

## PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2019/2020

| Identificación y características de la asignatura   |  |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
|---|--|------------------------|--|----------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
| Código  | 502651   |                        | Créditos ECTS                                |                            |                    |                             | 6                  |                              |                    |                             |                    |
| Denominación (español)  | Comportamiento Térmico y Electromagnético de los Materiales II |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Denominación (inglés)   | Electromagnetic and Thermal Behavior of Materials II           |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Titulaciones  | Grado en Ingeniería de Materiales                              |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Centro  | Escuela de Ingenierías Industriales                            |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Semestre  | 5  | Carácter               |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Módulo  |  |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Materia   | Comportamiento Térmico y Electromagnético de los Materiales    |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Profesor/es   |  |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Nombre  | Despacho   |                        | Correo-e                                     |                            |                    |                             | Página web         |                              |                    |                             |                    |
| José Sánchez González   | B0.4   |                        | <a href="mailto:jsg@unex.es">jsg@unex.es</a> |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Área de conocimiento  | Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica             |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Departamento  | Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales            |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Profesor coordinador (si hay más de uno)  |  |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Competencias* (ver tabla en <a href="http://bit.ly/competenciasGrados">http://bit.ly/competenciasGrados</a> ) |  |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Competencias Básicas  | Marcar con una "X"   | Competencias Generales | Marcar con una "X"                           | Competencias Transversales | Marcar con una "X" | Competencias Específicas FB | Marcar con una "X" | Competencias Específicas CRI | Marcar con una "X" | Competencias Específicas TE | Marcar con una "X" |
| CB1   | x  | CG1                    |  | CT1                        | x                  | CEFB1                       |                    | CECRI1                       |                    | CETE1                       |                    |
| CB2   | x  | CG2                    | x  | CT2                        | x                  | CEFB2                       |                    | CECRI2                       |                    | CETE2                       | x                  |
| CB3   | x  | CG3                    | x  | CT3                        | x                  | CEFB3                       |                    | CECRI3                       |                    | CETE3                       |                    |
| CB4   | x  | CG4                    | x  | CT4                        | x                  | CEFB4                       |                    | CECRI4                       |                    | CETE4                       |                    |
| CB5   | x  | CG5                    |  | CT5                        | x                  | CEFB5                       |                    | CECRI5                       |                    | CETE5                       | x                  |
|   |  | CG6                    |  | CT6                        | x                  | CEFB6                       |                    | CECRI6                       |                    | CETE6                       |                    |
|   |  | CG7                    |  | CT7                        | x                  |                             |                    | CECRI7                       |                    | CETE7                       | x                  |
|   |  | CG8                    |  | CT8                        | x                  |                             |                    | CECRI8                       |                    | CETE8                       |                    |
|   |  | CG9                    |  | CT9                        | x                  |                             |                    | CECRI9                       |                    | CETE9                       |                    |
|   |  | CG10                   | x  | CT10                       | x                  |                             |                    | CECRI10                      |                    | CETE10                      |                    |
|   |  | CG11                   |  |                            |                    |                             |                    | CECRI11                      |                    | CETE11                      |                    |
|   |  | CG12                   |  |                            |                    |                             |                    | CECRI12                      |                    | CETFG                       |                    |
| Contenidos  |  |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |
| Breve descripción del contenido*  |  |                        |  |                            |                    |                             |                    |                              |                    |                             |                    |

\*Los apartados relativos a competencias, breve descripción del contenido, actividades formativas, metodologías docentes, resultados de aprendizaje y sistemas de evaluación deben ajustarse a lo recogido en la memoria verificada del título.

Fundamentos cuánticos y estadísticos. Propiedades térmicas. Vibraciones reticulares y fonones. Procesos de transporte en sólidos. Electrones en sólidos: bandas de energía. Propiedades ópticas.

