



1. Departamento: CIENCIA DE LOS MATERIALES (6509)  
[www.departamento.mt.usb.ve](http://www.departamento.mt.usb.ve)

2. Asignatura: Ciencia de los Materiales II

3. Código de la asignatura: MT2512                      Requisitos: MT2511  
No. de unidades-crédito: 3  
No. de horas semanales: Teoría: 3    Práctica: 2    Laboratorio: 0

4. Fecha de entrada en vigencia de este programa: Enero 2006

**5. OBJETIVO GENERAL:**

Desarrollar competencias en los estudiantes para la selección de materiales en función de la relación entre la microestructura y las propiedades mecánicas de los mismos.

**6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

**Tema 1**

1. Clasificar los tipos de defectos cristalinos e imperfecciones en metales y cerámicas.
2. Describir los defectos puntuales en los materiales metálicos.
3. Definir los términos en la ecuación de Arrhenius y aplicarla para determinar el efecto de la temperatura en el número de vacancias en equilibrio
4. Describir el efecto de la electroneutralidad en la estructura de defectos en cristales iónicos y definir el tipo de defecto que se forma en el material.
5. Describir los tipos de dislocaciones en función de la relación de línea de dislocación y su vector de Burger y dibujar esquemas de las dislocaciones de borde, hélice y mixta.
6. Describir el movimiento de dislocaciones por deslizamiento y escalamiento.
7. Describir y dibujar los defectos de superficie y de volumen que existen en el material
8. Construir un glosario con la definición de los nuevos términos usados en el tema.

**Tema 2**

1. Describir los tipos de soluciones sólidas.
2. Aplicar las reglas de Hume-Rothery para determinar la solubilidad total o parcial de los componentes.
3. Explicar la diferencia de solubilidad del carbono en Fe-bcc y Fe-fcc en función del

4. Describir los diferentes mecanismos atómicos de la difusión en el estado sólido.
5. Resolver problemas de difusión en estado estacionario y no estacionario aplicando las ecuaciones de Fick.
6. Calcular, de manera gráfica y analítica, el coeficiente de difusión en función de la temperatura

### **Tema 3**

- a. Aplicar la regla de las fases en las diferentes regiones de un diagrama para definir el equilibrio de fases.
  - b. Dibujar esquemáticamente las líneas de enfriamiento de componentes puros y aleaciones.
  - c. Dibujar esquemáticamente un diagrama unitario y los diagramas binarios tipo isomorfo y eutéctico. Identificar y nombrar las diferentes líneas y regiones del diagrama.
  - d. Determinar en un diagrama de fases en equilibrio, para una temperatura y composición nominal dadas: las fases en equilibrio, la composición de cada fase, la proporción de las fases y la proporción de los constituyentes de la microestructura.
  - e. Dibujar esquemáticamente la microestructura de equilibrio desarrollada durante el enfriamiento de una aleación desde el estado líquido.
6. Identificar las temperaturas de las reacciones invariantes eutéctica, peritética, eutectoide y transformaciones congruentes en un diagrama de fases complejo y escribir las reacciones invariantes tanto en enfriamiento como calentamiento.
  7. Describir la formación de soluciones sólidas en cerámicas.
  8. Describir la estructura de los diagramas ternarios.
  9. Mezclas físicas de polímeros: Diagramas de fase. Parámetro de interacción de Flory-Huggins. Copolímeros: Separación en nanofases, transición orden-desorden.
  10. Dado el diagrama de fases del Sistema Hierro-Carbono
    - a. Definir el rango de composición de los aceros y fundiciones
    - b. Identificar los constituyentes de la microestructura de los aceros hipoeutectoides e hipereutectoides.
    - c. Calcular las fracciones de masa de los constituyentes de la microestructura, justo por debajo de la temperatura eutectoide y a temperatura ambiente.
    - d. Dibujar esquemáticamente la microestructura de diferentes aceros a la temperatura ambiente.

e. Dibujar esquemáticamente la microestructura de diferentes aceros a la temperatura ambiente.

#### **Tema 4**

1. Naturaleza de los líquidos. Solidificación.
2. Describir el efecto de la fuerza motriz y de la difusión en la velocidad de transformación de fases, en términos de nucleación y crecimiento. Calcular el radio crítico y la energía de activación de un núcleo esférico en la nucleación homogénea.
3. Dibujar las curvas fracción transformada versus logaritmo del tiempo para diferentes temperaturas.
4. Describir la ecuación de Avrami que define el comportamiento de la gráfica.
5. Relacionar las curvas temperatura-tiempo-transformación con las curvas de nucleación y crecimiento y con la ecuación de Avrami.
6. Relacionar las curvas temperatura-tiempo-transformación con las curvas de nucleación y crecimiento y con la ecuación de Avrami.
7. Explicar en términos de la microestructura el comportamiento mecánico de los siguientes constituyentes del acero: ferrita, perlita gruesa, perlita media, perlita fina, bainita, esferoidita, martensita y martensita revenida.
8. Diseñar tratamientos térmicos para obtener una determinada microestructura del acero tanto en diagramas de transformación isotérmica como de transformación continua.
9. Describir el término "Templabilidad" y explicar el efecto de los elementos aleantes y el tamaño de grano en la templabilidad del acero.
10. Describir el efecto de la temperatura y el tiempo en las propiedades de la martensita revenida en función del cambio microestructural.
11. Deducir la Ecuación de Gibbs-Thompson para polímeros. Determinar la temperatura de fusión en equilibrio a través de las curvas de Hoffman-Weeks.
12. Entender la termodinámica de la nucleación primaria en polímeros. Aplicar la ecuación de Avrami para el estudio de la cinética de cristalización. Determinar la velocidad de crecimiento esferulítico.

