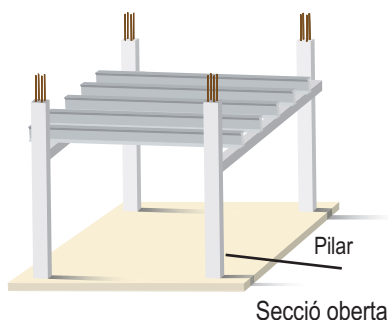
A la majoria dels edificis que es construeixen avui dia, les parets no suporten càrregues verticals, només ho fan els pilars. Quan una paret suporta la càrrega de l'edifici, s'anomena paret **mestra** i té un gruix superior als envans i similar al de les parets exteriors de l'edifici.



En general, podem considerar element vertical de l'estructura qualsevol element que fa un esforç de compressió a causa del pes dels elements que estiguin damunt seu, com és el cas de les potes d'una taula.



Les parets poden ser **exteriors**, **mitgeres** (entre dos habitatges) o **envans** (entre habitacions d'un mateix habitatge). Les dues primeres poden suportar estructures superiors; els envans no.



Elements horitzontals

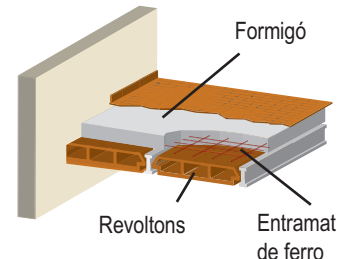
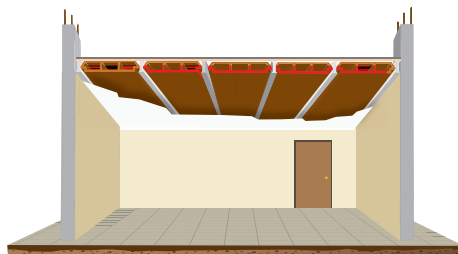
Els elements horitzontals de les estructures suporten càrregues gràcies a un esforç de flexió.

Als edificis, les **bigues** són les encarregades de resistir la càrrega del sostre i de qualsevol altre element damunt seu. Recolzen sobre les columnes, pilars, parets o altres bigues, i serveixen de base per construir els terres i els sostres de les edificacions.

Per construir el sostre, entre biga i biga es col·loquen maons de gran superfície, anomenats **revoltons**, i un entramat de ferro, es cobreix tot amb formigó i es deixa endurir (adormiment). Al final, tot el sostre es pot considerar un element estructural horitzontal que suportarà la càrrega de les persones i els objectes que s'hi situïn a sobre.



En la construcció d'objectes, els elements horitzontals compleixen també la tasca de suportar càrregues que els sotmeten a esforços de flexió. És el cas de les làmines dels somiers dels llits.



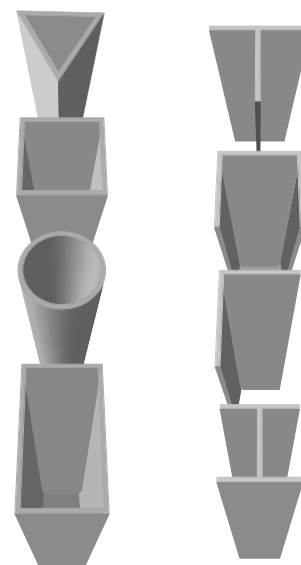
Perfis

Com menys massissa sigui una estructura, menys pes tindrà i menys esforç haurà de suportar. L'ideal és aconseguir un material tan resistent com els elements massissos, però més lleuger.

Els **perfils** compleixen aquest objectiu. Són elements metàl·lics de perfil laminar que s'utilitzen per a pilars, bigues i tot tipus d'elements verticals, horitzontals i en altres direccions.

Podem trobar perfils de **secció tancada** i **oberta**. Entre els perfils de secció tancada, els més habituals són els de secció triangular, quadrada, rodona i rectangular, encara que es pot fabricar el perfil amb la forma tancada que es consideri més adequada per a cada estructura.

Entre els de secció oberta, els més habituals són els de secció en forma de T, U, L i H, però hi ha moltes altres formes.



Secció tancada

Secció oberta



A LA PRÀCTICA

Construeix els sis tipus de perfil indicats amb cartró de capses d'embalatge.

Prova'n la resistència com a elements verticals i horitzontals. Vés augmentant el pes que han de suportar i ordena'ls de menys a més resistent.



Tirants o tensors

Són cables tibants o barres que resisteixen esforços de tracció.

S'utilitzen per suportar grans estructures, com ara ponts o grues, i per estabilitzar en qualsevol direcció tot tipus d'elements o estructures, com és el cas de tendes de campanya o antenes. En general, permeten aconseguir estructures més lleugeres.



Pont de l'Alamillo Sevilla.



Grua d'obra.



Tenda de campanya.

Làmines

Les làmines corbades o angulades també tenen la capacitat de suportar determinats esforços repartint les càrregues pel conjunt del material en funció de la seva forma.

És el cas, per exemple, de la campana d'un extractor de cuina o de la carcassa d'un telèfon mòbil.



Cartel·les

Les cartel·les són peces planes de metall o de fusta que es fixen perpendicularment a les columnes, bigues o barres principals de l'estructura, per limitar-ne el moviment, ja sigui realitzant esforços de tracció o de compressió.



Aplicació d'una cartel·la en l'estructura d'una prestatgeria.



Arcs

Els **arcs** són elements corbs que transmeten els esforços cap als punts de suport.

Si ens fixem en una biga entre dos pilars, com més llarga és, més càrrega de flexió suporta. Si en el lloc de la biga hi construïm un arc, l'esforç de flexió pràcticament desapareix. Per tant, veiem que amb l'ús d'arcs es pot augmentar la longitud lliure sense pilars.

