

GUÍA DOCENTE

INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES Y SUS PROPIEDADES (I)



UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO – EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

EQUIPO DOCENTE: ANE MIREN GARCÍA ROMERO
Anemiren.garcia@ehu.es

NURIA MONASTERIO GUIASOLA
Nuria.monasterio@ehu.es

Tabla de contenido

DATOS DE CONTEXTO DEL CURSO	3
OBJETIVOS.....	4
¿PORQUÉ ESTUDIAR CIENCIA DE LOS MATERIALES?	4
COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE	5
COMPETENCIAS.....	5
RESULTADOS DE APRENDIZAJE	5
PRERREQUISITOS.....	5
DESCRIPCIÓN.....	6
PROGRAMA	6
METODOLOGÍA	7
CRONOGRAMA.....	7
RECURSOS RECOMENDADOS PARA ESTE CURSO	8
BIBLIOGRAFÍA	8
OTROS RECURSOS DE INFORMACIÓN	8
ANEXO I	9

DATOS DE CONTEXTO DEL CURSO

Este curso está basado en la introducción al curso generalista denominado CIENCIA DE LOS MATERIALES, impartido en el 2º curso de las siguientes titulaciones:

Grado en Ingeniería de Minas y Energía
Grado en Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO – EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA

ESCUELA: ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

EQUIPO DOCENTE: ANE MIREN GARCÍA ROMERO
NURIA MONASTERIO GUIASOLA

OBJETIVOS

INGENIERA/O viene de ingenio: la persona que es capaz de ingeniar algo nuevo para solventar una situación dada. Para ello se requieren dos capacidades diferentes:

- 1) muchos conocimientos técnicos para desarrollar procesos/productos seguros, en plazos y costes admisibles,
- 2) una clara comprensión de cómo funcionan las cosas, que permita tomar la decisión correcta entre las opciones existentes, e idear soluciones a problemas nuevos, no abordados anteriormente.

Este curso incide en el desarrollo de las capacidades ligadas al 2º punto en mayor medida que las ligadas al primero. Por ello, el curso ha sido planteado para el desarrollo de competencias formativas ligadas al análisis e interpretación y no a la memorización de contenidos.

¿POR QUÉ ESTUDIAR CIENCIA DE LOS MATERIALES?

Las soluciones, productos y procesos que ingenieros e ingenieras implementarán en su futuro profesional estarán fabricados con materiales, al igual que los productos que deban subcontratar. Para producir soluciones ingenieriles fiables y sostenibles desde el punto de vista económico y medioambiental deberán:

- Ser capaces de realizar una correcta selección de los materiales a emplear;
- Evaluar críticamente las ofertas de diferentes soluciones que presenten los potenciales subcontratistas
- Desarrollar soluciones que maximicen el valor económico involucrado.
- Desarrollar soluciones que sean sostenibles medioambientalmente y se adecúen a la cambiante, y cada vez más exigente normativa.
- Realizar informes y mantener discusiones con proveedores y con superiores para defender el criterio cuando se seleccione una solución frente a otra.

Para poder abordar correctamente estas funciones ingenieriles es necesario tener unos conocimientos básicos de cómo se comportan los materiales, y aún más importante, ser capaces de emplear dichos conocimientos de manera analítica y crítica para realizar un trabajo eficiente.

Por esta razón, Ciencia de los Materiales es un curso que se imparte en todas las titulaciones de ingeniería de Europa (y posiblemente del mundo). El contenido y objetivos básicos del curso son los mismos en todas las titulaciones de ingeniería, pero el programa de trabajo de cada escuela se adapta a las titulaciones que se imparten en ellas.

COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE

COMPETENCIAS

Las competencias que se trabajan en este curso se recogen en la Tabla 1.

COMPETENCIAS DEL CURSO CIENCIA DE LOS MATERIALES
Identificar y diferenciar las diversas propiedades químicas, físicas, mecánicas y tecnológicas de los materiales.
Interpretar la relación entre la estructura de los materiales y las propiedades mecánicas que de ella se derivan.
Discernir e identificar los datos e información que se requieren para resolver problemas o casos de trabajo; ser capaz de buscar dicha información en distintos medios, encontrarla y usarla correctamente.
Resolver casos prácticos y problemas específicos relacionados con los aspectos de ciencia de los materiales que se trabajarán durante el curso.

