

# ¿Peligra la escultura del Peine del Viento por la fuerza del oleaje que lo azota?



Cuaderno del Estudiante

Aloña Retegui Miner

Cristina Marieta Gorriti



# INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1) Contexto de la asignatura.....	1
2) Pregunta estructurante .....	3
2. PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES .....	4
3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES .....	12
4. PROPIEDADES TÉRMICAS Y ACÚSTICAS DE LOS MATERIALES.....	17
5. BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXOS.....	27
ANEXO I- PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN.....	28
ANEXO II- DOCUMENTACIÓN PARA LAS ACTIVIDADES.....	34

# INTRODUCCIÓN

## 1) Contexto de la asignatura

Este documento es el cuaderno del Estudiante de la asignatura **Fundamentos de Materiales I** para los futuros **Arquitectos Técnicos** donde se estudiará el bloque de **Propiedades y Ensayos generales de los materiales**. En la primera parte, tema 1, de la asignatura Fundamentos de Materiales I se han estudiado los aspectos generales de los materiales según Ciencia de los Materiales. Así, se ha realizado un estudio de la organización jerárquica de los materiales comenzado desde una escala microscópica hasta llegar a una escala macroscópica para analizar la organización estructural de los mismos. En este segundo bloque, tema 2, trata de las **Propiedades y Ensayos generales de los materiales** a partir de los conceptos estudiados en la primera parte como pueden ser la naturaleza química del enlace, reactividad, y estado de agregación en el que se encuentren los materiales. En el último bloque, temas 3, 4, 5, 6 de la asignatura se realizará el estudio de los materiales de construcción de origen natural, como p.e. la madera, las rocas...

### Características generales de la asignatura

- **¿Qué tipo de asignatura es?**

La asignatura Fundamentos de Materiales 1 es una asignatura anual de carácter obligatorio del primer curso del Grado de Arquitectura Técnica.

- **¿A qué módulo pertenece?**

Se enmarca junto con la asignatura Materiales II de segundo curso en el módulo 05 dedicado a la Química y la Geología.

- **¿Cuántas horas se dedican a su estudio?**

Aproximadamente 225 horas. La asignatura consta de 9 créditos ECTS, distribuidas en clases magistrales (6 créditos ECTS), prácticas de aula (1.5 créditos ECTS) y prácticas de laboratorio (1.5 créditos ECTS).

- **¿Qué competencias se adquieren tras cursar la asignatura?**

Tal y como se ha comentado anteriormente, la asignatura Fundamentos de Materiales I se engloba dentro del módulo 05 junto a la asignatura Materiales II. Tras completar el módulo dedicado a la química y la Geología, el alumno adquirirá las siguientes competencias

C1. Conocimiento de las características químicas de los materiales empleados en la construcción, sus procesos de elaboración, la metodología de los ensayos de determinación de sus características, su origen geológico, del impacto ambiental, el reciclado y la gestión de residuos.

C2. Comunicar adecuadamente los conocimientos, procedimientos, resultados, destrezas y aspectos inherentes a las materias básicas de la ingeniería, utilizando el vocabulario, la terminología y los medios apropiados.

C3. Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados empleados en la edificación, sus variedades y las características físicas y mecánicas que los definen.

- **¿Qué temas se van a tratar en Propiedades y Ensayos generales de los materiales?**

El tema 2 de la asignatura Fundamentos de Materiales I, Propiedades y Ensayos generales de los materiales, engloba las propiedades físicas de los materiales (sub-problema 1), las propiedades mecánicas de los materiales (sub-problema 2) y las propiedades acústicas y térmicas de los materiales (sub-problema 3).

- **¿Qué metodología se va a seguir? ¿Por qué?**

Se va a utilizar la metodología ABP o **aprendizaje basado en problemas (ABP** o, del inglés, **PBL, *problem-based learning***) es un método docente basado en el estudiante como protagonista de su propio aprendizaje. Consiste en que un grupo de estudiantes de manera autónoma, aunque guiados por el profesor, deben encontrar la respuesta a una pregunta o solución a un problema de forma que al conseguir resolverlo correctamente suponga que los estudiantes tuvieron que buscar, entender e integrar y aplicar los conceptos básicos del contenido del problema así como los relacionados.

Se ha elegido este método porque experiencias previas han demostrado que los alumnos tienen mayor **motivación**, desarrollan **habilidades de pensamiento, aprendizaje** y de **trabajo** y además permite mayor **retención de información**, integración de un **modelo de trabajo** y de **conocimiento**.

- **¿Cómo se va realizar el ABP en las clases magistrales, prácticas de laboratorio...?**

El tema 2 de Propiedades y ensayos generales de los materiales se ha dividido en tres sub-bloques: sub-bloque 1: propiedades físicas, sub-bloque 2: propiedades mecánicas y sub-bloque 3: propiedades térmicas y acústicas. En cada sub-bloque se van a realizar distintas tareas (búsqueda de información, ejercicios, prácticas de laboratorio, presentaciones orales...) para integrar los conceptos básicos de cada bloque. Así, cada actividad comienza con una tabla descriptiva para el alumno la cual describe las características de la actividad, tal y como se muestra seguidamente.

Las actividades se harán de forma individual, en parejas, en grupo o el grupo completo. Los grupos tendrán normalmente 3 personas, que serán creados al azar por el profesor en los dos primeros sub-problemas y creados por los alumnos para el último sub-problema.

En cada actividad se indica el tiempo estimado para cada actividad tanto presencial como no presencial, que normalmente el alumno debe realizar previa a la clase para poder llevar a cabo la actividad. Las actividades evaluables, se recogerán para su evaluación y corrección o en algunos casos los corregirán los compañeros de clase y en algunos otros casos serán de autoevaluación. Las actividades no evaluables no se recogerán para su evaluación, pero su realización será necesaria para seguir el ritmo del temario. La evaluación de las actividades y los criterios de evaluación se detallan en el ANEXO. En la casilla correspondiente al desarrollo se indican las instrucciones para llevar a cabo cada actividad.

**Tabla 1.** Tabla descriptiva que define la forma de trabajo de las actividades en cada sub-problema.

ACTIVIDAD: Título de la actividad	
Modo de trabajo	Individual/grupal*
Tiempo estimado	p: presencial, en aula np: no presencial, fuera del aula
Evaluación	Evaluación de cada actividad siguiendo las rúbricas
Recursos	-Apuntes de la asignatura -Documentos aportados por el profesor: normativas, instrucciones técnicas, normas de ensayos... -Búsqueda bibliográfica por parte del alumno -Búsqueda en internet por parte del alumno
<b>Desarrollo</b>	
Las acciones que debe realizar el alumno para el correcto desarrollo del mismo	

- **¿Cuánto va a durar el proceso?**

Este trabajo se llevará a adelante durante 11 semanas.

- **¿Cómo se va a evaluar?**

Este bloque de la asignatura va a ser evaluada a partir **herramientas** orientadas a una evaluación durante la asignatura, **coparticipada** y **progresiva**, siguiendo una aproximación de **retroalimentación**, informando al alumno en todo momento sobre cuáles son los progresos y deficiencias de su trabajo, permitiéndole rectificarlas, haciendo conocedor de su nivel y transmitiéndole de esta manera que es participe de su proceso de aprendizaje. Así en el ANEXO I de este cuaderno se recogen los criterios y **protocolos de evaluación** que se utilizarán para evaluar cada tipo de actividad que se describe en el presente documento como son las actividades presenciales y no presenciales, informes de laboratorio y prueba escrita final.

## 2) Pregunta estructurante

Analiza el siguiente enunciado:



**Figura 1.** Escultura del Peine del Viento.



## ***¿Peligra la escultura del peine del viento por la fuerza del oleaje que lo azota?***

*El Peine del Viento es un conjunto escultórico del artista Eduardo Chillida. Se encuentra situado en un extremo de la bahía de la Concha al final de la playa de Ondarreta, en Donostia-San Sebastián. El conjunto está formado por terrazas rocosas donde se encuentran ancladas tres piezas metálicas de 10 toneladas de peso. Es uno de los lugares más frecuentados por los visitantes y lugareños, un espacio mágico desde el cual se puede contemplar el mar en todo su esplendor, y en especial durante los días de temporal, cuando las olas embisten con toda su furia contra las rocas del acantilado. No obstante, estos temporales han originado diversas quejas en los vecinos de las viviendas que se encuentran detrás de la escultura, debido a la contaminación acústica generada en el entorno. Además, en épocas de fuertes temporales, las olas alcanzan alturas próximas a las viviendas lo que ha originado graves problemas de humedad. Siendo el Peine del Viento un emblema de la ciudad de Donostia, las autoridades competentes están preocupadas tanto por las quejas de los vecinos del entorno, como por los continuos temporales registrados en los últimos años los cuales se teme que puedan estar afectado el conjunto escultural. Por este motivo, han encargado a técnicos en la materia la evaluación de los materiales.*

A continuación se muestran las actividades propuestas para su desarrollo.

### **1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES**

***¿Puede el Peine del Viento estar sufriendo***

***cambios debido al oleaje?***

*El carrusel de temporales sufridos por la cornisa cantábrica entre diciembre y febrero de la temporada 2013/2014 fue excepcional no solo por su elevado número sino por su inusual intensidad, algo que no se recordaba ni por las gentes de la mar ni por los propios meteorólogos. Las continuas borrascas han causado grandes temporales marítimos y abundantes lluvias. A este respecto, el Departamento de Seguridad del Gobierno Vasco ha explicado que desde principios del año 2014 hasta el mes de abril en seis ocasiones distintas se activó el aviso rojo (riesgo extremo) en la Comunidad Autónoma Vasca ante la llegada de un*

temporal. Además, los efectos destructivos de este fuerte oleaje se han visto incrementados por la coincidencia con las mareas vivas.

Se adjunta un video de uno de los temporales del invierno 2013/2014

[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=xWEjvXWww6M](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=xWEjvXWww6M)

El Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián ha actualizado el informe de los desperfectos ocasionados por los temporales y los daños ascienden ya a los 5,7 millones de euros. Solo el arreglo del Paseo Nuevo supondrá un desembolso de un millón de euros por parte de las diferentes instituciones implicadas. Debido al socavón producido en el Paseo Eduardo Chillida, el ayuntamiento se muestra especialmente preocupado por el conjunto escultórico el Peine del Viento. Por este motivo, el alcalde, el concejal de Infraestructuras y Servicios Municipales y una representación de la Dirección de Costas se han reunido y han manifestado al Gobierno Vasco la necesidad de realizar un estudio para valorar el estado de este conjunto escultórico y así comprobar el estado de los materiales pétreos del mismo y predecir cómo podrían afectarle futuros temporales.

Ante la posibilidad de que el conjunto escultórico se encuentre en peligro de derrumbe, el Servicio de Patrimonio Histórico del Departamento de Cultura del Gobierno Vasco ha encargado a la consultora en la que trabajas un estudio del conjunto escultórico para valorar el estado del mismo. El director de la consultora ha formado dos grupos de trabajo, el primero relacionado con la estructura pétreo de la escultura, y el segundo relacionado con la estructura metálica. Ha seleccionado a dos compañeros de tu departamento que junto a ti formáis un equipo multidisciplinar de 3 personas para realizar en el plazo de 1 mes un informe valorando el estado en el que se encuentran las rocas en las que se apoyan las estructuras metálicas. Posteriormente, en una segunda entrega se realizará el informe de la estructura metálica. Finalmente, deberás entregar un informe en formato papel, el cual expondrás ante tus compañeros de la consultora para debatir ciertos aspectos antes de que la consultora en la que trabajas entregue todo el documento al Departamento de Cultura del Gobierno Vasco.