#### Temario de la asignatura

Denominación del tema 1: Conducción en Materiales Metálicos

Contenidos del tema 1:

1. Conducción en Materiales Metálicos
    - 1.1. Introducción. Bandas de energía. Nivel de Fermi.
    - 1.2. Calentamiento en conductores metálicos. Electromigración
    - 1.3. Conducción en corriente alterna
    - 1.4. Conducción en aleaciones metálicas
- (2 horas)

Descripción de las actividades prácticas del tema 1:

Seminario de problemas (1 horas)

Práctica de laboratorio: *Modelo de conducción de materiales Metálicos* (3 horas). El objetivo de esta actividad es comprender el modelo clásico de conducción en materiales metálicos, determinando la movilidad de los portadores mediante un símil mecánico.

Denominación del tema 2: Materiales semiconductores

Contenidos del tema 2:

- 2.1. Materiales semiconductores
  - 2.2. Semiconductores intrínsecos
    - 2.1.2. Materiales semiconductores intrínsecos
    - 2.2.2. Conducción en semiconductores intrínsecos
    - 2.2.3. Bandas de energía en semiconductores intrínsecos
    - 2.2.4. Efecto de la temperatura
  - 2.3. Semiconductores extrínsecos
    - 2.3.1. Tipos de semiconductores extrínsecos
      - 2.3.1.1. Tipo N
      - 2.3.1.2. Tipo P
    - 2.3.2. Ley de acción de masas
    - 2.3.3. Densidad de portadores
    - 2.3.4. Efecto de la concentración de impurezas sobre la conducción
    - 2.3.5. Efecto de la temperatura en semiconductores extrínsecos
    - 2.3.6. Difusión de portadores
  - 2.4. Efectos Seebeck y Peltier en Semiconductores
  - 2.5. Dispositivos semiconductores
    - 2.5.1. Utilización de dispositivos semiconductores
      - 2.5.1.1. La unión p-n
        - 2.5.1.1.1. Polarización inversa
        - 2.5.1.1.2. Polarización directa
      - 2.5.1.2. Polarización directa
    - 2.5.2. Diodo Semiconductor
      - 2.5.2.1. Diodo rectificador
      - 2.5.2.2. Diodo Zener o de avalancha
      - 2.5.2.3. Diodos LED
    - 2.5.3. El transistor de unión
    - 2.5.4. Elaboración
- (8 horas)

Descripción de las actividades prácticas del tema 2: Seminario de problemas (6 horas)

Denominación del tema 3: Materiales Dieléctricos

Contenidos del tema 3:

3. Materiales Dieléctricos

- 3.1. Conceptos básicos sobre aislantes y dieléctricos
  - 3.2. Comportamiento dieléctrico
  - 3.3. Tipos de polarización
  - 3.4. Propiedades eléctricas
    - 3.4.1. Condensadores. Capacidad y permitividad eléctrica
    - 3.4.2. Polarización
    - 3.4.3. Comportamiento en corriente alterna
    - 3.4.4. Pérdidas y perforación
  - 3.5. Materiales ferroeléctricos. Ferroelectricidad
    - 3.5.1. Modelo de comportamiento
      - 3.5.1.1. El titanato de bario
      - 3.5.1.2. Dominios ferroeléctricos. Histéresis
      - 3.5.1.3. Otros materiales ferroeléctricos
    - 3.5.2. Efecto piezoeléctrico
      - 3.5.2.1. Materiales piezoeléctricos
      - 3.5.2.2. Aplicaciones. Transductores
- (8 horas)

Descripción de las actividades prácticas del tema 3:

Actividades prácticas: Seminario de problemas (5.5 horas)

Práctica de laboratorio: *Medida de propiedades eléctricas de Dieléctricos* (3 horas). El objetivo es medir propiedades eléctricas de materiales dieléctricos, afianzando el concepto de permitividad dieléctrica y pérdidas en estos materiales, así como la utilización de equipación para la determinación de estas magnitudes.