## 7. CONTENIDOS:

**Tema 1: Defectos de la red cristalina:** defectos puntuales: átomos sustitucionales, intersticiales y vacancias. Número de vacancias en equilibrio. Defectos puntuales en cerámicas. Defectos de línea. Dislocaciones de arista, de hélice y mixtas. Sistemas de deslizamiento. Deslizamiento y ascenso de dislocaciones. Densidad de dislocaciones. Defectos de superficie: fallas de apilamiento, maclas, bordes de grano-tamaño de grano. Defectos de volumen: inclusiones, porosidad, fisuras.

**Tema 2. Soluciones sólidas en metales-Difusión.** Soluciones sustitucionales. Reglas de Hume-Rothery. Soluciones intersticiales. Movimientos atómicos: Difusión. Mecanismos de difusión. Primera Ley de Fick. Segunda ley de Fick, tratamientos superficiales. Efecto de la temperatura en la difusión. Difusión por volumen y por bordes de grano.

**Tema 3. Diagramas de fases.** Clasificación. Diagrama unitario. Regla de las fases de Gibbs. Diagrama isomorfo. Curvas de enfriamiento. Regla de la palanca. Sistema binario eutéctico. Transformación eutéctica. Desarrollo de la microestructura. Reacciones invariantes. Transformación congruente. Soluciones sólidas en cerámicas. Diagramas ternarios. Mezclas físicas de polímeros. Copolímeros.

**Tema 4. Transformaciones de fases:** Nucleación homogénea. Nucleación heterogénea. Crecimiento. Velocidad de transformación. Diagrama hierro-cementita y sus reacciones invariantes. Aceros y fundiciones. Tratamientos térmicos de los aceros: Transformación isotérmica y transformación continua. Templabilidad. Martensita en aceros. Efectos de los aleantes. Revenido. Ecuación de Gibbs-Thompson en polímeros. Nucleación primaria y secundaria. Análisis de Avrami en la cristalización de polímeros. Fusión en polímeros.

**Tema 5. Materiales sinterizados y compuestos:** Sinterización. Fuerza motriz de la sinterización. Sinterización en el estado sólido. Porosidad. Sinterización mediante líquido reactivo. Materiales compuestos. Clasificación. Anisotropía de los materiales compuestos. Compuestos reforzados por dispersión de partículas. Compuestos reforzados por fibras. Características de las fibras. (Este tema se cubrirá con la preparación de una monografía).

## **8. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS, DIDACTICAS O DE DESARROLLO DE LA ASIGNATURA:**

Las estrategias metodológicas para que los estudiantes alcancen los aprendizajes consistirán fundamentalmente en:

1. Clases magistrales para la presentación de la asignatura con el uso de pizarrón y láminas de transparencias.
2. Sesiones de discusión, pregunta-respuesta en cada clase para verificar la comprensión de los temas presentados.
3. Asignación de tareas semanales con el fin de ayudar al estudiante a mantener la materia al día y consolidar conocimientos.
4. Trabajo en grupo en el cual los estudiantes presentaran una monografía para cubrir los objetivos del tema.
5. Sesiones semanales de 1 hora de Ejercicios y/o Problemas. Alumnos de la asignatura, profesor (es) y preparador. La lista interna de correo está concebida como un espacio para promover la interacción entre los estudiantes sobre temas relacionados con la asignatura. Enviar consultas o inquietudes que pueden ser respondidas entre los mismos compañeros, donde el profesor interviene como moderador. A través de este correo los estudiantes también podrán recibir la asignación de ejercicios, información sobre cambios en la programación de actividades, resultados de la evaluación etc.

## 9. FUENTES DE INFORMACIÓN:

- Libro texto                      Callister, W.D., "Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales". Editorial Reverté , S.A. 1995
- Libros de referencia:        Askeland, D. R., "Ciencia e Ingeniería de los Materiales", 3ra edición, Internacional Thomson Editores 1998.
- Shackelford, J. F., "Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros", 4ª edición, Prentice Hall, Inc., 1998.
- Mangonon, Pat. L, "Ciencia de Materiales: selección y diseño" Prentice Hall Mexico, 2001.
- Young, R.J. "Introduction to Polymers", Chapman & Hall, 1994.
- Páginas Web:                    Phase diagrams and solidification: University of Cambridge. DoITPoMS Teaching and Learning Packages: <http://www.msm.cam.ac.uk/doitpoms/tplib/phase-diagrams/index.php>
- The Jominy end quench test: University of Cambridge. DoITPoMS Teaching and Learning Packages: <http://www.msm.cam.ac.uk/doitpoms/tplib/phase-diagrams/index.php>
- Notas personales:              Viloría L. Nucleación-Crecimiento-Solidificación. MT-2512, 2007.