## **ACTIVIDAD 1-1. Clasificación de los materiales según Ciencia de Materiales y Propiedades**

*¿Qué propiedades tienen los materiales que componen el conjunto escultural?*



**Figura 2.** Conjunto escultórico Peine del Viento.

<b>ACTIVIDAD 1-1: Clasificación de los materiales según ciencia de Materiales y Propiedades</b>	
<b>Modo de trabajo</b>	En grupos de 3. Creados al azar
<b>Tiempo estimado</b>	45 min (p)
<b>Evaluación</b>	Entregable y calificable
<b>Recursos</b>	Texto de la actividad 1
<b>Desarrollo</b>	
A partir de la lectura del enunciado de la actividad 1-1 los alumnos propondrán las respuestas para la pregunta motriz de la actividad. Cada grupo propondrá las respuestas en la pizarra a modo de póster	

Antes de entrar en materia, es necesario describir y recordar conocimientos previos de la asignatura por lo que se va proceder a la lectura del siguiente párrafo y se contestarán algunas cuestiones

*Situado al final de la playa de Ondarreta, en el extremo oeste de la capital guipuzcoana y a los pies del monte Igeldo, el Peine del Viento es una de las obras más conocidas del genial escultor Eduardo Chillida. Fue instalada en este lugar en 1977, en colaboración con el arquitecto Luis Peña Ganchegui, que fue el encargado de diseñar el entorno. Se trata de un conjunto escultórico formado por terrazas de granito de color rosa y tres piezas de acero aferradas a las rocas que resisten a los continuos embates del mar. Es uno de los lugares más frecuentados por los visitantes y lugareños, un espacio mágico desde el cual se puede contemplar el mar en todo su esplendor, y, en especial, durante los días de temporal, cuando las olas embisten con toda su furia contra las rocas del acantilado. Además, a través de un sistema de tubos, el aire impulsado por las olas sale a la superficie por unos orificios emitiendo un sonido muy peculiar. Los días de gran oleaje, el espectáculo es aún más impresionante, pues ese sonido va acompañado de agua pulverizada.*

La pregunta estructurante del problema es una pregunta genérica a la que se podrá dar respuesta una vez terminado el tema. Sin embargo, la actividad 1-1 comienza con una pregunta:

*¿Qué propiedades tienen los materiales que componen el conjunto escultórico?*

- Reflexionad en el grupo sobre los materiales presentes en el conjunto escultórico. Además relacionarlo según la clasificación de ciencia de materiales.

---



---

- Discutid en el grupo sobre las propiedades que puedan tener esos materiales.

---



---

## ACTIVIDAD 1-2. Equipos de laboratorio

*¿Qué equipos de laboratorio se utilizan para medir las propiedades físicas de los materiales pétreos?*

*Entre tus compañeros y tú, estáis recopilando información para el estudio que han solicitado a la consultora en la que trabajáis. Para cuantificar el estado real de los materiales pétreos del conjunto escultórico, habéis pensado que algún laboratorio de materiales de los Centros Tecnológicos de la Comunidad Autónoma Vasca podría realizaros algunos ensayos a las muestras que os ha facilitado el Ayuntamiento de las rocas que sostienen las estructuras metálicas. Para ello, debéis seleccionar un laboratorio que disponga de los equipos que puedan cuantificar las propiedades físicas fijadas en la actividad 1-1. Con el objetivo de comprender las cualidades de cada equipo y la necesidad de utilizar todos los equipos, podéis completar la tabla 2.*

ACTIVIDAD 1-2: Equipos de laboratorio	
<b>Modo de trabajo</b>	Búsqueda en internet (1) + Trabajo en aula (3)
<b>Tiempo estimado</b>	45 min (no presencial) + 45 min (presencial)
<b>Evaluación</b>	Un alumno de cada grupo deberá rellenar algún apartado de la tabla 2 en la pizarra
<b>Recursos</b>	El profesor no proporcionará documentación. Los alumnos deberán realizar una búsqueda en internet y traer la documentación y la tabla adjunta rellena para discutirlo en clase
<p><b>Desarrollo: Ejercicio puzzle*</b></p> <p>Debido al numeroso grupo de propiedades a analizar, los alumnos deberán primeramente dividir el trabajo en los 3 alumnos que componen el grupo (A1, A2, A3, alumno 1, 2 y 3). Posteriormente, los alumnos (individualmente) deberán realizar una búsqueda e identificación de equipos de laboratorio utilizados para la medida de propiedades físicas propuestas en la actividad 1 (cada alumno 1/3 de las propiedades) y completarán la tabla 1 en un trabajo realizado fuera de aula. El siguiente día, se reunirán los expertos en el aula (reuniones de todos los alumnos A1, todos los alumnos A2 y todos los alumnos A3) se trabajará para completar la información y entender el procedimiento de</p>	

uso. Finalmente se volverá a reunir el grupo original A1, A2 y A3 para rellenar la tabla 2.

Con la información que cada participante del grupo al que pertenecen los alumnos ha traído a clase y después de la reunión de expertos, cada grupo deberá completar la tabla 2 para identificar los equipos de laboratorio que se utilizan para cuantificar las propiedades determinadas en la actividad 1-1.

**Tabla 2.** Equipos de laboratorio utilizado para la medida de propiedades físicas.

Equipo	Nombre del equipo	Magnitud (Propiedad) (símbolo)	Unidades de medida	Procedimiento	Cálculo (ecuaciones) (en caso de existir)

### ACTIVIDAD 1-3. Propiedades físicas fundamentales: pesos, volúmenes y densidades

ACTIVIDAD 1-3: Propiedades físicas fundamentales: pesos, volúmenes y densidades	
Modo de trabajo	3 alumnos
Tiempo estimado	90 min (p)
Evaluación	Cuestiones a resolver + ejercicio
Recursos	Apuntes de la asignatura en moodle. Conocimientos previos del alumno
<b>Desarrollo</b>	
Discusión en grupo de las cuestiones propuestas. Exposición poster de la tabla por cada grupo. Discusión entre grupos si hubiera diferencias en algún aspecto. La actividad finaliza con una puesta en común de los ejercicios propuestos	

La clase comienza con un video para introducir al alumno en conceptos de propiedades físicas de los materiales:

<https://www.youtube.com/watch?v=JxrwpywpOs>

Como técnicos de laboratorio del Departamento de Materiales del Centro Tecnológico Construteknia os llegan al laboratorio dos piezas ortorrómbicas como las de la figura 3 (pieza a y pieza b) del mismo material. El técnico del laboratorio ha pesado cada probeta. Posteriormente ha secado las probetas en la estufa a una temperatura de 105 °C durante 24 h y las ha vuelto a pesar. Mediante calibre ha medido las dimensiones a, b y c. Sin embargo, a la hora de analizar los resultados, se ha dado cuenta que ha mezclado los datos y no sabe qué dato corresponde a cada pieza:  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $V_a$ ,  $V_b$ .



**Figura 3.** Dos muestras de rocas recibidas en el laboratorio.

- ¿Cuál de los dos pesará más? ¿Por qué?
- ¿Cómo podríais calcular el volumen de las piezas? ¿Sería el volumen idéntico en ambos casos?
- ¿Cómo se calcula la densidad? ¿Sería la masa exactamente la misma en ambos casos?

Posteriormente el técnico ha pulverizado las dos probetas mediante un mortero y ha medido el volumen de cada una de las piezas mediante un picnómetro, obteniendo las muestras de roca como se puede observar en la figura 4.



**Figura 4.** Muestra de roca pulverizada.

Volved a calcular la densidad suponiendo estos segundos datos de volumen, ¿qué probeta presenta ahora mayor densidad? En vista de los resultados obtenidos, rellenad la tabla 3, indicando con un signo positivo (+) la probeta (a ó b) que tenga el valor numérico más alto correspondiente a la propiedad.

**Tabla 3.** Propiedades físicas de dos probetas de rocas naturales.

Propiedad (unidades)	Probeta a	Probeta b
Peso natural ( )		
Peso seco ( )		

Volumen aparente ( )		
Volumen real ( )		
Densidad aparente ( )		
Densidad real ( )		

#### ACTIVIDAD 1-4. Propiedades físicas en materiales pétreos naturales

ACTIVIDAD 1-4: Propiedades físicas	
<b>Propiedades físicas II</b>	<b>porosidades, compacidad, absorción, humedad, permeabilidad, capilaridad, heladicidad, módulo de saturación, solubilidad</b>
<b>Modo de trabajo</b>	<b>Puzzle</b> (3 personas, 3 documentos: Documento 1, Documento 2, Documento 3): Act. 4.1: Búsqueda personal (no presencial) Act. 4.2: Reunión de grupo en aula Act. 4.3: Reunión de expertos en aula Act. 4.4: Reunión de grupo para resolución de cuestiones en aula
<b>Tiempo estimado</b>	4 horas
<b>Recursos</b>	- Anexo II (Puzzle actividad 1-4) - Se facilitará al alumno apuntes a través del moodle Bibliografía: F. ARREDONDO Y VERDU, (1990). Generalidades sobre materiales de construcción. Ed. Servicio de Publicaciones E. T. S. Ingenieros de Caminos-Madrid.
<b>Evaluación</b>	Cuestiones a resolver + ejercicio
<b>Desarrollo</b> Trabajo personal fuera de aula y puzzle. La actividad finaliza con una coevaluación de los ejercicios propuestos (Anexo II) por los demás grupos (cada grupo corregirá ejercicios de otros grupos) y puesta en común de los ejercicios	

Terminado el análisis de las propiedades fundamentales de las muestras pétreas en el laboratorio, vosotros como técnicos procederéis a determinar el resto de propiedades físicas. En los Anexos se incluyen 3 documentos (Documento 1, 2 y 3) que se entregará a cada grupo de 3 técnicos, así cada uno de los miembros del grupo trabajará su propio documento.

1. ¿Qué propiedades físicas son las que se determinan en esta actividad?

---



---



---

2. Determinar dichas propiedades con los siguientes datos:

Peso natural: 1975,0 g

Peso desecado: 1960,0 g

Peso saturado de agua: 1987,4 g

Peso saturado y sumergido de agua: 1203,4 g

En el anexo II, se encuentra un listado de ejercicios a resolver para finalizar la actividad.

### **ACTIVIDAD 1-5. Práctica de laboratorio: Determinación de la humedad y la densidad de materiales determinados**

La última actividad que se propone para el completo desarrollo del sub-problema 1 es la realización de una Práctica de laboratorio relacionada con las propiedades físicas de los materiales.

<b>ACTIVIDAD 1-5: Práctica de laboratorio: Determinación de la humedad y la densidad de materiales determinados</b>	
<b>Práctica de laboratorio</b>	Determinación de la humedad y la densidad de materiales
<b>Modo de trabajo</b>	Se trabaja en el laboratorio de materiales en grupos de 3 alumnos determinados por el profesor. Siendo en cada práctica de laboratorio los componentes del grupo diferentes
<b>Tiempo estimado</b>	2 h (p)+3 h (np)
<b>Evaluación</b>	Informe de prácticas, definido por el profesor el primer día de prácticas
<b>Desarrollo</b>	Trabajo experimental de laboratorio en grupo según guion presentado en el anexo II. Informe personal de la práctica fuera del laboratorio. Evaluación personal, es decir cada alumno tendrá su propia nota de práctica de laboratorio
<b>Recursos:</b> Anexo 2: guion de prácticas.	
<b>Bibliografía:</b> F. ARREDONDO Y VERDU, (1990). Generalidades sobre materiales de construcción. Ed. Servicio de Publicaciones E. T. S. Ingenieros de Caminos-Madrid.	

