



CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN, A.C.

PLAN DE ESTUDIOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS (MATERIALES POLIMÉRICOS)

Actualizado: enero de 2021
Inicio de vigencia: agosto 2021

INTRODUCCIÓN

Dentro de los materiales modernos, los polímeros (o plásticos como se les conoce en una forma más coloquial) ocupan una posición relevante ya que presentan numerosas ventajas sobre otros materiales. Por ejemplo, los polímeros son ligeros y rígidos, al mismo tiempo son estables químicamente y su procesamiento es relativamente sencillo, lo que permite obtener piezas de formas complejas en una sola etapa. Además, para un volumen similar de material, los polímeros son más económicos que los metales, lo que aunado a que presentan una amplia gama de propiedades, los hace más adaptables a diversos usos. Desde la introducción de los materiales poliméricos para el uso cotidiano, éstos han desplazado a los materiales habitualmente usados tales como la madera, el metal y el vidrio en un sinnúmero de procesos. Debido a su bajo peso específico, los costos de los elementos poliméricos son, en su mayoría, mucho más bajos que los costos de elementos comparables fabricados de materiales habituales. Además, los polímeros presentan una alta resistencia a productos químicos como ácidos o álcalis y alta resistencia a la degradación. Además de los usos clásicos de los polímeros (por ejemplo, en aplicaciones que requieren alta rigidez y bajo peso), en años recientes los polímeros se han destacado como materiales matrices de nanocompuestos y materiales híbridos, para un sinnúmero de aplicaciones como en la electrónica flexible, nanotecnología y medicina. Su degradabilidad, en algunos casos, los hace también amigables con el ambiente. Un claro ejemplo es el poliácido láctico, quien se deriva de materias primas naturales y renovables como el maíz.

JUSTIFICACIÓN

La industria de los polímeros en México tiene el potencial para producir productos de alto valor agregado, aprovechando las riquezas naturales e industriales de nuestro país como son la industria petrolera y petroquímica. La industria del plástico en México aporta un 0.4% al PIB del país y un 2.6% al PIB manufacturero del mismo. México es el undécimo productor y el duodécimo consumidor de plásticos del mundo. Además, es líder en reciclaje en América Latina, recuperando más del 50% del PET que utiliza (ICEX, ficha de sector, www.icex.es/icex). La industria del plástico está presente en más de 385 municipios distribuidos en las 32 entidades federativas mexicanas, siendo también muy relevante su vinculación con el comercio exterior. El incremento de la producción y las importaciones va acorde con el incremento del consumo. El sector tiene un alto impacto económico en la fabricación de un sinnúmero de productos manufacturados y por tanto también en el consumo de las personas.

En el *ranking* mundial por países, México ocupa el duodécimo lugar en el consumo de plásticos y undécimo en la producción, con 7 millones de toneladas anuales y una tasa de crecimiento sostenido desde 2009 del 4.8% (ICEX, ficha de sector, www.icex.es/icex).

La industria del plástico en México es impulsada particularmente por el sector del envase y embalaje, sobre todo para alimentos y electrodomésticos, aunque recientemente existen aplicaciones más modernas en medicina, electrónica flexible, y nanotecnología. Por procesos, el 48% de la industria del plástico del país está orientada a envase y embalaje, un 24% al consumo general, seguido por la construcción con un 12%, electrónico 6%, automotriz 4%, agrícola 2%, médico 1% y otros (restantes 3%).

En el contexto regional se ha observado una fuerte industrialización en los Estados de Veracruz y Tabasco principalmente en el área de petroquímica básica y secundaria y un crecimiento significativo en la industrialización de los polímeros en el Estado de Yucatán. Es importante hacer notar que es en el estado de Yucatán en donde la industria de transformación del plástico ha logrado un importante crecimiento, y en este momento ocupa el séptimo lugar en el país, solo después de estados con una amplia tradición y concentración industrial como son el área metropolitana de la Ciudad de México, Jalisco, Nuevo León y Guanajuato, en cuanto al número de industrias transformadoras de plásticos, creando la necesidad de personal altamente especializado en el área de los polímeros, aún sin tomar en cuenta la zona de influencia que podría abarcar los Estados de Veracruz, Tabasco, Quintana Roo, Campeche y eventualmente los países de Centro América y el Caribe.

En este contexto, existe la necesidad de formar personal que la industria y los numerosos Centros de investigaciones universitarios y gubernamentales puedan requerir, con un alto nivel académico, en el área de materiales poliméricos. También es necesario fomentar la formación de personal altamente especializado en esta rama en universidades e instituciones de educación superior. Los estudios sobre los polímeros han tenido un desarrollo creciente en todo el mundo, como lo muestra el hecho del crecimiento en número de los centros de investigación y tecnología en polímeros de varias universidades e instituciones internacionales.