Els arcs que se situen sota els sostres, ponts o superfícies en general suporten un esforç de compressió. Els arcs que se situen al damunt es combinen amb tensors que fan un esforç de tracció. Finalment, es poden construir arcs que combinin les dues tècniques.

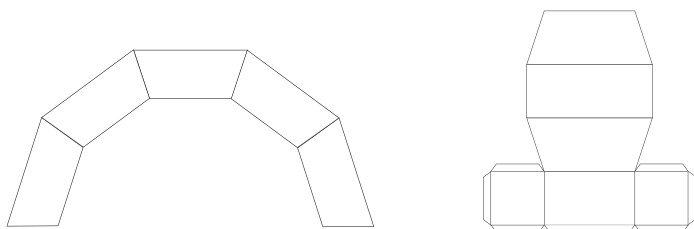


Els arcs en si mateixos se sustenten per un esforç de compressió de les seves parts. Si ens fixem en un arc de pedra, veiem que les pedres són trapezials i s'estabilitzen entre elles per una sola pedra central anomenada **pedra angular**. Si traiem aquesta pedra podem provocar l'ensorrament total de l'arc.



A LA PRÀCTICA

Construeix un arc amb cinc peces com les de la figura.



activitats

Banc d'activitats: 16, 19, 20, 40, 43

- 6** Dibuixa l'estructura d'un pont penjant per comunicar les dues ribes d'un riu l'amplada del qual és de 200 metres.



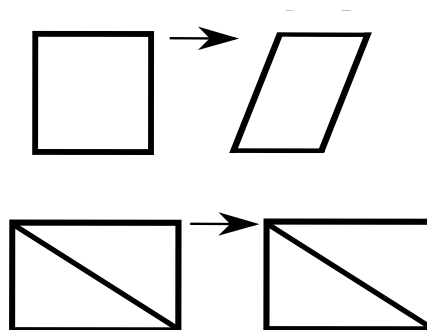
- 7** Dibuixa una tenda de campanya de base quadrada estabilitzada per tirants.
- 8** Com es pot aixecar una columna de marbre de 60 metres de longitud utilitzant tirants? Dibuixa-ho.

4. Triangulació



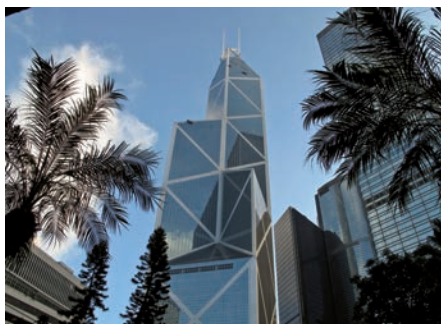
La torre Eiffel és un bon exemple de triangulació.

Per tal que una estructura resisteixi esforços provinents de qualsevol direcció, ha d'estar constituïda per elements simples indeformables. L'única figura geomètrica que no es deforma quan hi apliquem una pressió en algun dels vèrtexs és el **triangle**.



Per aquesta raó, doncs, l'estructura inferior és molt més robusta que la superior.

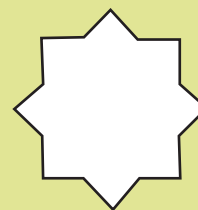
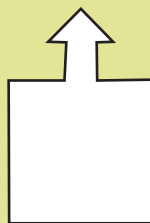
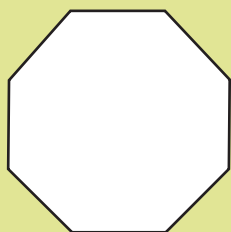
Aquesta tècnica es pot observar en moltes estructures, com ara en les torres metàl·liques utilitzades per transportar l'energia elèctrica, ponts, cobertes de les estacions de les gasolineres, escales, etc. D'altra banda, una estructura basada en una trama de triangles pot fer alhora les funcions d'una biga, d'un arc o d'un sostre sencer, o constituir una estructura sencera, com ara una cúpula.



activitats

Banc d'activitats: 21, 22, 23, 35, 36

9 Estabilitza per triangulació les figures geomètriques següents i procura utilitzar el mínim possible de traços:



5. Estabilitat

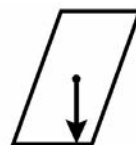


L'estructura ha de proporcionar estabilitat a un cos i evitar que bolqui. Si la projecció vertical del centre de gravetat és dins de la base, el cos està en equilibri estable. Si és fora, el cos està en equilibri inestable i bolcarà. Recorda que el centre de gravetat és el punt imaginari en el qual es pot concentrar tota la massa d'un cos.

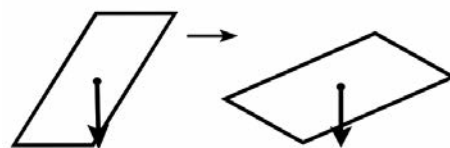
Com més avall estigui el centre de gravetat, més estable és el cos. Per tant, és important situar els elements més pesants de l'objecte tan avall com sigui possible.

Estabilitzar per compressió i per tracció

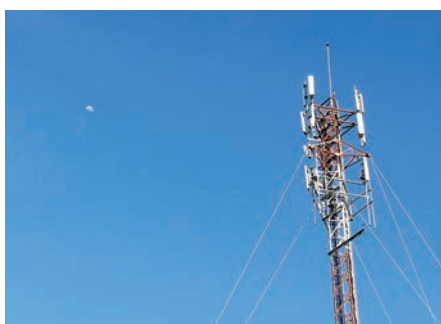
Es pot donar més estabilitat als elements verticals de les estructures adjuntant-hi elements laterals que realitzin un esforç de **compressió** com passa, per exemple, en els contraforts de les esglésies. També s'hi pot donar estabilitat a partir d'un esforç de **tracció** com és el cas de les antenes de comunicacions.