Tabla 1: Competencias que se trabajan en Introducción a la Ciencia de los Materiales (I)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Tras la realización de este curso los estudiantes seréis capaces de alcanzar los siguientes resultados de aprendizaje:

Denominación	RESULTADO DE APRENDIZAJE
RA1	Identificar la relación que existe entre el comportamiento de los materiales, su naturaleza química, su microestructura y el proceso de fabricación seguidos empleando la teoría aprendida.
RA2	Resolver casos prácticos y problemas relacionados con el uso (y fabricación) de los materiales habituales en la ingeniería civil y en la ingeniería de minas, mediante el empleo de gráficos, tablas, ecuaciones y software relacionados con la materia.
RA3	Formular hipótesis coherentes para resolver casos de estudio y problemas abiertos, proporcionando soluciones válidas en situaciones relacionadas con el uso de los materiales en productos y procesos ingenieriles.

Tabla 2: Resultados de Aprendizaje previstos en el Curso de Ciencia de los Materiales

PRERREQUISITOS

Para abordar este curso es necesario tener una buena capacitación en los fundamentos básicos de la **Química y de la Física**, ya que los fundamentos de la ciencia de materiales se encuentran en ambas. Un conocimiento de estas disciplinas al nivel del 1er curso universitario de ingeniería o de ciencias es suficiente. Es, asimismo, necesario tener un conocimiento básico genérico de matemáticas. Finalmente, es conveniente el manejo del idioma inglés debido a los interesantes recursos disponibles en internet para la complementación del curso.

DESCRIPCIÓN

La ciencia de los materiales estudia el comportamiento de los distintos tipos de materiales, las razones que explican dicho comportamiento y los métodos y procesos que permiten controlarlos y emplearlos en ingeniería. Así, por ejemplo, se explican cuáles son las razones por las cuales unos materiales se deforman ostensiblemente antes de romperse cuando son sometidos a una fuerza dada, mientras que otros se rompen sin sufrir deformación alguna.

Este curso es la primera parte de un curso introductorio que tendrá continuación con una segunda parte en la cual se abordarán aspectos más descriptivos de las características de los distintos tipos de materiales. Dado que se trata de un curso introductorio, en él se presentan los aspectos fundamentales que deben conocerse para comprender el comportamiento de los materiales con el fin de permitir una futura profundización en los distintos aspectos que puedan ser de interés para cada persona.

La temática que se aborda se identifica en el apartado “programa” de este documento, y se explica en detalle en el Anexo I. Dados los resultados de aprendizaje expuestos, cabe remarcar que las actividades propuestas promueven el análisis crítico frente a la memorización. No se trata de recordar datos o contenidos de memoria, sino de entender los conceptos y ser capaces de aplicarlos e interpretar los resultados. Se ha estimado que la realización de este curso se puede llevar a cabo de manera óptima en un periodo aproximado de 3 meses, dedicando un tiempo aproximado de 3-6 horas a la semana, proponiéndose la distribución que se incluye en el apartado “cronograma” de este documento.

PROGRAMA

El curso aborda los conceptos básicos de la ciencia e ingeniería de los materiales ya que el objetivo es que quien lo realice adquiera una visión general que le permita profundizar en diversos aspectos en un futuro. El temario que comprende el presente curso es el siguiente:

Tema 1 - Introducción a la ciencia de los materiales

Tema 2- El enlace atómico

Tema 3 - Estructura y geometrías cristalinas

Tema 4 - Imperfecciones de la red cristalina

Tema 5 - Difusión en sólidos

Tema 6 - Comportamiento mecánico de los materiales

Tema 7 - Rotura y fallo mecánico de los materiales

Tema 8 - Propiedades físicas: Térmicas, Eléctricas, Magnéticas y Ópticas

El temario desglosado de todos los aspectos que se requiere abordar, se encuentra descrito en el [Anexo I](#) de este documento, en el cual se incluye detalladamente bibliografía adicional recomendada para el estudio de cada capítulo.

METODOLOGÍA

En este curso se sigue un protocolo de trabajo autónomo. Para ello, el curso se ha organizado en 8 capítulos en formato pdf, preparados para la lectura y comprensión de la temática. Es recomendable abordar los temas en el orden en que se han incluido ya que cada uno de ellos requiere el conocimiento de la temática previa para poder ser comprendido de modo óptimo. Los capítulos contienen una gran cantidad de elementos gráficos con el fin de ayudar a una sencilla comprensión de los conceptos. Cada tema lleva asociados ejercicios. En la mayoría de temas se incluye, además, una propuesta de visualización de videos disponibles en internet con acceso abierto, con el fin de mejorar la comprensión de lo tratado en los temas, o de complementarlo en algunos casos. Finalmente, se han incluido ejercicios de autoevaluación para poder comprobar el grado de avance de manera autónoma.