Existen en México varios programas que se dedican a la formación de recursos humanos a nivel posgrado en polímeros, los cuales están ubicados en Instituciones del Centro y Norte del País. Programas con esta especialidad se encuentran en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), la Universidad de Guadalajara (U. de G.), la Universidad de Sonora (UNISON), la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa (UAM-I), el Instituto de Investigación en Materiales (IIM-UNAM) y el Instituto Tecnológico de Cd. Madero. Dentro de estas instituciones la única que tiene un posgrado exclusivamente en polímeros es el CIQA, en las áreas de química y de procesamiento polímeros. Las otras instituciones tienen un programa de posgrado con temas de polímeros como parte de sus áreas de investigación. Ejemplos típicos de estos últimos sería el programa de la UAM-I, que tiene alumnos de posgrado en polímeros como parte de su maestría y doctorado en Ciencias (Física). El IIM-UNAM tiene una especialidad en su posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales, y la U. de G. como parte de su posgrado en Ciencias en Ingeniería Química.

Con respecto a la zona sur y sureste del país, aunque se cuenta con un gran número de posgrados, éstos se han centrado principalmente en las áreas de ciencias sociales, naturales y socioeconómicas con muy poco énfasis hacia las áreas de ingeniería y tecnología. En particular, no existe alguna institución de educación superior en estas regiones, que incluya estudios de posgrado en el tema de los polímeros. Esto hace que la oferta educativa que se quiere proporcionar en este programa, se vuelva importante tanto para la formación de recursos humanos a nivel posgrado e investigación como para la docencia y para la tecnología en esta región. Debido a su localización geográfica, esta oferta educativa tiene el potencial de extenderse a países de Centroamérica y el Caribe, que tampoco cuentan con ofertas de educación de posgrado en esta área.

Desde sus inicios, la formación de recursos humanos calificados en el campo de los polímeros ha sido una de las prioridades de la Unidad de Materiales del CICY. Esta formación de recursos humanos se concentró principalmente en la preparación de tesis de licenciatura, maestría, y doctorado en conjunto con otras instituciones quienes otorgaban los grados correspondientes. Sin embargo, con la

aprobación de la nueva ley de Ciencia y Tecnología, en la que se señala que los Centros de Investigación Pública como es el caso del CICY, deben participar en la formación de recursos humanos de alto nivel, y con el inicio en febrero del 2001 del Posgrado en Materiales Poliméricos, se ha logrado un avance significativo en la formación de recursos humanos de alto nivel (maestría y doctorado). En la actualidad, la Unidad cuenta con 19 Doctores en Ciencias especializados en polímeros, así como con la infraestructura básica necesaria para realizar la formación de recursos humanos en el área de materiales poliméricos.

OBJETIVOS

El programa “Maestría en Ciencias (Materiales Poliméricos)” es un posgrado con orientación a la investigación cuyo objetivo principal es la formación de recursos humanos de alto nivel en el área de materiales poliméricos, que no solo coadyuven al desarrollo regional y nacional de la industria de materiales poliméricos, sino que también realicen investigación sobre nuevos materiales, sobre el mejoramiento de las propiedades de los mismos, con un alto grado de innovación y que sean capaces de formar recursos humanos.

METAS

- a) Proporcionar al estudiante conocimientos teóricos fundamentales y de vanguardia que le permitan desarrollar una formación integral basada en la sustentabilidad, y en principios éticos y humanísticos.
- b) Que el estudiante adquiera habilidades para formular y desarrollar proyectos de investigación innovadores, con pertinencia e interés, basados en una metodología y rigor académico, que contribuyan al desarrollo científico y tecnológico en el área de los materiales poliméricos.

PERFIL DE INGRESO

El alumno que desee ingresar a la maestría deberá contar con una licenciatura en alguna de las ingenierías, en Química, Física, Matemáticas o una carrera afín al posgrado. Deberá contar con capacidad para leer y comprender el idioma inglés, interés en desarrollarse en el área de materiales poliméricos, así como mostrar capacidad para la resolución de problemas.

PERFIL DE EGRESO

El alumno egresado de la Maestría, contará con una sólida formación teórica en una o varias de las disciplinas que conforman el área de materiales poliméricos. Así mismo, se espera que sea capaz de realizar investigación, diseñar y desarrollar experimentos, impartir cursos a nivel licenciatura y maestría, desarrollar nuevas tecnologías y plantear soluciones a los problemas que presente la industria.

