



**Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria  
Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de  
Idiomas**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**  
**LAS ESTRUCTURAS**

**Alumna: Ángeles Jiménez Padilla**

**Especialidad: Tecnología de Procesos Industriales**

**Tutor: D. Antonio José Alías Sáez**

**Fecha de defensa: JUNIO 2012**







## **1.- PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Resumen y palabras clave**

**Resumen:** *El presente trabajo, ofrece una aproximación al análisis de las estructuras arquitectónicas y su aplicación didáctica.*

*Este trabajo expone la evolución durante la historia del avance en las construcciones que ha realizado el hombre, de los métodos empíricos utilizados y de los métodos de cálculo actuales en el tema de las estructuras.*

*Junto a ello se propone el estudio de la enseñanza de las estructuras en la enseñanza secundaria obligatoria por medio de una aplicación didáctica.*

**Palabras clave:** *Construcción, estructura, cálculo, mecánica, esfuerzo.*

### **1.2. Introducción**

El hombre a lo largo de su historia siempre ha buscado el avanzar en su inteligencia, intentándolo en muy diferentes campos de las ciencias, las letras, y en las artes.

El instinto de supervivencia, siempre innato en el hombre, le ha llevado a buscar la protección ante las inclemencias naturales que se pueden producir. Así el hombre ha construido viviendas para obtener esa protección.

Desde la prehistoria el hombre ha pasado muchas fases en su evolución, y en las eras actuales el desarrollo se ha demostrado en muchos campos, pero en la historia de la arquitectura está la demostración de la existencia de las civilizaciones anteriores.

Una obra arquitectónica puede llegar a ser emblemática debido a su carácter de inmovilidad. Un determinado edificio puede relacionarse con una ciudad concreta.

Las distintas civilizaciones durante la historia han evolucionado hacia un mismo camino, el arte y la economía en la construcción. Este trabajo da la solución a la parte más complicada, y además más interesante de los edificios y obras; las estructuras y la forma de trabajo de los diferentes elementos que la componen, hasta llegar a la última frontera que es dar una dimensión a los elementos estructurales.

En el análisis, estudio y aplicación didáctica del tema de las estructuras he encontrado nuevos campos de estudio actuales y de enseñanza avanzada por medio de las nuevas tecnologías T.I.C.'s.

### **1.3. Justificación teórica**

El estudio realizado se centra en el tema de la evolución del cálculo de las estructuras, realizando una visión general a lo largo de la historia, desde las primeras construcciones prehistóricas hasta los actuales métodos de cálculo, pasando por los primeros mecanismos y los cálculos matemáticos y métodos de la física mecánica.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

En el punto de partida, las estructuras forman parte de todos los elementos visibles que nos rodean y cumplen su función de manera correcta en el buen funcionamiento de los elementos que sustentan, ya sean estáticos (edificios), o mecánicos (máquinas).

#### **1.4. Contextualización**

La utilidad práctica del tema de las estructuras se plantea al final mediante una aplicación didáctica realizada en el nivel de 2º de la enseñanza secundaria obligatoria. En el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, las estructuras se enfocan de manera que los alumnos tomen curiosidad y un sentido propio del concepto de estructura, viendo que ellos mismos son una estructura que se mueve y que soporta los elementos (órganos) de funcionamiento de su cuerpo.

#### **1.5. Objetivos que se persiguen**

El objetivo principal, que es la aplicación didáctica final de la enseñanza del tema en la educación secundaria obligatoria, está basado en la fundamentación epistemológica primera del tema de las estructuras arquitectónicas.

Los objetivos a cumplir, son los siguientes:

- Familiarizarse con la importancia que tiene el estudio de las estructuras como fenómeno cultural.
- Concienciarse de que para valorar el desarrollo de las estructuras, hay que estudiarlas y conocerlas.
- Conocer los sistemas estructurales y su funcionamiento.
- Conocer y analizar los tipos de estructuras y su evolución histórica desde el punto de vista constructivo y en el día a día.
- Dominar el vocabulario propio de los elementos estructurales.

#### **1.6. Metodología, técnicas e instrumentos de investigación**

La metodología de enseñanza realizada en la unidad didáctica ha sido despertar el interés hacia el estudio de las estructuras por medio de ejemplos prácticos y visuales en los alrededores.

La enseñanza de las estructuras en la educación secundaria obligatoria forma parte del currículum ya que aunque se enseñe lo más básico y de manera rápida, es muy importante hacer ver al alumnado, que las estructuras son lo más importante en las construcciones, y que sin ellas no tendríamos una sociedad desarrollada como la que tenemos.

Una forma de hacer ver a los alumnos lo importante que son las estructuras, es introducirles el tema por medio del análisis de ellos mismos, ya que tienen una estructura que los soporta, y que les permite moverse, y realizar todas las acciones presentes en la vida. El sistema óseo es el inicio...

Para del desarrollo de esta investigación, se usará abundante material gráfico, proyecciones, etc. dando a la enseñanza un carácter "visual". Habrá que fomentar la

participación del alumno mediante comentarios sobre las imágenes propuestas por el profesor.

### **1.7. Elementos de la investigación**

Las estructuras arquitectónicas, son elementos de la construcción que podemos encontrar en cualquier lugar formando parte del paisaje, parte de nuestras viviendas, soporte en nuestros desplazamientos, etc.

Un rápido vistazo en una ciudad nos permite ver muy diferentes estructuras arquitectónicas. Estas están diseñadas para cumplir la misión de soporte de carteles, semáforos, grúas, etc.

También en distintos lugares podemos encontrar estructuras que soportan cargas. Un claro ejemplo es un columpio, el cual está sometido a muy diversos esfuerzos combinados: tracción, flexión y compresión.

Las estructuras nos rodean desde la antigüedad, y podemos encontrar vestigios de culturas anteriores, más cerca de lo que pensamos.

## **2.- DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1.- Desarrollo estructural mediante ensayo-error**

A lo largo de la Historia de la humanidad, las estructuras constructivas se desarrollaron para poder conseguir protección de las inclemencias, de las fieras, y como lugar de reunión.

Al principio las construcciones se realizaban por medio de materiales que se encontraban en los alrededores, utilizándolos de manera somera.

Con el desarrollo de las sociedades se consiguieron realizar las grandes estructuras por medio de estudios no científicos, mediante el ensayo-error, el cual produjo grandes pérdidas humanas y materiales pero que sin duda en su desarrollo posterior han dado construcciones que ha pervivido hasta nuestros días.

**Todo tiene un inicio...**

### **2.2. La construcción en la humanidad**

A continuación se presentan los principales periodos históricos referidos a la construcción y sus estructuras.

#### **2.2.1.- Construcción Prehistórica.**

En el Paleolítico encontramos las primeras manifestaciones artísticas, precisamente, en los últimos tiempos del cuaternario o antropozoico (Mesolítico).

Posteriormente al descubrimiento del fuego, empleados con fines domésticos, empezando por utilizar la madera, la piedra (Silex y Cuarzita, por su dureza), talladas estas últimas para emplearlas como armas y utensilios de trabajo, cuchillos, dardos y flechas, así como propulsores para lanzar los primeros.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

En cuanto a monumentos *Megalíticos* (1) nos dejaron los Menhires, Taulas, Dólmenes, Navetas, Talayots, Nuragas, etc.

(1) *Megalito: mega = grande / lithos = piedra.*

En el *Eneolítico* (2), fase de corta duración, se empleó el cobre y luego el bronce, mezclándolo con Estaño – Edad del Bronce.

(2) *Eneolítico: eneos = cobre / lithos = piedra.*



**Restos de construcción megalítica, Stonehenge**

- Neolítico (VI-V milenio a.C.)
- Eneolítico (III milenio a.C.)
- Edad del Bronce (II milenio a.C.).
- Edad del Hierro (I milenio a.C.).

**2.2.2.- Construcción Egipcia 4400 - 332 a.C.**

Pueden considerarse cuatro periodos bien definidos:

- TINITA: desde Menes, fundador del Imperio hasta la III Dinastía.
- MENFITA: desde la III hasta la IX Dinastía.
- TEBAICA: primer periodo desde la IX hasta la XVII Dinastía, y el segundo periodo desde la XVIII hasta la XXI Dinastía.
- SAITA: desde la XXI hasta la absorción del arte egipcio por el romano, periodos comprendidos entre los años 4400 a.C. hasta el 332 a.C. Después vienen los periodos Toloméoico, Romano y los últimos periodos hasta nuestros días.



**La Gran Pirámide de Keops y la Esfinge de Giza**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

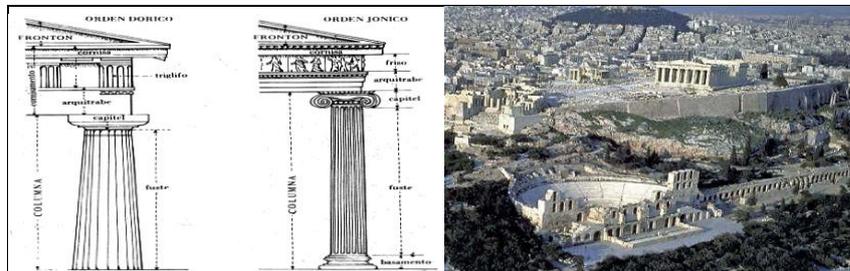
Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

Sus huellas fueron los grandes Templos, Pilonos, Obeliscos, las famosas Pirámides y Templos funerarios, Colosos, Esfinges. Columnas sin base, con fuste circular o fasciculado, con capiteles en formas de capullo, cáliz, lotiformes, campaniformes o papiroformes y palmiformes. Dinteles entre columnas (Estructuras adinteladas), decoración figurativa y jeroglífica, objetos decorativos de gran variedad, pintura, joyas, etc.

**2.2.3.- Construcción Griega. 1000 - 800 a.C.**

La perfección en el arte se fundamentó en la proporción. Esta proporción se manifestó en los Órdenes. Los Órdenes considerados como clásicos son los siguientes: El Dórico, el Jónico y el Corintio.



**Los estilos Dórico y Jónico**

**Acrópolis, Atenas.**

Los edificios principales de esta época eran los Templos, construcciones de planta rectangular, alzadas sobre una plataforma escalonada llamada estilóbato, columnas y entablamento rematado en los lados menores con frontones, teatros a la intemperie, aprovechando la orografía del terreno.

Entre las grandes obras tenemos las Acrópolis, Necrópolis, Gimnasios, Palestras, Estadios, Hipódromos, etc.

Entre otras obras famosas recordamos las siguientes: El Heraón de Olímpia, Atenea de Corinto, Poseidón de Paros, Teseo y Partenón de Atenas.

**2.2.4.- Construcción Íbera 1000 – 700 a.C.**

Hacia el año 1000 a.C. empieza en España la etapa hispánica del Hierro, aportación del pueblo Celta, establecidos en el norte y centro de la península. En Almería se manifiesta una sólida cultura neolítica en el periodo del Bronce.

A partir del siglo VII a.C. aparecen al sur de España los Fenicios, que se establecieron en Cádiz, extendiéndose hacia otras regiones levantinas.

La Iberia propiamente dicha era esa Zona Sur y Levantina de la Península. El resto de España era Celta y Celtibérica. La España Celta vivía en Castros, de los que han dejado huellas en Galicia y Coaña (Asturias).

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---



**Necrópolis de Tugia, Peal de Becerro**

En la construcción destacan las necrópolis de Tugia cerca de Galera, y la jiennense de Peal de Becerro, y las acrópolis de Liria, la Bastida y Meca en Levante.

**2.2.5.- Construcción romana. 753 a.C. - 476 d.C.**

La Arquitectura y la Ingeniería se adaptaron bien al sentido práctico y utilitario de los romanos, por lo que se dedicaron a la construcción de vías, puentes, viaductos, acueductos, termas, circos, columnas y arcos conmemorativos, así como fortalezas y teatros a la intemperie, que han resistido el paso de tiempo.

Adoptaron de los griegos sus principios en el Arte y Órdenes Arquitectónicos, introduciendo además el arco, la bóveda, cúpulas y de materiales, el adobe, el ladrillo cerámico, etc.

