

ARQUITECTURA CON ESPAGUETIS (UN PUENTE MUY SABROSO)

OBJETIVOS

- Integrar los conocimientos adquiridos en el área tecnológica, así como el de otras áreas.
- Aplicar a un caso práctico el método de elaboración de proyectos: pensar, hacer, comprobar.
- Fomentar el autoaprendizaje en temas poco tratados en bachillerato, especialmente en lo relativo a la resistencia de materiales y a las tipologías estructurales.
- Integrar las herramientas TIC en el desarrollo de proyectos tecnológicos.
- Entender el proceso tecnológico como una actividad esencialmente creativa, en la que no pueden aplicarse soluciones preestablecidas.
- Relacionar los materiales, la forma de los objetos tecnológicos y sus funciones y adquirir conciencia de la importancia del diseño en las soluciones tecnológicas.
- Mejorar la capacidad de comunicación para transmitir a un público (externo o interno) la validez y la calidad del trabajo propio.

MATERIALES

- Pasta alimenticia en varios formatos (tallarines, macarrones y lasaña)
- Cinta aislante/cello o similar
- Lana
- Silicona y pistolas de silicona

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Primera parte: INTRODUCCIÓN A LA TEMÁTICA

(Temporalización: 10 Minutos)

Primeramente, para introducir la actividad pediremos a los alumnos/as viajen con su imaginación a lugares dónde se encuentren puentes o construcciones similares emblemáticas y anoten esos lugares en un papel.

Una vez anotados los lugares, se procederá a realizar las siguientes preguntas de forma interactiva y didáctica. Para ello cada grupo dispondrá de una tablet para escanear el siguiente código QR (con la aplicación QR & barco de la tablet)



(que es un mentimeter) donde podrán responder a las preguntas que aparecerán en la pantalla del monitor (enlace del mentimeter <https://www.menti.com/qq225q2osj> - para acceder pedir cuenta a génesis)

Las preguntas planteadas son las siguientes:

- **¿DE QUÉ ÉPOCA DATAN APROXIMADAMENTE?**
- **¿QUÉ TIPO DE MATERIALES HAN UTILIZADO?**
- **¿HAY ALGUNA FORMA GEOMÉTRICA QUE SE REPITA EN ALGUNOS DE ELLOS?**

En estas, tendrán que ponerse de acuerdo entre ellos y pensar para escribir la respuesta adecuada según sus criterios y experiencias. Las respuestas que escriban

aparecerán en la pantalla y se irán comentando para ponerlas en común y llegar a una idea en conjunto.

Como se ha preguntado por materiales y probablemente hayan puesto ladrillos, piedras, palos, rocas, hormigón, hierro, etcétera, se les pasará a preguntar directamente que si creen que:

- **¿SE PODRÍA HACER UN PUENTE CON INGREDIENTES COMO HARINA Y AGUA?**

Una vez contestadas las respuestas, se procederá a realizar una pequeña explicación sobre los puentes y su uso a lo largo de la historia. Con esta pregunta, daremos paso a la parte experimental de la actividad.

INFORMACIÓN PARA EL PROFESOR

ORIGEN DE LOS PUENTES

Los puentes parecen la cosa más normal del mundo, hasta que tienes que pasar un río o un barranco sin ningún lugar por donde cruzar. En estos casos es cuando te das cuenta de la importancia que tiene un puente en el lugar oportuno.



El problema radica en que no es tan fácil hacer un puente que sea mínimamente resistente y mucho menos con los medios de los que se disponía en la antigüedad.

LOS PRIMEROS PUENTES DE LA HISTORIA

Los primeros puentes de la historia fueron simples troncos de árbol caídos con gracia sobre un río o arroyo.

Bastaba un simple hacha para “construir un puente” por donde poder pasar y ahorrar tiempo en vez de buscar por donde “saltarlo”.

Aunque esos “puentes” eran completamente inservibles si ibas con algún tipo de carro o vehículo, dado que estos tienen un mínimo de condiciones como puede ser el peso o tamaño para poder cruzar.

