

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Transiciones de Fase
Clave de la asignatura:	MAE-1029
SATCA¹:	3-1-4
Carrera:	Ingeniería en Materiales

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Materiales los fundamentos teóricos que le permiten explicar y distinguir los mecanismos de las transformaciones de fase en el estado sólido, lo que le permitirá seleccionar y establecer los parámetros de procesamiento óptimos para adecuar las propiedades de un material.

Como esta materia se soporta en otras presentes en la curricula, se sugiere se ubique partir del sexto semestre una vez que el estudiante posee las siguientes competencias: conoce e interpreta diagramas de equilibrio y las reacciones isotérmicas que originan las diferentes estructuras de la asignatura de Diagramas de equilibrio. También debe ser capaz de identificar la naturaleza de los defectos cristalinos y mecanismos de difusión abordados en la asignatura de Física del estado Sólido. Debe dominar temas como nucleación (homogénea y heterogénea) y crecimiento; mecanismo básico para el desarrollo de una transformación que se dan tanto durante el proceso de solidificación como en el caso de transiciones de fase en estado sólido.

De asignaturas como caracterización estructural y comportamiento mecánico debe ser capaz de seleccionar la técnica de caracterización estructural adecuada para evaluar la microestructura y propiedades de los materiales, respectivamente.

La asignatura de Transiciones de Fase, es una asignatura que apoyará a otras como tratamientos térmicos ya que el alumno poseerá las competencias que le permitirán explicar los mecanismos de transformación de una fase, así como la respuesta de un material a la aplicación de un Tratamiento Térmico.

Como actividad integradora de la asignatura se pretende que al concluir la misma el estudiante explique con el lenguaje técnico científico apropiado el mecanismo de transformación involucrado y lo relacione con la morfología del producto estructural y propiedades del mismo.

Intención didáctica

El temario de la asignatura de Transiciones de Fase se organiza en cinco temas, en los cuales se incluyen tanto aspectos teóricos como de aplicación. El primer tema introduce al estudiante en los fundamentos que gobiernan la cinética de una transición de fase, por lo que se establece de manera precisa la clasificación de las transformaciones de fase, las etapas de una transformación poniendo especial atención en el cálculo e interpretación de los parámetros cinéticos

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

En el segundo tema se estudian las transformaciones en estado sólido controladas por procesos de difusión continua y discontinua, en la que el grado de avance de la reacción es una función del tiempo. En este tema es importante que el estudiante identifique y reconozca sistemas de aleación metálica y no metálica que experimentan transformaciones de tipo difusional y relacione las mismas con la microestructura y sus propiedades.

El mecanismo de transformación adifusional o cizallante se estudia en el tercer tema. Al estudiante debe quedar perfectamente claro que se trata de un mecanismo de transformación completamente opuesto al estudiado en el segundo tema, que se caracteriza por velocidades de reacción muy rápidas que no dependen del tiempo. Igual que en el segundo tema el estudiante debe identificar sistemas metálicos y no metálicos que experimentan este tipo de transformaciones y sus implicaciones sobre la morfología de la estructura y sus propiedades.

En el cuarto tema el estudiante debe analizar y comprender los fundamentos relacionados con las transformaciones que tienen una doble naturaleza al ser controladas tanto por procesos de difusionales como cizallantes (estudiadas en el segundo y tercer tema). Es importante hacer énfasis que una combinación de ambos mecanismos de transformación conducen a la formación de una estructura con propiedades y características morfológicas nuevas y distintas a las que se obtienen por los procesos individuales. Igual que en los casos precedentes debe indagar sobre sistemas que presentan este tipo de mecanismos de transformación y su importancia en el ámbito industrial y de investigación.

Finalmente, en el tema cinco, se realiza la descripción de otras transformaciones de importancia científica e industrial en el desarrollo de materiales avanzados como son las reacciones en fase condensada y las transformaciones en materiales amorfos.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía pero también el trabajo colaborativo, la tolerancia hacia sus compañeros, a sus ideas y enfoques, además debe tomar en cuenta sus responsabilidad social y el respeto al medio ambiente.