## 2. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

### *¿Resistirá el Peine del Viento los embates del tiempo?*

*En la última semana ha caído de baja uno de los compañeros de trabajo del grupo dos, esto es, del que se iba a ocupar de la estructura metálica. Puesto que el grupo uno ya ha finalizado el trabajo, el responsable de la consultora te pide que te incorpores a este grupo. Junto con dos compañeros de tu departamento, formáis un equipo multidisciplinar de tres personas para realizar en el plazo de 1 mes una valoración del estado en el que se encuentran las tres esculturas de acero incrustadas en las rocas y que pesan 10 toneladas cada una (Figura 5). Se os solicita la realización de un informe de la estructura metálica, el cual deberéis entregar en formato papel, y exponerlo ante los compañeros de la consultora para debatir ciertos aspectos antes de que la consultora en la que trabajas entregue el documento final al Departamento de Cultura del Gobierno Vasco.*



**Figura 5.** Escultura de acero incrustada en la roca.

### **ACTIVIDAD 2-1. Propiedades mecánicas.**

*¿Pueden las esculturas de acero del Peine del Viento estar perdiendo propiedades mecánicas debido a los continuos temporales y abundantes lluvias?*

El lugar en el que se alzan las tres esculturas arboladas del Peine del Viento era ya hace 60 años el primitivo "yunque de sueños" del adolescente Eduardo Chillida, y fue en 1977 cuando materializó su sueño. Desde entonces el peine ha cumplido perfectamente la misión para el que fue creado: "Entrar en San Sebastián peinado", tal y como bromeaba el artista al contemplar cómo el viento levanta, ondula y riza la cresta espumosa de las olas que cabalgan impetuosas contra las rocas. No obstante, las embestidas son cada vez más fuertes y constantes, lo que hace cuestionarse: ¿cuánto tiempo será capaz de peinar el peine el viento?

<b>ACTIVIDAD 2-1: Propiedades mecánicas</b>	
<b>Propiedades mecánicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia mecánica, elasticidad, rigidez, límite elástico, ductilidad               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dureza</li> <li>- Tenacidad</li> </ul> </li> </ul>
<b>Modo de trabajo</b>	<p><b>Puzzle</b> (3 personas, 3 documentos: Documento 1, Documento 2, Documento 3): Act. 2.1.1: Búsqueda personal (no presencial) Act. 2.1.2 Reunión de grupo en aula Act. 2.1.3: Reunión de expertos en aula Act. 2.1.4: Reunión de grupo para resolución de cuestiones en aula Corrección y discusión en clase y resolución de problemas prácticos</p>
<b>Tiempo estimado</b>	<p>6 horas presenciales: Act. 2.1.1: np* Act. 2.1.2: p (1h) Act. 2.1.3: p (1h) Act. 2.1.4: p (2h) *p: presencial, en aula np: no presencial, fuera del aula Corrección y discusión en clase: p (2h)</p>
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anexo II (Puzzle actividad 2.1 y ejercicios)</li> <li>- Se facilitará al alumno apuntes a través del moodle</li> <li>- Bibliografía: <b>Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales</b>, William D. Callister, Jr. Limusa-Wiley, México. 2009; <b>Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales</b>, William F. Smith, McGraw-Hill, México. 2006.</li> </ul>
<b>Evaluación</b>	Cuestiones a resolver (Anexo II), auto-evaluación en moodle, examen
<p><b>Desarrollo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo personal fuera de aula y puzzle en equipo en clase</li> <li>- La actividad finaliza con una puesta en común de los ejercicios propuestos</li> <li>- Autoevaluación personal del alumno mediante resolución de problemas colgados en moodle con sus resultados</li> <li>- Examen</li> </ul>	

Antes de entrar en materia, reflexionad en grupos de 3 sobre las siguientes cuestiones (5 min):

1. ¿Qué material tiene mayor dureza un acero o una piedra natural?

---

2. ¿Qué material se rompería antes al golpearlo contra el suelo en una caída fortuita, un cilindro de acero o de una piedra natural?

---

3. Necesitas moldear en una pieza en frío, sería más fácil moldear el acero o la piedra natural?

---

Anotad las respuestas y después de realizar la actividad, volved a reflexionad en el grupo sobre las cuestiones planteadas y anotad las respuestas (sin eliminar las anteriores) si consideráis que no eran correctas.

### ACTIVIDAD 2-2. Práctica de laboratorio: Ensayo de tracción

#### *¿Qué se rompe antes una barra de acero o una barra de polipropileno?*

En esta actividad se trabaja específicamente el trabajo de laboratorio, concretamente el conducente al análisis mecánico de los materiales. Para ello se realiza en el laboratorio un ensayo de tracción de un acero de ingeniería según normativa ASTM E8. En el anexo II se adjunta el guion de prácticas que se entregará al alumno.

<b>ACTIVIDAD 2-2: Práctica de laboratorio: Ensayo de tracción</b>	
<b>Práctica de laboratorio</b>	a) Determinación experimentalmente de la curva tensión/ deformación para una probeta de acero sometida a un ensayo de tracción. Comparativamente se ensaya una probeta de polipropileno b) Determinación de parámetros característicos, a partir de este gráfico.
<b>Modo de trabajo</b>	Se trabaja en el laboratorio de materiales en grupos de 3 alumnos determinados por el profesor. Siendo en cada práctica de laboratorio los componentes del grupo diferentes
<b>Tiempo estimado</b>	2 h (p)+3 h (np)
<b>Recursos</b>	- Anexo II (Guion de prácticas) - Se facilitará al alumno apuntes a través del moodle - Bibliografía: <b>Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales</b> , William D. Callister, Jr. Limusa-Wiley, México. 2009; <b>Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales</b> , William F. Smith, McGraw-Hill, México. 2006. - Normativa: ASTM E8, ES 10002-1 o ISO 6892
<b>Evaluación</b>	Informe de la práctica individual
<b>Desarrollo</b>	
- Trabajo experimental en el laboratorio siguiendo el guion de prácticas - Informe de prácticas personal, realizado fuera del laboratorio	

### ACTIVIDAD 2-3. Práctica de laboratorio: Ensayo de dureza

#### *¿Qué es más dura la estructura rocosa o la escultura de acero del Peine del Viento?*

En esta actividad se trabaja específicamente el trabajo de laboratorio, concretamente el conducente al análisis mecánico de los materiales. Para ello se realiza en el laboratorio un ensayo de dureza a diversos materiales metálicos. En el anexo 5 se adjunta el guion de prácticas que se entregará al alumno.

<b>ACTIVIDAD 2-3: Práctica de laboratorio: Ensayo de dureza</b>	
<b>Práctica de laboratorio</b>	Medida experimental de la dureza de un acero por dos métodos: Ensayo Brinell y ensayo Rockwell
<b>Modo de trabajo</b>	Se trabaja en el laboratorio de materiales en grupos de 3 alumnos determinados por el profesor. Siendo en cada práctica de laboratorio los componentes del grupo diferentes.
<b>Tiempo estimado</b>	2 h (p)+ 3 h (np)
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Anexo II (Guion de prácticas)</li><li>- Se facilitará al alumno apuntes a través del moodle</li><li>- Bibliografía: <b>Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales</b>, William D. Callister, Jr. Limusa-Wiley, México. 2009; <b>Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales</b>, William F. Smith, McGraw-Hill, México. 2006.</li><li>- Norma UNE-EN 10003 (Brinell) y Norma UNE-EN 10009. (Rockwell)</li></ul>
<b>Evaluación</b>	Informe de la práctica individual
<b>Desarrollo</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Trabajo experimental en el laboratorio.</li><li>- Informe de prácticas personal, realizado fuera del laboratorio</li></ul>	

### ACTIVIDAD 2-4. Estudio de la fatiga

#### *Conociendo el comportamiento mecánico del acero, ¿Te parece que puedes contestar a la pregunta que da origen al subproblema 2?: ¿Resistirá el Peine del Viento los embates del tiempo?*

Os reunís los miembros del grupo para debatir la cuestión, y uno de los compañeros pone “encima de la mesa” una noticia que hace tiempo encontró y la guardó porque como ingeniero le llamo la atención. Ahora opina que es el momento de volver a echarle un vistazo:

## *La maldición del Comet*

*Tras la II Guerra Mundial, uno de los mayores desafíos con los que se enfrentó la industria aeronáutica fue la materialización de un avión con motores a reacción que sirviese para transportar pasajeros. La clave para construir un reactor de pasaje vendible a las diversas compañías aeronáuticas radicaba en sacar el máximo provecho posible de su ventaja más sobresaliente, su velocidad de crucero. Tras múltiples peripecias, en octubre de 1945, la fábrica británica De Havilland se había centrado en el diseño del DH 106, un prototipo de cuatro motores DHGhost, con un peso bruto de 36.900 kilogramos y con capacidad para transportar 32 pasajeros. A este modelo se sumó un segundo prototipo, el DH 108, con un peso bruto al despegue de 47.250 kilogramos y espacio para 36 pasajeros. En enero de 1947, y tras numerosas pruebas y ensayos, BOAC (British Overseas Airways Corporation) y British South American Airways solicitan 14 ejemplares entre las dos de este nuevo modelo de avión. Y es en julio de 1949 cuando el Comet realiza su primer vuelo inaugural en la Exhibición de Farnborough, al que le siguen una serie de vuelos oceánicos que no sólo sirven para probar el nuevo avión, sino para demostrar su extraordinario concepto como revolucionario reactor de pasaje.*

*Sin embargo, y aparte del prototipo, no se llegó a construir ningún otro Comet-3. La mañana del 10 de enero de 1954 dos aviones de BOAC despegaban del romano aeropuerto de Ciampino con destino a Londres. El primero de ellos un Argonaut de construcción canadiense y doce minutos después el Comet matriculado G-ALYP (Yoke Peter). Su comandante, Alan Gibson, promete a su colega del Argonaut informarle sobre la cota del techo de nubes durante el vuelo. Gibson va informando de sus progresos por radio y a las 10.50 AM, hora local, alcanza el techo de nubes a 26.000 pies, disponiéndose a ascender de nuevo hasta la cota de crucero, estimada en unos 36.000 pies. A la hora de informar a su colega del Argonaut, al comandante Gibson sólo se le escucha decir: —"Here, George Yoke Peter. Take my..."—y luego sobreviene el silencio. Algunos pescadores que estaban faenando al sur de la isla de Elba escuchan tres fuertes detonaciones en el cielo, seguidas de una especie de relámpago plateado que surge desde las nubes del cielo y que cae hacia el mar envuelto en una densa nube de humo. Cuando aquellos pescadores llegan con sus embarcaciones a las inmediaciones en donde se ha producido la caída, encuentran un espectáculo desolador: Decenas de cadáveres se hallan flotando sobre las aguas en el más escalofriante de los silencios. El Comet había reventado, literalmente, en pleno vuelo. Los 29 pasajeros y la tripulación fallecen. El suceso conmociona al mundo y BOAC suspende los vuelos de dicho modelo durante nueve semanas, realizándose minuciosas inspecciones en cada aparato. La Royal Navy, en una misión heroica, consigue recuperar del mar el 75% de los restos del reactor siniestrado y se reensamblan en las instalaciones de Farnborough. Las*

primeras investigaciones descartan un atentado y confirman que la explosión del avión en el aire se produjo por fallo del metal del fuselaje que había causado grietas en los alrededores de las ventanillas, originando una repentina descompresión explosiva.