Cos amb el centre de gravetat dins de la base.



Cos amb el centre de gravetat fora de la base.



Fonamentació

En la construcció d'edificis, perquè no bolquin o es moguin, l'estructura no recolza directament sobre el terra, sinó que s'uneix a bases sòlides i immòbils anomenades **fonaments**. Es construeixen de formigó armat i, segons la forma, s'anomenen sabates, lloses, estaques o fonaments perimetral.



Fonaments perimetral. En el cas que s'hagi de suportar parets mestres o donar continuïtat a les sabates, també es pot cimentar tot un perímetre amb formigó armat.



Sabates. Es construeixen fent una cavitat al terra en el punt on s'hagi de col·locar un pilar i s'omplen de formigó armat: primer, el ferro i després, el formigó.



Lloses. Els fonaments en forma de llosa es construeixen col·locant una placa flotant de formigó armat recolzada directament sobre el terreny.



Estaques. Són l'equivalent d'una columna enterrada. Es construeixen omplint de formigó armat forats cilíndrics. S'acostumen a utilitzar per donar estabilitat a grans infraestructures.

6. Tipus d'estructures



Structures: Building activities

Depenent de la forma o els elements estructurals predominants, podem classificar les estructures i construccions dins de les tipologies següents:



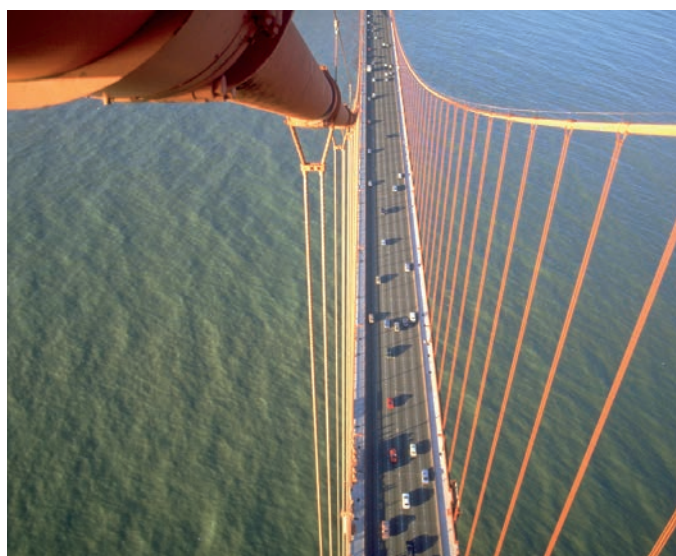
Les **estructures entramades vertical-horitzontal** estan constituïdes per un conjunt de barres, perfils o elements de fusta, acer o formigó que s'entrecreuen formant una trama o reixeta. Els elements estructurals són les bigues, els pilars o columnes i la fonamentació.



Les **estructures entramades triangulades** estan compostes per barres de metall o de fusta, disposades en triangles. Formen xarxes planes o espacials. Són lleugeres, resistents i molt versàtils.



Les **estructures laminars** estan constituïdes per làmines de metall, plàstic o materials compostos. Són resistents i lleugeres. Els doblecs, estries o nervadures confereixen rigidesa a les estructures laminars.



Les **estructures penjants** estan suspeses per cables o tirants ancorats en els suports. Els cables estan sotmesos a grans esforços de tracció. L'estructura s'estabilitza per la tensió aplicada als tirants.



Les **estructures amb voltes** presenten arcs, voltes i cúpules com a elements de subjecció i suport. Una volta és la successió de diversos arcs. Una cúpula és una volta semiesfèrica. Suporten forts esforços de compressió.



Les **esferes geodèsiques** són estructures basades en la triangulació. Combinen les propietats de les voltes i les estructures de barres. L'element principal és el tetraedre, que, com el triangle, és indeformable, però també existeixen construccions amb pentàgons o hexàgons. Són lleugeres i resistents.



Les **estructures pneumàtiques** són inflables, lleugeres i es poden transportar amb facilitat, però requereixen un manteniment meticulós. L'aire interior es comprimeix i manté tibant l'embolcall. Estan sotmeses a esforços de tracció.



Les **estructures massives** estan constituïdes per una gran acumulació de materials apilats. Són massisses i estables, però molt pesants.

activitats

Banc d'activitats: 24-32, 34-37, 43

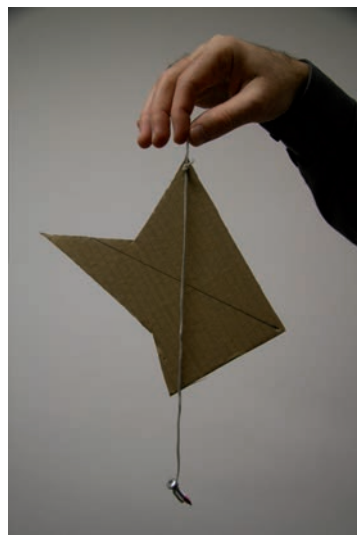
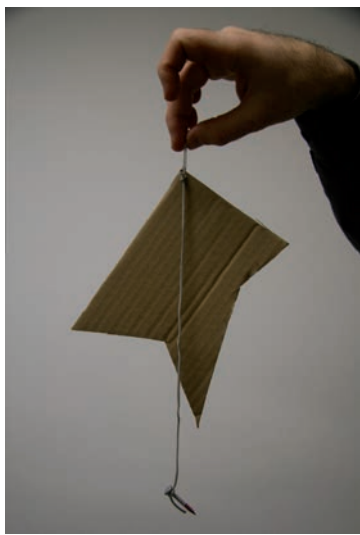
- ▲ **10** Identifica al teu voltant construccions amb cadascuna de les estructures descrites. Dibuixa-les i descriu la funció que exerceixen. De quin material creus que estan construïdes aquestes estructures? Per què?
- 11** Identifica i fes un croquis del tipus d'estructura de cadascuna d'aquestes construccions: nau industrial, piràmide maia, patinet.
- 12** Ara que hem vist totes dues opcions indica quina és la diferència principal entre les estructures massives i les triangulades.
- ▲ **13** **CA** Descriu tres atraccions de fira que tinguin estructura pneumàtica. Indica quina és la seva funció.

