



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

1. DATOS GENERALES DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE (UA) O ASIGNATURA			
Nombre de la Unidad de Aprendizaje (UA) o Asignatura			Clave de la UA
Física de Materia Condensada			I6031
Modalidad de la UA	Tipo de UA	Área de formación	Valor en créditos
Escolarizada	Curso Taller	Formación Básica Particular	7
UA de pre-requisito	UA simultaneo	UA posteriores	
Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Horas totales de teoría	Horas totales de práctica	Horas totales del curso	
34	34	68	
Licenciatura(s) en que se imparte		Módulo al que pertenece	
Licenciatura en Física		Módulo 2: Disciplinas y metodologías fundamentales de la física	
Departamento		Academia a la que pertenece	
Física		Academia de Ciencia de Materiales	
Elaboró		Fecha de elaboración o revisión	
Dr. Carlos Rafael Michel Uribe		09/10/2017	

~~Carlos Rafael Michel Uribe~~ ~~[Signature]~~ ~~[Signature]~~ ~~[Signature]~~  
M.A. Santana ~~[Signature]~~ ~~[Signature]~~ ~~[Signature]~~ ~~[Signature]~~  
~~[Signature]~~ ~~[Signature]~~ ~~[Signature]~~ ~~[Signature]~~



2. DESCRIPCIÓN DE LA UA O ASIGNATURA

Presentación

La Física de Materia Condensada tiene como objetivo que los alumnos obtengan los conocimientos básicos relativos a los enlaces que tienen los átomos e iones en sólidos, la estructura cristalina o arreglo periódico que posee la materia, los defectos que generalmente existen en la mayoría de los sólidos así como las propiedades físicas y químicas de los sólidos cristalinos. Para lograr tal objetivo es necesario aplicar conceptos básicos de Química, Mecánica Cuántica, Electromagnetismo y Física Moderna. La Física de la Materia Condensada tiene una vinculación directa con muchos avances tecnológicos cuyos productos son de amplio conocimiento de la población en general, como las telecomunicaciones (teléfonos celulares, comunicación por cable y bluetooth, etc), equipo de cómputo, entretenimiento e impresión (televisión, ipads, computadoras, satélites artificiales, impresoras 3D, etc), dispositivos de conversión de energía (celdas de combustible, baterías, etc), medios de transporte (automóviles, trenes, etc.) por mencionar las más importantes. Podría considerarse que es un curso que por su naturaleza responde a muchas interrogantes que alguna vez nos hemos planteado en relación a avances tecnológicos, los cuales están basados en el desarrollo de materiales y el estudio de sus propiedades. Muchos de estos materiales no se encuentran en la naturaleza y deben sintetizarse en laboratorio y una vez obtenidos de forma pura, enfocarse en el estudio de su estructura y propiedades. De forma resumida el curso de Física de Materia Condensada busca proporcionar conceptos básicos tanto teóricos como experimentales a los alumnos de la Licenciatura en Física para que como profesionistas puedan participar en grupos interdisciplinarios de investigación y/o desarrollo de tecnología.

La base de la Física de Materia Condensada son las mediciones, es decir todos los conceptos que se exponen en éste curso son medibles, por tal motivo, una parte importante de él consistirá en efectuar medidas y observaciones de materiales reales y la correcta interpretación y comparación de los resultados.

El alumno desarrollará habilidades de análisis y síntesis de conocimientos, así como habilidades de comunicación oral y escrita. Podrá ser capaz de interpretar correctamente los resultados experimentales obtenidos de equipos científicos modernos, que pueden ser de gran importancia en su formación profesional.

Relación con el perfil

Modular

Esta materia se encuentra integrada en el módulo de: Disciplinas y Metodologías Fundamentales de la Física. El desempeño del estudiante en esta materia le permitirá adquirir experiencia en el análisis, desarrollo y evaluación de proyectos. En particular, en esta materia se pretende que puedan asimilar los conceptos de Física de Materia Condensada, a través de una serie de ejercicios y prácticas de laboratorio.

De egreso

Esta materia contribuye al desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior (pensamiento analítico, pensamiento crítico, interpretación de resultados experimentales, solución de problemas y estrategias de comunicación), además fomenta la creatividad, iniciativa y el gusto por el trabajo en laboratorio. También desarrollará una mente inquisitiva e imaginativa en los estudiantes.

Competencias a desarrollar en la UA o Asignatura

Transversales

Utiliza el lenguaje formal de la Física para interactuar con otros profesionales en la búsqueda de soluciones a problemas de impacto social  
Interpreta fenómenos reales a partir del uso de conceptos de materia condensada  
Elabora proyectos con base en un trabajo colaborativo organizado y eficaz  
Estructura argumentos lógicos para defender una opinión personal  
Plantea hipótesis para resolver alguna situación

Genéricas

Establece relaciones de dependencia entre la estructura cristalina y defectos cristalinos con las propiedades físicas de los sólidos  
Interpreta resultados experimentales de estructura cristalina y los relaciona con características macroscópicas de materiales comunes  
Analiza las propiedades físicas de los sólidos y los relaciona con el tamaño de partícula, tipo de estructura cristalina y enlace

Profesionales

Emplea equipamiento experimental para el análisis de materiales e interpreta y compara los resultados obtenidos con los ya publicados en fuentes reconocidas a fin de confirmar la veracidad de los resultados.  
Propone solución a problemas de manufactura y estrategias de investigación (temprana) en el área de Física de Materia Condensada a partir del análisis de materiales.

Handwritten signature on the left margin.

Handwritten signature on the right margin.

Handwritten signature on the right margin.

Handwritten signature: M.A. Santana A.

Handwritten signature: Jumb B.

Handwritten signature.

Handwritten signature.

Handwritten signature.