Denominación del tema 4: Conducción Iónica en Estado Sólido

Contenidos del tema 4:

- 4.1. Introducción
  - 4.2. Electrolitos sólidos. Tipos de Portadores
  - 4.3. Mecanismos de la conducción iónica
    - 4.3.1. Defectos y migración de iones
    - 4.3.2. Movilidad iónica
    - 4.3.3. Conductividad iónica
  - 4.4. Materiales conductores iónicos
    - 4.4.1. Características generales de los conductores iónicos
    - 4.4.2. Fusión de la subred
    - 4.4.3. Conductores de Ag<sup>+</sup>
    - 4.4.4. Conductores de O<sup>2-</sup>
      - 4.4.4.1. La circona
  - 4.5. Aplicaciones de los conductores iónicos
    - 4.5.1. Baterías. Batería de ión de litio
    - 4.5.2. Células de combustible. SOFCs
    - 4.5.3. Sensores. Sensores de oxígeno
- (3 horas)

Descripción de las actividades prácticas del tema 4: Seminario de problemas (2 horas)

Denominación del tema 5: Propiedades Ópticas de Sólidos

Contenidos del tema 5:

- 5.1. Introducción
  - 5.1.1. Introducción
  - 5.1.2. Interacción Luz-Materia. Procesos

- 5.1.3. Absorción y Color
- 5.1.4. Coeficientes Ópticos
- 5.1.5. Índice de Refracción y Permitividad Eléctrica
- 5.1.6. Materiales Ópticos
- 5.1.7. Características Físicas del Estado Sólido
- 5.2. Propagación en Medios Ópticos Densos
  - 5.2.1. Osciladores Atómicos
  - 5.2.2. Osciladores Vibracionales
  - 5.2.3. Osciladores de Electrones Libres
- 5.3. Modelo del Dipolo Oscilante
  - 5.3.1. Oscilador Lorentziano
  - 5.3.2. Resonancias Múltiples
  - 5.3.3. Modelos y Comportamiento Real
  - 5.3.4. Ecuaciones de Kramers-Kronig
- 5.4. Dispersión
- 5.5. Anisotropía Óptica: Birrefringencia  
(6 horas)

Descripción de las actividades prácticas del tema 5: Seminario de problemas (2 horas)

Denominación del tema 6: Materiales Magnéticos

Contenidos del tema 6:

- 6.1. Introducción
  - 6.1.1. Campo magnético
  - 6.1.2. Tipos de magnetismo
  - 6.1.3. Efecto de la temperatura
  - 6.1.4. Dominios Ferromagnéticos
- 6.2. Clasificación de los materiales magnéticos
  - 6.2.1. Materiales magnéticos blandos
  - 6.2.2. Materiales magnéticos duros
- 6.3. Ferritas
- 6.4. Superconductores. Comportamiento y tipos.  
(3 horas)

Descripción de las actividades prácticas del tema 6: Seminario de problemas (2 horas)

### Actividades formativas\*

| Horas de trabajo del alumno por tema |       | Horas teóricas | Actividades prácticas |     |     |      | Actividad de seguimiento | No presencial |
|--------------------------------------|-------|----------------|-----------------------|-----|-----|------|--------------------------|---------------|
|                                      |       |                | GG                    | PCH | LAB | ORD  |                          |               |
| Tema                                 | Total | GG             | PCH                   | LAB | ORD | SEM  | TP                       | EP            |
| 1                                    | 7.5   | 2              |                       | 3   |     | 1    |                          | 4.5           |
| 2                                    | 40.5  | 8              |                       |     |     | 4    | 1.5                      | 25            |
| 3                                    | 41.5  | 6              |                       | 3   |     | 5.5  |                          | 25            |
| Examen Parcial                       | 1     | 1              |                       |     |     |      |                          |               |
| 4                                    | 21.5  | 3              |                       |     |     | 2    | 1.5                      | 15            |
| 5                                    | 22    | 5              |                       |     |     | 2    |                          | 15            |
| 6                                    | 15    | 3              |                       |     |     | 2    |                          | 10            |
| <b>Evaluación **</b>                 | 1     | 2              |                       |     |     |      |                          |               |
| <b>TOTAL</b>                         | 150   | 30             |                       | 6   |     | 16.5 |                          | 94.5          |

\*\* Indicar el número total de horas de evaluación de esta asignatura.