Càlcul del centre de gravetat

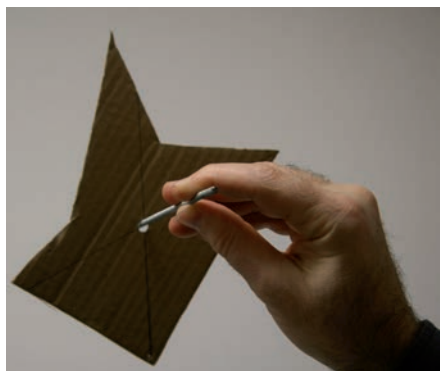
Calcularem el centre de gravetat d'una peça feta de cartolina.

Procediment

1. Lliga un pes a l'extrem d'una corda i posa-la paral·lela a l'objecte; després traça amb un llapis la vertical formada.
2. Repeteix aquesta operació en diversos punts perifèrics de l'objecte i traça les verticals successives. El punt on conflueixen les verticals correspon al centre de gravetat de l'objecte.



3. Pots comprovar que aquest n'és el centre de gravetat perquè, si hi fas un orifici i el subjectes per aquest orifici, pots orientar la peça en qualsevol direcció.



4. Repeteix el procediment descrit amb dues cartolines més a les quals prèviament hagis donat formes completament diferents.
5. En el cas que aquests objectes fossin d'un altre material, quina de les formes amb les quals has treballat seria més estable? Per què?

Acceptes el repte?

Vés a la pàg. 148 d'aquest llibre en la qual es proposa un **projecte global**.

- Pots fer algun pas del procés tecnològic que s'hi descriu?
Accepta el repte!

TECNOLOGIA DIGITAL

XVigas és un programa lliure creat per a àmbits educatius que t'ajudarà a comprendre els esforços que pot patir una biga segons la càrrega o càrregues a què estigui sotmesa.

Pots descarregar **XVigas** aquí:



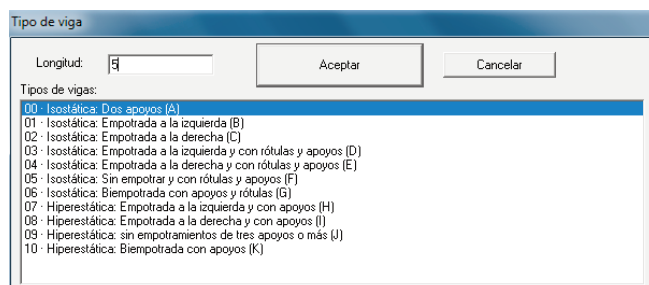
Les variables de XVigas

Així que obris el programa t'apareixerà una biga per defecte, amb dos suports: un a cada costat. Un és mòbil 

i l'altre és fix .

Vés al menú *Viga* → *Tipo de viga y longitud* i modifica'n la mida a **5**.

Assegura't que a l'apartat "**Unidades**" s'indiqui la longitud en metres i les càrregues en kN. Clica a la pestanya dreta per obrir el desplegable i selecciona l'opció correcta.

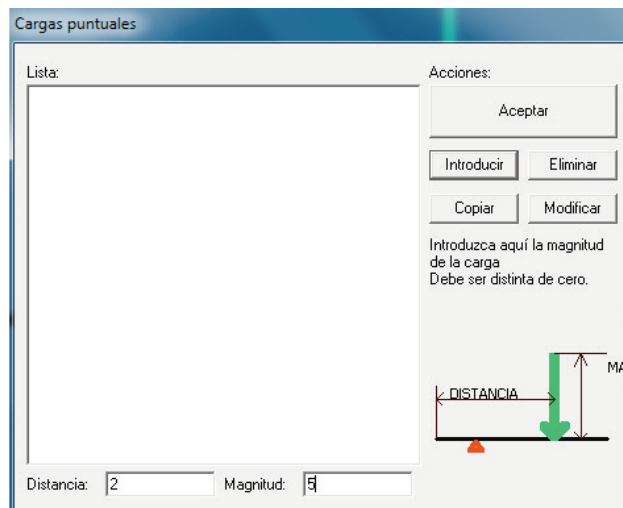


Per acabar fes clic a "**Aceptar**".

Al menú *Viga* → *Apoyos* pots modificar el tipus de suport i la distancia a la qual es troben exactament. Com que la biga mesura **5 m**, posa un suport a una distància de **0.1** i l'altre a **4.9**.

Ara introdueix una càrrega puntual a *Viga* → *Cargas puntuales*.

Afegeix una força de 5 Kn a una distància de 2 m. Clica "**Introducir**" i "**Aceptar**".



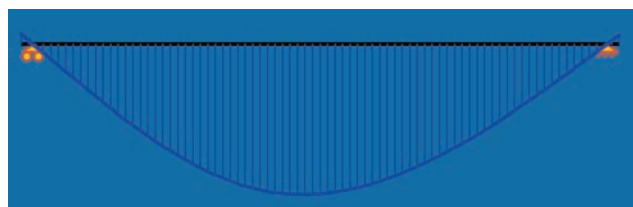
A la pantalla veuràs una fletxa que marca la força descendent que acabes d'introduir. La llargada d'aquesta fletxa és **proporcional** al valor de la seva magnitud, és a dir, si la força equivalgués a 2 Kn, la fletxa seria més petita.