Sus Órdenes se pueden clasificar en:

- Toscano (dórico-romano).
- Jónico-romano.
- Corintio-romano
- Compuesto.



**El Teatro Romano, Mérida**



**El Gran Coliseo, Roma**

En España desde el 218 a.C. hasta el año 409 d.C., los romanos fueron dejando huellas de su paso:

Acueductos de Segovia, Mérida y Tarragona. Vías o calzadas romanas;

Anfiteatros como el de Sagunto, Mérida e Itálica;

Ciudades cuyos restos perduran: Itálica, Segóbriga, Clunia, Mérida, etc.;

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

**2.2.6.- Construcción Bizantina. año 395 – año 1385**

Quedaron grandes huellas, tales como Santa Sofía de Constantinopla, Iglesias de los Santos Sergio y Baco, la de los Santos Apóstoles, San Vital, en Italia, San Apolinar in Classe, San Apolinar Nuevo en Rávena, San Marcos de Venecia, Santa Sofía de Kiev, etc.



**La Catedral de Santa Sofía,  
Constantinopla**



**La Catedral de San Marcos, Venecia**

**2.2.7.- Construcción Precolombina. siglo IV - siglo XVII**

Las culturas más conocidas principales son: Los Mayas, los Aztecas, los Incas, y los Chibchas.

Sus construcciones hoy conocidas, fueron los grandes Templos piramidales y con gradas hasta el templo o ara de sacrificios, construidas de ladrillo y de piedra. Templos y otras edificaciones megalíticas, con grandes relieves alegóricos, todo ello construido en piedra.



**Pirámide Maya, México**



**Pirámide Azteca,  
Gran pirámide del castillo, Yucatán**

**2.2.8.- Construcción Visigótica y Bábara. año 415 – año 711**

En su arquitectura predominan los muros de piedra más o menos labrada, arcos de Herradura, multitud de capiteles, casi siempre corintios, fantaseados o simplificados. Gran ornamentación escultórica.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---



**Iglesia de San Pedro de la Nave, Palencia**

Nos dejaron en España muestras como la iglesia de San Juan de Baños de Cerrato (Palencia), San Miguel (Terrasa) y San Pedro de la Nave (Zamora).

**2.2.9.- Construcción Románica. siglos XI - XII - XIII.**

Las construcciones Carolingias fueron el germen de este estilo en las regiones sometidas al Imperio.

Sus características son: Plantas sencillas, cúpulas en los encuentros de las naves de las iglesias (cruceros), contrafuertes, ábsides, etc. Como materiales empleados en esa época, tenemos: piedra bien en mampostería como en sillarejos más o menos labrados.



**Catedral de Santiago de Compostela**

Gran cantidad de huellas nos ha dejado el Románico en España, en toda su mitad norte, desde Segovia a Cataluña, y desde aquí a través de La Rioja, Navarra, Castilla y León hasta Galicia.

**2.2.10.- Construcción Árabe. Año 1220 – año 1380**

Cuando llegaron a España, imperaba en ella la raza de los visigodos, fundida con la de los hispano-romanos. Los visigodos habían empleado en sus construcciones un arco llamada de herradura. Los árabes lo copiaron y lo adoptaron; también empleaban los arcos: ojival, túmido, cairelados y lobulados, mixtilíneos, etc. Columnas de mármoles con capiteles calados, aunque también empleaban los que dejaron los romanos. Arquería y arcos con mocárabes. Bóvedas de cañón, de gallones, esquivadas, y nervadas, con o sin estalactitas.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---



**La Alhambra, Granada**



**La Mezquita de La Roca, Jerusalén**

**2.2.11.- Construcción Gótica. [siglo XII – siglo XVI](#)**

En general, se puede apreciar el contraste con el Románico, por el deseo de conseguir más altura, más luminosidad y transparencia, sustituyendo los gruesos muros por los pilares unidos por arcos apuntados y contrarrestados, por medio de arbotante y botareles (nos referimos a las Catedrales y edificios similares), quedando los interiores de las naves más iluminadas y con mayor visibilidad. Los huecos se cerraban con vidrieras de gran colorido.



**Catedral de San Antolín  
Palencia**



**Interior de La Catedral  
Ávila**

Como características de este estilo, además de los mencionados, tenemos los Rosetones, portadas con arquivoltas, bóvedas de crucería más o menos complicadas formadas por nervios de piedra, sobre los que se apoya el techo o plementería, cubiertas con armaduras de madera tejadas con teja árabe, pizarra o metal. Desagües por medio de gárgolas. Infinidad de motivos ornamentales, tales como pináculos, florones, orlas y detalles variados. Sobre los arcos gabletes agudos, frondas, cayados, etc., con motivos vegetales: endrina, vid, arce, trébol, hiedras, cardos, etc. Huecos mainelados.

**2.2.12.- Construcción Mudéjar. [siglo XII – siglo XVI](#)**

Es muy extensa la labor realizada durante varios siglos pues comprende también el arte Al-Mohade.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---



**La Torre de San Martín, Teruel**



**La Puerta del Sol, Toledo**

En la Alhambra, Sevilla, Aragón, parte de Castilla, etc., vemos huellas que nos ha dejado esta arte caracterizado por su labor en fachadas de ladrillo con verdaderas filigranas.

**2.2.13.- Construcción Renacentista. [siglo XV](#)**

Adoptaron los órdenes clásicos, Dórico, Jónico, Corintio y predominando el Toscano.

Como el tema es muy extenso, solamente diremos que en España tuvo varias tendencias: el Churrigueresco, Plateresco, Herreriano, Mudéjar y según algunos autores, el Barroco, incluido el Rococó.



**Capilla de El Salvador, Úbeda**



**Fachada e interior de la Catedral, Jaén (Andrés de Vandelvira)**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

La edificación se caracteriza por el empleo de la piedra de sillería en los muros, columnas, bóveda de cañón seguido y por arista, cúpulas, etc.

En el Plateresco destacaron como arquitectos: (Enrique Egas, Diego de Riaño, Alonso de Rodrigo Gil de Ontañón, Diego de Siloé); Herreriano (J. Bautista de Toledo, Juan de Herrera, etc.); Churrigueresco (José de Churriguera, Pedro de Ribera, Alonso Cano, Francisco Herrera el Mozo, etc.)

**2.2.14.- Construcción Plateresca. [siglo XVI](#)**

Típicamente hispano, se combina en él Mudéjar, Gótico y Renacentista.



**Fachada de la Universidad    Iglesia Convento de S.Esteban  
Salamanca**

**2.2.15.- Construcción Barroca. [siglos XVII y XVIII](#)**

Al barroco final se le denominó Churrigueresco, por los hermanos Churriguera.

Iglesias con plantas complicadas, tortuosas, ovaladas muchas veces, elípticas y figuras semejantes a las perlas complicadas (del portugués = barrueco). Piedras y mármoles de Zaragoza, Plaza Mayor de Madrid, Plaza Mayor de Salamanca, etc.



**Catedral de la Asunción, Valladolid    La Plaza Mayor, Salamanca**

**2.2.16.- Construcción Neoclásica. [1752 - 1799](#)**

Es una corriente cultural en reacción contra el arte Barroco y sobre todo el Rococó, con un retorno a las artes clásicas de la antigüedad griega y romana.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

En España se funda en las Academias de San Fernando, en Madrid, la de San Luis en Zaragoza y la de Santa Bárbara (después llamada de San Carlos), en Valencia.

Se desarrolla entre los años 1752 y 1799.



**El Museo de El Prado, Madrid  
(Juan de Villanueva)**

**La Puerta de Alcalá, Madrid  
(Francisco Sabatini)**

**2.2.17.- Construcción Contemporánea. [siglo XX](#)**

Conocido también por “Art Nouveau” en Francia. En Arquitectura tenemos a Gaudí con su originalidad floral y fantástica, Riquer, Xiró, Gaspar Campos, Juan Brull, Tunyent.



**Torre Eiffel, Paris  
(Alexandre Gustave Eiffel)**

**Templo de La Sagrada Familia, Barcelona  
(Antonio Gaudí)**

En arquitectura, como muestra tenemos: la Torre Eiffel en Paris, Sagrada Familia, Casa Milá (La Pedrera) y Parque Güell de Gaudí, en Barcelona.

**2.2.18.- Construcción Modernista. [1850 – 1925](#)**

Las transformaciones operadas en la Sociedad del siglo XX desde finales del siglo XIX, planteó otra serie de problemas y un deseo de romper moldes y crear otro

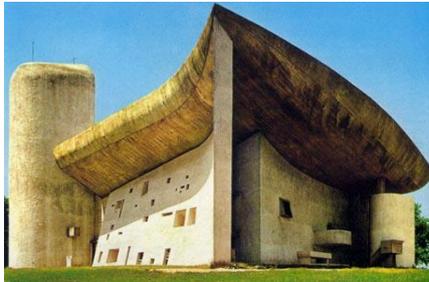
**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

tipo de vida, apareciendo en la Arquitectura una serie de tendencias, tales como el Urbanismo, Monumentalismo y Colosalismo, Racionalismo, Funcionalismo, Utilitarismo, Planificación, Purismo, Dinamismo, etc.



**Chapelle Nôtre Dame du Haut, Ronchamp  
(Le Corbusier)**



**Casa Farnsworth, Illinois  
(Mies Van der Rohe)**

Destacan arquitectos como: Le Courbusier, Neutra, Gio Ponti, Frank Lloyd Wright, Gropius, Kenzo Tange, Mies Van der Rohe, etc.

**2.3. El esqueleto de piedra. Elementos sometidos solo a compresión.**

**2.3.1.- El material.**

La piedra parece un buen material constructivo para, por ejemplo, las montañas, pero no está claro que sea igualmente apropiado para hacer edificios excepto, posiblemente en forma de cuevas. Las estructuras románicas típicas son cavernosas; su fin es dispersar las fuerzas tanto como sea posible (mediante cúpulas) y sólo con extremo cuidado se abren los muros románicos para dejar pasar la luz. Por el contrario, el objetivo del sistema gótico es la concentración de las fuerzas; a la catedral se le exigía que fuera tan alta y ligera como fuese posible.

Suponiendo por el momento que en ningún elemento estructural de piedra hay flexiones, es conveniente en este punto preguntarse por los niveles de tensión probables que se pueden encontrar en una catedral gótica.

Las tensiones en una catedral se deben casi totalmente al peso propio del material, y teniendo en cuenta el peso de la cubierta y otras partes de la estructura que no son autoportantes, una catedral podría alcanzar una altura de casi 500 metros antes de que las columnas comenzasen a fallar. Por el contrario, es probable que tanto los elementos estructurales aislados como la estructura en su conjunto tengan que estar proporcionados en base a la estabilidad. En general el arbotante no fallará a compresión, pero puede, si está mal dimensionado, pandear. Análogamente, el fallo de un estribo se producirá por vuelco alrededor de su base.

**2.3.2.- Principios del análisis límite.**

Se han de realizar dos hipótesis previas:

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

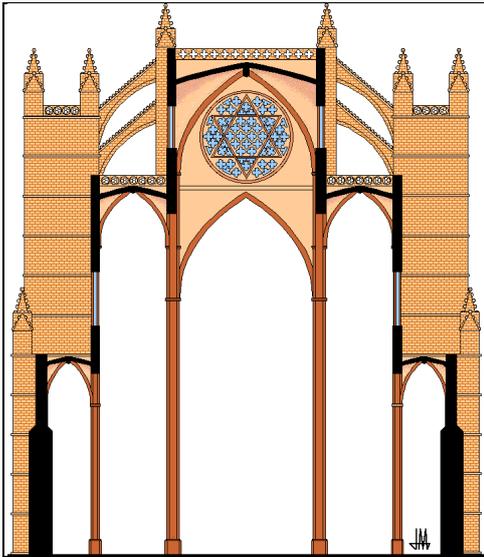
---

1.- La piedra no tiene resistencia a tracción. Si consideramos una estructura como un arco, hecha de dovelas aparejadas en seco o con un mortero muy pobre. Aunque la piedra en sí podría soportar algún esfuerzo de tracción, las juntas no, y las fuerzas de tracción no se pueden transmitir de una parte de la estructura a otra.