CRONOGRAMA

Dado que se trata de un curso para ser abordado de manera autónoma, cada persona podrá realizar su propia planificación. No obstante, es recomendable que el estudio se aborde de manera consecutiva desde el tema 1 al 8, realizando los ejercicios propuestos y prestando atención a las actividades adicionales que se hayan incluido en cada capítulo. Se ha estimado que el curso puede completarse de manera óptima en un tiempo de 13 semanas, destinando un tiempo semanal entre 3 y 6 horas al mismo.

Semana	TEMA	Horas estimadas		
		Estudio	Ejercicios	Auto-evaluación
1	Tema 1 - Introducción a la ciencia de los materiales Tema 2 - El enlace atómico	3		
2	Tema 3 - Estructura y geometrías cristalinas	3	3	
3	Tema 4 - Imperfecciones de la red cristalina	2	1	
4	Tema 5 - Difusión en sólidos	2	3	
5	REVISIÓN DE TEMAS 1-5 Y AUTOEVALUACIÓN			3
6	Tema 6 - Comportamiento mecánico de los materiales	3	3	
7		3	3	
8	Tema 7 - Rotura y fallo mecánico de los materiales	3	3	
9		3	3	
10		3		
11	Tema 8 - Propiedades físicas: Térmicas, Eléctricas, Magnéticas y Ópticas	3	3	
12		3		
13	REVISIÓN DE TEMAS 6-8 Y AUTOEVALUACIÓN			3

Tabla 3: Cronograma propuesto para abordar el curso

RECURSOS RECOMENDADOS PARA ESTE CURSO

BIBLIOGRAFÍA

Ciencia de los Materiales es una disciplina para cuyo aprendizaje hay publicado un gran número de excelentes libros, muchos de los cuales se encuentran disponibles en bibliotecas públicas. Es decisión de cada persona la elección del libro que le parezca más claro para entender los numerosos y variados aspectos conceptuales que tiene. Los libros que se indican a continuación son aceptados a nivel internacional como referentes de esta disciplina:

- J.F. Shackelford. *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. 7ª Edición. Editorial: Pearson Educación S.A., 2010. ISBN: 9788483226599
- W.D. Callister Jr. *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. 2ª Edición. Editorial Limusa-Wiley, 2009. ISBN: 9786075000251.
- W.F. Smith y J. Hashemi. *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*. 5ª Edición. Mc Graw Hill, 2014. ISBN: 9786071511522
- D. R. Askeland y W.J. Wright. *Ciencia e ingeniería de los materiales*. 7ª Edición. Cengage Learning Editores S.A., 2017. ISBN: 9786075260624
- Mamlouk, Michael S.y Zaniewski, John P. *Materiales para Ingeniería Civil*. 2ª Edición. Ed. Pearson-Prentice Hall, 2009. ISBN: 9788483225103

Hay un buen número adicional de libros que son también excelentes (Ashby, Arana, ..) y servirán igualmente para el estudio de este curso. En la biblioteca de esta escuela pueden encontrarse un buen número de ellos. En el [Anexo I](#), además de incluir el temario detallado, se han incluido recomendaciones de estudio de cada capítulo.

OTROS RECURSOS DE INFORMACIÓN

Hay varias interesantes páginas web de consulta de distintos aspectos de la ciencia e ingeniería de los materiales, que irán proponiéndose conforme vaya avanzando el curso. No obstante, cabe citar aquí dos páginas web y dos recursos informáticos que serán empleados en varias actividades del presente curso:

www.doitpoms.ac.uk Es un conjunto de recursos gratuitos interactivos de aprendizaje de Ciencia de los Materiales ofrecido por la Universidad de Cambridge. Se encuentra en inglés, pero contiene un amplio número de modelizaciones y videos demostrativos que son fáciles de entender incluso sin dominar el inglés.

www.steeluniversity.org Steeluniversity.org es una iniciativa on-line desarrollada por la World Steel Association. Ofrece gratuitamente un completo paquete de recursos de aprendizaje interactivos sobre tecnologías de acero, cubriendo todos los aspectos que abarcan desde los procesos de elaboración del hierro y del acero hasta los productos de acero, sus aplicaciones, propiedades y reciclado. Se encuentra traducida a muchos idiomas, incluido el castellano.