Ara vés al menú *Cálculo* → *Calcular* perquè el programa calculi els esforços que pateix la biga.

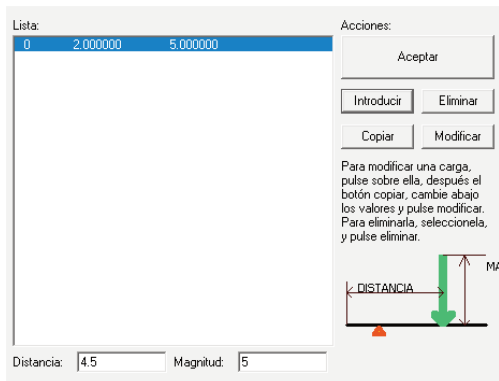
Interpretació dels gràfics

Al menú "**Gráfico**" trobaràs la representació gràfica dels diferents esforços. Per exemple, si mires a *Gráfico* → *Flechas* podràs analitzar la deformació que patiria la biga (flexió mecànica).



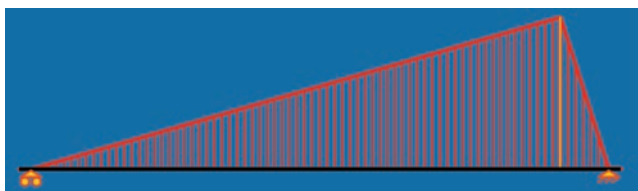
Ara mou la càrrega un metre cap a l'esquerra. Per fer-ho, vés al menú de les forces puntuals, indica 4.5 a "**Distancia**" i 5 a "**Magnitud**" i, amb la càrrega anterior seleccionada, prem el botó "**Modificar**" i, finalment, "**Acabar**".

TECNOLOGIA DIGITAL



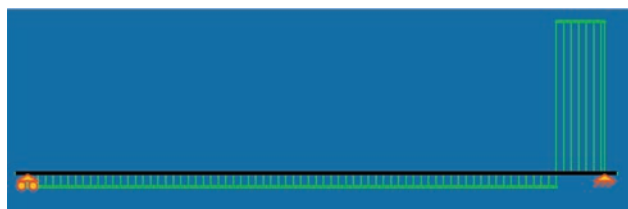
Calcula els nous esforços i compara els gràfics.

Ara observa el gràfic “**flectores**”. Aquest mostra com es reparteix la càrrega entre els dos suports. El suport fix és el que rep la majoria de la càrrega, ja que aquesta es troba a l'esquerra.



Un altre gràfic interessant és el de cisalla, que apareix quan dues forces tenen **sentits oposats**, és a dir, quan la càrrega fa força cap avall mentre que els suports fan força cap amunt.

Clica a *Gráfico* → *Solo cortantes*



Canviant la magnitud i la posició de la càrrega obtindràs gràfics diferents, ja que els esforços quedaran repartits d'altres maneres sobre els suports.

Treballant amb dos esforços

Introdueix una càrrega nova de **3 kN** situada a **2 m** de distància.



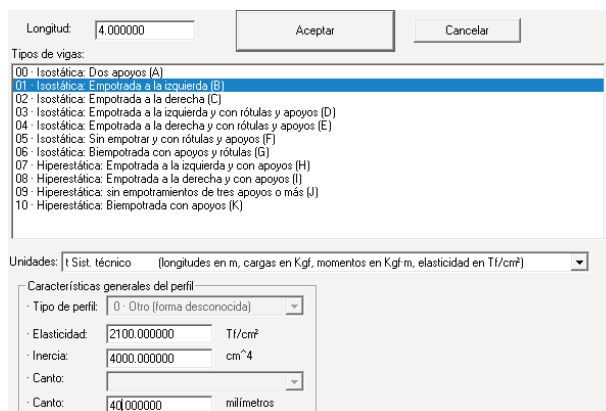
Fes que el programa calculi les dades necessàries.

Activitat 1: Fes captures de pantalla dels tres tipus de gràfics apresos i compara'ls amb les representacions anteriors de la biga amb una sola càrrega.

Altres tipus de suports

Les bigues poden estar en emplaçaments molt diversos; per tant, també poden tenir suports diferents. Un dels més comuns és l'**encastament** d'un costat de la biga sobre la paret, de tal manera que només queda fixada per una banda.

Vés al menú de *Viga* → *Tipo de Viga y longitud* i modifica la teva biga perquè mesuri 4 m, estigui encastada a la paret esquerra i tingui una secció (“**Canto**”) de 40 mm.



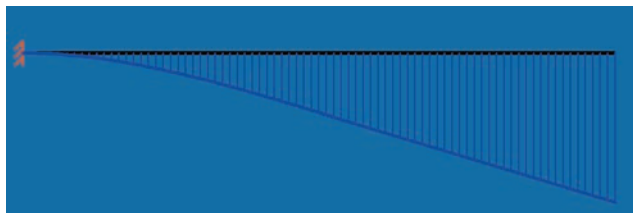
Fes clic a “**Aceptar**” quan ho tinguis tot enllestit.

Pel que fa a les càrregues puntuals, deixa'n només una de **3 kN** localitzada a **2 m** del punt de la paret.

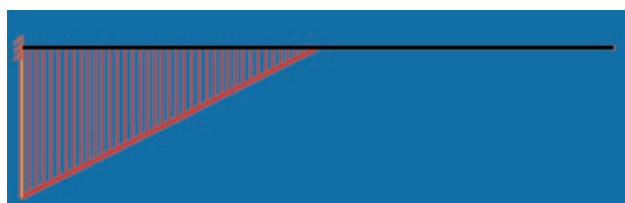


TECNOLOGIA DIGITAL

Si observes el gràfic de **flexió mecànica**, veuràs que la biga només es deforma per un costat. Això és perquè ara no té cap suport a la dreta que ho impedeixi.