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

problemática, a partir de un proceso de investigación  
 Expresa ideas a través de un uso correcto del lenguaje escrito y oral, con énfasis en la comunicación en un idioma extranjero (inglés)

## Saberes involucrados en la UA o Asignatura

<b>Saber (conocimientos)</b>	<b>Saber hacer (habilidades)</b>	<b>Saber ser (actitudes y valores)</b>
<p>Repaso de números cuánticos y principio de exclusión de Pauli            Descripción de los tipos de enlaces            Análisis de la constante de Madelung            Análisis de las reglas de Pauling            Explicación de las redes de Bravais e índices de Miller            Deducción de la ley de Bragg de difracción y explicación del concepto de interferencia constructiva            Análisis de las operaciones de simetría            Interpretación de patrones de difracción de rayos X (práctica de laboratorio)            Defectos cristalinos tipo Schottky y Frenkel            Explicación del vector de Burgers y dislocaciones            Fuentes de dislocaciones            Observación de superficies de materiales por microscopía electrónica de barrido (práctica de laboratorio)            Propiedades mecánicas de sólidos            Comportamiento esfuerzo-deformación            Teoría atómica de la difusión            Difusión en un gradiente de concentración            Análisis de las Leyes de Fick            Efecto Kirkendall y su verificación experimental            Propiedades eléctricas de sólidos            Aislantes eléctricos, semiconductores y metales            Tipo de portadores de carga            Efecto Hall            Teoría de bandas            Capacitancia y materiales dieléctricos            Medición de propiedades eléctricas de un semiconductor y de un metal</p>	<p>Identifica y organiza la información que se requiere para resolver un problema            Acuerda metas en común para organizar el trabajo en equipo, con una perspectiva equitativa            Discrimina y analiza información relevante            Analiza las propiedades físicas de sólidos y los relaciona con la estructura cristalina y tipo de enlace.            Interpreta los resultados de difracción de rayos X y los relaciona con la simetría de los sólidos            Cuantifica las propiedades mecánicas de sólidos y los relaciona con los defectos presentes            Expone de forma oral y en inglés un tema de actualidad de la física de la materia condensada y lo relaciona con el contenido del curso            Analiza la información de la microestructura y composición de los materiales y los vincula con los defectos cristalinos</p>	<p>Honestidad: respetar la propiedad intelectual y hacer referencia a trabajos previos            Valorar el empleo de herramientas computacionales en el modelado matemático de fenómenos reales.            Muestra seguridad al hablar y transmitir información            Cumple con los acuerdos establecidos en equipo            Escucha la opinión de sus compañeros y expresa la suya con apertura            Presenta sus productos en tiempo y forma, de tal manera que demuestra interés y cuidado en su trabajo</p>

## Producto Integrador Final de la UA o Asignatura

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*M.A. Santana*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

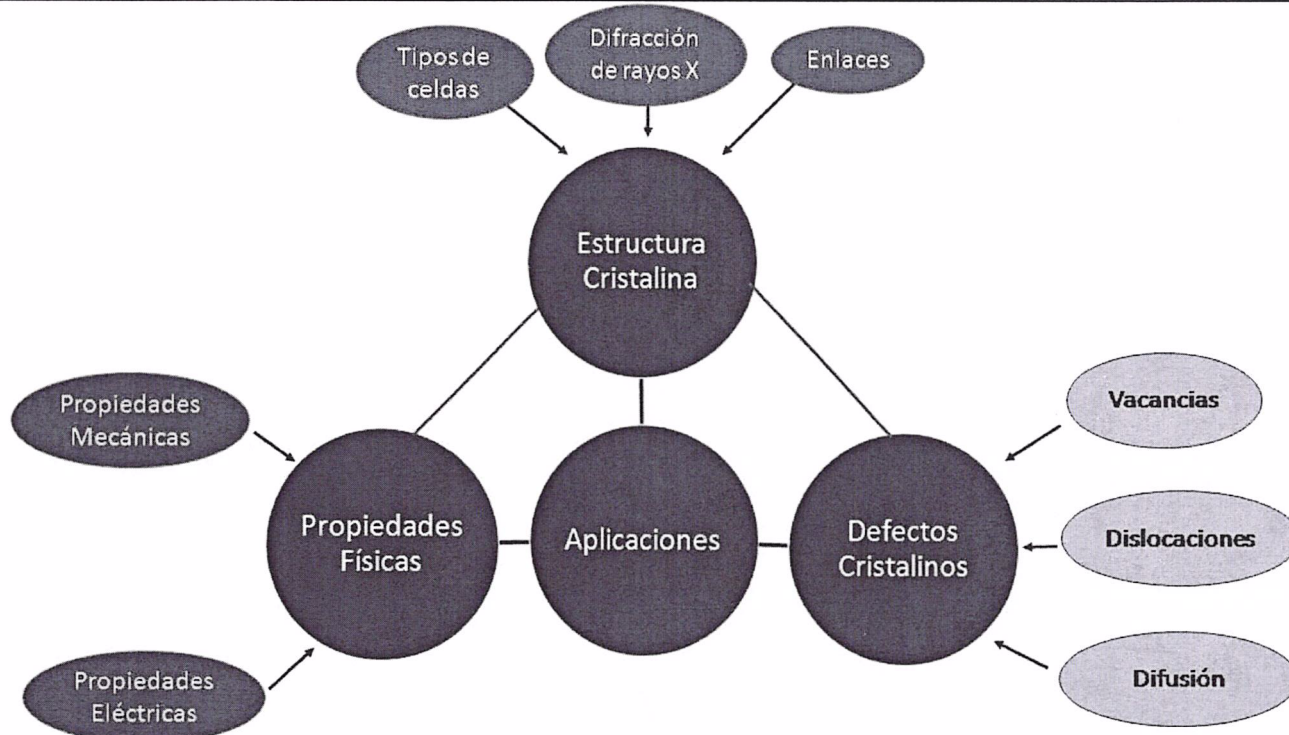
**Título del Producto:** Preparación de un material utilizando el método de biomineralización

INTEGRADOR DE LAS COMPETENCIAS.