¿QUIÉN INVENTÓ EL PUENTE?

Según los historiadores, no se puede saber con certeza quién inventó los puentes. Más bien, se trata de una evolución y mejora constante de una idea, aunque sí que se puede tener una idea bastante aproximada de cómo fue la historia:

Los grandes imperios estaban obligados a hacer puentes si pretendían que sus soldados se desplazaran mínimamente deprisa, y aunque fueran de madera, las cosas mejoraron un poco.



El gran paso en los puentes fue la utilización de piedra para su construcción.

En el **Antiguo Egipto** ya se hicieron algunos puentes de piedra, pero fue con los romanos, cuando su construcción se hizo más común.

Fueron los romanos quienes sacaron partido del arco para hacer puentes de piedra y de hecho los hicieron tan resistentes que muchos aguantan hoy en día.

Por desgracia, esta fue la última mejora durante muchos siglos. En la época medieval, los puentes que se cayeron, no fueron reconstruidos.

Europa vivió de las rentas que el imperio romano había dejado y la técnica para hacer puentes, sino fue casi olvidada, sufrió un profundo estancamiento.

EVOLUCIÓN DE LOS PUENTES

El puente de piedra más antiguo de China, es el puente de Zhaozhou. Este puente fue construido entre los años 595-605 dC durante la dinastía Sui.

Este puente es de importancia histórica, ya que es el puente más antiguo de arco de piedra segmentaria del mundo.



Puente de Zhaozhou en China

El primer libro sobre la ingeniería de puentes fue escrito por Hubert Gautier en 1716.

Con la llegada de los ferrocarriles, el hacer puentes se volvió una necesidad vital, dado que los trenes deben ir en línea recta siempre que sea posible. Por ello, si en medio del camino existía un río, no había más remedio que hacer un puente. Además este debía ser lo suficientemente fuerte como para aguantar el peso de un tren cargado.

La ventaja de que se desarrollara el ferrocarril, fue que también se podía empezar a **trabajar el hierro a gran escala** y, ¿por qué no **hacer puentes de hierro**?.

Durante un tiempo se comenzaron a experimentar diferentes tipos de **puentes metálicos**.



Con la revolución industrial en el siglo XIX, los sistemas de celosía de hierro forjado fueron desarrollados para construir puentes más grandes, pero el hierro no tenía la resistencia necesaria para soportar grandes cargas.

Años más tarde, cuando **el hierro fue sustituido por el acero** (con propiedades mucho mejores), las cosas empezaron a acelerarse. Con estos materiales mucho más resistentes y más conocimientos sobre cómo usarlos, ya se podían plantear **puentes colgantes** u otras estructuras más osadas, muchas de ellas usando ideas de Gustave Eiffel.

Los puentes estrechos necesitan para funcionar un dispositivo arquitectónico que surgió en la historia relativamente tarde: **el arco romano**.

HISTORIA DE LOS PUENTES

Los puentes romanos surgieron a partir de la 1ª o 2ª centuria de nuestra Era. Los puentes son parte de los logros arquitectónicos romanos así como los acueductos.

Algunos de los puentes más impresionantes se pueden ver sobre barrancos. Uno de ellos es el **Puente de Trajano** (año 105) y que se extiende sobre el **río Tajo** en Alcántara (España), hoy en día conocido como puente de Alcántara.



Sus dos arcos centrales se erigen sobre pilotes reforzados desde el lecho del río y se expanden en 28 metros aproximadamente y sostienen una carretera de 48 metros sobre el río. Están hechos de **granito no cementado**. **Cada bloque en forma de cuña pesa 8 toneladas**.

Durante la construcción, estos bloques se pusieron en su lugar gracias a un sistema de poleas impulsado quizás por el trabajo esclavo con una cinta rodante. Estaban soportados en una enorme estructura de madera colocada sobre las rocas del río, la cual sería eliminada cuando el arco estuviese acabado.