2.- Los niveles generales de las tensiones son tan bajos, para los fines de cálculo, que *la resistencia a compresión es infinita*.

3.- No se puede producir el deslizamiento de una piedra sobre otra.

**Sección transversal  
de una catedral gótica**



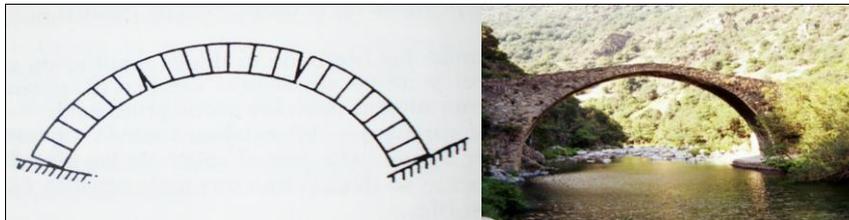
El teorema de la seguridad se puede enunciar como sigue: *Si es posible encontrar una línea de empujes en equilibrio con las cargas exteriores que se encuentre completamente dentro de la fábrica, la estructura es segura.*

*Si al retirar las cimbras de un arbotante se sostiene durante 5 minutos, entonces lo hará durante 500 años.*

**2.3.3.- El arco de dovelas.**

Analizamos ahora el arco, dado que es una forma especialmente sencilla de construcción de fábrica.

Una de las conclusiones es que el colapso se produce cuando se forman las suficientes articulaciones que dan como resultado un mecanismo. En la figura se muestra ese modelo de cuatro articulaciones para el arco. Considerada mecánicamente, la estructura ahora es un mecanismo de cuatro bielas, capaz de moverse con un grado de libertad.



**Arco de dovelas y mecanismos de colapso Arco de dovelas, Córcega**

El número de articulaciones que se requiere para un mecanismo de colapso es fácilmente calculable. Un arco, por ejemplo, considerado desde el punto de vista del análisis estructural convencional, es una estructura hiperestática de tercer grado; por

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

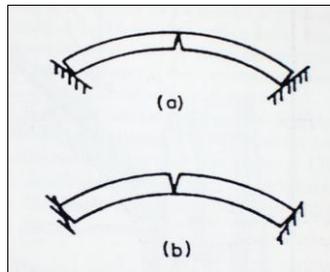
---

tanto, tres articulaciones lo harán estáticamente determinada (isostática). La cuarta articulación, extra, convierte la estructura isostática en un mecanismo, y permite encontrar el valor de carga de rotura.

En general, el problema del análisis de rotura de las obras de fábrica consistente en encontrar una línea de empujes que pase a través del número suficiente de articulaciones como para transformar la estructura en un mecanismo.

**2.3.4.- El estado estable de la fábrica**

Una construcción de fábrica está caracterizada por la formación de articulaciones en número suficiente como para convertir la estructura en un mecanismo. La posición de las líneas de empujes está determinada por las secciones articuladas, y en el momento del hundimiento la línea de empujes es única para la zona de estructura que colapsa.



**Arcos no colapsados**

Si la estructura no se hunde, sino que está en un estado estable sometida a una determinada carga externa, en general, existe una amplia gama de posibles posiciones para la línea de empujes.

En particular, la estructura, perfectamente encajada sobre sus cimbras, descenderá cuando éstas se retiren y, en muchos casos inmediatamente aparecerán grietas a partir de las cuales se puede detectar la posición de las articulaciones. Estas grietas son totalmente inofensivas; para convertir a la estructura en un mecanismo se tiene que formar, al menos, una cuarta articulación más y la geometría puede ser tal que sea esa articulación adicional nunca se llegue a formar.

**2.3.5.- El arbotante.**

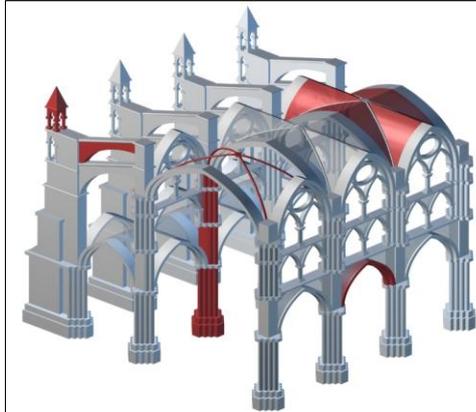
Un arco arbotante, o simplemente arbotante, es un elemento estructural exterior con forma de medio arco que recoge la presión en el arranque de la bóveda y la transmite a un contrafuerte, o estribo, adosado al muro de una nave lateral. Es un elemento constructivo distintivo de la arquitectura gótica, junto con el arco apuntado y la bóveda de crucería.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---



**Principio de funcionamiento de los arbotantes**

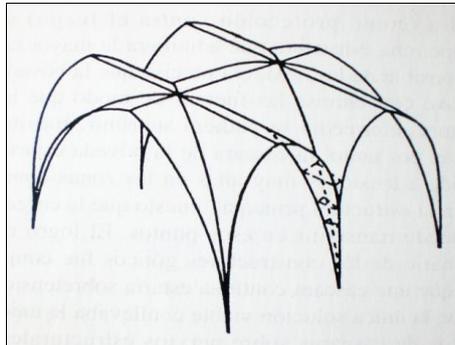


**Arbotantes de la nave central de Nôtre Dame, Paris**

**2.3.6.- Bóvedas y cúpulas.**

Las cúpulas dispersan las fuerzas.

El objetivo de los constructores góticos era proporcionar a la nave una cubrición de piedra (como protección contra el fuego) y, al tiempo, una estructura que admitiera la mayor cantidad posible de luz. Así, era preciso que la bóveda de la nave concentrara las fuerzas de modo que la estructura intermedia se pudiera suprimir. Inevitablemente, por tanto, la cáscara de la bóveda estaría sometida a tensiones muy altas en las zonas donde se une a la estructura principal, puesto que la carga sólo se puede transmitir por esos puntos.



**Sistemas de bóvedas cuatripartitas**



**Bóveda de crucería en la Catedral de San Juan Bautista, Polonia**

El logro extraordinario de los constructores góticos fue comprender que una cáscara continua está sobretensionada y que la única solución viable conllevaba la unión de trozos de cáscaras sobre los nervios estructurales. De este modo el nivel de tensiones propia de la cáscara se puede mantener bajo y uniforme, mientras que los nervios diagonales del tramo abovedado transmiten la carga a los pilares principales. Los pliegues de las aristas, en sí mismos una debilidad de la cáscara de una bóveda gótica,

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

se refuerzan con nervios de fábrica para conseguir una unidad estructural rígida y ligera de gran resistencia intrínseca.

**2.4.- Primeros estudios estructurales.**

**2.4.1.- Leonardo Da Vinci. Mecanismos y estructuras.**

En 1502 Leonardo diseñó un puente de 240 metros de longitud para un proyecto de ingeniería civil del sultán otomano Bajazet II de Estambul. El puente debía servir para franquear el estuario conocido como el <<Cuerno de Oro>>. Bajazet II abandonó el proyecto porque consideró que la construcción sería imposible. La visión de Leonardo fue resucitada en 2001 cuando se construyó en Noruega un pequeño puente peatonal basado en su concepto. La obra, en piedra, se basaba en el principio de presión de los arcos que lo sustentan.

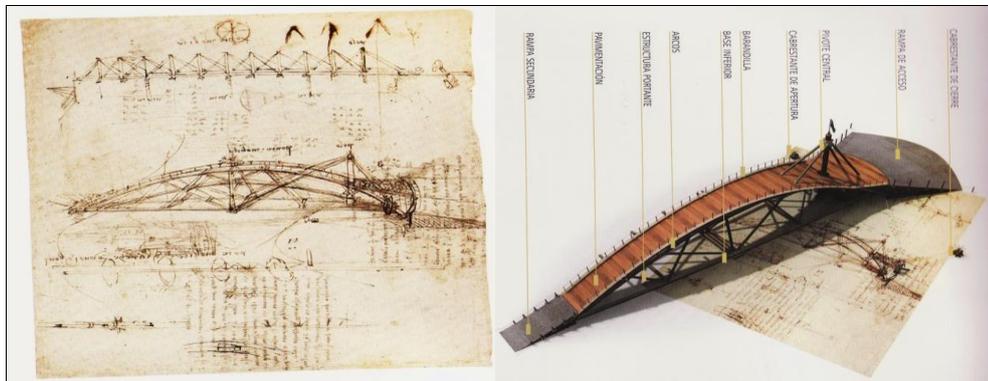


Visión del puente al atardecer



Visión del puente en la mañana

Leonardo destacó sobre todo en el diseño teórico de mecanismos, pero en cuanto a las estructuras, su obra más significativa fue la de un puente giratorio de tipo defensivo. Este puente aún los dos, el mecanismo de movimiento y la estructura para circular por encima de él.



La característica principal de este puente era la velocidad de cierre y de apertura, que hacía de él un instrumento eficaz para detener el avance del enemigo.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

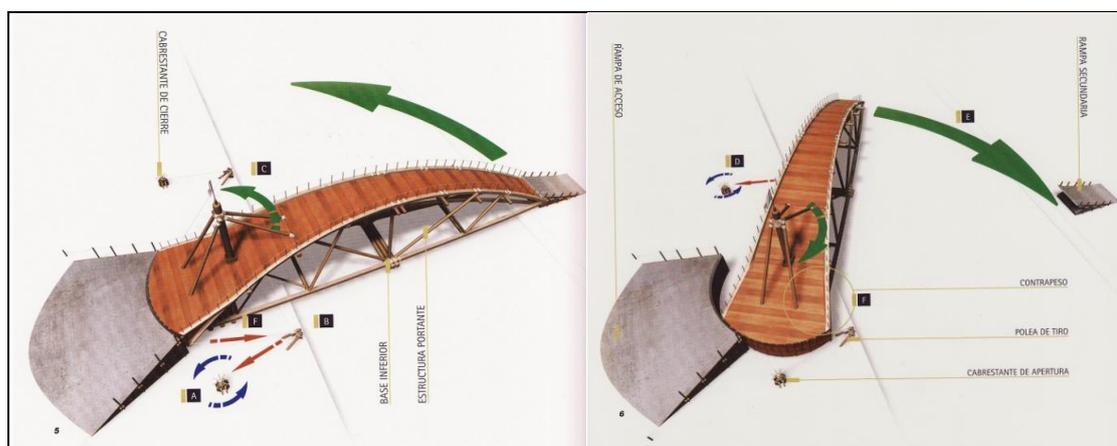
Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

A.- El cabrestante de apertura del puente; en su rotación, hace enrollarse la cuerda de enlace al puente.

B.- Un sistema de poleas fijas en la orilla permite que la cuerda corra y determine su trayectoria, optimizándola con vistas a la rotación que el puente giratorio debe efectuar para abrirse.

C.- Bajo la acción de tiro de las cuerdas, el puente se hace girar alrededor del pivote central y, permaneciendo suspendido, permite el paso de embarcaciones. El pivote hace las veces de perno, como en una balanza.



D.- Para devolver el puente a su posición inicial y permitir que sea cruzado por peatones, se acciona el cabrestante opuesto, el más alejado del pivote. Al hacer enrollarse la cuerda, ésta tirará del extremo del puente al que está unida.

E.- El extremo del puente se vuelve a unir a la rampa secundaria de acceso fijada en la orilla opuesta a aquélla en la que está enganchado el pivote de rotación.

F.- Para facilitar la maniobra de apertura, Leonardo prevé la construcción de un cajón de piedras que sirve de contrapeso cuando el puente se encuentra suspendido antes de apoyarse en la otra orilla.

**2.4.2.- El prisma mecánico.**

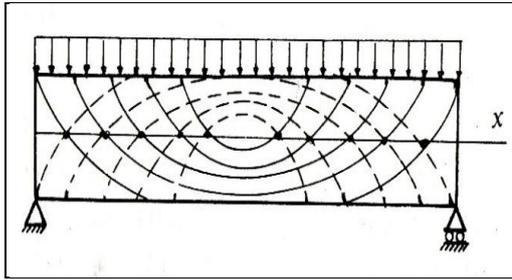
En ingeniería y arquitectura se denomina viga a un elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

El esfuerzo de flexión provoca tensiones de tracción y de compresión, produciéndose las mismas en la fibra inferior (tracción) y en la fibra superior (compresión), las cuales se calculan relacionando el momento flector máximo con el momento de inercia de la sección transversal respecto del eje que pasa por su centro de gravedad.