**Objetivo:** Emplear el método de biomineralización para replicar las características microestructurales presentes en la naturaleza

**Descripción:** Elegir un material de origen biológico (planta, molusco, insecto) y emplear el método de biomineralización con el fin de replicar su morfología. Análisis del material mediante difracción de rayos X y observación de la microestructura mediante microscopía electrónica. Con el fin de fomentar una disciplina colaborativa entre los estudiantes, este trabajo será desarrollado por equipos de tres alumnos. El resultado tangible obtenido por cada equipo de trabajo se presentará al final del curso, así como también un informe escrito donde se detalle los reactivos y materiales utilizados, la metodología empleada en cada paso del proceso, la explicación de sus resultados así como conclusiones y un listado de la información consultada para desarrollar este trabajo.

## 3. ORGANIZADOR GRÁFICO DE LOS CONTENIDOS DE LA UA O ASIGNATURA



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

## 4. SECUENCIA DEL CURSO POR UNIDADES TEMÁTICAS

### Unidad temática 1: ENLACE ATÓMICO Y ESTRUCTURA CRISTALINA.

**Objetivo de la unidad temática:** Conocer los tipos de enlaces entre átomos e iones en la materia condensada. Identificar los tipos de celdas cristalinas que tienen los materiales en la naturaleza y qué tipo de operadores de simetría pueden aplicarse. Conocer el potencial de una técnica de análisis ampliamente usada en esta área de la física: difracción de rayos X en polvo.

**Introducción:** Esta unidad temática permite interpretar y construir un modelo que ilustra la periodicidad en la interacción electrostática entre los diferentes iones que forman un sólido y conduce a la determinación de la constante de Madelung. Además, esta unidad permite al alumno relacionar las dimensiones de un arreglo periódico de átomos con resultados experimentales de gran precisión mediante el uso de la técnica analítica apropiada (difracción de rayos X).

Contenido temático	Saberes involucrados	Producto de la unidad temática		
<b>Temas</b> Números cuánticos y principio de exclusión de Pauli Electronegatividad Enlace iónico y constante de Madelung Enlaces covalente y metálico Fuerzas de Van der Waals Reglas de Pauling y estructuras cristalinas Redes de Bravais e índices de Miller Difracción de Rayos X por cristales Simetría	Interpreta los fenómenos en términos matemáticos Reafirma los conceptos de números cuánticos y orbitales moleculares y los vincula con la distribución electrónica y propiedades de diversos elementos Comprende y construye un modelo matemático y lo implementa en un programa computacional para poder predecir la constante de Madelung Desarrolla cálculos para obtener la densidad teórica y el factor de empaquetamientos en celdas cristalinas unitarias Determina de forma apropiada los índices de Miller para posiciones de átomos, direcciones y planos cristalinos Identifica las ideas clave en los operadores de simetría e investiga sustancias en donde aplicarlos Profundiza sus conocimientos de cristalografía básica mediante la solución de problemas Fomenta el aprendizaje autónomo mediante el estudio de diversas fuentes Desarrolla la capacidad de comunicación mediante la exposición de un tema disciplinar en el idioma inglés Construye un modelo a base de esferas y barras de una celda unitaria cúbica Interpreta correctamente el patrón de difracción de rayos X obtenido de forma experimental de un material común y lo identifica con el resultado de una base de datos de difracción de rayos X: International Centre for Diffraction Data (ICDD).	Solución de problemas de cristalografía básica Algoritmo para determinar la constante de Madelung, así como los resultados obtenidos de este algoritmo Reporte de práctica de difracción de rayos X en polvo		
Actividades del docente	Actividades del estudiante	Evidencia de la actividad	Recursos y materiales	Tiempo destinado
Identificar los conocimientos previos que los alumnos tienen acerca de mecánica cuántica,	Repaso de conceptos básicos: números cuánticos, principio de exclusión de Pauli, etc	Participación en clase anotada en la lista	- Callister W.D. Materials Science and Engineering.	2 horas

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature: M.A. Santana A.]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

en particular de números cuánticos y su significado		correspondiente de SIIAU	An Introduction. 7 <sup>th</sup> Ed. J. Wiley, 2007 - Kittel, Charles. Introduction to Solid State Physics. 7 <sup>th</sup> Edition J. Wiley, 1996	
Explicar los tipos de estructuras cristalinas Solución de problemas del libro de texto	Identificar los diferentes tipos de estructuras cristalinas y determinar su factor de empaquetamiento. Calcular los primeros términos de la serie matemática mediante la cual se obtiene la constante de Madelung Identificar los diferentes tipos de enlaces atómicos y las propiedades físicas y químicas que determinan Determinar los índices de Miller para planos cristalinos de celdas cúbicas Resolver problemas seleccionados de textos de cristalografía	Participación en clase anotada en la lista correspondiente de SIIAU	- Rohrer G.S. Structure and Bonding in Crystalline Materials. Cambridge University Press, 2001	8 horas
Proponer temas de exposición donde se vea reflejada la relación entre estructura cristalina y tipo de enlace con las propiedades de un sólido	Presentación individual de un tema propuesto por el profesor y vincularlo con los temas expuestos en clase	Presentación en clase de los temas por cada alumno (envían su presentación via email al profesor)	Recursos disponibles en: <a href="http://wdg.biblio.udg.mx/">http://wdg.biblio.udg.mx/</a>	4 horas
Resaltar la relevancia de la difracción de rayos X en el estudio de sólidos cristalinos	Deducir la ley de Bragg y explicar el fenómeno de interferencia constructiva	Entregar un modelo a base de esferas y barras de una celda unitaria cúbica	- Wells A.F., Structural Inorganic Chemistry; 5 <sup>th</sup> Edition; Clarendon Press: Oxford, 1984	4
Estudio de difracción de rayos X de sustancias comunes tales como sal, cobre, azúcar, aluminio y grafito	Interpretación de patrones de difracción de rayos X Presentación por grupos de estudiantes de práctica de laboratorio	Reporte de difracción de rayos X y la interpretación de los resultados experimentales	Difractómetro de rayos X en polvo marca Panalytical Material de cristalería y mortero para preparación de muestras para su análisis por difracción de rayos X	2
Capacitar en el uso de la base de datos de difracción ICDD	Conocer las diferentes funciones del software de cristalografía	Entregar un reporte impreso de la actividad	Acceso a la base de datos de difracción de rayos X ICDD	4
Evaluar los procesos de aprendizaje de los alumnos	Contestar el examen	Examen de la unidad	Libros ya mencionados	2