<b>ACTIVIDAD 2-4: Estudio de la fatiga</b>	
<b>Tema:</b>	Fatiga
<b>Modo de trabajo</b>	<i>Lluvia de ideas</i> y técnica del cartel en la pizarra
<b>Tiempo estimado</b>	2 h (p)
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se facilitará al alumno apuntes a través del moodle</li> <li>- Bibliografía: <b>Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales</b>, William D. Callister, Jr. Limusa-Wiley, México. 2009; <b>Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales</b>, William F. Smith, McGraw-Hill, México. 2006.</li> <li>- Internet</li> </ul>
<b>Evaluación</b>	El profesor realizará preguntas a un miembro de cada grupo, que deberá responder sobre las conclusiones tomadas en el grupo. Su nota corresponderá a todo el grupo.
<b>Desarrollo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo en grupo.</li> <li>- Puesta en común.</li> <li>- Conclusión final</li> </ul>	

Una vez que cada uno de los miembros del grupo haya leído el texto, reflexionad en grupo sobre las palabras clave que den respuesta a la pregunta: ¿Por qué se produjo el accidente?

---



---



---

Elegid entre los miembros del grupo máximo 3-4 palabras clave para escribir en la pizarra

---

### 3. PROPIEDADES TÉRMICAS Y ACÚSTICAS DE LOS MATERIALES

**¿Es admisible la intensidad sonora registrada en las viviendas próximas al peine del viento? Según la normativa en vigor, ¿supera los umbrales de contaminación acústica?**

**Además, si te encargaran la reparación de la fachada, ¿qué material elegirías para asegurar el confort de los vecinos en sus viviendas teniendo en cuenta la climatología de la zona?**

*Detrás del Peine del Viento se encuentran ubicadas unas casas de construcción anterior al conjunto escultural. Según los vecinos, en épocas de fuerte oleaje, el ruido generado por el choque de las olas con la escultura resulta molesto. Debido a las continuas quejas de los vecinos, el Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián ha encargado un estudio para valorar esta situación. ¿Es admisible la intensidad sonora registrada en las viviendas próximas?*

*El fuerte oleaje de este extremo de la bahía, hace que el ambiente sea húmedo y fresco. Después de una recogida de firmas por parte de los vecinos de las viviendas, donde manifestaban su preocupación por la aparición de humedades y el gasto energético en calefacción, el ayuntamiento está barajando la posibilidad de subvencionar parcialmente los trabajos de rehabilitación de impermeabilización de fachadas. Si te encargarán la reparación de esta fachada, ¿qué tipo de materiales elegirías?*



**Figura 6.** Esquema de aislamiento sobre pared.

**ACTIVIDAD 3-1. Propiedades acústicas. Umbrales de contaminación acústica: cómo se mide, se calcula y representación gráfica.**

*¿Qué genera más ruido, un temporal de viento o un coche de Fórmula 1 a 250 km/h?*

<b>ACTIVIDAD 3-1: Propiedades acústicas.</b> Umbrales de contaminación acústica: cómo se mide, se calcula y representación gráfica.	
<b>Modo de trabajo</b>	En grupos de 3. Creados por los alumnos
<b>Tiempo estimado</b>	60 min (p)
<b>Evaluación</b>	Entregable y evaluable. Se valorará tanto el informe que entregue cada grupo como la exposición oral que realizada.
<b>Recursos</b>	-Texto de la actividad e internet (ordenador).
<b>Desarrollo</b>	
En clase se procede a la lectura del texto que servirá de introducción a las propiedades acústicas de los materiales. Después de una discusión entre todos los grupos se proponen dos cuestiones a resolver 1. <i>Representación gráfica de la escala acústica. Detectar umbral de audición y umbral doloroso</i> (la mitad de los grupos) y 2. <i>¿Qué magnitud es la que se cuantifica con 65 dB? ¿Cuál es su significado teórico?</i> (la otra mitad de los grupos). Posteriormente se realizan reuniones de expertos (grupos de 3-5) y un miembro elegido al azar de cada tema deberá explicar en la pizarra cuestiones relacionadas con el tema trabado	

*Si bien el ruido no se acumula, no se traslada de lugar ni se mantiene en el tiempo, como las otras formas de contaminación, si no se controla también puede causar grandes daños en la calidad de vida de las personas. A pesar de la falta de atención que se le presta, la contaminación acústica constituye uno de los principales problemas medioambientales en Europa. Después de Japón, España es **el segundo país con mayor nivel de contaminación acústica** del mundo; el **50 %** de los ciudadanos españoles soporta niveles de ruido **superiores a los 65 dB**.*

*Según los vecinos de las viviendas que se encuentran detrás del conjunto escultórico del Peine del Viento, en épocas de fuerte oleaje, el ruido generado por el choque de las olas contra la escultura resulta molesto. Además, a través de un sistema de tubos, el aire impulsado por las olas sale a la superficie por unos orificios emitiendo un sonido muy peculiar. Los vecinos se han reunido en dos ocasiones y según el portavoz han comenzado una recogida de firmas para la que el Ayuntamiento de San Sebastián realice un estudio para determinar si el ruido generado en la época de temporales resulta nocivo para la salud.*

Después de la lectura individual, reflexionad y discutid con vuestro grupo sobre las palabras y cuestiones que no se hayan entendido en el texto

---

---

---

Posteriormente, cada grupo expresará las dudas surgidas a través de la lectura del texto y los demás grupos intentarán responder a las preguntas/surgidas del texto.

Una vez discutidos algunas cuestiones relacionadas con la contaminación acústica, se proponen dos temas para trabajar en grupo:

1. *Representación gráfica de la escala acústica. Umbral de audición y umbral doloroso.*
2. *¿Qué magnitud es la que se cuantifica con 65 dB? ¿Cuál es su significado teórico?*

Los grupos trabajarán el tema en clase y después de una reunión entre expertos para aclarar dudas, el profesor elige a un alumno de cada tema para que explique los aspectos más importantes trabajados. Los demás alumnos pueden preguntar las dudas surgidas en la exposición y los alumnos que hayan trabajado el mismo tema pueden contestar a las preguntas.

### **ACTIVIDAD 3-2. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR**

#### *¿Por qué se calientan los objetos que se encuentran al sol?*

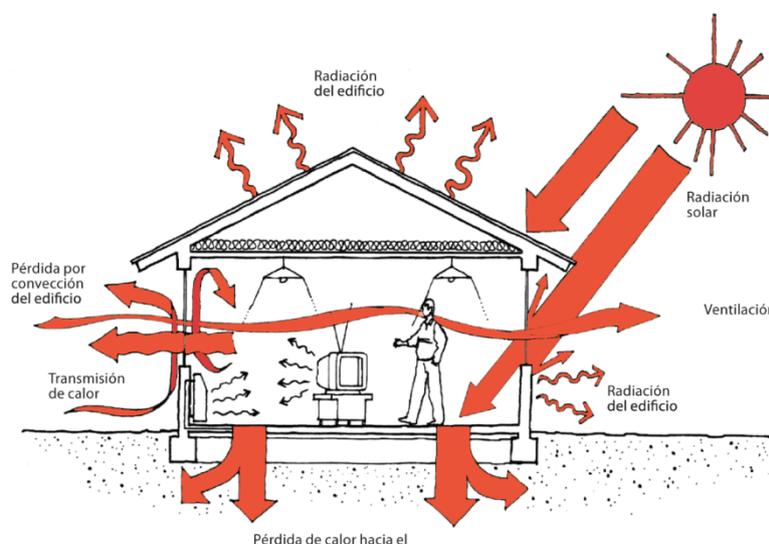
*Con los objetivos de mejorar la calidad de la edificación, y de promover la innovación y la sostenibilidad, el Gobierno aprobó el Código Técnico de la Edificación. Se trata de un instrumento normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones. A través de esta normativa se da satisfacción a ciertos requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas, que se refieren, tanto a la seguridad estructural y de protección contra incendios, como a la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético o la accesibilidad para personas con movilidad reducida.*

Según el artículo 15 del CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE):

“Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.”

Esta nueva normativa contribuye de manera decisiva al desarrollo de las políticas del Gobierno de España en materia de sostenibilidad, en particular del Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, y se convierte en instrumento de compromisos de largo alcance del Gobierno en materia medioambiental, como son el Protocolo de Kyoto y la Estrategia de Göteborg.

El conocimiento de los mecanismos de transferencia de calor es fundamental para conocer el comportamiento de la envolvente de los edificios y nos servirá para establecer una limitación de demanda de la misma, que no es otra cosa que el cumplimiento del DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación.



**Figura 7.** Representación gráfica de mecanismos de transferencia de calor en la vivienda.

<b>ACTIVIDAD 3-2: Mecanismos de transferencia de calor.</b> Definir los mecanismos de transferencia de calor e identificar donde se dan en edificación	
<b>Modo de trabajo</b>	Búsqueda en internet ( individual) + Trabajo en aula (grupos de 3)
<b>Tiempo estimado</b>	45 min (np) + 45 min (p)
<b>Evaluación</b>	Se ponderará la nota de las siguientes evaluaciones. Se entregará la tabla 1 rellena (nota grupal). Se realizará un test de 5 preguntas (nota individual). La nota se establecerá como nota media del grupo al que pertenecen.
<b>Recursos</b>	El profesor no proporcionará documentación. Los alumnos deberán realizar una búsqueda en internet y traer la documentación y la tabla adjunta rellena para discutirlo en clase.
<b>Desarrollo: Ejercicio Puzzle</b>	
<p>Los alumnos que componen en grupo (A1, A2 y A3) deberán reunirse fuera del aula y realizar una búsqueda sobre los mecanismos de transferencia de calor (cuántos mecanismos y cuáles son). Posteriormente, deberán dividir el trabajo (1 mecanismo de transferencia de calor/alumno) y realizar la búsqueda de información</p> <p>Deberán identificar las características del mecanismo de transferencia de calor y cumplimentar la tabla 1 en un trabajo realizado fuera de aula. El siguiente día, se reunirán los expertos en el aula (reuniones de todos los alumnos A1, todos los alumnos A2 y todos los alumnos A3) y trabajarán para completar la información y los aspectos establecidos en la tabla. Posteriormente, se volverá a reunir el grupo original A1, A2 y A3 y cada uno explicará a los dos miembros de su grupo las características del mecanismo de transferencia de calor que se da en edificación. La actividad finaliza con unas preguntas de test a todos los alumnos de los 3 mecanismos de transferencia de calor</p>	

**Tabla 4. Mecanismos de transferencia de calor**

<b>Mecanismo de transferencia de calor  (Nombre y sigla característica)</b>	<b>Definición del mecanismo</b>	<b>Ejemplo del mecanismo en edificación</b>	<b>Valores de distintos materiales de construcción  (corcho, varios metales (cobre, acero, titanio...), madera, cerámica, cemento, hormigón, pladur, lana de vidrio, poliestireno, poliuretano)</b>

Una vez rellena la tabla, observar los datos obtenidos y reflexiona junto con tus compañeros

1. Identifica en las imágenes, qué mecanismo(s) de transferencia de calor se prevalece y la dirección del flujo de calor (quién transmite y quién recibe el calor).

**Tabla 5.** Situaciones reales de transferencia de calor.

2. De los materiales que habéis propuesto, cuáles pensáis que son aislantes térmicos? ¿Qué criterio habéis utilizado para llegar a esta conclusión?

---



---



---

3. De los mecanismos de transferencia de calor propuestos, cuál es el más importante en una vivienda con calefacción? ¿Y en el interior de un coche?