El profesor de la asignatura de “Transiciones de Fase”, debe poseer las competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales que le permitan explicar y precisar el sentido y alcance de la asignatura considerando no solo el conocimiento significativo en un contexto determinado, sino también su relación con el entorno local, nacional o internacional, de tal forma que los estudiantes obtengan la formación teórica-práctica que contribuya al logro de las competencias del Ingeniero en Materiales para su inserción profesional en el ámbito industrial, de servicios o de investigación.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec del 9 al 13 de noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Zacatecas del 12 al 16 de abril de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, del 24 al 27 de junio de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Victoria, Chihuahua, Irapuato, Morelia, Querétaro, Saltillo y Zacatecas.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Carreras de Ingeniería en Energías Renovables, Ingenierías en Geociencias, Ingeniería en Materiales y Licenciatura en Biología del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Saltillo.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Aplica los fundamentos teórico – científicos para identificar de manera precisa el mecanismo de transformación de un material metálico o no metálico y su relación con las propiedades y aplicación de ellos.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Comprende las propiedades físicas de los materiales a través del estudio de la estructura electrónica y cristalina de los sólidos para determinar su aplicación. • Aplica las diferentes técnicas de caracterización estructural para el análisis de muestras interpretando la información obtenida de acuerdo a la técnica empleada. • Aplica los conceptos de nucleación y crecimiento en la formación de una nueva fase. • Interpreta diagramas de equilibrio. • Aplica las técnicas adecuadas para evaluar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Cinética de las transformaciones de fase	1.1 Clasificación de las transformaciones de fase 1.2 Nucleación homogénea y heterogénea 1.3 Crecimiento 1.4 Cinética de las transformaciones y cálculo de constantes empíricas 1.5 Métodos de medición de la cinética de una transformación
2	Transformaciones controladas por difusión	2.1 Características de las transformaciones difusionales 2.2 Transformaciones por difusión a corta distancia: 2.2.1 Alotrópica 2.2.2 Masiva (polimórfica) 2.3 Transformaciones por difusión a gran distancia 2.3.1 Precipitación continua 2.3.2 Precipitación discontinua 2.3.3 Reacción eutectoide 2.4 Análisis de transformación perlítica en aleaciones Fe-C 2.5 Ejemplos de transformaciones difusionales en otros sistemas metálicos y cerámicos
3	Transformaciones controladas por procesos adifusionales o cizallantes	3.1 Características de las transformaciones cizallantes 3.2 Transformación martensítica en aleaciones Fe-C 3.3 Transformaciones cizallantes en sistemas de aleación no ferrosa 3.4 Efecto de memoria de forma
4	Transformaciones de naturaleza mixta	4.1 Características de las transformaciones mixtas 4.2 Morfología de bainita 4.3 Cinética de la transformación bainítica 4.4 Otros ejemplos de transformaciones mixtas
5	Otras transformaciones	5.1 Condensación 5.2 Materiales amorfos

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Cinética de las Transformaciones de Fase	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Explica y aplica los principios básicos que gobiernan la cinética de una transformación tomando en consideración las etapas de	<ul style="list-style-type: none"> Consultar en distintas fuentes de información la clasificación de las transformaciones y las distingue de las que ocurren en estado sólido. Describir las características de los procesos

<p>nucleación y crecimiento para obtener los parámetros cinéticos que la rigen.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico prácticos 	<p>de nucleación homogénea y heterogénea.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deducir la ecuación que define el tamaño del núcleo crítico y trabajo necesario para la nucleación homogénea y heterogénea, • Establecer las características de los sustratos para nucleación heterogénea • Establecer y analizar la influencia del grado de sobreenframiento sobre el tamaño del núcleo crítico y trabajo necesario para la nucleación, además debe resolver problemas relacionados e interpretar sus resultados • Deducir la ecuación para estimar la velocidad de nucleación y establecer la influencia de la temperatura en dicha ecuación • Investigar la ecuación para estimar la velocidad de crecimiento y analizar la influencia de la temperatura en dicha ecuación • Consultar en distintas fuentes de información que es curva sigmoideal y su relación con la velocidad de una transformación. • Resolver problemas sobre cinética de una transformación aplicando la ecuación de Jhonson – Mehl, obtener los parámetros cinéticos: Orden de la reacción (n) y velocidad de reacción (k) e interpretar los resultados • Aplicar la ecuación de Arrhenius para estimar la energía de activación (Q).
<p>Transformaciones Controladas por la Difusión</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Analiza las características de las transformaciones controladas por procesos difusivos para explicar la influencia de la temperatura y tiempo en la cinética de la transformación y la morfología del producto estructural obtenido</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidad en el uso de tecnologías de 	<ul style="list-style-type: none"> • Argumentar y discutir en sesión plenaria las características de las transformaciones activadas térmicamente. • Explicar el mecanismo de transformaciones difusionales a corta distancia, incluyendo ejemplos de sistemas en los que se presentan • Investigar y discutir las características de las transformaciones a gran distancia, haciendo énfasis en las diferencias de los procesos que ocurren en forma continua y discontinua. • Investigar y explicar el proceso de transformación de una reacción eutectoide, • Establecer de manera precisa la influencia de