## Unidad temática 2: DEFECTOS CRISTALINOS Y MOVILIDAD ATÓMICA (DIFUSIÓN)

### Objetivo de la unidad temática

**Introducción:** El aprendizaje de ésta unidad temática permite conocer los diferentes tipos de defectos cristalinos que se presentan en los sólidos y el

M.A. Santana A.

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

efecto que estos tienen en las propiedades. Exponer la importancia del dopaje de materiales y la presencia de defectos cristalinos para mejorar las propiedades de conducción en semiconductores y la dureza en aceros y materiales metálicos. Exponer las características y métodos de preparación de monocristales. Establecer las bases termodinámicas para la movilidad atómica. Exponer la relevancia de las leyes de Fick y la forma como son aplicadas en diferentes tecnologías (nitruación y carburación de superficies, dopaje de semiconductores, etc).

Contenido temático		Saberes involucrados	Producto de la unidad temática	
<b>Temas</b> Defectos Schottky y Frenkel Vector de Burgers y dislocaciones Dislocaciones de borde y de tornillo Fuentes de dislocaciones y deformación plástica Defectos de Superficie: fronteras de grano Teoría atómica de la difusión Difusión en un gradiente de concentración Leyes de Fick El efecto Kirkendall Método de reacción en estado sólido Crecimiento cristalino y monocristales Películas delgadas y síntesis a alta presión Uso de la microscopía electrónica de barrido para la observación de defectos cristalinos en materiales		Identifica los tipos de defectos cristalinos y su importancia Contrasta el impacto de los defectos cristalinos en diversas propiedades físicas de los sólidos Determina el número de vacantes en equilibrio en un sólido Desarrolla la capacidad de analizar la importancia de la ecuación de Arrhenius en la difusión en estado sólido Adquiere los conocimientos para la solución de problemas de difusión Identifica la relevancia de los coeficientes de difusión de diferentes materiales Utiliza herramientas matemáticas para describir los fenómenos físicos involucrados Incentiva el aprendizaje autónomo mediante el estudio de diversas fuentes Desarrolla la capacidad de comunicación mediante la exposición de un tema en esta área Construye e interpreta modelos matemáticos que expliquen los fenómenos de transporte de masa bajo un gradiente de concentración y a temperatura constante Identifica procesos de manufactura en donde sean aplicables las leyes de Fick de difusión Analiza el efecto Kirkendall e implementa su comprobación experimental	Solución a problemas de difusión en estado sólido Hace uso de un programa de software para predecir la difusión de átomos de algunos elementos químicos en estado sólido Reporte de práctica de microscopía electrónica de barrido relativa a la observación de defectos cristalinos en sólidos (fronteras de grano) y otros materiales de interés Reporte de práctica de laboratorio del efecto Kirkendall	
Actividades del docente	Actividades del estudiante	Evidencia de la actividad	Recursos y materiales	Tiempo destinado
Explicar los tipos de defectos cristalinos y la repercusión que tienen en las propiedades físicas de los sólidos; además vincular la presencia de defectos puntuales con su movilidad	Identificar los diferentes tipos de defectos cristalinos en sólidos Clasificar los diferentes tipos de dislocaciones de acuerdo a su geometría	Participación en clase anotada en la lista correspondiente de SIIAU	-Callister W.D. Materials Science and Engineering. An Introduction. 7 <sup>th</sup> Ed. J. Wiley, 2007.	8 horas
Explicar la relevancia del uso de microscopía electrónica de barrido para observar defectos cristalinos en sólidos (fronteras de grano)	Investigar los principios de funcionamiento de un microscopio electrónico de barrido Observar defectos cristalinos (fronteras de grano) mediante microscopía electrónica de barrido	Tarea consistente en describir los principios de funcionamiento de un microscopio electrónico de barrido Reporte de práctica de laboratorio de	Microscopio electrónico de barrido	4

*[Handwritten signature]*

*M.A. Santana*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

		microscopía electrónica de barrido		
Seleccionar problemas en donde se determine la cantidad de defectos cristalinos en un sólido por unidad de volumen	Resolver problemas de difusión en estado sólido mediante el empleo de la ecuación de Arrhenius y las leyes de Fick	Participación en clase anotada en la lista correspondiente de SIAU	Callister W.D. Materials Science and Engineering. An Introduction. 7 <sup>th</sup> Ed. J. Wiley, 2007.	4
Profundizar los conocimientos de los alumnos sobre transferencia de masa en presencia de un gradiente de concentración	Establecer mediante varias ecuaciones los principios que rigen la movilidad atómica en sólidos Investigar los coeficientes de difusión para metales y cerámicos	Entregar los resultados de los cálculos de difusión realizados con un software especializado	Shewmon P. Diffusion in Solids. 2 <sup>nd</sup> Ed. TMMS, 1989. Software Mathematica o similar	4
Enfatizar la importancia de la comprobación experimental de las ecuaciones de Fick haciendo uso de la microscopía electrónica de barrido (demostración experimental del efecto Kirkendall)	Investigar los antecedentes históricos y principios involucrados en el efecto Kirkendall Proponer una metodología experimental para comprobar el efecto Kirkendall Efectuar la práctica de laboratorio	Reporte de práctica de laboratorio de la comprobación experimental del efecto Kirkendall, explicando la metodología utilizada y los resultados obtenidos	Equipo y material de laboratorio para desarrollar la práctica de verificación del efecto Kirkendall (hornos, una barra de cobre y una de bronce)	2