La altura total del puente es de 57 metros, sin contar con el arco superior. La calzada tiene una anchura de unos 8 metros y en la actualidad el puente sigue abierto al tráfico.

Otra notable hazaña de la construcción romana es la construcción de puentes sobre ríos donde no hay rocas o islas emergentes. Un ejemplo de estos puentes está en Roma y es el **puente de Sant'Angelo**, construido en el año 134 para el Emperador Adriano como un acercamiento a su gran mausoleo circular (ahora el castillo de Sant'Angelo)

La construcción de estos puentes se hace posible por la perfección romana con el cemento y el hormigón, y por su invención de la **ataguía**.

En la Edad Media surge la atractiva idea de construir casas con puentes en ellas.

Este desarrollo tiene 2 orígenes prácticos. En las ciudades amuralladas donde el alojamiento era estrictamente limitado, cualquier base firme para un edificio es valiosa; y con molinos de agua (ahora una fuente común de energía), un puente con un molino sobre ella sirve para dos propósitos útiles.

Los llamados **puentes habitados**, se construyeron en un número considerable. Francia ha tenido el mayor número de ellos (unos treinta y cinco). En el siglo XVI en París la **Ile de la Cité** se une a las orillas del Sena por tres puentes en un lado y dos en el otro.



Puente Doble. En el siglo XVII, los dos edificios del Hotel Dieu, estaban conectados por el Puente Doble. Data del año 1885.

El **puente más famoso con casas**, es también uno de los primeros y el más duradero. Este es el **puente de Londres** y se construyó entre 1176 y 1209. Su obra fue encargada a un capellán (Pedro) de Santa María Colechurch. Su tarea fue formidable. Este es el **primer puente de piedra del mundo** que llegó a construirse en un canal de agua de marea, con una gran subida y la caída del nivel cada 12 horas.

Los muelles y su revestimiento de protección, son tan gruesos que el ancho del río se reduce en un 75%.

El antiguo puente de Londres, con sus hileras de altura y pintorescas casas y tiendas, tiene una duración de más de 6 siglos hasta que fue reemplazado en 1823

Uno de los puentes medievales con casas más conocido probablemente es el **Ponte Vecchio** en Florencia, construido en 1345.

En él se puede ver un piso más alto que las tiendas el cual se añadió en 1565 para permitir a los Medici caminar desde los Uffizi al **Palazzo Pitti** en el otro lado del río, sin descender al nivel de la calle.



En el año **1779**, surge el **primer puente de hierro del mundo**. Este está formado por **un solo tramo de más de 100 pies** y fue erigido por Abraham Darby sobre el Serven, justo aguas abajo de Coalbrookdale.

Entre otros grandes puentes de acero, encontramos el **Puente de San Francisco**, que fueron importantes para la Revolución Industrial.



El puente consta de dos segmentos principales que se unen en una isla central.

El puente mide 7200 metros y es la plataforma de acero más larga del mundo y cuenta con 5 carriles para el tráfico en cada sentido.

El puente se abrió al tráfico el 12 de noviembre de 1936 y originariamente la parte superior se destinó a los automóviles y en la parte inferior se destinaron tres carriles a los camiones y dos a los ferrocarriles.

En Europa, uno de los puentes más singulares está en Suecia y es un puente (**une Suecia con Dinamarca**).



Esta obra ha requerido los más avanzados cálculos matemáticos realizados por potentes ordenadores.

Otros puentes también tienen dimensiones descomunales, como por ejemplo el puente de **Millau** (Francia) que tiene **343 metros de altura** y casi **2,5 kilómetros de largo**.





Segunda fase: PRÁCTICA

(Temporalización: 80 Minutos)

1. Explicación (*Temporalización: 5 minutos*)

Se explica cómo se elabora un proyecto y que pasos se deben seguir:

¿QUÉ ES UN PROYECTO?