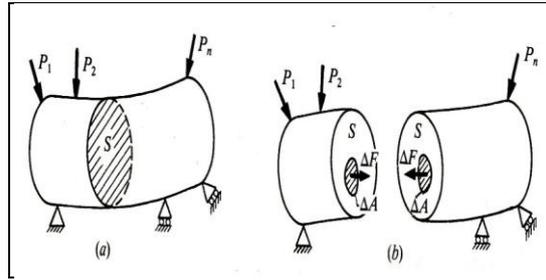
**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA



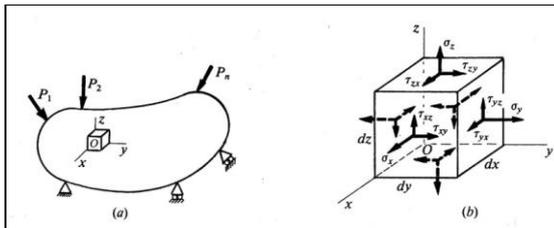
**Esfuerzos de tracción y compresión**



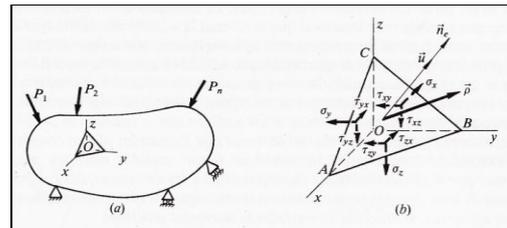
**Prisma mecánico y equilibrio interno**

En las zonas cercanas a los apoyos se producen los esfuerzos cortantes o de punzonamiento. También pueden producirse tensiones por torsión, sobre todo en vigas que forman el perímetro exterior de un forjado o suelo.

Estructuralmente el comportamiento de una viga se estudia mediante un modelo de prisma mecánico.



**Componentes del estado de esfuerzos**



**Tensor de esfuerzos**

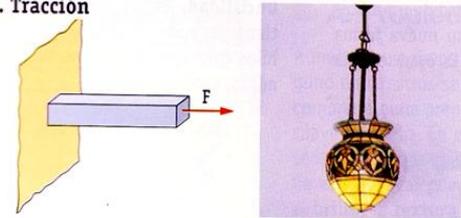
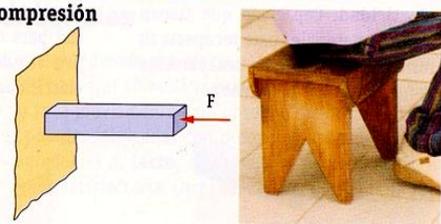
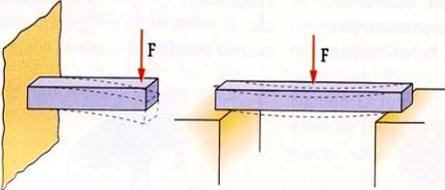
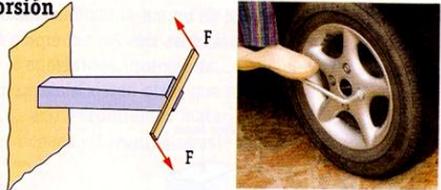
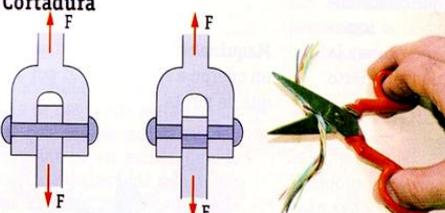
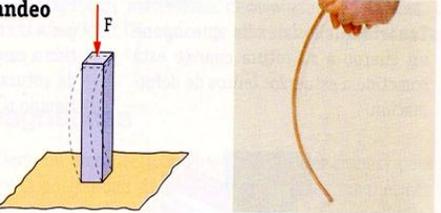
**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

**2.4.3.- Esfuerzos simples y su aplicación.**

Los tipos de esfuerzos simples a las que están sometidas las estructuras se pueden resumir en la siguiente tabla, en la que además se muestra un ejemplo de estructuras cotidianas, de las muchas que nos rodean.

<p><b>1. Tracción</b></p>  <p>La fuerza tiende a alargar el objeto y actúa de manera perpendicular a la superficie que lo sujeta.</p>	<p><b>2. Compresión</b></p>  <p>La fuerza tiende a acortar el objeto. Actúa perpendicularmente a la superficie que la sujeta.</p>
<p><b>3. Flexión</b></p>  <p>La fuerza es paralela a la superficie de fijación. Tiende a curvar el objeto.</p>	<p><b>4. Torsión</b></p>  <p>La fuerza tiende a retorcer el objeto. Las fuerzas (que forman un par o momento) son paralelas a la superficie de fijación.</p>
<p><b>5. Cortadura</b></p>  <p>La fuerza es paralela a la superficie que se rompe y pasa por ella.</p>	<p><b>6. Pandeo</b></p>  <p>Es similar a la compresión, pero se da en objetos con poca sección y gran longitud. La pieza «se pandea».</p>

**Tipos de esfuerzos simples, y su aplicación cotidiana**

En el análisis de las estructuras en ingeniería y arquitectura, tendremos diferentes elementos, los cuales hemos clasificado en tres tipos dependiendo de su forma lineal, bidimensional, y tridimensional.

**ELEMENTOS LINEALES.-**

Llamados también unidimensionales o prismas mecánicos, están generalmente sometidos a un estado de tensión plana con esfuerzos de tensiones grandes en la dirección de su línea baricéntrica (del centro de gravedad). Geométricamente son alargados siendo la dimensión de dicha línea (altura, luz, o longitud de arco), mucho mayor que las dimensiones según la sección transversal, perpendicular en cada punto a la línea baricéntrica.

Los elementos lineales más comunes según su posición y forma son:

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

- Verticales comprimidos y rectos, como la columna (sección circular) o pilares (sección poligonal), pilote (cimentación).
- Horizontales, flexionados y rectos, como la viga o alquitra, dintel, zapata corrida para cimentación, correa de sustentación de cubierta.
- Diagonales y rectos, como las barras de arriostramiento de cruces de San Andrés, barras diagonales de una celosía o entramado triangulado; en este caso los esfuerzos pueden ser de tracción o de compresión.
- Flexionados y curvos, que corresponden a arcos continuos cuando los esfuerzos se dan según el plano de curvatura o a vigas balcón cuando los esfuerzos son perpendiculares al plano de curvatura.

**ELEMENTOS BIDIMENSIONALES.-**

Pueden aproximarse por una superficie y tienen un espesor pequeño en relación a las dimensiones generales del elemento. Es decir, en estos elementos una dimensión llamada espesor, es mucho menor que las otras dos.

Pueden clasificarse según la forma que tengan en elementos:

- Horizontales, flexionados y planos, como los forjados, las losas de cimentación, y las plateas o marquesinas.
- Verticales, flexionados y planos, como los muros de contención.
- Verticales, comprimidos y planos, como los muros de carga, paredes y tabiques.
- Flexionados y curvos, como son las láminas de revolución y los depósitos cilíndricos para líquidos.
- Traccionados y curvos, como las membranas elásticas y las paredes de depósitos con fluidos a presión.

**ELEMENTOS TRIDIMENSIONALES.-**

Llamados también volumétricos, son elementos que en general presentan estados de tensión biaxial o triaxial en los que no predomina una dirección dimensional sobre las otras. Además estos elementos suelen presentar tracciones y compresiones simultáneamente según diferentes direcciones, por lo que su estado tensional es complicado.

Este tipo de elementos se encuentran en:

- Las ménsulas de sustentación.
- Las zapatas, que presentan compresiones según direcciones cerca de la vertical al pilar que sustentan y tracciones en direcciones cerca de la horizontal.

**2.5.- Mecanismos y sistemas de fuerzas.**

**2.5.1.- Principio de la palanca.**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

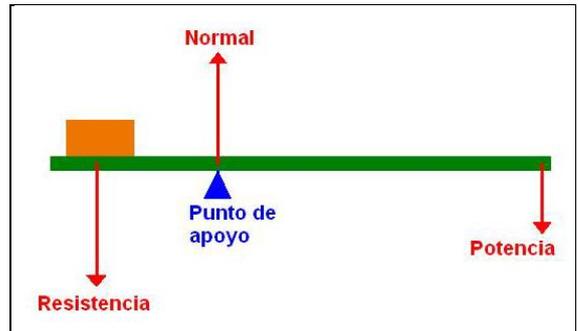
---

La palanca es una máquina simple que tiene como función transmitir una fuerza. Está compuesta por una barra rígida que puede girar libremente alrededor de un punto de apoyo también llamado fulcro. Se puede utilizar para amplificar la fuerza mecánica que se aplica a un objeto, para incrementar su velocidad o distancia recorrida, en respuesta a la aplicación de una fuerza.

**Ley de la palanca**

En física, la ley que relaciona las fuerzas de una palanca en equilibrio se expresa mediante la ecuación:

$$P \times dP = R \times dR$$



P la potencia, R la resistencia, y dP y dR las distancias medidas desde el punto de apoyo hasta los puntos de aplicación de P y R respectivamente, llamados brazo de potencia y brazo de resistencia.

**Fuerzas actuantes**

Sobre la barra rígida que constituye una palanca actúan tres fuerzas.

- **La potencia P:** es la fuerza que aplicamos voluntariamente con el fin de obtener un resultado; ya sea manualmente o por medio de motores u otros mecanismos.
- **La resistencia R:** es la fuerza que queremos vencer, ejercida sobre la palanca por el cuerpo a mover. Su valor será equivalente, por el principio de acción y reacción, a la fuerza transmitida por la palanca a dicho cuerpo.
- **La fuerza de apoyo N:** es la ejercida por el punto de apoyo sobre la palanca. Si no se considera el peso de la barra, será siempre igual y opuesta a la suma de las anteriores. Se debe mantener la palanca sin desplazarse del punto de apoyo, sobre el que la barra rota libremente.

**2.5.2.- Sistema de fuerzas.**

**Concepto estático de fuerza**

Definimos fuerza como toda causa capaz de producir deformaciones y aceleraciones en los cuerpos sobre los que actúa, por tanto siempre que un cuerpo cualquiera se deforme y/o acelere, deberá inferirse que sobre él se ejerce una fuerza, origen de esa deformación y/o aceleración. Y recíprocamente, siempre que se ejerza una fuerza sobre un cuerpo, éste se deformará y/o adquirirá aceleración.

En efecto, la 2ª ley de Newton dice:

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

*“La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él, e inversamente proporcional a su masa”.*

$$\mathbf{a} = \mathbf{F} / m$$

En donde: **a** representa la aceleración, **m** la masa y **F** la fuerza neta. Por fuerza neta se entiende la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.



2ª ley de Newton ( $a = F / m$ )



3ª ley de Newton (acción = reacción)

Otras de las características que actúan sobre un cuerpo provienen de otros cuerpos (es decir de origen material). Por cada fuerza que actúa sobre un determinado cuerpo A, debe existir un cuerpo B, origen de dicha fuerza. A su vez, ocurre que el cuerpo A ejercerá sobre el B una fuerza que será de igual módulo y directriz, pero en sentido opuesto a la que B ejerce sobre A.

Esto constituye un principio enunciado en la 3ª ley de Newton:

*“Si un cuerpo A ejerce una fuerza F sobre otro cuerpo B, éste ejerce sobre el primero otra fuerza directamente opuesta  $-F$ , teniendo ambas la misma directriz”.*

Las fuerzas se representan siempre por parejas llamadas acción y reacción.