## Unidad temática 3: PROPIEDADES MECÁNICAS DE SÓLIDOS

**Objetivo de la unidad temática** Diferenciar el comportamiento esfuerzo-deformación de un sólido cristalino de uno amorfo. Dada una gráfica de esfuerzo contra deformación, identificar la región de deformación elástica y la plástica. Vincular la deformación plástica bajo esfuerzo con la formación y movimiento de dislocaciones. Analizar el caso de la aplicación de un esfuerzo de corte. Hacer uso del coeficiente de Poisson para resolver ejercicios de propiedades mecánicas de sólidos. Reconoce diversas propiedades mecánicas de sólidos tales como resistencia al impacto, resiliencia y fatiga. Identifica la aplicación de diversos materiales metálicos y cerámicos de acuerdo a sus propiedades mecánicas.

**Introducción:** Las propiedades mecánicas de los sólidos están determinadas por el tipo de enlace, composición química y estructura cristalina. En el comportamiento mecánico de un material sometido a un esfuerzo se pueden diferenciar claramente dos regiones, una que corresponde a la región elástica y otra a la región plástica. En esta unidad se presentan los principios para interpretar las propiedades macroscópicas de un sólido (por ejemplo Módulo de Young) en función de sus características microestructurales. Se analiza la relevancia de la determinación experimental de propiedades mecánicas de sólidos para aplicaciones específicas tales como aeronáutica, estructurales, automotrices, etc.

Contenido temático	Saberes involucrados	Producto de la unidad temática
<b>Temas</b> Comportamiento esfuerzo-deformación de un sólido Módulo de Young y su determinación experimental Esfuerzo de corte Coeficiente de Poisson Generación de dislocaciones y deformación plástica bajo	Desarrolla la capacidad de análisis gráficas de esfuerzo contra deformación Aplica el trabajo en equipo en la solución de problemas de propiedades mecánicas de sólidos Fomenta el aprendizaje autónomo mediante el estudio de diversas fuentes Desarrolla la capacidad de comunicación, mediante la exposición de diversos temas disciplinares	Explicar ordenadamente la resolución de varios tipos problemas que involucran las propiedades mecánicas de sólidos

*[Handwritten signatures in blue ink on the left margin]*

*[Handwritten signatures in blue ink on the right margin]*

*[Large handwritten signatures in blue ink at the bottom of the page]*





# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

esfuerzo Resiliencia Fatiga	Interpreta las propiedades mecánicas de un sólido en función de enlaces atómicos y la presencia de defectos cristalinos	
-----------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Actividades del docente	Actividad del estudiante	Evidencia de la actividad	Recursos y materiales	Tiempo destinado
Presentación de los conceptos inherentes a las curvas de esfuerzo-deformación de un sólido (esfuerzo, deformación y módulo de Young) y proponer problemas para su solución	Identificar los conceptos que involucran la deformación elástica de un sólido bajo un esfuerzo y aplicar los conceptos de módulo de Young y módulo de corte Presentación grupal de la solución de un problema Investigar para diferentes materiales (metales y cerámicos) las principales propiedades mecánicas (incluyendo módulo de Young) y efectuar una comparación entre ellas	Participación en clase anotada en la lista correspondiente de SIIAU Entregar los problemas del libro de texto seleccionados por el profesor	Callister W.D. Materials Science and Engineering. An Introduction. 7 <sup>th</sup> Ed. J. Wiley, 2007	3 horas
Explicar métodos indirectos de determinación de propiedades mecánicas, por ejemplo ensayos de microdureza	Investigar los métodos Vickers, Brinell, Rockwell, etc para determinar dureza en sólidos Investigar el fenómeno de propagación de ondas acústicas en sólidos Resolver los problemas del libro de texto pertinentes	Entregar tarea de investigación Entregar los problemas del libro de texto seleccionados por el profesor Visita a un laboratorio que cuente con un microdurómetro y hacer un informe de la misma	Microdurómetro	2
Estudio de propiedades tales como resiliencia y fatiga y enfatizar su importancia en el diseño y construcción de diversos componentes en aplicaciones aeroespaciales, estructurales, automotrices, etc.	Investigar los conceptos de resiliencia y fatiga	Participación en clase anotada en la lista correspondiente de SIIAU	Callister W.D. Materials Science and Engineering. An Introduction. 7 <sup>th</sup> Ed. J. Wiley, 2007	1

## Unidad temática 4: PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE SÓLIDOS

**Objetivo de la unidad temática** Conocer las características distintivas de los aislantes eléctricos, semiconductores y metales. Relacionar las propiedades eléctricas de sólidos con el tipo de enlace y estructura cristalina. Conocer los diferentes tipos de portadores de carga presentes en un sólido, la movilidad que presentan y el efecto de la temperatura sobre los mismos. A partir de gráficas de resistencia eléctrica (o corriente) contra temperatura determinar si un sólido es un semiconductor, aislante o metal. Estudiar un caso importante en este tema que es el de superconductividad de alta temperatura crítica. Conocer el efecto Meissner y vincularlo con la superconductividad. Analizar el efecto Hall y cuales son los resultados obtenidos. Estudiar las características de un capacitor, del significado de la permitividad eléctrica (o constante dieléctrica o  $\kappa$ ), e investigar cuales son los materiales con un valor elevado de constante dieléctrica. Identificar aplicaciones que involucren las propiedades eléctricas de sólidos. Conocer de forma introductoria equipo para medición de propiedades eléctricas de sólidos.