El término proyecto hace referencia a la planificación o concreción de un conjunto de acciones que se van a llevar a cabo y un conjunto de recursos que se van a usar para conseguir un fin determinado, unos objetivos concretos.

Todo proyecto tiene **5 etapas principales**. Ya te lo contábamos en este artículo, donde se explica cuáles son las fases de un proyecto. Porque, aunque pueden dividirse en sub-fases, cambiar en función de la iniciativa, la empresa o el sector, estas 5 etapas son invariables:

1. **Inicio:** La fase de inicio es crucial en el ciclo de vida del proyecto, ya que es el momento de definir el alcance y proceder a la selección del equipo. Sólo con

un ámbito claramente definido y un equipo especializado, se puede garantizar el éxito. En esta fase se perciben cuáles son las necesidades del proyecto y el entorno del mismo, se analizan las necesidades, los posibles problemas, etc.

2. **Planificación y diseño:** Ésta es a menudo la fase más difícil para un director de proyecto, ya que tiene que hacer un importante esfuerzo de abstracción para calcular las necesidades de personal, recursos y equipo que habrán de preverse para lograr la consecución a tiempo y dentro de los parámetros previstos. Asimismo, también es necesario planificar comunicaciones, contratos y actividades de adquisición. Se trata, en definitiva, de crear un conjunto completo de planes de proyecto que establezcan una clara hoja de ruta. En esta fase se lleva a cabo el diseño del proyecto en función de las características del mismo: planos, cálculos, diseños, etc. Es decir, todo el material necesario para ejecutar el futuro proyecto. Igual de importante es realizar un presupuesto que estime el costo total del proyecto.
3. **Ejecución:** En base a la planificación, habrá que completar las actividades programadas, con sus tareas, y proceder a la entrega de los productos intermedios. Asimismo, es indispensable monitorizar la evolución del consumo de recursos, presupuesto y tiempo, para lo que suele resultar necesario apoyarse en alguna herramienta de gestión de proyectos. En esta etapa se deben gestionar: el riesgo, el cambio, los eventos, los gastos, los recursos, el tiempo y las actualizaciones y modificaciones.
4. **Seguimiento y control:** Esta fase comprende los procesos necesarios para realizar el seguimiento, revisión y monitorización del progreso del proyecto. Se concibe como el medio de detectar desviaciones con la máxima premura posible, para poder identificar las áreas en las que puede ser requerido un cambio en la planificación. La etapa de seguimiento y control se encuentra naturalmente asociada a la de ejecución, de la que no puede concebirse de forma separada, aunque por su importancia y valor crítico.
5. **Cierre:** Esta fase comprende la evaluación del propio proyecto para revisar los aspectos fundamentales que han salido bien y que han salido mal. Esta fase es una de las indispensables, pero que en ciertas ocasiones no se realiza correctamente. La evaluación de las distintas actividades y procesos que hemos seguido nos permite ejercer un control de calidad de nuestro proceso para poder incorporar mejoras a largo plazo.

Como la elaboración de este proyecto puede ser compleja se realizará por grupos, así de este modo, se economiza el tiempo y el uso de material para su construcción.

Después de la explicación anterior, procederemos a repartir todo el material y se les explicará qué es cada uno de los elementos que tienen encima de sus mesas.

El objetivo principal es que construyan su puente lo más resistente posible sin que se rompa cuando se le coloque una botella de agua encima o varias.

En este momento, se les explica las normas del torneo (cuales son los requisitos del puente y cuánto va a puntuar cada apartado que se va a evaluar). Tras esto comenzará la parte práctica.

2. Práctica (*Temporalización: 120 minutos aprox.*)

El primer paso que deben realizar los alumnos cuando tengan el material, es observar qué es lo que tienen, es decir, con qué materiales cuentan. Una vez sepan cuáles son los materiales que disponen, pasarán a diseñar en un folio su puente (calculando las medidas, el tamaño, la forma, etcétera) para fabricarlo posteriormente con los materiales entregados. Es aconsejable que el largo del puente sea de unos 70/80 cm aproximadamente.