ANEXO I

TEMARIO Y RECOMENDACIONES

CIENCIA DE LOS MATERIALES

RECOMENDACIONES DE ESTUDIO: Los documentos incluidos en este curso son breves sinapsis de los aspectos más importantes para el aprendizaje de esta disciplina. Es posible que en algunos aspectos se requiera el empleo de bibliografía ampliada, adicional a la documentación aquí incluida. Por ello, se recomienda el uso de la bibliografía incluida en el apartado dedicado a la misma. No obstante, son muchos otros los libros disponibles que resultarán igualmente válidos. Se incluye a continuación el temario propuesto en este curso, y en cada tema se incluyen los capítulos del Callister (segunda edición, Limusa, 2009) que corresponderían para su estudio. Esta recomendación se ha incluido únicamente como guía de contenidos, con el fin de facilitar el trabajo. Ello no quiere decir que deba forzosamente estudiarse ese libro. De hecho, la preparación de las actividades y documentos para el aprendizaje que contiene este curso se ha realizado empleando numerosos textos y fuentes de información.

BIBLIOGRAFÍA EMPLEADAS EN LAS RECOMENDACIONES:

Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Callister. (Editorial Limusa, 2ª edición, 2009)
Askeland, D.R.; "La ciencia e ingeniería de los materiales". (Editorial Paraninfo, 2001)

Tema 1: Introducción a la ciencia de los materiales

No es un tema de estudio, únicamente de lectura para situarnos en el curso.

- 1.1. Qué es la ingeniería de materiales. Clasificación y tipos de materiales.
- 1.2. Relación entre naturaleza-procesamiento-propiedades

Tema 2: El enlace atómico.

Es un tema de repaso de Química de 1er curso. Se puede repasar estudiando los apuntes de 1er curso. Repaso sobre el átomo y el enlace atómico: Estructura del átomo. Organización de los electrones en el átomo, capas y niveles electrónicos. Los electrones de valencia

- 2.1. La tabla periódica
- 2.2. Enlace atómico
- 2.3. Energía y fuerza de enlace. Distancia interatómica. Propiedades físicas directamente relacionadas con el enlace atómico.
- 2.4. Enlaces iónicos, covalentes y metálicos. Las fuerzas de Van der Waals..
- 2.5. Relación entre las propiedades de los materiales y los enlaces entre sus átomos

Recomendaciones de estudio:

- *Callister. Capítulo 2. El contenido del capítulo 2 se considera un repaso de lo visto en Química (1er curso). Lo IMPRESCINDIBLE: desde la página 24 (punto 2.5, las fuerzas y las energías de enlace) hasta la página 31 (punto 2.7, enlaces de Van der Waals).*
- *Askeland. Capítulo 2. El contenido del capítulo 2 se considera un repaso de lo visto en Química (1er curso). Lo IMPRESCINDIBLE: desde la página 27 (punto 2-4, enlaces atómicos) hasta la página 36 inclusive.*

- *Ashby. Capítulo 4 completo, páginas 44-54*

Tema 3: Estructura y geometrías cristalinas

- 3.1. Estructura Cristalina de los sólidos: Sistemas cristalográficos. Redes de Bravais
- 3.2. Celdillas unidad y parámetros de red. Estructuras cristalinas de los metales. Cálculo de la densidad
- 3.3. Polimorfismo y alotropía
- 3.4. Qué es la Difracción de rayos X y para qué sirve
- 3.5. Monocristales y policristales. Sólidos amorfos.

Recomendaciones de estudio:

- *Callister Capítulo 3., páginas 38 a 49 y pag 61-69 y pag 71. No es necesario estudiar los ptos 3.8-3.12 (Puntos, direcciones y planos cristalográficos, técnicas de difracción)*
- *Askeland. Capítulo 3, puntos 3.1-3.4 (páginas 41-50) y 3-9 inclusive*

Tema 4: Imperfecciones de la red cristalina

- 4.1. Imperfecciones atómicas de la red cristalina: vacantes, impurezas. Distintos tipos de imperfecciones atómicas en redes metálicas y en redes iónicas
- 4.2. Imperfecciones lineales-planares de la red cristalina: Dislocaciones. Importancia de las dislocaciones
- 4.3. Los límites de grano
- 4.4. Materiales ingenieriles: Defectos adicionales (poros, impurezas masivas, otros).
- 4.5. Conceptos básicos de microscopía. Preparación microestructural.

Recomendaciones de estudio:

- *Callister Capítulo 4 (4.0-4.3, 4.5-4.11 inclusive). Páginas 80-105 (excepto punto 4.4)*
- *Askeland (Parainfo, 2001), corresponde al capítulo 4 (pag- 81-106)*

Tema 5: Difusión en sólidos

- 5.1. Difusión. Mecanismos. Fuerza impulsora de la difusión
- 5.2. Las leyes de Fick
- 5.3. Energía de activación. El coeficiente de difusión. La difusividad.
- 5.4. Procesos de fabricación y de degradación gobernados por difusión.