GG: Grupo Grande (100 estudiantes).  
 PCH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)  
 LAB: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)  
 ORD: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (30 estudiantes)  
 SEM: clases problemas o seminarios o casos prácticos (40 estudiantes).  
 TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).  
 EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

### Metodologías docentes\*

De entre las metodologías docentes incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

| Metodologías docentes   | Se indican con una "X" las utilizadas |
|---|---------------------------------------|
| 1. Explicación y discusión de los contenidos teóricos   | X                                     |
| 2. Resolución, análisis y discusión de ejemplos de apoyo o de problemas previamente propuestos  | X                                     |
| 3. Exposición de trabajos previamente encargados a los estudiantes  | X                                     |
| 4. Desarrollo en laboratorio, aula de informática, campo, etc., de casos prácticos  | X                                     |
| 5. Resolución de dudas puntuales en grupos reducidos, para detectar posibles problemas del proceso enseñanza-aprendizaje y guía en los trabajos, prácticas y estudio del estudiante | X                                     |
| 6. Búsqueda de información previa al desarrollo del tema o complementaria una vez que se han realizado actividades sobre el mismo   | X                                     |
| 7. Elaboración de trabajos, individualmente o en grupos   |                                       |
| 8. Estudio de cada tema, que puede consistir en: estudios de contenidos, preparación de problemas o casos, preparación del examen, etc.   | X                                     |
| 9. Visitas técnicas a instalaciones   |                                       |

Con anterioridad al inicio de cada tema, los estudiantes tendrán a su disposición las transparencias de clase y las relaciones de problemas a través del campus virtual/reprografía. La metodología que se utilizará en las actividades presenciales de la asignatura es la siguiente:

- Clases magistrales.  
 El profesor explicará los contenidos teóricos de cada tema de la asignatura, siguiendo la estructura siguiente: (1) introducción de la sesión, donde se conecta con el contenido previo y se detallan los objetivos de aprendizaje; (2) desarrollo de contenidos específicos, que constituye el núcleo de la sesión; (3) recapitulación. Como apoyos visuales se emplearán la pizarra y transparencias PowerPoint. A lo largo de la sesión se incentivará la participación activa de los alumnos mediante diferentes actividades (cuestiones, discusiones moderadas por el profesor etc.).
- Clases de ejercicios y problemas  
 Resolución por el profesor de ejercicios y problemas tipo que han sido previamente facilitados a los alumnos con suficiente antelación para que los trabajen de forma no presencial. Se realizará una puesta en común de los resultados, para detectar y corregir posibles errores. Finalmente, se discutirá el

proceso de resolución. Como apoyos visuales se emplearán la pizarra y transparencias PowerPoint.

- **Prácticas de laboratorio**

El profesor facilitará un guión con los objetivos de la práctica. Se explicará el manejo y utilización del instrumental necesario para las medidas experimentales. Los estudiantes elaborarán un informe/memoria al finalizar la actividad.

- **Tutorías programadas**

Se trata fundamentalmente de una actividad de seguimiento y retroalimentación tanto para los estudiantes como para el profesor. También permitirá identificar a aquellos alumnos que tengan dificultades especiales con la materia, para propiciar su asistencia a las tutorías individuales de libre acceso.

### Resultados de aprendizaje\*

Los estudiantes aprenderán a explicar mediante teorías físicas clásicas y cuánticas el comportamiento electromagnético de materiales conductores (electrónicos e iónicos), semiconductores y dieléctricos con respecto a su estructura, así como comprender las bases de los diferentes comportamientos ópticos y magnéticos de los materiales.

### Sistemas de evaluación\*

#### Criterios de evaluación

**1.** Conocimiento y comprensión de los principales conceptos sobre el comportamiento térmico y electromagnético de materiales, desarrollados en la asignatura.

*Relacionado con las competencias CB1, CETE2, CG3, CG10, CT1, CT4, CT6-CT8, CT10*

**2.** Capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas y cuestiones básicas sobre el comportamiento térmico y electromagnético de materiales.