Podemos observar que:

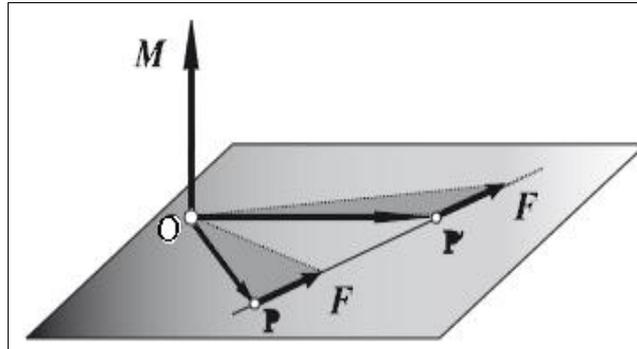
- La acción y la reacción están aplicadas a cuerpos distintos (sobre el B, sólo actúa la acción; sobre el A, sólo actúa la reacción), por ello nunca pueden equilibrarse.
- La acción y la reacción son necesariamente de igual magnitud (no puede ser la acción o la reacción mayor que la pareja correspondiente).

**Momento de fuerza respecto a un punto**

Sea una fuerza F, aplicada en un punto P; el momento de dicha fuerza F respecto a un punto O es el vector fijo aplicado en O,  $M_o$ , definido por el producto vectorial:

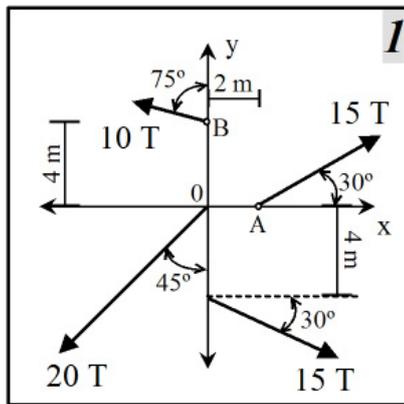
$$\mathbf{M}_O = \overrightarrow{OP} \times \mathbf{F} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

Por la propia definición del producto vectorial, el momento M es un vector perpendicular al plano determinado por los vectores F y r.



### Reducción de un sistema de fuerzas

Reducir un sistema de fuerzas es sustituirlo por otro sistema más sencillo que le sea equivalente.



De este modo, cualquier sistema de fuerzas, ya sean fuerzas vectoriales o momentos, se pueden reducir en cualquier punto del espacio llevando a ese punto la suma resultante de todas las fuerzas vectoriales, la suma resultante de todos los momentos, y la suma de momentos que estas fuerzas vectoriales efectúan sobre dicho punto.

*Este es el método que utilizaremos para calcular en una estructura real las fuerzas resultantes en los apoyos, así como las fuerzas internas en las barras para poder calcular las dimensiones que deben tener los elementos simples de la estructura.*

## 2.6.- Fuerzas en estructuras. Desarrollo

### **2.6.1.- Stephen Timosjenko.**

Es considerado el padre de la ingeniería mecánica moderna. Realizó el trabajo inicial en las áreas de ingeniería mecánica, teoría de la elasticidad y resistencia de materiales. En 1907, realizó investigaciones en el área del “Método de Elementos Finitos” para cálculos de elasticidad.

### **2.6.2.- Estudio de piezas sometidas a esfuerzos.**

La ingeniería mecánica es un campo muy amplio de la ingeniería que implica la utilización de los principios físicos para el análisis, diseño, fabricación y mantenimiento de sistemas mecánicos.

Las ramas derivadas de la ingeniería mecánica son:

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

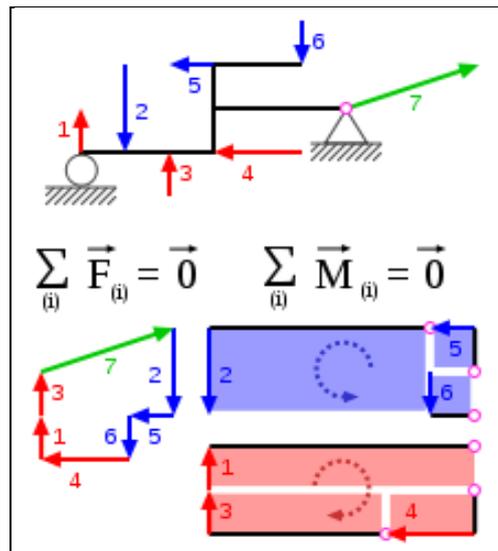
- Estática: Estudio del equilibrio de las fuerzas, sobre un cuerpo en reposo.
- Dinámica: Estudio de cómo las fuerzas afectan al movimiento de los cuerpos.
- Termodinámica y transferencia de calor: Estudio de las causas en los cambios de temperatura y transferencia de calor en los materiales.
- Mecánica de los fluidos: Estudios de la reacción de los fluidos bajo la acción de las fuerzas.

**Estática. Clasificación**

En el cálculo de estructuras nos quedamos dentro del campo de la estática.

Estática es la rama de la mecánica que analiza las cargas (fuerzas, par/momento) en los sistemas físicos en equilibrio estático, es decir en un estado en el que las posiciones relativas de los subsistemas no varían con el tiempo. Por la 1ª ley de Newton, esta situación implica que la red de la fuerza y el par neto (también conocido como momento de la fuerza) de cada elemento en el sistema, es igual a cero.

De esta limitación, las cantidades como la carga o la presión pueden ser derivadas. La red de fuerzas de igual a cero se conoce como la **primera condición de equilibrio**, y el par neto igual a cero se conoce como **la segunda condición de equilibrio**.



La estática se utiliza en el análisis de las estructuras en arquitectura e ingeniería. La resistencia de materiales es un campo relacionado con la mecánica que depende en gran medida de la aplicación del equilibrio estático. Un concepto clave es el **centro de gravedad de un cuerpo en reposo**, que constituye un punto imaginario en el que reside toda la masa de un cuerpo. La posición del punto relativo determina su estabilidad a los pequeños movimientos. Si el centro de gravedad se sitúa fuera de las bases y, a continuación, el cuerpo es inestable porque hay un par que actúa: cualquier pequeña perturbación hará caer el cuerpo. Si el centro de gravedad cae dentro de las bases, el cuerpo es estable, ya que no actúa sobre el par neto del cuerpo.

Para poder saber la fuerza que está soportando cada parte de la estructura se utilizan dos medios de cálculo:

- La comprobación por nudos.
- La comprobación por secciones.

Para lograr obtener cualquiera de estas dos comprobaciones debemos tener en cuenta la sumatoria de fuerzas externas en la estructura (fuerzas en X e Y), para luego comenzar con la comprobación por nudos o por secciones.

### **2.6.3.- Clasificación de los métodos de cálculo dentro de la Estática:**

#### Teoría de Elasticidad

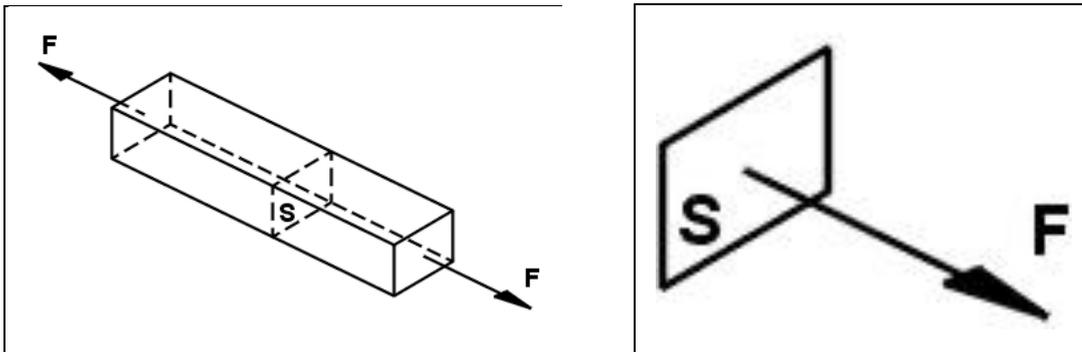
En física e ingeniería, el término elasticidad designa propiedades mecánicas en ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan.

#### Tensión

Las fuerzas internas de un elemento están ubicadas dentro del material, por lo que se distribuyen en toda la superficie; justamente se denomina tensión a la fuerza por unidad de superficie, la cual se denota con la letra griega sigma ( $\sigma$ ). Es un parámetro que permite comparar la resistencia de dos materiales, ya que establece una base común de referencia.

$$\sigma = F/S$$

Donde F es la fuerza axial, y S la superficie de la sección transversal.



Las unidades de la tensión  $\sigma$  en el S.I. son el Pascal = Newton / m<sup>2</sup>

También se utiliza en Kg / cm<sup>2</sup>

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

**Deformación**

La resistencia del material no es el único parámetro que debe utilizarse al diseñar o analizar una estructura; controlar las deformaciones para que la estructura cumpla con el propósito para el cual se diseñó, tiene la misma o mayor importancia.

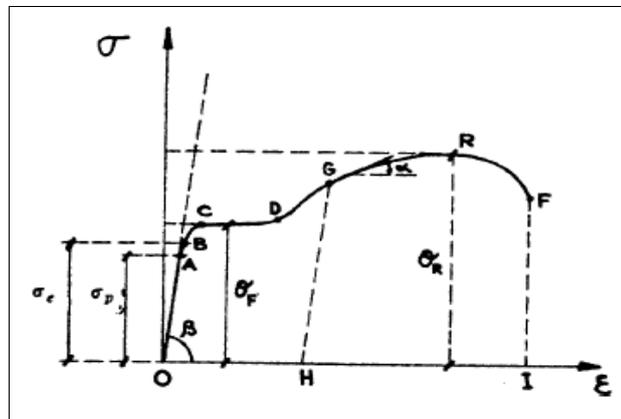
El análisis de las deformaciones se relaciona con los cambios de forma de la estructura que generan las cargas aplicadas.

Una barra sometida a una fuerza axial de tracción aumentará su longitud inicial; se puede observar que bajo la misma carga pero con una longitud mayor este aumento o alargamiento se incrementa también. Por ello definir la deformación unitaria ( $\epsilon$ ) como el cociente entre el alargamiento  $\delta$  y la longitud inicial  $L$ , indica que sobre la barra la deformación es la misma, porque si aumenta  $L$  también aumenta  $\delta$ . Tendremos entonces:

$$\epsilon = \delta / L$$

**Diagrama de tensión-deformación**

El diseño de elementos estructurales implica determinar la resistencia y la rigidez del material estructural. Estas propiedades se pueden relacionar si se evalúa una barra sometida a una fuerza axial para la cual se registra simultáneamente la fuerza aplicada y el alargamiento producido. Estos valores originan el denominado diagrama de tensión-deformación.



**Diagrama de tensión-deformación de aceros empleados en construcción**

En el diagrama se observa un tramo de recta inicial hasta un punto (A) denominado límite de proporcionalidad. Este tiene gran importancia para la teoría de los sólidos elásticos, ya que ésta se basa en el citado límite. Este es el límite superior para un esfuerzo admisible.

Los puntos importantes del diagrama de tensión-deformación son:

- (A) ( $\sigma_p$ ) Límite de proporcionalidad: hasta ese punto la relación entre la tensión y la deformación es lineal.
- (B) ( $\sigma_e$ ) Límite de elasticidad; más allá de este límite, el material no recupera su forma original al ser descargado, quedando con una deformación permanente.

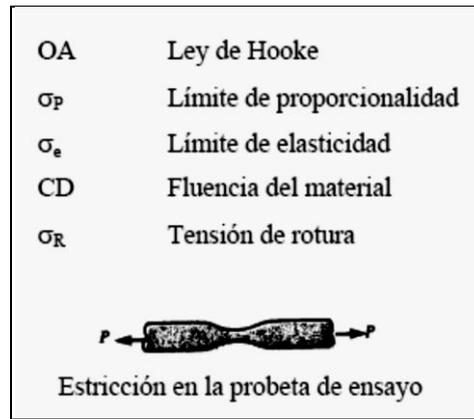
**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

- (C) ( $\theta_F$ ) Punto de fluencia; aparece en el diagrama un considerable alargamiento sin el correspondiente aumento de la carga. Este fenómeno no se observa en los materiales frágiles.
- (R) ( $\theta_R$ ) Esfuerzo último es la máxima ordenada del diagrama.
- (F) ( $\sigma_R$ ) Tensión de rotura; cuando el material falla.