---



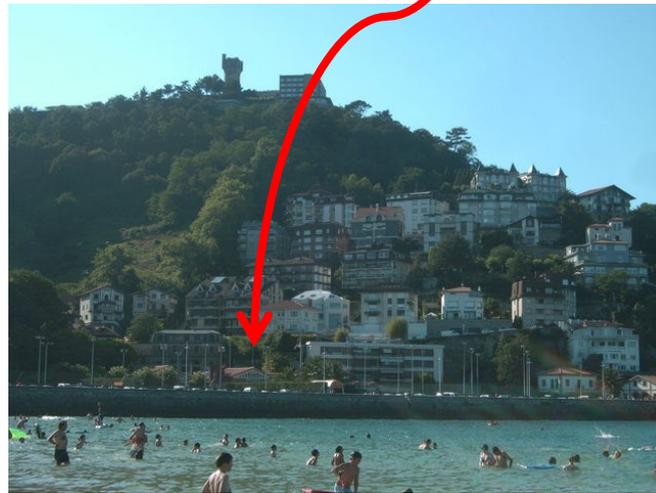
---



---

**ACTIVIDAD 3-3. MATERIALES AISLANTES**

*Teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y contaminación acústica del entorno, ¿qué materiales utilizarías para aislar térmica y acústicamente un edificio que se encuentran en la costa cantábrica?*



**Figura 8.** Fotografías donde se ubican las viviendas objeto de estudio.

*En las figuras se muestran las fotografías de las viviendas que se encuentran en el extremo posterior del conjunto escultórico que el Ayuntamiento de San Sebastián ha enviado a la consultora en la que trabajas junto con 2 compañeros para que realices unos presupuestos para la rehabilitación de las fachadas de las viviendas. Deberás proponer dos propuestas de materiales para realizar el aislamiento térmico acústico y térmico de las viviendas.*

<b>ACTIVIDAD 3-3: Materiales aislantes.</b>	
<b>Modo de trabajo</b>	Trabajo en aula (grupos de 3)
<b>Tiempo estimado</b>	60 min (presencial)
<b>Evaluación</b>	Se evaluará el informe presentado como la discusión realizada por la propuesta
<b>Recursos</b>	El profesor proporcionará la documentación. Llevará varios catálogos y hojas técnicas de productos de materiales de construcción para que el alumno realice una búsqueda y elección de materiales
<b>Desarrollo</b>	
La actividad comienza con la búsqueda de información en los catálogos y hojas técnicas que el profesor llevará a clase de diversos materiales de construcción. Cada grupo de alumnos propondrá en la pizarra los 2 materiales que ha elegido para la reparación de la fachada de las viviendas y las razones que han llevado a elegir estos materiales. Se realizará una puesta en común entre todos los grupos para elegir una opción como la mejor propuesta	

Después de realizar una consulta a los catálogos y hojas técnicas de materiales de construcción, ¿qué materiales habéis elegido en vuestro grupo de trabajo para la rehabilitación de la fachada?

---



---



---

¿Qué características técnicas tienen estos materiales?

---



---



---

A la hora de elegir un material aislante, qué propiedades físicas y naturaleza química de los materiales hace que los materiales sean aislantes térmicos y/o acústicos?

En cuanto a sus propiedades físicas,

¿Los materiales porosos o compactos? ¿Por qué?

---

¿Los de alta o baja densidad? ¿Por qué?

---

Según la naturaleza química y teniendo en cuenta la clasificación de los materiales según ciencia de los materiales, ¿cuáles son mejores aislantes?

---

#### **4. BIBLIOGRAFÍA**

- F. Arredondo y Verdu. Generalidades sobre materiales de construcción. Ed. Servicio de publicaciones e. T. S. Ingenieros de caminos-madrid. Madrid (1990).
- W.D. Callisfer, Jr. Limusa-Wiley. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales, México (2009)
- S. Crespo Escobar. Materiales de Construcción para Edificación y Obra Civil. Ed. Club Universitario. Madrid 2010.
- Código Técnico en la Edificación

## ANEXOS

## ANEXO I- PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN

Debido a que el Grado y el Departamento no imponen un sistema de evaluación determinado, el sistema de evaluación propuesto es el de evaluación mixta (Definido en el Reglamento del alumnado de la UPV/EHU, dentro del Título V. De la planificación y evaluación de la enseñanza, en el capítulo II. De la evaluación del alumnado en el artículo 64, *“Evaluación mixta. Se define la evaluación mixta de una asignatura o materia cuando al menos el 30% del programa se evalúa mediante el sistema de evaluación continuada. Esta evaluación continuada debe ser completada con una prueba final en el marco del periodo fijado en el calendario académico de la Universidad. Cada modalidad de evaluación tendrá un peso acorde al porcentaje del programa que evalúa”*). Así, la ponderación de la nota final de la asignatura se realizará teniendo en cuenta las siguientes evidencias:

- Examen individual (50 %)
- Ejercicios entregables (15 %)
- Informes de Prácticas de laboratorio individual (15 %)
- Portafolio ABP en grupo (10 %)
- Presentaciones de trabajos en grupo (10 %)

De esta forma, la distribución de las actividades en cada bloque:

- **Bloque Ciencia de Materiales (30 % de la nota)** donde se realizará un examen individual (75 %), los ejercicios entregables (15 %) y una práctica de laboratorio (10 %).
- **Bloque Propiedades físicas (40 % de la nota)** donde se realizará un examen individual (25 %), ejercicios entregables (25 %), portafolio (25 %) y 3 prácticas de laboratorio (25 %).
- **Bloque Materiales de Construcción (30 % de la nota)** donde se realizará un examen individual (60 %), presentación de trabajos de distintos materiales de construcción (30 %) y una práctica de laboratorio (10 %).

## NOTA DE EXAMEN INDIVIDUAL

En el examen individual se valorará los conocimientos mínimos necesarios para superar cada uno de los bloques. El examen constará de una parte teórica y una parte de problemas. Para hacer media entre las dos partes, será necesario obtener un mínimo de 4 sobre 10 en cada una de las partes. Será un examen liberatorio en el cual habrá que obtener un mínimo de seis sobre diez para liberar. Tras la calificación del examen, este podrá ser revisado por el alumno en horas de tutoría del profesor.

## NOTA DE EJERCICIOS ENTREGABLES y PORTAFOLIO

La nota de los ejercicios entregables se obtendrá a partir de la entrega del ejercicio/esquema/autoevaluación correspondiente a las distintas tareas asignadas. La entrega será en la misma aula o el día asignado por el profesor. Sólo podrán entregar la tarea los alumnos que hayan asistido a clase el día de la tarea. Cada entregable tendrá el mismo peso en la nota de entregables de cada bloque (bloque Ciencia de Materiales, bloque Propiedades físicas). El profesor entregará los entregables corregidos a los alumnos en el plazo de una semana. En el caso del bloque donde se implementa el ABP, el alumno corregirá cada uno de los entregables para recopilarlos en el portafolio final que el profesor evaluará al final del ABP, siendo el peso de los entregables junto con el portafolio final de un 50 % sobre el ABP. El profesor revisará el portafolio final y valorará que todos los entregables se encuentren revisados.

## NOTA DE INFORMES DE PRÁCTICAS

Tanto la asistencia a las prácticas de laboratorio como la entrega de los informes de prácticas son obligatorias. Los alumnos que no hayan asistido a la práctica no podrán entregar el informe de prácticas. Los alumnos que no superen las prácticas de laboratorio (tanto por la no asistencia, no entrega o calidad de los informes entregados) realizarán un examen final de prácticas que será la última semana de clases. Los alumnos que tenga justificada la no asistencia a alguna práctica, podrán realizar las prácticas con otro grupo de prácticas para esa semana.

Las instrucciones para la cumplimentación de los guiones de prácticas se presentarán el primer día de prácticas en cuanto a forma y contenido. Los informes de prácticas serán individuales y se entregarán a los 15 días de la realización de la práctica. El profesor de prácticas entregará las prácticas corregidas y los alumnos deberán realizar los cambios necesarios y mejorar los guiones para la entrega al final de curso de un portafolio de todos los guiones de prácticas entregados.

Tanto en convocatoria ordinaria cómo en convocatoria extraordinaria la nota final de la asignatura será la ponderación de cada uno de los bloques de la asignatura. En caso de no liberar la asignatura por bloques, se realizará un examen final en el que el alumno sólo será evaluado de la parte correspondiente de los exámenes liberatorios de la asignatura. Es decir, no se evaluará al alumno de las actividades entregables, trabajos y presentaciones en clase y portafolio de ABP. No se consideran las prácticas de laboratorio, porque estas son de carácter obligatorio y si no se realizan, así cómo los informes, la asignatura no se puede aprobar. Por lo tanto, la nota obtenida únicamente se obtendrá según los porcentajes correspondientes a los exámenes de cada bloque.

#### PRUEBA FINAL

El alumno que cumpla las condiciones para la realización de la prueba final según normativa, tendrá la oportunidad de examinarse de una prueba en la que tendrá que demostrar las competencias que los alumnos de evaluación mixta han adquirido durante el curso en las clases magistrales, prácticas de laboratorio y prácticas de aula.

#### Rúbrica evaluación actividad 1-2

	SI (1)	NO (0)
Se han identificado todos los equipos de laboratorio		
Se ha identificado la magnitud y las unidades de medida del equipo		
Se describe el procedimiento de uso del equipo		
Se ha identificado la ecuación específica		

**Rúbrica evaluación actividad 1-3, 1-4**

	SI (1)	NO (0)
Responde todas las cuestiones requeridas		
Se han identificado las propiedades físicas y sus correspondientes unidades		
La estrategia de resolución de problema es efectiva y el alumno de muestra el entendimiento de la materia		
La aplicación de la estrategia de resolución y los resultados se presentan de forma ordenada, clara y organizada		
La terminología y notación utilizada son correctas.		
El resultado y las unidades son correctos y se destaca sobre el problema. En caso de obtener un resultado ilógico se describen posibles errores de planteamiento y/o resolución del problema.		

**Rúbrica evaluación actividad prácticas de laboratorio (1-5, 2-2, 2-3)**

1	2	3
La portada contiene 1/3 de las partes	La portada contiene 2/3 partes	La portada es completa (contiene título, nombre del alumno, asignatura, curso, grado, universidad)
el informe contiene 1/3 del contenido	El informe contiene 2/3 del contenido	El informe contiene el índice, numeración de hojas, apartado experimental, resultados y discusión, conclusiones y bibliografía
El informe contiene más de 5 faltas de ortografía	El informe contiene 5 faltas de ortografía	El informe no contiene faltas de ortografía
Los resultados se presentan en gráfico y tabla pero no se han tenido en cuenta aspectos de forma	Los resultados se presentan en gráficos y tablas pero alguna variable no se presentan de forma adecuada: unidades, números de precisión, pie de tabla	Los resultados se presentan en gráficos y tablas de forma adecuada: unidades, números de precisión, pie de tabla
No se realizan razonamientos, estrategias ni discusión de resultados	Se recurre a razonamientos y estrategias de resolución pero , discusión de los resultados es insuficiente	Los razonamientos, estrategias de resolución, discusión de los resultados (comparación con datos de otros alumnos, datos bibliográficos) es adecuada
El entrega del informe no ha	La entrega del informe ha sido	La entrega del informe se ha

lado en el plazo	posterior a la fecha de entrega pero por causa justificada	realizado en plazo
------------------	---	--------------------

### Rúbrica evaluación actividad 2-1, 2-4

	SI (1)	NO (0)
Las fuentes de información utilizadas son variadas y adecuadas		
Recopila, organiza y corrobora la información		
La información responde totalmente a los objetivos planteados		
Manifiesta comprensión conceptual		
Habla despacio y con claridad		
Responde fluidamente a todas las preguntas formuladas por el profesor		
Responde fluidamente a todas las preguntas formuladas por los alumnos		

### Rúbrica evaluación actividad 3-1

	SI (1)	NO (0)
Las fuentes de información utilizadas son variadas y adecuadas		
Recopila, organiza y corrobora la información		
La información responde totalmente a los objetivos planteados		

	SI (1)	NO (0)
Manifiesta comprensión conceptual		
Habla despacio y con claridad		
Responde fluidamente a todas las preguntas formuladas por el profesor		
Responde fluidamente a todas las preguntas formuladas por los alumnos		