Recomendaciones de estudio:

- *Callister Capítulo 5. Askeland capítulo 5 puede ser más claro y aplicado que en Callister en este capítulo*
- *Askeland. Capítulo 5.*

Tema 6: Comportamiento mecánico de los materiales

- 6.1. Conceptos básicos: Fuerza, esfuerzo, deformación, comportamiento elástico y anelástico, deformación plástica. Esfuerzos de tracción, compresión, cizalla, flexión.
- 6.2. Comportamiento a tracción. Resistencia a tracción, límite elástico, módulo de Young, deformación tras rotura y recuperación elástica.
- 6.3. Esfuerzo/deformación real y esfuerzo/deformación ingenieril
- 6.4. Comportamiento a compresión.
- 6.5. El coeficiente de Poisson.
- 6.6. El módulo de resiliencia
- 6.7. La deformación plástica. Deslizamiento de dislocaciones y deformación de un monocristal y de los materiales policristalinos
- 6.8. Endurecimiento por deformación y tratamientos de recocido
- 6.9. Importancia del tamaño de grano en las propiedades mecánicas
- 6.10. Dureza. Medida y equivalencias.

Recomendaciones de estudio:

- *Callister. Capítulos 6 y 7, (excepto los puntos 6-11, 6.12, 7.5 y 7.7)*
- *Askeland. Capítulo 6, puntos 6.1-6.6, .y puntos 7.1-7.3, y 7.7-7.8 del capítulo 7.*

Tema 7: Rotura y fallo mecánico de los materiales.

- 7.1. Introducción
- 7.2. Fracturas dúctiles y frágiles
- 7.3. Introducción a conceptos de la mecánica de la fractura. Concentradores de tensión, rotura dúctil, rotura frágil e introducción a la mecánica de la fractura.
- 7.4. Tenacidad
- 7.5. Transición dúctil-frágil
- 7.6. Ensayos de Resiliencia (Impacto)
- 7.7. Fatiga. Fatiga de alto y de bajo ciclo. Curvas S/N. Etapas de los procesos de fatiga (iniciación de grieta, propagación sostenida, propagación catastrófica). Factores que afectan a la vida en fatiga
- 7.8.** Fluencia Etapas del proceso de fluencia. Interacción esfuerzo-temperatura en la fluencia. Materiales para uso a elevadas temperaturas´

Recomendaciones de estudio:

- *Callister. Capítulo 8*
- *Askeland. Capítulo 6, puntos 6.7-6.15*

TEMA 8: Propiedades físicas: Térmicas, Eléctricas, Ópticas y Magnéticas

- 8.1. Propiedades Térmicas: ¿Como responde un material al calor?
- 8.2. Capacidad calorífica y calor específico
- 8.3. Coeficiente de expansión térmica
- 8.4. Conductividad térmica

- 8.5. Propiedades eléctricas: Generalidades. Portadores eléctricos y enlace atómico. Teoría de bandas
- 8.6. Conducción eléctrica. Metales
- 8.7. Aislantes (cerámicos y polímeros) y propiedades dieléctricas. Aislamiento eléctrico. Polarización y constante dieléctrica. Piezoelectricidad
- 8.8. Semiconductores. Intrínsecos y extrínsecos
- 8.9. Superconductividad
- 8.10. Propiedades ópticas: Lo que ocurre cuando la luz incide en un material. A qué se deben los colores. Porqué unos materiales son transparentes y otros no
- 8.11. Las interacciones y efectos más importantes entre la luz y la materia: Luminiscencia. .Fotoconductividad. Otras
- 8.12. Propiedades magnéticas: ¿Porque hay distintos comportamientos magnéticos?
- 8.13. ¿Como se clasifican los materiales de acuerdo al magnetismo?
- 8.14. Aspectos básicos relevantes del comportamiento magnético de los materiales
- 8.15. Relación entre superconductividad eléctrica y comportamiento magnético.

Recomendaciones de estudio:

- *Callister Capítulos 18-21. Durante el presente curso no se evaluarán los siguientes aspectos incluidos en dicho capítulo: Ptos 18.12-18.16, y 18-19-18.22; 21.12-21.14,*
- *Askeland. Capítulos 18-21. excepto los puntos 18.8-18.10.y 18.12-18.15, 19.5-19.8, 20.3. En este texto falta algo de información sobre interacción materia-luz*