Ley de Hooke

En el diagrama tensión-deformación, la línea recta indica que la deformación es directamente proporcional al esfuerzo en el tramo elástico; este principio es conocido como la Ley de Hooke. Asimismo la proporción representada por la pendiente de la recta es constante para cada material, y se llama módulo de elasticidad (E), valor que expresa la rigidez de un material.

$$E = \sigma / \varepsilon$$

Relacionando la ecuación anterior con la de la tensión podemos calcular el alargamiento que se produce en la pieza.

$$E = \sigma / \varepsilon = \frac{F}{S} \cdot \frac{L}{\delta} \rightarrow E = \frac{FL}{\delta S} \rightarrow \delta = \frac{FL}{SE}$$

$$\text{Alargamiento} = \frac{\text{Fuerza x Longitud}}{\text{Sección x Módulo de elasticidad}}$$

Debido a los pequeños desplazamientos y deformaciones a los que son sometidos los cuerpos, se utilizan las siguientes simplificaciones y aproximaciones para sistemas estables:

- Las tensiones se relacionan con las superficies no deformadas.
- Las condiciones de equilibrio se presentan para el sistema no deformado.

Para determinar la estabilidad de un sistema, hay que presentar las condiciones de equilibrio para el sistema deformado.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

**Resistencia de materiales**

La resistencia de materiales clásica es una disciplina de la ingeniería mecánica y de la ingeniería estructural que estudia los sólidos deformables mediante modelos simplificados. La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

Un modelo de resistencia de materiales establece una relación entre las fuerzas, también llamadas cargas o acciones, y los esfuerzos y desplazamientos inducidos por ellas. Típicamente las simplificaciones de las cargas geométricas y las restricciones impuestas sobre el modo de aplicación de las cargas hacen que el campo de deformaciones y tensiones sean sencillos de calcular.

**Enfoque de la resistencia de materiales**

- ***Ecuaciones de equivalencia***, son ecuaciones en forma de integral que relacionan las tensiones con los esfuerzos internos.
- ***Ecuaciones de equilibrio*** que relacionan los esfuerzos internos con las fuerzas exteriores.

En las aplicaciones prácticas, el análisis es sencillo. Se constituye un esquema ideal de cálculo formado por elementos unidimensionales o bidimensionales, y se aplican fórmulas preestablecidas en base al tipo de sollicitación que presentan los elementos.

Más concretamente la resolución práctica de un problema de resistencia de materiales sigue los siguientes pasos:

1. **Cálculo de esfuerzos.**

Se plantean las ecuaciones de equilibrio y las ecuaciones de compatibilidad que sean necesarias para encontrar los esfuerzos internos en función de las fuerzas aplicadas.

Distinguiremos para estructuras isostáticas (***Ecuaciones de la estática, método de Cremona, método de las secciones de Ritter***), estructuras hiperestáticas (***Ecuación de la elástica, método de la pendiente-deformación, método de Cross***), e indistintamente estática o hiperestática (***método matricial***).

2. **Análisis resistente.**

Se calculan las tensiones a partir de los esfuerzos internos. La relación entre tensiones y deformaciones depende del tipo de sollicitación y de la hipótesis cinemática asociada: ***flexión*** (Bernouilli), ***flexión*** (Timoshenko), ***flexión desviada, tracción, pandeo, torsión*** (Coulomb), ***tensiones cortantes*** (Collignon).

3. **Análisis de rigidez.**

Se calculan los desplazamientos máximos a partir de las fuerzas aplicadas o los esfuerzos internos. Para ello puede recurrirse directamente a la fórmula de la hipótesis

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

cinemática o bien la ecuación de la curva elástica, las fórmulas vectoriales de Navier-Bresse o los teoremas de Castigliano (métodos energéticos).

**3.- ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES.-**

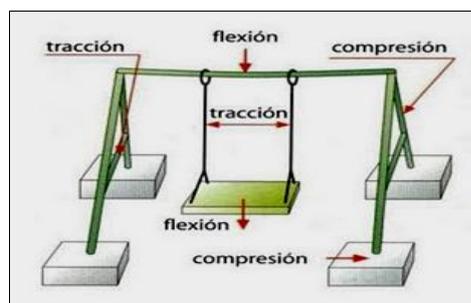
**3.1. Las estructuras arquitectónicas de nuestro alrededor.**

Las estructuras arquitectónicas son elementos de la construcción que podemos encontrar en cualquier lugar formando parte del paisaje, parte de nuestras viviendas, soporte en nuestros desplazamientos, etc.

Un rápido vistazo en una ciudad nos permite ver muy diferentes estructuras arquitectónicas. Éstas están diseñadas para cumplir la misión de soporte de carteles, semáforos, grúas...



También en distintos lugares podemos encontrar estructuras que soportan cargas. Un claro ejemplo es un columpio, el cual está sometido a muy diversos esfuerzos combinados.



**Estructura de un columpio**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

Habitualmente en los edificios de viviendas la estructura es de hormigón armado, en los edificios industriales es de acero en forma de cerchas, y a veces podemos encontrar combinaciones de los dos anteriores.



**Estructuras de Hormigón  
(Edificio de viviendas)**



**Estructuras metálicas  
(Nave industrial)**

Las estructuras nos rodean desde la antigüedad, y podemos encontrar vestigios de culturas anteriores, más cerca de lo que pensamos. Los romanos dejaron estructuras que han soportado las inclemencias meteorológicas y el paso del tiempo.



**Puente del Piélago, Linares (Jaén)**

Las estructuras, en definitiva, son elementos de la arquitectura e ingeniería fundamentales en toda construcción. Los materiales, base fundamental en la construcción de las estructuras, nos permiten diseñar junto con los cálculos de la física. La herramienta más importante son las matemáticas.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

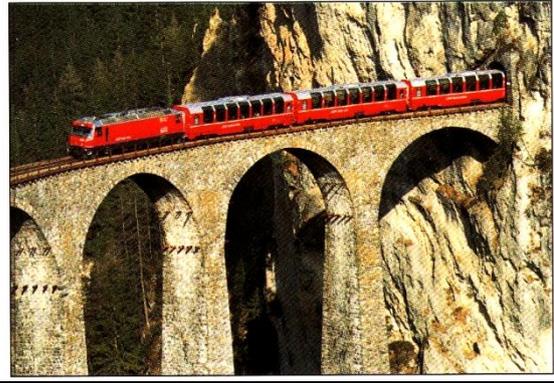
Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---



**Viaducto para tráfico rodado  
(Nueva autovía en Despeñaperros, Jaén)**



**Puente para paso del ferrocarril  
(St. Moritz, Suiza)**



**Recinto deportivo  
(Estadio Allianz Arena, Alemania)**



**Edificio con estructura metálica y cristal  
(Palacio de Cristal, Madrid)**

**3.2. La estructura humana. El sistema óseo.**

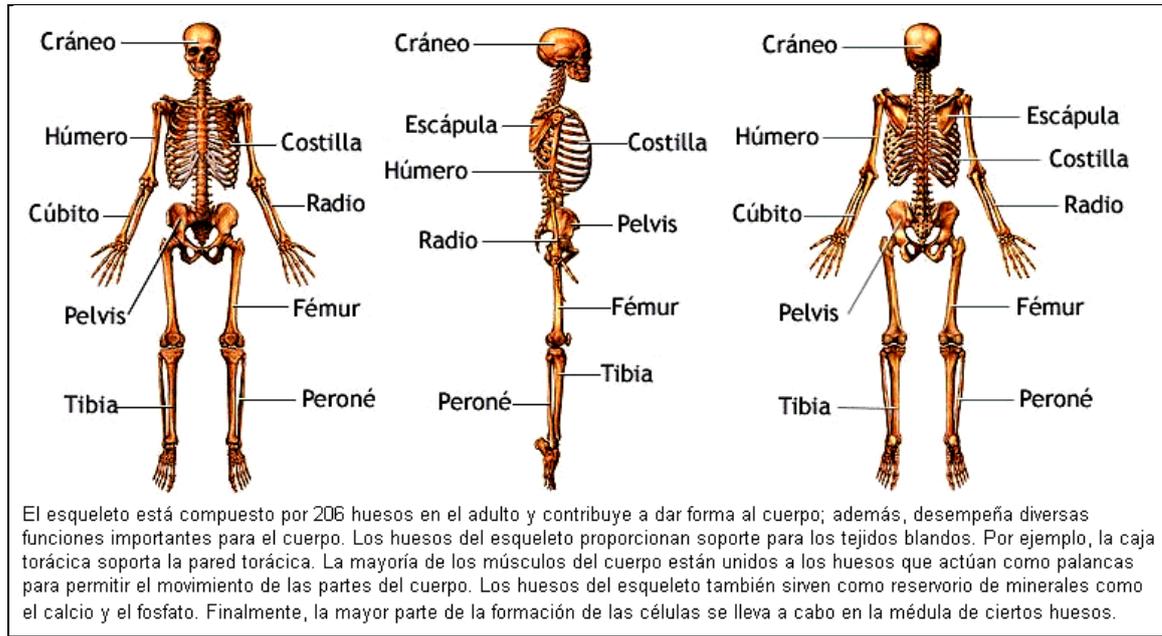
**3.2.1. Introducción**

El tejido óseo forma la mayor parte del esqueleto. Es el almacén que soporta nuestro cuerpo, protege nuestros órganos y permite nuestros movimientos. De gran robustez y ligereza, el sistema óseo es un tejido dinámico, continuamente en fase de remodelado. La osteología es la ciencia que estudia la estructura, funciones y patologías óseas.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA



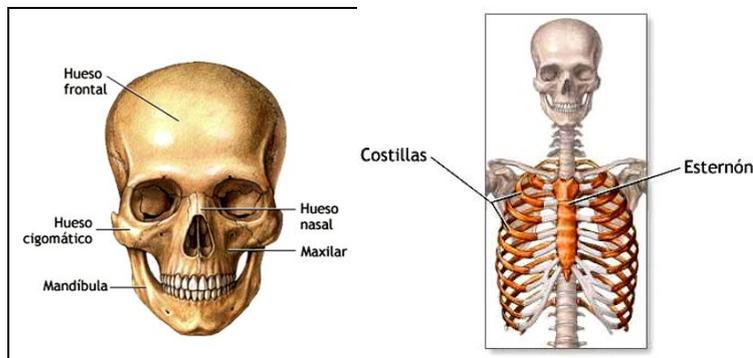
**3.2.2. Estructura.**

Estructuralmente, el esqueleto consiste en 206 huesos formados por tejido óseo, cartílagos, médula ósea y el periostio o membrana que rodea los huesos.

**3.2.3. Fisiología del sistema óseo**

Las funciones básicas de los huesos y el esqueleto son:

1. Soporte: los huesos proveen un cuadro rígido de soporte para los músculos y tejidos blandos.
2. Protección: los huesos forman varias cavidades que protegen los órganos internos de posibles traumatismos. Por ejemplo, el cráneo protege el cerebro frente a los golpes, y la caja torácica, formada por costillas y esternón protege los pulmones y el corazón.



3. Movimiento: gracias a los músculos que se insertan en los huesos a través de los tendones y su contracción sincronizada, se produce el movimiento.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

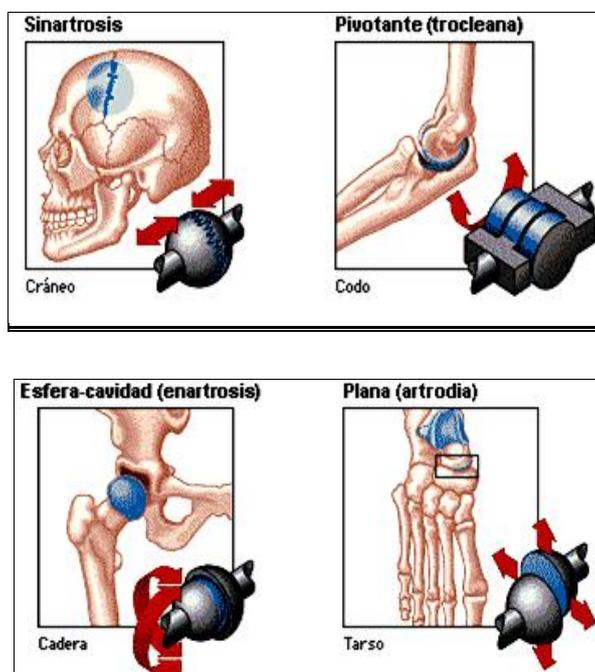
---

4. Homeostasis mineral: el tejido óseo almacena una serie de minerales, especialmente calcio y fósforo, necesarios para la contracción muscular y otras muchas funciones. Cuando son necesarios, el hueso libera dichos minerales en la sangre que los distribuye a otras partes del organismo.
5. Producción de células sanguíneas: dentro de cavidades situadas en ciertos huesos, un tejido conectivo denominado médula ósea roja produce las células sanguíneas rojas o hematíes mediante el proceso denominado hematopoyesis.
6. Almacén de grasas de reserva: la médula amarilla consiste principalmente en adipocitos con unos pocos hematíes dispersos. Es una importante reserva de energía química.