<p>información y comunicación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico prácticos 	<p>la temperatura sobre la fineza de la estructura y cinética de la reacción. Resolver problemas relacionados con la cinética de la reacción perlítica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Justificar la influencia de la temperatura y velocidad de transformación sobre la fineza de la perlita y su relación con las propiedades • Investigar y presentar en plenaria ejemplos de reacciones difusionales en otros sistemas metálicos, así como en sistemas cerámicos.
<p>Transformaciones Controladas por Procesos Adifusionales o Cizallantes</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Analiza las características de las transformaciones cizallantes para identificar sus propiedades y microestructura y distinguirlas de las que se generan por procesos difuviso. Identifica ejemplos de transformaciones adifusionales en sistemas metálicos y no metálicos y sus aplicaciones en las diferentes áreas.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico prácticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un análisis de las características de la transformación martensítica • Investigar ejemplos de sistemas metálicos y cerámicos que presenten transformaciones tipo martensítico • Identificar y explicar la influencia los parámetros que afectan la cinética de una transformación de tipo cizallante. • Realizar ensayos de artículos técnico-científico sobre la transformación martensítica y los fenómenos de memoria de forma. • Investigar las condiciones que facilitan las transiciones adifusionales. • Resolver problemas relacionados con transformaciones de tipo cizallente
<p>Transformaciones de Naturaleza Mixta</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Identifica y analiza las características de las transformaciones cizallantes para establecer de manera precisa las diferencias microestructurales y en propiedades de las mismas.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir en sesión plenaria las características de las transformaciones mixtas. • Documentar y explicar las características de la transformación bainítica en aceros, indicando de manera precisa la influencia de la temperatura sobre la morfología y propiedades de la bainita. • Establecer el mecanismo de descomposición de la austenita en ausferrita en aleaciones base hierro- carbono precisando el papel que

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico prácticos. 	<p>juega el silicio sobre el producto de la reacción.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar ensayos y presentación en clase de artículos técnico-científicos sobre transformaciones tipo bainítica en diferentes tipos de sistemas metálicos y no metálicos
Otras Transformaciones	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Identifica y establece los parámetros que gobiernan las transformaciones en fase condensada y las transformaciones amorfas.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la interpretación de resultados teórico prácticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir en sesión plenaria las características de las transformaciones en fase condensada • Investigar y discutir en sesión plenaria las características de las transformaciones en materiales amorfos • Realizar ensayos y presentación en clase de artículos técnico-científicos sobre estas transformaciones

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Construir la curva sigmoideal que representa la cinética de una reacción mediante el uso de datos teóricos o experimentales. • Calcular las constantes cinéticas de una transformación a partir de los datos de la práctica numero 1 • Elaborar un a álbum de microestructuras obtenidas por procesos difusivos, mixtos y cizallantes indicando al menos tres características distintivas del mecanismo generador de cada estructura. • Evaluar propiedades mecánicas o físicas de estructuras originadas por mecanismos difusivos, mixtos o cizallantes.
--

9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentación: marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo. • Planeación: con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial,

social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.

- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

- Exámenes escritos para una evaluación individual acerca de: Conocimientos previos (diagnóstico) y Dominio de temas (incluidos en el curso)
- Reportes escritos sobre las investigaciones realizadas en forma: Individual a fin de evaluar el auto-aprendizaje según el nivel de calidad mostrado en el reporte y en equipo para evaluar habilidades de trabajo en equipo a través de cuestionarios elaborados por los miembros del equipo con el fin de que se evalúen unos a otros y se autoevalúen.
- Proyecto integrador.

11. Fuentes de información

1. Porter, D.A. y Easterling, K.E. (1992). *Phase transformation in Metals and Alloys*. CRC, Press; ISBN: 978-0-442-31638-9
2. Burke, J. (1965) *The Kinetics of the Phase Transformations in Metals*, better World Books, Mishawaka, USA.
3. Rhines, F.N. (1999) *Phase Diagrams in Metallurgy*, Ed. McGraw-Hill.
4. ASM, (2005). *Metals Handbook, vol. 4, Heat Treating*, ASM Int., USA
5. Redd- Hill, R.E. (1971) *Principios de Metalurgia Física*. Ed. C.E.C.S.A.
6. Askeland, D.A. (2000). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Ed. Thomson.
7. Smith, L.D. (2000). *Thin film deposition: Principles and practice*. Mc. Graw Hill
8. www.annualreviews.org/aronline.
9. Bhadesia, H.K.D., (2001). *Bainite in steels: Transformation, microstructure and properties*. Published by The Institute of Materials
10. Artículos técnico científicos de los temas analizados en la asignatura.