**Rúbrica evaluación actividad 3-2**

	<b>SI (1)</b>	<b>NO (0)</b>
Se han identificado todos los mecanismos de transferencia de calor		
Se ha identificado la magnitud y las unidades de medida del equipo		
Se han encontrado por los menos dos valores de mecanismos de transferencia de calor en materiales de construcción		
Se ha identificado un ejemplo de cada mecanismo de transferencia de calor en la edificación		

**Rúbrica evaluación actividad 3-3**

	<b>SI (1)</b>	<b>NO (0)</b>
Toda la información presentada en el debate fue clara, precisa y minuciosa		
El equipo claramente entendió el tema a profundidad y presentó su información enérgica y convincentemente		
Todos los contraargumentos fueron precisos, relevantes y fuertes		
El grupo de alumnos respeta las opiniones de los demás interactuando respetuosamente con ellos y aportando múltiples argumentos		

## ANEXO II DOCUMENTACIÓN PARA LAS ACTIVIDADES

### EJERCICIOS PARA LA ACTIVIDAD 1-3

1. Tenemos una probeta de yeso en el laboratorio. Calcula el volumen de la probeta cilíndrica, teniendo en cuenta que tiene un diámetro de 10 cm y una longitud de 15 cm. Si la densidad aparente de una roca yesífera es de 2,2 g/ml, cuál será el peso de la probeta? Se ha pulverizado la probeta y se ha calculado el volumen, obteniendo 1080 cm<sup>3</sup>. Calcula la densidad real de la probeta.
2. Se quiere determinar la densidad real de una roca, para lo cual se pulveriza convenientemente y se introduce una muestra en un picnómetro que, vacío, pesa 38,7 g. Posteriormente se hacen las siguientes pesadas mediante las cuales se obtienen los resultados que se indican:
  - a).- picnómetro con la muestra de polvo de piedra seca = 73,5 g.
  - b).- picnómetro lleno hasta la raya de enrase con un líquido de densidad 0,92 (g/cm<sup>3</sup>) = 103,3 g.
  - c).- picnómetro con la muestra de polvo de piedra y la cantidad necesaria del citado líquido para llegar a la raya de enrase = 133,1 g.
3. Se dispone de un picnómetro que vacío pesa 40 g. Se desea hallar la densidad real de una roca, para lo que se hacen las siguientes medidas:
  - a).- Peso del picnómetro con la muestra de polvo de piedra seca = 82 g
  - b).- Picnómetro lleno hasta la raya de enrase con un líquido de densidad 0.9 Kg/dm<sup>3</sup> = 104 g.
  - c).- Picnómetro con la muestra del polvo de piedra y la cantidad necesaria del líquido para llegar a enrasar = 140 g

## ACTIVIDAD 1-4

### 1er documento:

Tras el análisis gravimétrico de la pieza de muestra que te han llevado al laboratorio has obtenido los siguientes resultados:

- ✓ Peso natural: 1975,0 g
- ✓ Peso desecado: 1960,0 g
- ✓ Peso saturado de agua: 1987,4 g
- ✓ Peso saturado y sumergido de agua: 1203,4 g



Estos resultados te van a permitir determinar otras propiedades físicas del material realizando las siguientes experiencias:

Experiencia 1	Experiencia 2	Experiencia
Relacionas los volúmenes de los poros (aparente, cerrado y total) con el volumen aparente de la pieza	Relacionas el peso natural con el peso desecado	Relacionas el volumen de poros exteriores con el volumen real de la muestra

### 4.1. Búsqueda personal (no presencial)

Con las experiencias realizadas, ¿qué propiedades físicas has determinado?

### 4.2. Discusión de grupo

Discute con tus compañeros de grupo las propiedades determinadas en cada documento.

#### **4.3. Discusión de expertos**

En grupos de 4 expertos, es decir 4 miembros con el mismo documento, determina las propiedades propias de cada documento.

#### **4.4. Reunión de grupo para cuantificar las propiedades**

Con los resultados del análisis gravimétrico cuantificar las propiedades determinadas.

#### **4.5. Corrección y discusión de resultados en aula**

Aleatoriamente se elegirá a un miembro de cada grupo para corregir y discutir los resultados.

## **2º documento:**

Tras el análisis gravimétrico de la pieza de muestra que te han llevado al laboratorio has obtenido los siguientes resultados:

- ✓ Peso natural: 1975,0 g
- ✓ Peso desecado: 1960,0 g
- ✓ Peso saturado de agua: 1987,4 g
- ✓ Peso saturado y sumergido de agua: 1203,4 g



Estos resultados te van a permitir determinar otras propiedades físicas del material realizando las siguientes experiencias:

<b>Experiencia 1</b>	<b>Experiencia 2</b>	<b>Experiencia</b>
Relacionas el volumen real y el volumen aparente	Determinas la cantidad de agua que atraviesa la probeta en una hora a una presión determinada	Determinas la pérdida de peso por unidad de peso desecado que experimenta el material al estar en contacto con el agua

### **4.1. Búsqueda personal (no presencial)**

Con las experiencias realizadas, ¿qué propiedades físicas has determinado?

### **4.2. Discusión de grupo**

Discute con tus compañeros de grupo las propiedades determinadas en cada documento.

#### **4.3. Discusión de expertos**

En grupos de 4 expertos, es decir 4 miembros con el mismo documento, determina las propiedades propias de cada documento.

#### **4.4. Reunión de grupo para cuantificar las propiedades**

Con los resultados del análisis gravimétrico cuantificar las propiedades determinadas.

#### **4.5. Corrección y discusión de resultados en aula**

Aleatoriamente se elegirá a un miembro de cada grupo para corregir y discutir el ejercicio.

### 3er documento:

Tras el análisis gravimétrico de la pieza de muestra que te han llevado al laboratorio has obtenido los siguientes resultados:



- ✓ Peso natural: 1975,0 g
- ✓ Peso desecado: 1960,0 g
- ✓ Peso saturado de agua: 1987,4 g
- ✓ Peso saturado y sumergido de agua: 1203,4 g

Estos resultados te van a permitir determinar otras propiedades físicas del material realizando las siguientes experiencias:

<b>Experiencia 1</b>	<b>Experiencia 2</b>
Relacionas el peso saturado en agua con el peso desecado	Determinas la pérdida de peso por unidad de peso desecado inicial que experimenta la probeta cuando ha sido sometida a una serie de ciclos de hielo-deshielo



#### 4.1. Búsqueda personal (no presencial)

Con las experiencias realizadas, ¿qué propiedades físicas has determinado?

#### **4.2. Discusión de grupo**

Discute con tus compañeros de grupo las propiedades determinadas en cada documento.

#### **4.3. Discusión de expertos**

En grupos de 4 expertos, es decir 4 miembros con el mismo documento, determina las propiedades propias de cada documento.

#### **4.4. Reunión de grupo para cuantificar las propiedades**

Con los resultados del análisis gravimétrico cuantificar las propiedades determinadas.

#### **4.5. Corrección y discusión de resultados en aula**

Aleatoriamente se elegirá a un miembro de cada grupo para corregir y discutir el ejercicio.

### EJERCICIOS PARA LA ACTIVIDAD 1-4

1. Una muestra de una roca pesa 1960,0 g en estado seco. Cuando se satura en agua su peso es de 1987,4 g y su peso saturado sumergido es de 1203,4 g. Calcula:
  - a. El volumen aparente de la muestra.
  - b. La densidad aparente de la roca.
  - c. El coeficiente de absorción normal.
  - d. La porosidad aparente .
  
2. Una muestra seca de 2470,0 g se satura en agua obteniendo un peso de 2531,8 g. Sumergida en agua, sufre un empuje de 950 g. Calcula:
  - a. El volumen aparente de la muestra.
  - b. La densidad aparente de la roca.
  - c. El peso de la roca cuando se encuentra saturado y sumergido en agua.
  - d. El coeficiente de absorción normal.
  - e. La porosidad aparente de la roca.
  
3. La porosidad absoluta de una roca es del 17 % y su densidad real de 2,41 g/cm<sup>3</sup>. Calcula la densidad aparente y la compacidad de la roca.
  
4. Calcula la densidad aparente y real de una roca conociendo los siguientes datos:
  - a.  $M_s = 25,0\%$
  - b.  $p_s = 406\text{g}$
  - c.  $p_{ss} = 231,0\text{ g}$
  - d.  $V_R = 161\text{ cm}^3$

## PRÁCTICA DE HUMEDAD Y DENSIDAD

### ➤ 1. OBJETIVO

El objetivo es la cuantificación de algunas propiedades físicas de diversos materiales de construcción. Determinación experimental de la humedad y de la densidad de diversos materiales.

### ➤ 2. NORMAS. Norma UNE-EN 13183-1:2003

### ➤ 3. INTRODUCCIÓN

Los materiales de construcción presentan distintas características y propiedades directamente relacionadas con la aplicación que vayan a tener en construcción.

- a) **Prop. físicas:** volumen, masa, densidad, humedad, propiedades térmicas, eléctricas...
- b) **Prop. químicas:** composición, solubilidad, resistencia química...
- c) **Prop. mecánicas:** resistencia a tracción, dureza, maleabilidad, tenacidad...

La medida de estas propiedades se realiza a través de distintos tipos de ensayos:

- a) **Ensayos destructivos:** ensayo de tracción, ensayo de resistencia al fuego.
- b) **Ensayos no destructivos:** ultrasonidos, densidad, humedad...

Todos los ensayos se realizarán según las normas, UNE, DIN, ASTM...

- **Humedad, H (%)**. La humedad se define como:

$$H(\%) = \frac{P_{natural} - P_{seco}}{P_{seco}} \cdot 100 \quad (3-1)$$

$P_{natural}$ : peso del material antes del secado, en g

$P_{seco}$ : peso del material después de estar en el horno 24 h a 100-105 °C., en g

$H(\%)$ : Humedad en tanto por ciento, adimensional

- **Densidad  $\rho$** . Por definición la densidad es la relación entre la masa y el volumen de un material.

**Unidades:** (Definir las más usuales)

**Material compacto**, no tiene poros ni huecos (acero, vidrio) la medida del volumen será del volumen absoluto o volumen real.

**Materiales porosos** (madera, hormigón, rocas...) o **disgregados** (cemento, cal, arena...) la medida del volumen será el de volumen aparente:

$$V_{aparente} = V_{real} + V_{poros} \quad (3-2)$$

Así, se pueden obtener dos tipos de densidades:

$$\rho_{real} = \frac{P_{seco}}{V_{real}} \quad (3-3)$$

$$\rho_{aparente} = \frac{P_{seco}}{V_{aparente}} \quad (3-4)$$

En el caso de materiales compactos:  $\rho_{real} = \rho_{aparente}$

#### ➤ 4.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

##### 4-1. Material utilizado.

- estufa de secado
- desecador con sílica gel
- balanza
- calibre
- probetas de diversa naturaleza de construcción

##### 4-2. Procedimiento operativo

###### 4-2-1) Determinación de la humedad

- Pesar la muestra "húmeda". Anotar peso ( $P_{natural}$ )
- Dejar las muestras 24h en estufa a 100 - 103 °C
- Enfriar las muestras en un desecador, hasta peso constante
- Pesar las muestras anhidras. Anotar peso ( $P_{seco}$ )
- Calcular % humedad según (3-1)

#### 4-2-2) Determinación de la densidad



- Calibrar las probetas y anotar la longitud, anchura y espesor de cada una
- Calcular el volumen  $V_{aparente} = L \cdot l \cdot z$
- Determinar la densidad aparente según 3-4

#### 4-3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

##### 4-3-1) HUMEDAD

Nº	Material	P <sub>natural</sub>	P <sub>seco</sub>	H(%)
Probeta		(g)	(g)	

Tabla-1

(Ordenar la tabla, de menor a mayor humedad)

#### 4-3-2) DENSIDAD

Material	$P_{\text{seco}}$ (g)	L ( )	A ( )	Z ( )	$Vol_{\text{apar}}$ ( )	$\rho_{\text{apar}}$ ( )	$\rho_{\text{bibliogr}}$ ( )

Tabla-2

(Ordenar la tabla de menor a mayor densidad)

#### ➤ 5.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS. CONCLUSIONES

5-1 - Analizar los resultados obtenidos (según teoría)

5-2 - Describir el comportamiento de los materiales frente al agua, según los valores de la densidad

5-3 - Representar los valores de la densidad y de la humedad en un gráfico de barras, por grupos de materiales. Gráfico 1 y gráfico 2

5-4 - Buscar datos bibliográficos de densidades de diversos materiales y compararlos con los experimentales

5-5 - ¿Qué se entiende por material higroscópico?