### 3.2.4. La estructura de las articulaciones

El cuerpo humano tiene diversos tipos de articulaciones móviles.

- **La cadera y el hombro** son articulaciones del tipo esfera-cavidad, que permiten movimientos libres en todas las direcciones.
- **Los codos, las rodillas y los dedos** tienen articulaciones en bisagra, de modo que sólo es posible la movilidad en un plano.
- Las articulaciones en pivote, que permiten sólo la rotación, son características de las **dos primeras vértebras**; es además la articulación que hace posible el giro de la cabeza de un lado a otro.
- Las articulaciones deslizantes, donde las superficies óseas se mueven separadas por distancias muy cortas, se observan entre diferentes huesos de **la muñeca y el tobillo**.



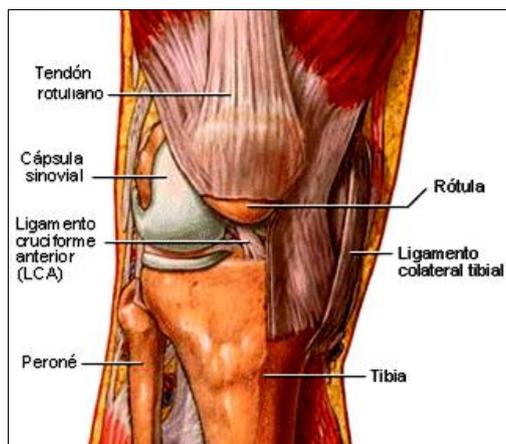
Las articulaciones, en particular las articulaciones en bisagra como el hombro y la rodilla, son estructuras complejas formadas por hueso, músculo, sinovia y cartílago y ligamentos, diseñados para soportar el peso y mover el cuerpo a través del espacio.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---



- La rodilla está compuesta por el fémur (hueso del muslo), en la parte superior, y la tibia (hueso de la espinilla) y el peroné en la parte inferior.
- La rótula o cápsula de la rodilla se asienta sobre la parte superior de la porción baja del fémur y la porción superior de la tibia.
- Los músculos y ligamentos unen estos dos huesos y el espacio entre ellos se amortigua por una cápsula llena de fluido (sinovia) y cartílago.

Cuando los músculos se ejercitan, fortalecen los huesos. El rango de movimiento de una articulación representa qué tanto puede flexionarse (doblar) y extenderse (estirarse).

### **3.2.5. Los tendones y los ligamentos**

Los tendones: son tejido conectivo fibroso que une los músculos a los huesos. Pueden unir también los músculos a estructuras como el globo ocular. Los tendones sirven para mover el hueso o la estructura.

Los ligamentos: son el tejido conectivo fibroso que une los huesos entre sí y generalmente su función es la de unir estructuras y mantenerlas estables.

### **3.3. Conclusión.-**

En definitiva la enseñanza de las estructuras en la educación secundaria obligatoria forma parte del currículum ya que aunque se enseñe lo más básico y de manera rápida, es muy importante hacer ver al alumnado que las estructuras son lo más importante en las construcciones, y que sin ellas no tendríamos una sociedad desarrollada como la que tenemos.

Una forma de hacer ver a los alumnos lo importante que son las estructuras es introducirles el tema por medio del análisis de ellos mismos, ya que tiene una estructura que los soporta, y que les permite moverse, y realizar todas las acciones presentes en la vida.

## 4.- UNIDAD DIDÁCTICA LAS ESTRUCTURAS



**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

1.- TÍTULO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.-

LAS ESTRUCTURAS.

2.- COMPETENCIAS.-

La competencia fundamental que queremos cumplir con esta unidad didáctica es dar una visión general de la existencia de distintas estructuras arquitectónicas. Estas nos rodean y a diario las utilizamos tanto en nuestros desplazamientos como en los lugares donde desarrollamos nuestras actividades humanas.

3.- JUSTIFICACIÓN.-

El **Real Decreto 1631/2006 de 29 de diciembre**, aprobado por el entonces Ministerio de Educación y Ciencia y que estableció las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria como consecuencia de la implantación de la Ley Orgánica de Educación (LOE), ha sido desarrollado en la Comunidad Autónoma de Andalucía por el **Decreto 231/2007, de 31 de julio**, y por la **Orden de 10 de agosto de 2007**. Tanto en ese Real Decreto de enseñanzas mínimas como en esta Orden se indican los objetivos, contenidos y criterios de evaluación para cada una de las materias. Además en la Orden se incluyen los contenidos específicos de nuestra comunidad, que "versarán sobre el tratamiento de la realidad andaluza en sus aspectos geográficos, económicos, sociales históricos y culturales, así como sobre las contribuciones de carácter social y científico que mejoran la ciudadanía, la dimensión histórica del conocimiento y el progreso humano en el siglo XXI".

Así, se establece que en el currículum de 2º de E.S.O. se deben estudiar los tipos y funcionamiento de las estructuras existentes.

- **Estructuras y mecanismos:** fuerzas, tensiones, momentos, equilibrios estáticos y dinámicos para comprender primero y diseñar después el funcionamiento de máquinas y sistemas.

4.- CONTEXTUALIZACIÓN.-

Nos encontramos en una barriada de la periferia, en el I.E.S. LA PUEBLA, de Puebla de Vúcar (Almería), con alumnos de nivel socioeconómico medio-bajo.

Se imparten enseñanzas de E.S.O., Bachillerato, Ciclos formativos de nivel medio, y Programas de Cualificación Profesional Inicial (P.C.P.I.).

El objetivo fundamental del centro es ofrecer al alumnado una mayor calidad de la enseñanza, intentando con los medios que disponemos, paliar en lo posible las deficiencias del entorno sociocultural que nos rodea.

En este caso, la unidad didáctica, va dirigida a alumnos de 2º de la E.S.O., en la asignatura de Tecnologías.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

Emplearemos planteamientos abiertos y flexibles, realizando una enseñanza-aprendizaje de tipo constructivista, partiendo de los conocimientos previos y realizando a partir de ellos las nuevas construcciones mentales.

**“Aprendizaje significativo”.-**

La comunidad educativa del centro tiene claro que si la sociedad que nos rodea no nos ayuda en el proceso de formación de nuestros alumnos, nuestros esfuerzos resultarán vanos.

La familia es el pilar fundamental en el proceso evolutivo de nuestros alumnos. El centro, si la familia no puede, debe ser capaz de paliar esas deficiencias. Proponemos una escuela de padres y madres de nuestro alumnado.

**4.1.- Edad y grupo.-**

Tenemos una clase de 25 alumnos de 13 y 14 años de 2º de la E.S.O.  
Además tenemos un niño con deficiencia visual leve.

La programación del tiempo será flexible.

**4.2.- Características psicoevolutivas de los alumnos de 2º de E.S.O.-**

- Alto grado de colaboración con los compañeros y compañeras.
- Influencia de los padres hacia el menor.
- Espíritu de equipo.
- Las relaciones de grupo están determinadas por el carácter afectivo.
- Preferencias literarias, científicas y sociales.
- Pensamiento formal. Acciones imaginarias. Anticipación de resultados.
- Progresos en socialización. Mayor comunicación, desarrollo de la memoria y ampliación del vocabulario.
- Desarrollo motor y dominio del espacio muy avanzados.

**5.- OBJETIVOS.-**

**5.1.- Objetivos de etapa de tecnologías.-**

- **Nº 1.** Abordar con autonomía y creatividad, individualmente y en grupo, problemas tecnológicos trabajando de forma ordenada y metódica para estudiar el problema, recopilar y seleccionar información procedente de distintas fuentes, elaborar la documentación pertinente, concebir, diseñar, planificar y construir objetos o sistemas que resuelvan el problema estudiado y evaluar su idoneidad desde distintos puntos de vista.
- **Nº 3.** Analizar los objetos y sistemas técnicos para comprender su funcionamiento, conocer sus elementos y las funciones que realizan, aprender la mejor forma de usarlos y controlarlos y entender las condiciones fundamentales que han intervenido en su diseño y construcción.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

- Nº 8. Actuar de forma dialogante, flexible y responsable en el trabajo en equipo, en la búsqueda de soluciones, en la toma de decisiones y en la ejecución de las tareas encomendadas con actitud de respeto, cooperación, tolerancia y solidaridad.

5.2.- Objetivos de Área de 2º de E.S.O.-

b) Interpretar y producir con propiedad, autonomía y creatividad mensajes que utilicen códigos artísticos, científicos y técnicos.

d) Comprender los principios básicos que rigen el funcionamiento del medio físico y natural, valorar las repercusiones que sobre él tienen las actividades humanas y contribuir activamente a la defensa, conservación y mejora del mismo como elemento determinante de la calidad de vida.

5.3.- Objetivos didácticos.-

1.- Aprender a reconocer estructuras y sus tipos.

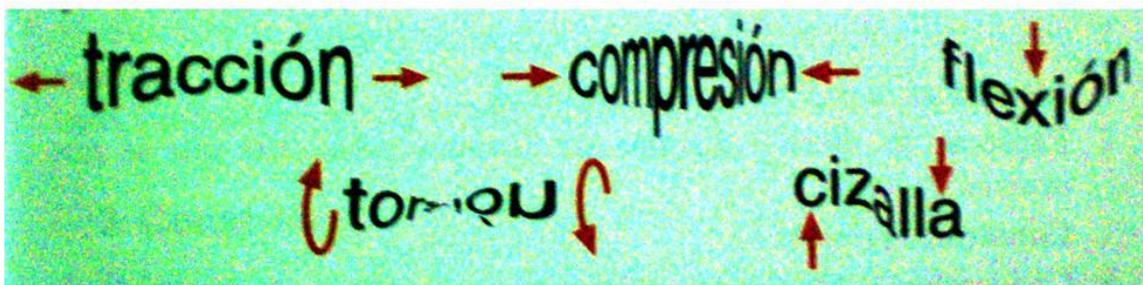


Estructura de hormigón



Estructura metálica

2.- Conocer los distintos tipos de esfuerzos a los que está sometida una estructura.



Tipos de esfuerzos

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

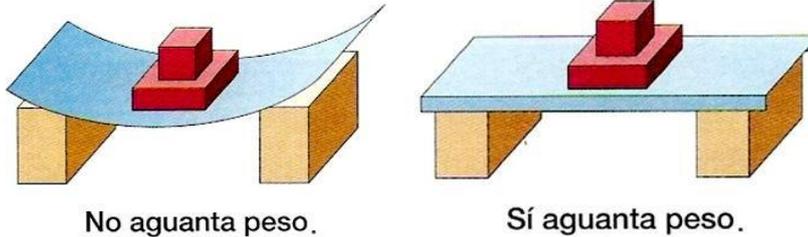
Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

3.- Reconocer la existencia de distintos tipos de estructuras en objetos del entorno.

4.- Construir estructuras sencillas.



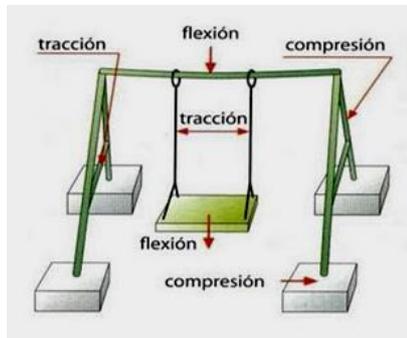
6.- CONTENIDOS.