**Introducción:** En años recientes el uso de las propiedades eléctricas de sólidos ha modificado de manera significativa la vida diaria del ser humano. El desarrollo de teléfonos celulares, telecomunicaciones (satélites, redes informáticas, etc.), equipo de cómputo, imagen digital, etc.,

M.A. Antana A.



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ha estado fundamentado en la aplicación de dichas propiedades. Aunque se trata de un tema bastante extenso, en esta unidad se presentan conceptos básicos referentes a las características de los tres grandes grupos de materiales: aislantes, semiconductores y metales. Asimismo se discutirán algunas de sus aplicaciones.

Contenido temático	Saberes involucrados	Producto de la unidad temática		
<b>Temas</b> Aislantes eléctricos, semiconductores y metales Tipo de portadores de carga Efecto Hall Teoría de bandas Capacitancia y materiales dieléctricos Sensores de gases	Relaciona el tipo de enlace presente en una estructura cristalina con sus propiedades eléctricas Expande la capacidad de análisis y síntesis mediante la solución de problemas Fomenta el aprendizaje autónomo mediante el estudio de diversas fuentes Cuantifica los portadores carga de un sólido a través del uso del efecto Hall Identifica las características principales de un capacitor y propone el tipo de materiales idóneos para su aplicación Propone el diseño de un capacitor y la forma de medir sus propiedades Investiga tecnologías en las que las propiedades eléctricas de un sólido juegan un papel fundamental Desarrolla el trabajo en equipo en la determinación experimental del comportamiento eléctrico de un metal y un semiconductor, en función de la temperatura aplicada	Explicar sistemáticamente la resolución de problemas que involucren fenómenos eléctricos, y su efecto en las propiedades eléctricas de sólidos Diseñar de un capacitor en el cual se explique la geometría propuesta y los materiales utilizados Escribir un informe de la práctica de laboratorio concerniente a la determinación de la resistencia eléctrica (R) o corriente, en función de la temperatura para un semiconductor y un metal		
Actividades del docente	Actividad del estudiante	Evidencia de la actividad	Recursos materiales y	Tiempo destinado
Hacer un repaso de los conceptos: ley de Ohm, movilidad electrónica, campo eléctrico, corriente continua, corriente alterna, capacitancia, etc.	Estudiar los conceptos de teoría electromagnética indispensables para comprender esta unidad (ley de Ohm, campo eléctrico, etc)	Efectuar los resúmenes concernientes al tema	Callister W.D. Materials Science and Engineering. An Introduction. 7 <sup>th</sup> Ed. J. Wiley, 2007	2 horas
Generar un mapa conceptual donde se relacionen los conocimientos anteriores con las propiedades eléctricas de un material	Resolver problemas de textos seleccionados por el profesor	Entregar los problemas del libro de texto seleccionados por el profesor	Hummel, Electronic Properties of Materials, 2 <sup>nd</sup> Edit. Springer-Verlag, 1993	4
Analizar casos específicos: superconductividad de alta T <sub>c</sub> , materiales fotovoltaicos, materiales ferroeléctricos y diodos emisores de luz	Investigar los principios físicos presentes en los temas: superconductividad de alta T <sub>c</sub> , materiales fotovoltaicos, materiales ferroeléctricos y diodos emisores de luz y proponer aplicaciones	Entregar tarea de investigación	Recursos disponibles en: <a href="http://wdg.biblio.udg.mx/">http://wdg.biblio.udg.mx/</a>	2

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*  
*[Handwritten signature]*

*M.A. Santana*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Explicar los fundamentos de la determinación experimental de curvas R vs. T para sólidos y capacitar a los estudiantes en la operación de un sistema de adquisición de datos digital (DAQ) y/o un multímetro	Documentar la metodología empleada en la práctica de laboratorio y redactar de forma clara y concisa los principales resultados obtenidos	Reporte de práctica de laboratorio de curvas para un semiconductor y un metal	Equipo y material de laboratorio para desarrollar la práctica de resistencia eléctrica vs. temperatura de materiales (DAQ, horno tubular, termopar, etc)	4
Evaluar los procesos de aprendizaje de los alumnos	Contestar el examen	Examen de las unidades 2, 3 y 4	Libros ya mencionados	2

## 5. EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN

### Requerimientos de acreditación:

Para que el alumno tenga derecho al registro del resultado final de la evaluación en el periodo ordinario debe tener un mínimo de asistencia del 80% a clases y actividades registradas durante el curso. Para aprobar la Unidad de Aprendizaje el estudiante requiere una calificación mínima de 60.

### Criterios generales de evaluación:

A lo largo de la UA se elaborarán diversos reportes e informes por escrito, que deberán seguir los siguientes lineamientos básicos (más los específicos de cada trabajo):

- Entrega en tiempo
- Diseño de portada con datos de la Unidad de Aprendizaje, alumno, profesor y fecha
- El desarrollo del tema se acompañará siempre de una conclusión que rescate los principales aprendizajes. Todas las conclusiones se sustentarán en datos
- Todas las referencias se citarán adecuadamente conforme al criterio APA
- Queda estrictamente prohibido el plagio

Las presentaciones orales se evaluarán conforme a los siguientes rubros: Contenido suficiente, comprensión del contenido, dicción, volumen, apoyo visual y tiempo utilizado. Cuando se pida una presentación oral se entregará a los estudiantes una lista de elementos básicos que debe incluir.