5-6 - ¿Cómo determinaría el volumen de las probetas si no tuvieran la forma de un paralelepípedo?

5-7 – Definir Exactitud y Precisión

#### ➤ 6.- BIBLIOGRAFÍA

1. Day, R. A. and Underwood, A. L. *Quantitative Analysis*. Prentice-Hall, Inc.: U.S.A., 1986.

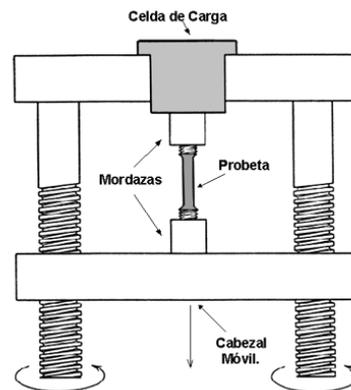
2. Willard, H. H. and Diehl, H. *Advanced Quantitative Analysis*. D. Van Nostrand Company, Inc: New York, 1943.
3. UNE-EN 13183-1:2003
4. F. ARREDONDO Y VERDU, (1990). Generalidades sobre materiales de construcción. Ed. Servicio de Publicaciones E. T. S. Ingenieros de Caminos-Madrid

## ACTIVIDAD 2-1:

### Propiedades mecánicas

#### 1er documento: Ensayo de tracción

Tras el mecanizado de probetas de acero corten similar al utilizado en el Peine del Viento, realizas el ensayo de tracción en una máquina universal de ensayos mecánicos. Mediante este ensayo mides la resistencia de un material a una fuerza de lenta aplicación. El equipo utilizado para esta prueba consiste en una máquina (máquina universal de ensayos mecánicos) capaz de aplicar una carga axial controlada sobre una probeta que tiende a alargarse. En la figura de la derecha se muestra un esquema general de la prueba.



Una probeta rectangular de dimensiones 3,2 mm x 19,1 mm, se deforma en tracción obteniéndose los siguientes datos:

Carga (N)	Longitud (mm)
0	63,5
1380	63,53
2780	63,58
5630	63,63

7430	63,7
8140	63,75
9870	64,14
12850	65,41
14100	66,68
14340	67,92
13830	69,22
12500	70,49

**1. Búsqueda personal (no presencial)**

Con los datos obtenidos, ¿qué propiedades mecánicas se pueden cuantificar?

Representa la curva fuerza-desplazamiento.

**2. Discusión de grupo**

Discute con tus compañeros de grupo las propiedades mecánicas que se pueden cuantificar en cada uno de los documentos. Comparad las curvas de fuerza-desplazamiento

**3. Discusión de expertos**

En grupos de 4 expertos, es decir 4 miembros con el mismo documento, determina las propiedades propias de cada documento.

#### **4. Reunión de grupo para cuantificar las propiedades**

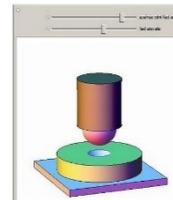
Con los resultados y tras la reunión de expertos, cuantificar las propiedades de cada documento.

#### **5. Corrección y discusión de resultados en aula**

Aleatoriamente se elegirá a un miembro de cada grupo para corregir y discutir los resultados de los tres documentos. El profesor irá haciendo preguntas tanto teóricas como prácticas durante la corrección y discusión.

## **2º documento: Determinación de la dureza**

Con un aparato de dureza (imagen derecha) se determina una propiedad fundamental de los materiales. El ensayo consiste en comprimir una bola de acero templado, de un diámetro determinado, sobre una muestra del acero objeto de análisis, por medio de una carga y durante un tiempo también establecido. Tras este tiempo se quita la carga y se observa que sobre la superficie de la probeta se ha generado un casquete esférico. Midiendo el diámetro del casquete se cuantificará la propiedad.



### **1. Búsqueda personal (no presencial)**

En este ensayo, ¿qué propiedad mecánica estás cuantificando?

¿Es este un ensayo universal de medida de esa propiedad?

Busca otras maneras de cuantificación esta propiedad y resume brevemente el fundamento.

### **2. Discusión de grupo**

Discute con tus compañeros de grupo la propiedad mecánica que se puede cuantificar.

### **3. Discusión de expertos**

En grupo de 4 expertos discute la primera pregunta.

### **4. Reunión de grupo para cuantificar las propiedades**

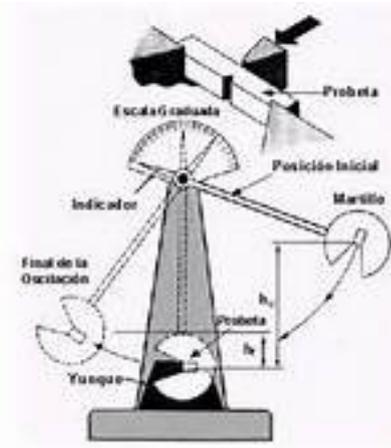
Discute con tus compañeros de grupo las conclusiones obtenidas

### **5. Corrección y discusión de resultados en aula**

Aleatoriamente se elegirá a un miembro de cada grupo para corregir y discutir los resultados de los tres documentos. El profesor irá haciendo preguntas tanto teóricas como prácticas durante la corrección y discusión.

### 3er documento: Ensayo de impacto para la determinación de la dureza

En este ensayo golpeas mediante una masa  $M$  una probeta que se sitúa en el soporte  $S$  (imagen de la derecha). La masa  $M$ , la cual se encuentra acoplada al extremo de un péndulo de longitud  $L$ , se deja caer desde una altura  $H$ , mediante la cual se controla la velocidad de aplicación de la carga en el momento del impacto. Midiendo la altura alcanzada por el péndulo tras el impacto con la probeta  $H'$ , se cuantifica una propiedad mecánica.



#### 1. Búsqueda personal (no presencial)

En este ensayo, ¿qué propiedad mecánica estás cuantificando?

Busca otras maneras de cuantificación de esta propiedad y resume brevemente el fundamento.

#### 2. Discusión de grupo

Discute con tus compañeros de grupo la propiedad mecánica que estas cuantificando.

#### 3. Discusión de expertos

En grupo de 4 expertos discute la primera pregunta.

#### **4. Reunión de grupo para cuantificar las propiedades**

Discute con tus compañeros de grupo las conclusiones obtenidas

#### **5. Corrección y discusión de resultados en aula**

Aleatoriamente se elegirá a un miembro de cada grupo para corregir y discutir los resultados de los tres documentos. El profesor irá haciendo preguntas tanto teóricas como prácticas durante la corrección y discusión.

## EJERCICIOS PARA LA ACTIVIDAD 2-1

1. Una pieza de cobre de 305 mm de longitud inicial se ensaya a tracción con una tensión de 276 MPa. Suponiendo que toda la deformación causada es elástica, calcular la elongación de la pieza. Módulo elástico del cobre (Módulo de Young)  $11 \cdot 10^4$  MPa.
2. Una barra de latón de 10 mm de diámetro se somete a tracción. Si la deformación es totalmente elástica, calcula la carga que ha de aplicarse para conseguir una variación de  $2,5 \cdot 10^{-3}$  mm en el diámetro. El coeficiente de Poisson para el latón es de 0,35 y  $E_{\text{latón}} = 10,1 \cdot 10^4$  MPa.
3. Al aplicarle una carga de 8900 N a una probeta cilíndrica de níquel de 10,2 mm de diámetro, únicamente sufre deformación elástica (módulo elástico de  $20,7 \cdot 10^4$  MPa). ¿Cuál será la longitud de la probeta antes de la deformación, si el alargamiento máximo permitido es de 0,22 mm?
4. Para un latón con un módulo elástico de  $10,3 \cdot 10^4$  MPa, la deformación plástica comienza para una tensión de 345 MPa.
  - a) ¿Cuál es la carga máxima que se le puede aplicar a una probeta de  $130 \text{ mm}^2$  de sección sin que sufra deformación plástica?
  - b) Si la longitud inicial de la probeta es de 76 mm, ¿Cuál es el alargamiento máximo sin que sufra deformación plástica?

## PRÁCTICA DE ENSAYO DE TRACCION

### ➤ 1.OBJETIVO

1-a) Determinación experimentalmente de la curva tensión/ deformación para una probeta de acero sometida a un ensayo de tracción.

1-b) Determinación de unos parámetros característicos, a partir de este gráfico

### ➤ 2. INTRODUCCIÓN

Por medio de un ensayo de esfuerzo-deformación se puede estimar el comportamiento mecánico de los materiales. Este ensayo nos dará a conocer algunas propiedades importantes de los materiales: límite elástico, resistencia a la tracción, % de elongación, disminución de diámetro o % de estricción, módulo elástico, resistencia a rotura, tenacidad del material así como el conocimiento del material: dúctil, frágil...

2-1) **Definir tracción.** Unidades de medida más usuales

2-2) **Hacer una descripción general de la curva tensión / deformación** indicando las zonas y puntos más característicos (Incluir fig2).

2-3) **Definir y formular los siguientes parámetros** indicando las variables y sus unidades.

- Tensión (2-1)
- Desplazamiento (2-2)
- Deformación (2-3)
- Límite elástico
- Resistencia máxima a la tracción
- Resistencia a la rotura
- Módulo elástico o de Young

### ➤ 3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

#### 3-1. Material utilizado (adjuntar fotos)

- Equipo: Máquina Universal de ensayos INSTRON 4206 con software Testwork

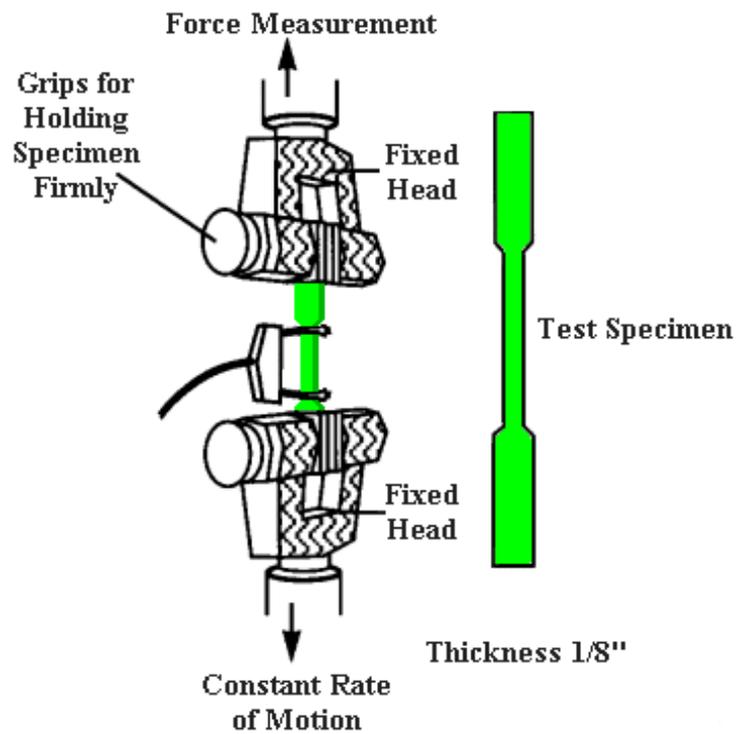


Figura-1

- Extensómetro
- Calibre :pie de rey
- Probeta normalizada de acero

### 3-2. Modo operativo

#### Introducción

El ensayo se basa en la aplicación de una fuerza axial a una probeta normalizada a una velocidad constante predeterminada, dicha probeta se va deformando hasta producirse la rotura de la misma.