*Relacionado con las competencias CB2, CB3, CETE2, CETE5, CETE7, CG2, CG4, CG10, CT2, CT4, CT6-CT8, CT10*

**3.** Habilidad para la realización individual y en equipo de trabajos prácticos en el laboratorio de propiedades físicas de materiales.

*Relacionado con las competencias CB2-CB5, CG2-CG4, CG10, CT2-10*

**4.** Capacidad del estudiante para el planteamiento y razonamiento lógico, así como la forma de expresarse y la presentación en las diferentes pruebas escritas.

*Relacionado con las competencias CB4, CB5, CG2-4, CG10, CG10, CT2-CT7, CT10*

#### Actividades de evaluación

De entre las actividades de evaluación incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

|   | <b>Rango establecido</b> | <b>Convocatoria ordinaria</b> | <b>Convocatoria extraordinaria</b> | <b>Evaluación global</b> |
|---|--------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 1. Examen final teórico/práctico y/o exámenes parciales acumulativos y/o eliminatorios. | 0%-80%                   | 80                            | 80                                 | 80                       |

|  |        |    |    |    |
|--|--------|----|----|----|
| 2. Aprovechamiento de actividades prácticas realizadas en: aula, laboratorio, sala de ordenadores, campo, visitas, etc.                      | 0%–50% | 20 | 20 | 20 |
| 3. Resolución y entrega de actividades (casos, problemas, informes, trabajos, proyectos, etc.), individualmente y/o en grupo (GG, SL, ECTS). | 0%–50% | 0  | 0  | 0  |
| 4. Participación activa en clase.  | 0%–10% | 0  | 0  | 0  |
| 5. Asistencia a las actividades presenciales.  | 0%–10% | 0  | 0  | 0  |

### **Descripción de las actividades de evaluación**

- Examen final teórico/práctico **(80%)** que constará de dos bloques:

a) Bloque teórico: incluirá cuestiones de desarrollo teórico y/o preguntas tipo test. La calificación máxima que podrá obtener el estudiante en este bloque será de 5 puntos, siendo imprescindible obtener una calificación mínima de 2 puntos.

b) Bloque de ejercicios prácticos: incluirá al menos dos problemas. La puntuación máxima que podrá obtener el estudiante en este bloque será de 5 puntos, siendo imprescindible obtener al menos 2 puntos en este bloque.

Para aprobar la asignatura será necesario obtener una calificación mínima de 5 puntos sobre 10 en el examen final teórico/práctico.

Se realizará un examen parcial que tendrá la estructura descrita anteriormente. Este examen no será obligatorio y si el estudiante obtiene una calificación mínima de 5 puntos sobre 10 (de los que al menos 2 puntos correspondan al bloque teórico y 2 puntos al bloque de ejercicios prácticos) tendrá carácter eliminatorio, *únicamente para la convocatoria ordinaria*.

En el caso de que se elimine, la calificación obtenida en el examen parcial pondrá el 50% de la nota del examen final.

- Memoria de las actividades prácticas realizadas en laboratorio, siempre que el estudiante haya asistido a estas sesiones **(20%)**.

En las convocatorias extraordinarias, la calificación final se obtendrá sumando la calificación obtenida en las actividades NO RECUPERABLES (prácticas de laboratorio) a la obtenida en un examen teórico-práctico, que tendrá la misma estructura y valoración **(80%)** que el de la convocatoria ordinaria.

### **Bibliografía (básica y complementaria)**

#### **Bibliografía básica**

- N.W. Ashcroft y N.D. Mermin, *Solid State Physics*. Brooks Cole, 1976.

- C. Kittel, *Introduction to Solid State Physics, 8<sup>th</sup> Ed.* Wiley-VCH, 2005.
- L. Solymar, D. Walsh; *Electrical Properties of Materials 8th Edition*, Oxford UP 2010

**Bibliografía complementaria**

- No se propone

**Otros recursos y materiales docentes complementarios**

Diapositivas de clase y relaciones de problemas disponibles en reprografía o campus virtual.