### Evidencias o Productos

Evidencia o producto	Competencias y saberes involucrados	Contenidos temáticos	Ponderación
Solución de problemas de cristalografía básica Algoritmo para determinar la constante de Madelung, así como los resultados obtenidos del mismo Reporte de práctica de difracción de rayos X en polvo	Analiza el concepto de enlace atómico y lo interpreta en términos matemáticos Desarrolla matemáticamente un algoritmo para determinar la convergencia de la serie de Madelung para una estructura cristalina dada Comprende y construye modelos de estructuras cristalina conforme a lo establecido por las redes de Bravais Analiza los distintos tipos de cristalinas y determina su factor de empaquetamiento Emplea un instrumento científico avanzado	Números cuánticos y principio de exclusión de Pauli Electronegatividad Enlace iónico y constante de Madelung Enlaces covalente y metálico Fuerzas de Van der Waals Reglas de Pauling y estructuras cristalinas Redes de Bravais e índices de Miller Difracción de Rayos X por cristales Simetría	30.00%

M. A. Santana A



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

	<p>(difractorómetro de rayos X en polvo) y visualiza su importancia en la investigación en el área de Física de la Materia Condensada</p> <p>Interpreta mediante herramientas computacionales los resultados experimentales de difracción de rayos X e identifica las líneas de difracción existentes en los difractogramas</p> <p>Identifica las operaciones de simetría y las aplica a estructuras cristalinas</p> <p>Relaciona el conjunto de operaciones de simetría con los grupos espaciales</p> <p>Deduca algunas propiedades de sólidos a partir de las reglas de Pauling</p> <p>Desarrolla la capacidad de trabajo en equipo para efectuar trabajo experimental y el análisis de los resultados</p> <p>Fomenta el aprendizaje autónomo mediante el estudio de diversas fuentes</p> <p>Desarrolla la capacidad de comunicación mediante la exposición de un tema en inglés sobre un tema de actualidad en Física de la Materia Condensada</p>		
<p>Solución a problemas de difusión en estado sólido</p> <p>Hace uso de un programa de software para predecir la difusión de átomos de algunos elementos químicos en estado sólido</p> <p>Reporte de práctica de microscopía electrónica de barrido relativa a la observación de defectos cristalinos en sólidos (fronteras de grano) y otros materiales de interés</p> <p>Reporte de práctica de laboratorio del efecto Kirkendall</p>	<p>Interpreta la cantidad y tipo de defectos cristalinos como condición necesaria para la difusión en estado sólido</p> <p>Conoce las leyes de Fick y desarrolla la metodología mediante un software de cálculo matemático para probar su validez</p> <p>Desarrolla la capacidad de análisis para la solución de problemas</p> <p>Identifica diversos principios físicos que están presentes en el funcionamiento de un microscopio electrónico de barrido</p> <p>Evalúa los diferentes parámetros que determinan la correcta operación de un microscopio electrónico de barrido</p> <p>Promueve el trabajo en equipo para comprobar experimentalmente el efecto Kirkendall</p> <p>Desarrolla el aprendizaje autónomo mediante el acceso a la información de fuentes de reconocido prestigio</p> <p>Desarrolla la capacidad de comunicación mediante la exposición de un tema en el idioma inglés</p> <p>Identifica procesos de manufactura en donde se apliquen los principios de la difusión en estado sólido</p>	<p>Defectos Schottky y Frenkel</p> <p>Vector de Burgers y dislocaciones</p> <p>Dislocaciones de borde y de tornillo</p> <p>Fuentes de dislocaciones y deformación plástica</p> <p>Defectos de Superficie: fronteras de grano</p> <p>Teoría atómica de la difusión</p> <p>Difusión en un gradiente de concentración</p> <p>Leyes de Fick</p> <p>El efecto Kirkendall</p> <p>Método de reacción en estado sólido</p> <p>Crecimiento cristalino y monocristales</p> <p>Películas delgadas y síntesis a alta presión</p> <p>Uso de la microscopía electrónica de barrido para la observación de defectos cristalinos en materiales</p>	<b>20.00%</b>
<p>Explicar ordenadamente la solución de varios problemas que involucren las propiedades mecánicas de sólidos</p>	<p>Diferencia el comportamiento mecánico de un sólido cristalino de uno amorfo</p> <p>Desarrolla la capacidad de solución de problemas considerado el módulo de Young, la deformación y</p>	<p>Comportamiento esfuerzo-deformación de un sólido</p> <p>Módulo de Young y su determinación experimental</p>	<b>5 %</b>

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*M.A. Santana A.*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

	<p>el esfuerzo aplicado en un sólido          Aplica el coeficiente de Poisson en la solución de problemas          Relaciona el tipo de enlace atómico con las propiedades mecánicas de un sólido          Fomenta el aprendizaje individual mediante la consulta de fuentes de información de prestigio          Desarrolla la capacidad de comunicación mediante la exposición de un tema en inglés          Identifica las propiedades mecánicas de un sólido con la aplicación al cual se destina          Propone nuevas tecnologías en el proceso de manufactura de sólidos para mejorar sus propiedades mecánicas</p>	<p>Esfuerzo de corte          Coeficiente de Poisson          Generación de dislocaciones y deformación plástica bajo esfuerzo          Resiliencia          Fatiga</p>	
<p>Entregar los problemas del libro de texto seleccionados por el profesor, así como los resúmenes concernientes al tema          Reporte de práctica de laboratorio de curvas R vs. T para un semiconductor y un metal</p>	<p>Identifica las características más relevantes de un aislante, un semiconductor y un metal          Desarrolla la capacidad de análisis para la solución de problemas          Propone la metodología para efectuar el efecto Hall          Interpreta los resultados del efecto Hall y los relaciona con el tipo de portador de carga dominante en un sólido          Conoce la operación básica de un sistema de adquisición de datos (DAQ) y/o un multímetro digital y los utiliza para caracterizar las propiedades eléctricas de un metal y un semiconductor          Comprende el papel de las propiedades eléctricas de un sólido en aplicaciones avanzadas (fotovoltaicos, sensores, ferroeléctricos, etc)</p>	<p>Aislantes eléctricos, semiconductores y metales          Tipo de portadores de carga          Efecto Hall          Teoría de bandas          Capacitancia y materiales dieléctricos          Sensores de gases</p>	5%