6.1.- Contenidos conceptuales.

- Definición de estructura. Elementos de las estructuras.
- Esfuerzos que soporta una estructura.
- Proceso de diseño de una estructura.

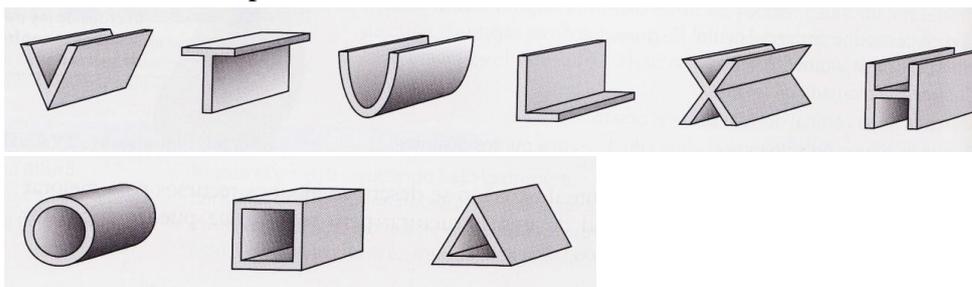
6.2.- Contenidos procedimentales.

- Identificación de los esfuerzos principales de una estructura. Comparación de las formas de las construcciones en función del tipo de estructura y materiales.



6.3.- Contenidos actitudinales.

- Interés por conocer las aplicaciones de los perfiles en la construcción de estructuras.
- Reconocimiento de la utilidad práctica y el valor estético de algunas grandes estructuras presentes en el entorno.



**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

7.- COMPETENCIAS BÁSICAS.-

Competencias en comunicación lingüística, matemática, en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, en el tratamiento de la información y competencia digital, social y ciudadana, cultural y artística, así como la competencia para aprender a aprender y autonomía e iniciativa personal.

8.- EDUCACIÓN EN VALORES.-

8.1.- Temas transversales.-

Igualdad y respeto de libertades individuales, respeto e igualdad entre hombres y mujeres, adquisición de hábitos de vida saludable (salud laboral), y respeto e interés por la cultura andaluza.

9.- ACTIVIDADES.-

9.1.- De motivación.-

Se realizarán cuestionarios de exploración inicial utilizando también elementos visuales como videos o diapositivas sobre el tema.

9.2.- De ideas previas.-

Se realizarán cuestionarios de exploración inicial y preguntaremos a los alumnos “sobre la marcha”, construyendo así el aprendizaje sobre los conocimientos previos.

**Aprendizaje significativo.-**

Visita a los talleres de formación profesional para observar la estructura de los techos (vigas de hormigón, cerchas y chapas).



9.3.- De desarrollo.-

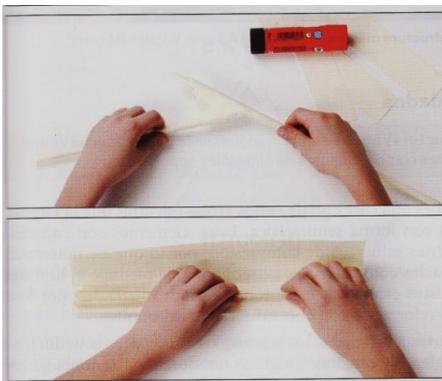
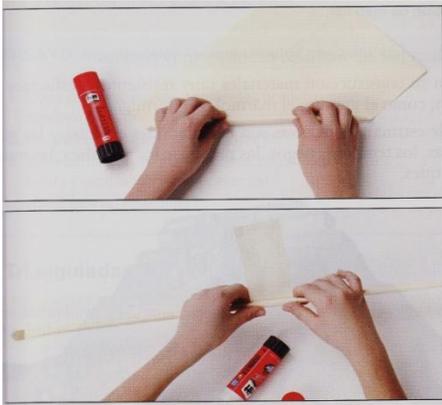
Construir con cartulina tres perfiles y estudiar cuál de ellos soporta mayor carga.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

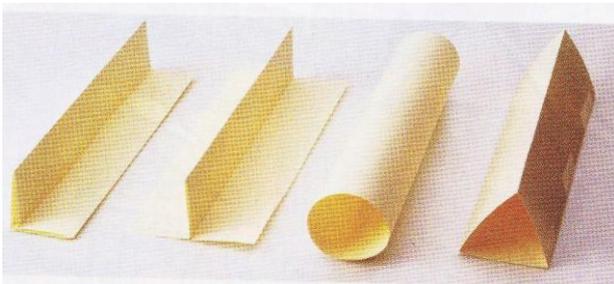
Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---



Una vez contruidos, iremos colocando cajas de CD paulatinamente hasta que los perfiles se deformen.



**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

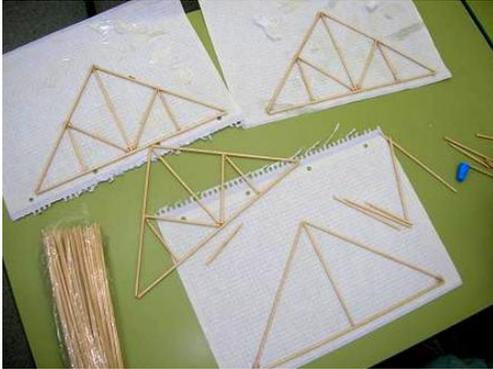
Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

9.4.- De consolidación.-

Se realizará el diseño y construcción con palillos de la estructura de las cerchas de una maqueta de nave en miniatura.



9.5.- De refuerzo y ampliación. Atención a la diversidad.-

a. Para los alumnos con dificultades en el ritmo de aprendizaje: Relacionaremos mediante flechas unas fotografías con el tipo de estructura.

b. Para los alumnos con gran asimilación de conceptos: Búsqueda de fotografías en internet, de diferentes tipos de estructuras, su localización geográfica, y una breve historia de su construcción.

10.- ATENCIÓN A ACNEAE. (Alumnado con necesidad específica de apoyo educativo).-

*Tenemos en la clase un niño con deficiencia visual leve.* Las actividades serán las mismas que para el resto del grupo, pero necesitaremos ampliar los caracteres en fichas, pizarra y ordenador.

11.- APLICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS BÁSICAS.-

- Competencia en comunicación lingüística.-  
Se consigue mediante la búsqueda de elementos teóricos en internet y en la exposición final de los trabajos realizados.
- Competencia matemática.-  
Se consigue por medio de los sencillos cálculos geométricos empleados en la construcción de los elementos estructurales con cartulina y con palillos.
- Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.-  
Se consigue en las visitas guiadas realizadas por los alrededores para identificar in situ los tipos de estructuras existentes.
- Tratamiento de la información y competencia digital.-  
Se consigue en las búsquedas realizadas con los ordenadores personales del alumnado y en las clases teóricas por medio de los métodos T.I.C.2.0.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

- Competencia social y ciudadana.-  
Se consigue en la colaboración entre compañeros de grupo que realizarán los trabajos en el aula taller.
- Competencia cultural y artística.-  
Se consigue por medio de la observación de los edificios singulares y en la buena construcción de las actividades propuestas para realizar en el aula taller.
- Competencia para aprender a aprender.-  
Se consigue por medio del método de proyectos utilizado en las construcciones a realizar en el aula taller, y mediante resúmenes y esquemas.
- Autonomía e iniciativa personal.-  
Se consigue en las decisiones a tomar dentro del grupo en la construcción de los ejemplos propuestos en el aula taller de tecnología.

12.- METODOLOGÍA.-

12.1.- Recursos didácticos.-

- La metodología didáctica que se empleará será al principio la de clases magistrales en el aula como inicio de conocimientos.
- Desarrollo de los conocimientos mediante aplicaciones reales, visitas guiadas a los alrededores para ver los distintos tipos de estructuras.
- Consolidación de los conocimientos por medio de ejercicios prácticos realizados en el aula taller de tecnología.
- Ampliación de conocimientos por medio de buscadores en internet.

13.- RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES.-

- Recursos humanos.-  
El profesor realizará la distribución de los grupos de trabajo tanto en las visitas programadas como en los trabajos de taller. El jefe de cada grupo será el portavoz para la exposición final del trabajo realizado en el taller.
- Recursos materiales.-  
Aula de clase, diapositivas en formato power-point, aula-taller del centro, materiales para construir los objetos propuestos, ordenadores personales del alumnado (T.I.C. 2.0), libro de texto.

14.- TEMPORALIZACIÓN.-

Se realizarán 6 sesiones de clase (aula y aula-taller), durante el 3º trimestre.

15.- OBSERVACIONES.-

Se tendrá especial cuidado en el orden y la limpieza, y el cuidado y cumplimiento de las normas de seguridad e higiene en el aula-taller.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---



16.- CRITERIOS DE EVALUACIÓN.-

16.1.- Evaluación inicial.-

Mediante la observación de actitudes iniciales e interés por el tema de las estructuras.

16.2.- Evaluación integradora.-

Actitud inicial en la distribución de los grupos de trabajo y la realización de los proyectos por grupos formados tanto de alumnas como de alumnos poniendo así en práctica la igualdad de género como elemento transversal.

Esta evaluación se realizará mediante la observación y mediante entrevistas grupales.

16.3.- Evaluación global.-

Se realizará una prueba escrita con los puntos siguientes:

- Conoce los distintos tipos de estructuras.
- Conoce los distintos tipos de esfuerzos a los que puede estar sometida una estructura.
- Reconoce distintas estructuras en los objetos del entorno.
- Construye las estructuras sencillas propuestas.

Los criterios de puntuación serán numéricos. ***Con puntuación de 0 a 10 aprobándose la asignatura con 5 o superior.***

17.- AUTOEVALUACIÓN.-

Los alumnos realizarán los ejercicios tipo test del cuestionario propuesto por el profesor, entregando las soluciones a éste, el cual dará las soluciones correctas.

Se deberán realizar el día anterior a la prueba final de este tema de las estructuras.

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. LAS ESTRUCTURAS**

Tutor UAL: D. ANTONIO ALÍAS SÁEZ.

Alumna: ÁNGELES JIMÉNEZ PADILLA

---

18.- **MECANISMOS DE RECUPERACIÓN.**-

Se realizarán las actividades propuestas en el libro de texto sobre el concepto de estructura y sus clasificaciones.

19.- **MOTIVACIÓN.**-

El objetivo fundamental es conseguir despertar el interés por el tema de las estructuras, como paso previo al siguiente tema de los mecanismos.

El que los alumnos vean que las estructuras las utilizan a diario, tanto en los alrededores como en su propio cuerpo, es un método cierto de aprendizaje del tema.

20.- **BIBLIOGRAFÍA DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.**-

- Aguayo, F. y Lama, J.R.: Didáctica de la Tecnología. Madrid, Ed. Tébar, 1998.
- Beer y Johston: Mecánica vectorial para ingenieros. Madrid, Ed. McGraw-Hill, 1990.
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo (BOE de 4 de mayo), de Educación (LOE).
- Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre (BOE de 5 de enero), por el que se establecen las enseñanzas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.
- Decreto 231/2007, de 31 de julio (BOJA de 8 de agosto), por el que se establecen las enseñanzas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía.

**5.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Serra Hamilton, A. (1997). *Términos ilustrados de arquitectura, construcción y otras artes y oficios*. Tomos I y II. Madrid: Colegio oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid.
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo (BOE de 4 de mayo), de Educación (LOE).
- Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre (BOE de 5 de enero), por el que se establecen las enseñanzas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.
- Vázquez, M. (1991). *Resistencia de materiales*. Madrid: Editorial Noela.
- Aguayo, F. y Lama, J.R.: Didáctica de la Tecnología. Madrid, Ed. Tébar, 1998.
- Beer y Johston: Mecánica vectorial para ingenieros. Madrid, Ed. McGraw-Hill, 1990.
- Decreto 231/2007, de 31 de julio (BOJA de 8 de agosto), por el que se establecen las enseñanzas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria en Andalucía.