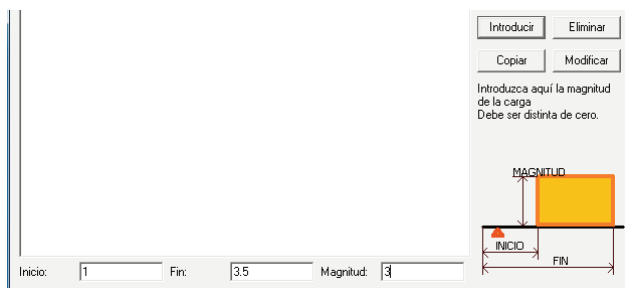
Per tant, tal com es veu al gràfic “**solo flectores**”, tota la força queda aguantada per l'ancoratge a la paret.



Càrregues contínues

Aquestes càrregues, en comptes de recaure en un sol punt, fan **força contínua** sobre tota una longitud, com si poséssim un bloc rectangular sobre la biga.

Esborra la càrrega puntual feta i introdueix una “**Carga continua**” que s'estengui des del metre 1 fins al 3.5, amb una força de 3 kN.



Fes clic a “**Introducir**” i, finalment, a “**Aceptar**” per acabar.

Com creus que seran els gràfics?



Activitat 2: Observa els esquemes i els gràfics i contesta: quines diferències hi ha entre una càrrega puntual i una càrrega contínua?, per què el gràfic de la flexió mecànica és igual en ambdós casos?

Càrregues puntuals + contínues

Afegeix una càrrega puntual de **5 kN** a una distància d'1.5 m a l'esquema anterior.

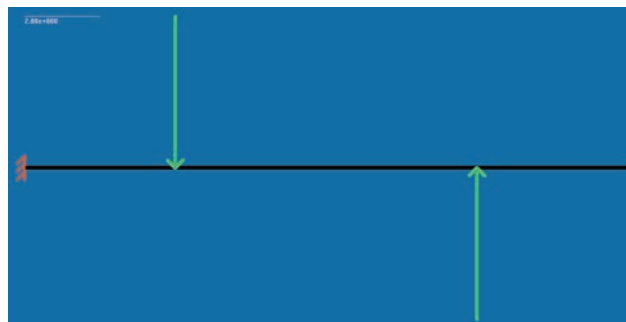


Per saber quanta força ha d'exercir el **suport** per aguantar aquestes càrregues, vés al menú **Cálculo** → **Reacciones en apoyos**, havent fet els càlculs prèviament.

XVIGAS	
Resultado del cálculo: (empotramiento)	
Fuerza:	12.500000
Momento:	24.375000
Carga total:	12.500000
Unidades:	
· Fuerzas en KN	
· Momentos en KN × m	

Tal com s'indica, l'encastament ha de fer una força de **12,5 kN**, que és el que rep de la càrrega puntual de **5 kN** més els **3 kN** de la contínua, la qual és més difícil de calcular.

Activitat 3: Inserta a una viga encastada una càrrega puntual de **2 kN** a l'esquerra i una altra de **-2 kN** a la dreta, a la distància que vulguis. Mira quanta força ha de fer el suport i raona la resposta.

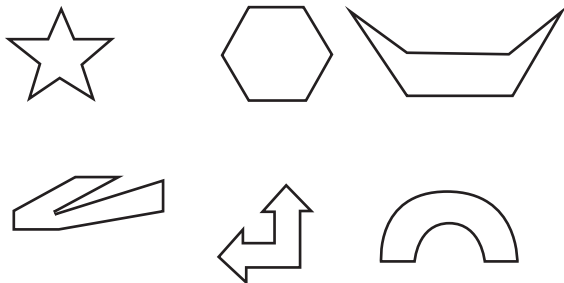


BANC D'ACTIVITATS

- 14** Què entenem per esforç?
- 15** Quan es pot deformar una estructura per l'efecte d'una càrrega?
- 16** Com actuen els esforços de compressió en els elements verticals que formen part de les estructures? I els esforços de flexió sobre els elements horitzontals de les estructures?
- 17** Indica quins tipus d'esforços predominants suporten les estructures següents:



- ▲ 18 CI** Dissenya una estructura nova del quadre d'una bicicleta. Després dibuixa i anomena els esforços als quals està sotmesa.
- ▲ 19 CI** Què entenem per perfil d'una biga? Inventa't un perfil i explica els avantatges que presenta per suportar esforços de flexió.
- ▲ 20 CI** Dibuixa una tenda de campanya i explica com s'estabilitza per suportar forts vents.
- 21** Per què la triangulació és el sistema més eficaç per donar estabilitat a una estructura?
- ▲ 22** És aconsellable triangular quan es construeix amb pedra? Per què?
- 23** Estabilitza les figures següents amb el nombre més petit possible d'elements rectes:



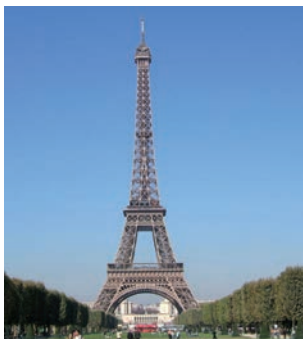
- 24** Indica quin d'aquests objectes presenta una estabilitat més gran. Per què?



- 25** Què entenem per centre de gravetat?