## Producto final

Descripción	Evaluación	
<p><b>Título:</b> Preparación de un material utilizando el método de biomineralización</p> <p><b>Objetivo:</b> Emplear el método de biomineralización para replicar las características microestructurales presentes en la naturaleza</p> <p><b>Caracterización:</b>            Trabajo de colaboración en equipos conformados por tres estudiantes que persiguen un objetivo bien definido            A) Utilizan la técnica de difracción de rayos X y explican sus resultados            B) Explicación detallada de la metodología empleada en el desarrollo de su trabajo y la vincula con los contenidos temáticos abordados en el curso</p>	<p><b>Criterios de fondo:</b> Aplicación correcta de métodos experimentales en la síntesis y caracterización de un material que busca replicar las características microestructurales de un objeto de origen biológico</p> <p><b>Criterios de forma:</b> Investiga información bibliográfica y/o electrónica confiable pertinente al desarrollo de su trabajo. Elabora un reporte de investigación respetando las normas gramaticales            Redacta de forma clara, breve y sin errores ortográficos            Traduce artículos o lectura de libros en inglés</p>	<p><b>Ponderación</b></p> <p>20.00%</p>

## Otros criterios

Criterio	Descripción	Ponderación
----------	-------------	-------------

M.A. Santana A.

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten notes and signatures on the right margin]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Participación en clase	Presentación en inglés de un tema propuesto por el profesor e interés en las presentaciones de sus compañeros	15.00%
Trabajo en equipo	Participación en prácticas de laboratorio, elaboración y entrega de los reportes correspondientes, debidamente documentados y que contengan introducción, antecedentes, resultados, conclusiones y bibliografía consultada Solución de problemas en clase	5.00%

## 6. REFERENCIAS Y APOYOS

### Referencias bibliográficas

#### Referencias básicas

Autor (Apellido, Nombre)	Año	Título	Editorial	Enlace o biblioteca virtual donde esté disponible (en su caso)
Callister, William D.	2007	Materials Science and Engineering. An Introduction. 7 <sup>th</sup> Ed.	John Wiley	

#### Referencias complementarias

Kittel, Charles	1996	Introduction to Solid State Physics, 7 <sup>th</sup> Edition	John Wiley	
Rohrer, Gregory S.	2001	Structure and Bonding in Crystalline Materials	Cambridge University Press	
Bube, Richard H.	1988	Electrons in Solids: An Introductory Survey. 2 <sup>th</sup> Edition	Academic Press	
Cox P.A.	1987	The Electronic Structure and Chemistry of Solids	Oxford University Press, Oxford, UK	
Gründler P.	2007	Chemical Sensors: An Introduction for Scientists and Engineers,	Springer, Berlin	
Brophy J.J.	1985	Basic Electronics for Scientists	McGraw-Hill, Singapore	
Wells A.F.	2012	Structural Inorganic Chemistry	Oxford, London	
McKelvey J.P.	1989	Física del Estado Sólido y Semiconductores, Tercera Ed,	Limusa, México	
Wert Ch.A., Thomson R.M.	1970	Physics of Solids	Mc Graw Hill, New York	

#### Apoys (videos, presentaciones, bibliografía recomendada para el estudiante)

Unidad temática 1:

*M.A. Santana A.*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten notes and signatures on the right margin]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

## Bases de datos y recursos audiovisuales para apoyar conceptos de cristalografía

Donald R. Askeland, Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Tercera Edición 1998 International Thomson Editores. Unidades 1,2 y 3.

<http://study.com/academy/lesson/crystal-structures-and-the-unit-cell.html>

<http://www.crystallography.net/cod/>

<http://webmineral.com/crystall.shtml#.Wc6BvlvWxaQ>

[https://serc.carleton.edu/research\\_education/crystallography/xldatabases.html](https://serc.carleton.edu/research_education/crystallography/xldatabases.html)

## Unidad temática 2:

### Recursos didácticos de apoyo para la unidad de defectos cristalinos y difusión

Donald R. Askeland, Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Tercera Edición 1998 International Thomson Editores. Unidades 4 y 5.

[http://users.encs.concordia.ca/~tmg/images/7779/Diffusion\\_in\\_solids\\_Helmut\\_Mehrer.pdf](http://users.encs.concordia.ca/~tmg/images/7779/Diffusion_in_solids_Helmut_Mehrer.pdf) (Capítulos del 1 al 6)

<http://www.mse.berkeley.edu/groups/morris/MSE205/Extras/defects.pdf>

<http://phelafel.technion.ac.il/~korens/defects.pdf>

## Unidad temática 3:

### Recursos didácticos de apoyo para la unidad de propiedades mecánicas de sólidos

Donald R. Askeland, Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Tercera Edición 1998 International Thomson Editores. Unidades 6 y 7.

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-94-007-4342-7.pdf> (Capítulo 1)

<http://web.mit.edu/course/3/3.225/book.pdf> (Capítulo 1)

<https://www.youtube.com/watch?v=SIFfY-MS3yA>

<https://www.ius.edu.ba/sites/default/files/u1143/ch03.1.pptx>

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

## Unidad temática 4:

### Recursos didácticos para la unidad de propiedades eléctricas de sólidos

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature: M.A. Santana]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Donald R. Askeland, Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Tercera Edición 1998 International Thomson Editores. Unidad 18

<http://what-when-how.com/electronic-properties-of-materials/semiconductors-electrical-properties-of-materials-part-2/>

<https://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-091sc-introduction-to-solid-state-chemistry-fall-2010/electronic-materials/14-semiconductors/>

~~Handwritten signature~~

~~Handwritten signature~~

M.A. Santana

~~Handwritten signature~~ (Cumb)

~~Handwritten signature~~

~~Handwritten signature~~

~~Handwritten signature~~  
R. Pineda