(Hay que hacer bastante hincapié en que piensen cuáles son los mayores puntos de presión, si es más importante el diseño que la resistencia...)

Cuando ya tengan todo calculado y diseñado, podrán proceder a construir sus puentes (con los espaguetis, macarrones, bases para lasaña, cinta...) siguiendo su diseño.

El monitor a lo largo de la construcción irá observando en todo momento la evolución de los grupos, para ir aconsejando y ayudando en caso de necesitarlo.

3. Examinación del puente (*Temporalización: 15 minutos*)

- TRABAJO EN EQUIPO: (15 puntos máximo)

El monitor/profesor determina si cada equipo ha trabajado o no en equipo, realizando una breve evaluación en voz alta.

- PRESUPUESTO: (15 puntos máximo)

Con ayuda del documento excel, se determinará qué puente ha sido el más económico y cuál el que más dinero ha gastado en su fabricación.

- DISEÑO: (10 puntos máximo)

En este apartado se realizará también la evaluación por parte del resto de compañeros del diseño de los puentes dando una nota del 1 al 10.

- RESISTENCIA: (20 puntos máximo)

Una vez se tengan todos los puentes terminados, será el momento de probar su fiabilidad. Para ello se procederá a poner peso encima de los mismos o bien colocarlo colgado de ellos (depende de los diseños).

Para que el peso no sea excesivo desde el principio, se irá poniendo primero poco peso a todos y después se irá aumentando progresivamente (la misma proporción a todos ellos) hasta que el puente colapse.

4. Observación (*Temporalización: 5 minutos*)

Para terminar, se evaluará qué tipo de construcción tiene el puente ganador y por qué ha sido el que mayor peso ha soportado y qué es lo que ha sucedido con el primero que ha colapsado.

5. Puente autoportante (*Opcional*)

Para que los alumnos conozcan otra clase de puentes, elaborarán con ayuda del monitor/profesor un puente autoportante.

MONTAJE

1º Paso

Antes de comenzar, se deberán exponer las condiciones que deben tener los puentes.

Estos deben tener un metro de distancia libre entre apoyos y soportar en su punto medio una carga de 500 ml durante un minuto. Pasado este tiempo, el puente pasará a una segunda fase donde deberá soportar 1 litro durante un minuto.

Como el alumnado tiende a elaborar los proyectos sin valorar antes las cualidades de los materiales que tienen para su construcción, será el profesor/monitor quien les hará una consideración inicial para comenzar con el trabajo como: investigar sobre las características particulares de la pasta seca, técnicas de manipulación, técnicas de unión y sobre todo, que tipo de estructura va a ser la elegida. Es decir, el diseño debe adaptarse al material y no a la inversa.

En este caso, se opta por entregar a los alumnos tallarines y no espagueti, dado que este último tiene una menor sección y resistencia.

También se les entregarán plumas 3D por si algún grupo desea elaborar un puente con esta tecnología y valorar su resistencia. Si se escogiese este método de construcción, solo se podrá utilizar filamento PLA y no se podrá utilizar ningún otro elemento (obleas para lasaña, plumas...)

2º PASO

Una vez los alumnos hayan valorado el material a utilizar y diseñado su puente, dará comienzo el montaje del mismo.

Para ello dispondrán de: tallarines, obleas de lasaña y plumas (macarrones).

3º PASO

Una vez estén los puentes construidos, se comenzará la prueba de resistencia de los mismos.

Para esta prueba, se colocará un recipiente en el punto medio de carga del puente y se comenzará a verter agua (con la mayor suavidad posible) hasta alcanzar los 500ml.

Una vez superada la prueba, este puente quedará clasificado para una segunda ronda en dónde se incrementará el peso hasta los 1000 ml. Si también superase esta prueba, se procederá a verter otros 250 ml (así hasta ver que cantidad de peso alcanza hasta colapsar)