El equipo está conectado a un ordenador en el cual se recogen todos los datos de la fuerza aplicada y la deformación de la probeta. Estos datos se grafican obteniéndose la curva del ensayo de tracción para la probeta ensayada, en función de las dimensiones originales de la muestra.

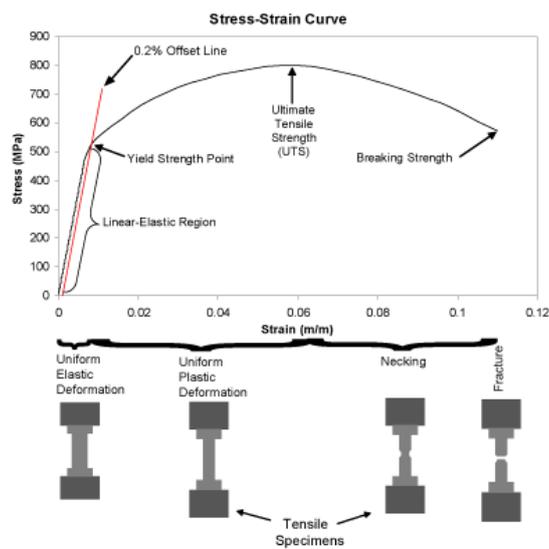


Figura-2

#### Procedimiento

- Medir la probeta antes del ensayo, longitud anchura y espesor
- Calibrar la célula de carga
- Colocar la probeta entre las mordazas y ajustar

- Poner el extensómetro en la parte media de la probeta
- Ajustar la carga a cero al inicio del experimento
- Introducir el dato de la velocidad
- Introducir las dimensiones de anchura y espesor de la probeta
- Iniciar el ensayo con el programa Teswork
- Cuando la deformación alcanza el 0,025% se para el ensayo
- El ordenador nos dará el gráfico 1
- Retirar el extensómetro
- Continuar el ensayo hasta rotura de la probeta
- El ordenador dará el gráfico 2
- Retirar la probeta
- Medir las dimensiones finales

### 3-3. Resultados experimentales

#### 3-3-1) Condiciones del ensayo y dimensiones

Probeta	Velocidad ( mm/min)	Célula de carga (kN)
acero		
polipropileno		

Tabla-1

Medidas iniciales				Medidas finales			
Longitud	Anchura	Espesor	Area inic.	Longitud	Anchura	Espesor	Area final

Tabla-2

3-3-2) Gráficos 1 y 2 obtenidos por el ordenador. Indicar lo que se representa en los ejes así como sus unidades

3-3-3) Determinar gráficamente el módulo de Young

3-3-4) Determinar gráficamente el límite elástico

3-3-5) Determinar gráficamente el resto de parámetros definidos en el apartado 2

3-3-6) Tabular los resultados en tabla-3, para el acero y para el poliprop.

Módulo de Young	Límite Elástico ( )	Deformación $\epsilon$	Resistencia máx a tracción ( )	Resistencia a la rotura ( )	Reducción de área %

Tabla-3

(Nota: Adjuntar hoja con todos los cálculos)

#### ➤ 4. CONCLUSIONES

4-1) Analizar los resultados experimentales. Comparar con datos bibliográficos.

4-2) Utilidad del extensómetro

4-3) Determinar la resistencia a la tracción a partir del valor de la Dureza Brinell obtenida en la práctica anterior. Comparar con el valor experimental.

Resistencia a la Tracción Experimental	Resistencia a la tracción s/ Dureza Brinell	Resistencia a la tracción s/ Bibliografía

Tabla-4

4-4) Diferenciar Tracción, Compresión y Cortadura

➤ **5. BIBLIOGRAFIA**

1. **Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales**, William D. Callister, Jr. Limusa-Wiley, México. 2009
2. **Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales**, William F. Smith, McGraw-Hill, México. 2006
3. Normativa: ASTM E8, ES 10002-1 o ISO 6892

## PRÁCTICA DE ENSAYO DE DUREZA

### 1. OBJETIVO

Medición experimental de la dureza de un acero por dos métodos. Ensayo Brinell y ensayo Rockwell.

### 2. NORMAS.

Norma UNE-EN 10003 (Brinell) y Norma UNE-EN 10009. (Rockwell)

### 3. INTRODUCCION.

3-1) Definir que se entiende por dureza de un material

3-2) Establecer una tabla con los distintos ensayos de dureza según el tipo de deformación aplicada

<b>Tipo de Deformación</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Aplicaciones</b>
Penetración		
Rayado		
Impacto (r.elástica)		

Tabla-1

### 3-3) Durómetros

## 4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 4-1) Material utilizado

- Durómetros para los dos tipos de ensayos (Foto y modelo)
- Probetas de acero (Foto)
- Microscopio (Modelo)
- Cronómetro

### 4-2) Procedimiento

#### 5. 4-2-A ) DUREZA BRINELL (BHN)

#### Introducción

El ensayo consiste en comprimir el material a ensayar con una esfera de acero templado de un diámetro determinado, aplicándole una determinada carga **P** (variable según tipo del material) durante un cierto tiempo , después se mide el diámetro de la huella en la probeta a través de un microscopio y se determina la dureza Brinell **BHN** del material por relación entre la carga aplicada y el área del casquete esférico de la huella **S**

$$BHN= P / S_H \quad (4-1)$$

Donde *BHN: Dureza Brinell*

*P: Carga aplicada (kp)*

*S<sub>H</sub>: Superficie del casquete de la huella (mm<sup>2</sup>)*

- Determinación de P que hay que aplicar según tipo de material.

La carga “P” que debe aplicarse a cada material y el tiempo de aplicación de la misma depende del tipo de material y debe cumplir que

$$P = K \cdot D^2 \quad (4-2)$$

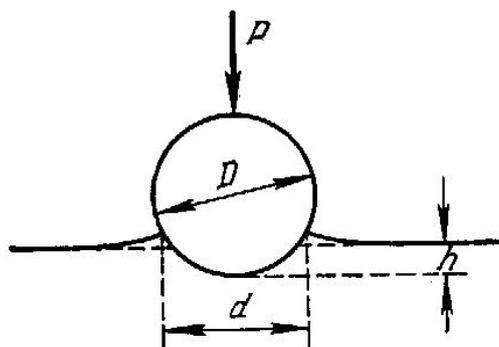
Siendo *K*: Cte característica del material a ensayar

*D*: Diámetro de la bola de penetración en mm.

Tabla-2

<b>MATERIAL</b>	<b>K</b>	<b>TIEMPO (S)</b>
Materiales férricos	30	10
Bronces y latones	10	30
Aleaciones de aluminio	5	30
Aleaciones de plomo y estaño	2.5	30

- Determinación de la superficie de la huella  $S_H$



$$S: \text{Superficie del casquete de la huella (mm}^2\text{)} = \pi \cdot D \cdot h \quad (4-3)$$

Siendo  $D$ : diámetro del penetrador (esfera) mm

$h$ : flecha/profundidad de la huella) mm

#### - Determinación de BHN \*\*\*\*\*

$$\text{BHN} = (\text{Deducir la ecuación de BHN- en función de } D \text{ y } d.) \quad (4-4)$$

#### Condiciones de ensayo

- La superficie del material a ensayar debe estar limpia, perfectamente plana, normal al eje de aplicación de la carga y lo más homogénea posible, libre de óxidos y lubricantes
- El diámetro de huella "d" sea aprox = 0,375 D. En gral  $D/4 < d < D/2$
- La esfera penetradora del acero no debe presentar deformidades
- P y t de aplicación adecuados al material a ensayar
- Las probetas deben tener un espesor mínimo de aprox el doble del diámetro de la huella ,d
- Entre el borde de la probeta y entre huellas debe haber una distancia de, al menos ,cuatro veces d

#### Modo operativo

- 1) Se coloca la probeta debajo de la bola y se va al punto 0
- 2) Se dan 3 vueltas (coincidiendo con el 0) (punto rojo)
- 3) Se aplica la carga adecuada "P" y se espera un tiempo "t"
- 4) Se descarga, se suelta
- 5) Se mide el diámetro de la huella con el microscopio

- 6) Determinar d real de la huella, según los aumentos del microscopio
- 7) Determinar la dureza BHN según la ecuación 4-4

**4-3-A) Resultados**

Material K	D (mm) penetrador	P (kp)	t(s)	d(mm) microsc.	d(mm) huella	BHN exper	BHN Bibliogr.

Tabla-3

**4-2-B ) DUREZA ROCKWELL –HRb**

**Introducción**

El principio del ensayo Rockwell es análogo al ensayo Brinell, esto es, se basa en la resistencia que oponen los materiales a ser penetrados, pero en este caso el parámetro que se mide es la profundidad ,h,de la huella.

$$HRb=130-e \quad (4-5)$$

$$e = h / 0,002 = h. 500$$

Donde HRb: Dureza Rockwell B

*h* : profundidad huella en mm

Hay varios tipos de ensayo en función de la dureza y el penetrador. Los métodos más corrientes son Rockwell C (HRC) y Rockwell B (HRb).

### Modo operativo

Este ensayo Rockwell permite la lectura directa de la dureza en el durómetro

- 1) La carga no se aplica en una sola vez, sino que hay una primera aplicación, precarga, e inmediatamente después la carga restante durante un tiempo *t*
- 2) Se utiliza como penetrador una bola de acero de 1/16 pulgadas (1.58 mm)
- 3) La carga aplicada es de 100 kp., dividida en una precarga de 10 kp ( 3 vueltas) y una carga adicional de 90 kp, ésta última durante 10 segundos
- 4) Se descarga y la lectura de la dureza se efectúa directamente en la escala del durómetro (escala interior -roja).
- 5) Deducir la profundidad, *h*, de la huella, según 4-5

### 6. 4-3-B) Resultados

Penetrador	Pre+Carga (kp)	Escala	Probeta	D.Rockwell HRb- exp	Huella,h. (mm)

Tabla-4

## 5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

### 5.1 - Analizar el valor de la dureza Brinell experimental

- Diferenciar entre las dos durezas Rockwell : HRb y HRC. Ventajas e inconvenientes de ambas. Límites de cada ensayo

### 5.2 Utilidades de la Dureza Brinell (\*\*\*\*)

- **Establecer una relación matemática** entre distintos ensayos destructivos :

Dureza y Tracción en  $\text{Kgf}/\text{mm}^2$ , en MPa y en Psi

- **Comparar la Resistencia** a la tracción obtenida a partir de esta ecuación, con la Resistencia determinada experimentalmente en la Práctica del Ensayo de Tracción

- **Determinar el % de Carbono** del acero de la probeta ensayada. (Numéricamente o gráficamente

## 6. BIBLIOGRAFIA

- **Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales**, William D. Callister, Jr. Limusa-Wiley, México. 2009;
- **Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales**, William F. Smith, McGraw-Hill, México. 2006.
- Norma UNE-EN 10003 (Brinell) y Norma UNE-EN 10009. (Rockwell)