- ▲ 26 CI** Quina solució proposaries perquè la Torre de Pisa no s'inclini encara més?
- ▲ 27** Quin tipus d'estructura creus que és l'envelat d'un circ? Com s'estabilitza?
- ▲ 28 CI** Quin tipus de fonamentació utilitzaries per construir una casa en una zona on hi ha molts tremolors de terra?
- ▲ 29 CI** Quin tipus de fonamentació utilitzaríem per col·locar un cartell indicador de 10 metres d'ample per 2 metres d'alçària en una autovia?
- 30** Quants tipus de fonamentació existeixen? Explica els avantatges i els inconvenients que presenta cada tipus.
- ▲ 31** Amb quin material creus que es construeixen les preses dels embassaments? Per què són més amples a la base que a la part superior?
- ▲ 32** Quina estructura es pot construir si repetim un arc l'un al costat de l'altre?
- 33 CA** Dibuixa un pont penjant sobre un riu amb dos pilars dins de l'aigua i les corresponents fixacions a terra.
- ▲ 34 CI** Quin tipus de pont utilitzaries per travessar un riu en terrenys amb moviments sísmics freqüents, un de penjant o un de pedra amb arcs de mig punt? Per què?

- 35** Identifica les estructures següents i classifica-les com a estables o inestables:



- 36** Indica quins tipus d'estructures i materials s'utilitzen habitualment en la construcció o fabricació dels objectes següents:

- Una catedral.
- La via d'un tren.
- Un pont sobre un riu de 400 metres d'amplària.
- Una batedora de clara d'ou.
- Una bastida d'obra de paleta.
- El peu d'una grua.
- La columna vertebral d'una persona.

- 37** Per què no bolca, l'objecte de la imatge? On està situat el centre de gravetat?



- 38** L'alçària de la torre Eiffel canvia segons el dia? Justifica'n la resposta.

- 39** **CC CD** Esbrina com es construïen els ponts i els aqüeductes a l'època dels romans. Dibuixa'n un, anomena'n les parts i indica quins són els punts més fràgils.

- 40** **CA** Dissenya i dibuixa l'estructura de tres grues de 60 metres d'alçària que tinguin fonaments. Una ha de tenir contrapès; una altra, tirants sense contrapès; i la tercera, tirants amb contrapès. Quins avantatges i inconvenients presenta cadascuna? Quina és la millor per construir edificis de 50 metres d'altura on s'han d'elevat màquines de molt pes?

- 41** **CL CD CS** Per als mundials de futbol del 2014 es van haver de fer força estructures noves. Algunes es van acabar contra rellotge, la qual cosa va comportar que molts operaris haguessin de treballar dia i nit i es produïssin alguns accidents mortals. Investiga quants accidents hi va haver relacionats amb temes tècnics. S'haurien pogut evitar? Com?

- 42** **CD CS CC** Els ponts de corda van ser molt utilitzats per les cultures indígenes, com per exemple els inques. Aquest tipus de construcció va sorprendre molt els conqueridors del nou món. Com es feien aquests ponts? Quin problema presentaven a mesura que havien de salvar distàncies cada vegada més llargues? Pots consultar l'enllaç. **CC**

- 43** Al llarg de la unitat s'ha parlat del formigó. Com i de què està construït? Quines diferències presenta en relació amb el formigó armat?

- 44** **CM** Imagina que el teu veí vol enrajolar un espai del seu jardí. Per fer-ho haurà de posar una capa de formigó d'uns 20 cm de gruix. L'espai té una superfície rectangular de 10 m x 4 m. El formigó que necessita val 80 €/m². Quants diners li costarà fer una llosa d'aquest material?

Estructures de pedra seca

Al llarg de tota la riba mediterrània hi ha construccions tradicionals fetes amb pedres apilades sense ciment ni cap material aglomerant. S'anomenen construccions de **pedra seca** i durant molt temps van desenvolupar funcions importants. En podem trobar marges, barraques de vinya, cabanes de volta, basses, paravents, entre altres.

Les que presenten una estructura arquitectònica més sorprenent són les barraques de vinya. Servien de protecció i refugi als pastors. La tècnica consisteix a anar apilant les pedres horitzontalment, a partir d'una planta circular, amb un lleuger pendent cap endins. A poc a poc, es va aixecant una estructura en forma de cúpula, on cada pedra

es recolza sobre les anteriors fins a tancar tot l'espai.

La construcció no disposa d'una estructura de suport ni de cap altre element de subjecció. Les mateixes pedres es fan força mútua, de manera que l'estructura és molt estable. Sovint al damunt s'hi posava una capa de terra i argila i fins i tot fixadors vegetals, com els lliris. Moltes d'aquestes barraques de vinya fa segles que segueixen intactes.

València i Múrcia, i sobretot la zona litoral i prelitoral catalana, són les regions mediterrànies amb més densitat d'aquestes estructures de pedra seca, una autèntica joia de l'arquitectura popular.



Com s'aguanten les pedres d'una construcció de pedra seca? Quin ús tenien?

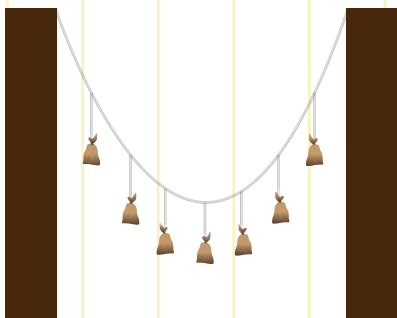
Coneixes altres estructures arquitectòniques que s'aguantin per l'estructura mateixa, sense necessitat de ciment ni formigó? Quines?



ELS ARCS D'ANTONI GAUDÍ

Bona part dels milers de turistes que visiten Barcelona vénen amb el desig de fotografiar i contemplar la base de les estructures arquitectòniques més emblemàtiques de l'obra d'Antoni Gaudí: els arcs i les columnes inclinades.

Gaudí fou el primer d'introduir l'arc catenari a l'arquitectura en descobrir que presentava una estabilitat i resistència més grans que els arcs parabòlics. Un arc catenari és la forma geomètrica que adopta una corda penjada de dos extrems situats a una mateixa alçada.



Durant molt de temps es va considerar que aquest tipus d'arc tenia una forma poc elegant i que era de difícil construcció. Tradicionalment, es consideraven més estètics i més senzills de construir altres arcs, com ara els circulars o els el·líptics.

Amb Gaudí, però, aquest concepte va canviar, i va estendre els arcs catenaris tant als elements interiors com als exteriors. També va introduir l'arc funicular, que s'aconsegueix quan se suspenen diferents cargues de l'arc catenari.

Per veure quina forma tindria l'arc funicular se li va acudir una idea genial. Primer penjava un cable dels extrems a la mateixa altura, per formar una catenària. Tot seguit, anava penjant d'aquest cable diferents pesos, fins a aconseguir la forma d'arc funicular que desitjava. Si invertia aquest arc funicular, el podia reproduir i aplicar a les seves estructures arquitectòniques.



Què és un arc catenari? I un arc funicular?

En què es fonamenta el modernisme de Gaudí?

LA BURJ KHALIFA

Amb aquest nom es coneix la torre de Dubai, l'estructura més alta construïda per l'ésser humà, de 828 metres.

La base del gratacel consisteix en un nucli de formigó d'on surten tres seccions laterals que ascendeixen i s'acosten al nucli central, fent l'edifici més estret i acabat en punxa. Aquestes ales tenen forma d'escala de cargol, envoltant l'edifici, amb la finalitat de contrarestar els forts vents i les tempestes de sorra del desert dels voltants de Dubai.

La cimentació és la més gran feta mai en cap edifici, amb pilars de 2 metres de base que arriben als 50 metres de profunditat. La forma de la base està inspirada en la forma geomètrica de la flor *Hymenocallis*, una flor blanca de sis pètals que és conreada als Emirats Àrabs.

Fins al pis 156 (586 m), l'estructura és de formigó i, a partir d'aquest, d'acer, ja que és més lleuger.

La façana exterior està recoberta de vidres reflectors que eviten que la forta radiació solar incident escalfi la temperatura de l'interior. L'alçària i el reflex de la llum solar en aquests panells fa que l'edifici es pugui veure des de cent quilòmetres de distància. Els ascensors es desplacen a velocitats que superen els 60 km/h, i n'hi ha un centenar per tal que els milers de persones que utilitzen l'edifici diàriament no els col·lapsin.

Un edifici que és un repte a les lleis de la gravetat i les de la sostenibilitat, ja que necessita més de 940 000 litres d'aigua diaris i té un consum elèctric molt elevat, de més de 36 000 Kw de potència diaris.

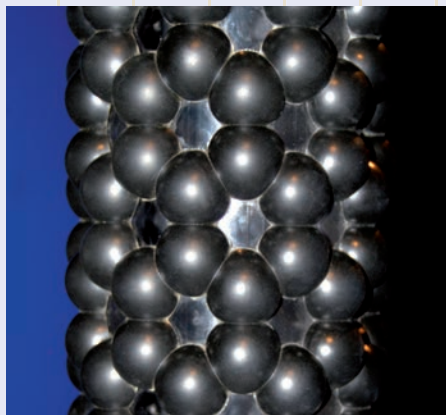


Describeu els principals trets característics de la torre Burj Khalifa.

Quins avantatges i quins inconvenients creus que presenten unes construccions tan altes?

ASCENSORS ESPACIALS

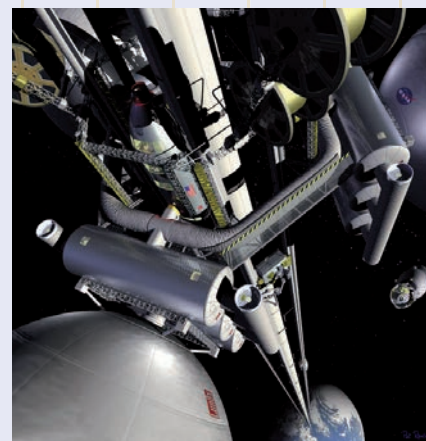
T'imagines poder agafar un ascensor i en poques hores arribar a una estació espacial que estigues orbitant a centenars de quilòmetres de la superfície terrestre? Doncs aquesta idea no és tan inversemblant i absurda com deus pensar. L'escriptor de ciència-ficció i físic Arthur C. Clarke fou el primer de proposar aquesta idea de manera seriosa, i així ho va plasmar als anys setanta del segle xx en el seu llibre *Les fonts del paradís*.



Fins ara, el problema ha estat la inexistència d'un material que pogués suportar les enormes pressions i forces d'una estructura com la de l'ascensor espacial, de centenars de quilòmetres d'alçària.

Però amb el desenvolupament de la **nanotecnologia** s'ha aconseguit fabricar nous materials amb unes propietats sorprenents a partir d'unes estructures diminutes anomenades **nanotubs de carboni**. Tenen una resistència deu cops més gran que la de l'acer i són sis cops més lleugers.

Aquests nous materials poden suportar una tensió màxima de 150 GPa (1 GPa equival a 1 000 milions de Pascals), de manera que un cable d'1 cm² de secció podria sustentar un pes de 1 500 tones, mentre que un d'acer d'aquest diàmetre només pot suportar unes 20 tones. A més de resistents, els nanotubs són molt elàstics. Elasticitat i resistència, dues de les característiques que hauria de tenir una estructura com la de l'ascensor espacial.



Quines són les principals propietats dels nanotubs de carboni?

Quines serien les utilitats de poder disposar d'ascensors espacials? Quines altres aplicacions creus que tindran els nanotubs de carboni en la construcció?