DATOS GENERALES DEL PLAN DE ESTUDIOS

Inscripción al programa: Semestral
Periodos de ingreso: Enero y agosto
Duración del programa: 4 semestres

Tiempo para la obtención del grado:
Mínimo requerido: 4 semestres
Máximo autorizado: 6 semestres

REQUISITOS DE INGRESO AL PROGRAMA

Los candidatos que deseen ingresar al programa de maestría, deben poseer una licenciatura en áreas afines al Posgrado en Materiales Poliméricos y cumplir los siguientes requisitos:

1. Haber cursado una licenciatura en alguna de las ingenierías, o bien en Física, en Química o carreras afines; habiendo obtenido durante la carrera un promedio mínimo de 80 (ochenta) o equivalente.
2. Presentar una solicitud de ingreso en la que exponga los motivos para ingresar al Posgrado. Se deberá anexar la siguiente documentación:
 - a. *Currículum vitae*.
 - b. Copia del título de licenciatura o del acta de examen profesional.
 - c. Copia del certificado de estudios profesionales*.
 - d. Carta oficial en la que se indique el promedio obtenido en la licenciatura.
 - e. 2 Cartas de apoyo académico de investigadores o profesores.
 - f. Copia del acta de nacimiento.
 - g. En su caso, copia del acta de matrimonio y, acta de nacimiento del cónyuge y de los hijos.
 - h. Certificado de salud.
 - i. Copia de la Clave Única del Registro de Población (CURP).
 - j. Comprobante del pago del derecho al examen de admisión.
 - k. Seis fotografías tamaño infantil, en blanco y negro.
3. Aprobar el proceso de admisión, que consistirá de lo siguiente:
 - a. Examen de conocimientos**.
 - b. Examen de aptitudes y habilidades (psicométrico).
 - c. Examen de inglés tipo TOEFL con un mínimo de 400 puntos.
 - d. Entrevista con el comité de admisión.

*Los certificados de estudios realizados en la República Mexicana deberán estar legalizados por las instancias respectivas. Los estudios realizados en el extranjero deberán estar legalizados en el país correspondiente.

**El examen de conocimientos consta de cuatro módulos: química, física, matemáticas y resistencia de materiales. Los alumnos que cursen y aprueben el curso propedéutico con promedio de 80 (ochenta), se les exentará del examen de conocimientos.

Se requiere de tiempo completo y que los alumnos hayan obtenido el grado de los estudios previos.

ACTIVIDADES ACADÉMICAS

Las actividades académicas que se llevarán a cabo en la Maestría en Ciencias (Materiales Poliméricos) serán las siguientes:

- 1) Los alumnos cursarán las asignaturas de acuerdo al plan de estudios de la Maestría en Ciencias (Materiales Poliméricos) [Tabla 1]. Se cursarán 4 materias obligatorias (36 créditos) y al menos 2 materias optativas [Tabla 2] (14 créditos mínimo), además de 2 cursos de seminarios de investigación (4 créditos) y 3 cursos de trabajo de investigación (58 créditos), para un total de 112 créditos como mínimo.
- 2) Los alumnos realizarán un trabajo de investigación original (tesis) en alguna de las áreas de investigación del posgrado. La evaluación del avance del trabajo de investigación se realizará sobre la base de reportes y el examen de avances de investigación.

- 3) Los alumnos deberán presentar y defender su trabajo de tesis ante un jurado conformado por tres sinodales, uno de los cuales será el asesor de tesis, otro un profesor interno, y el último un profesor externo a la Institución.
- 4) Los alumnos podrán realizar estancias de investigación en otras instituciones del país o del extranjero para realizar parte de su trabajo experimental, debiendo contar con el visto bueno de su comité tutorial, de acuerdo a lo señalado en el Manual de Procedimientos Operativos del Posgrado.
- 5) Los alumnos podrán cursar materias de otros programas de Maestría del Centro o de programas que estén en el Padrón Nacional de Posgrados del CONACYT, con la aprobación de su comité tutorial.

Tabla 1. Plan de estudios de la Maestría en Ciencias (Materiales Poliméricos).

SEMESTRE	LISTA DE ASIGNATURAS O UNIDADES DE APRENDIZAJE	CLAVE	SERIACION	HORAS		CREDITOS	INSTALACIONES
				CON DOCENTE	INDEPENDIENTES		
I	MATEMATICAS PARA CIENCIAS E INGENIERIAS	MA0102		64	80	9	A*
	FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE POLIMEROS	FI0102		64	80	9	A,L
	SINTESIS DE POLIMEROS	QU0103		64	80	9	A, L
	SEMINARIO DE INVESTIGACION I	IN0104		16	16	2	A
II	TECNICAS DE CARACTERIZACION DE POLIMEROS I	FI0206	FI0102	64	80	9	A, L
	OPTATIVA 1			48/64	64/80	7/9	
	OPTATIVA 2			48/64	64/80	7/9	
	TRABAJO DE INVESTIGACION I (ANTEPROYECTO DE TESIS)	IN0206			64	4	L
	SEMINARIO DE INVESTIGACION II	IN0208		16	16	2	A
III	TRABAJO DE INVESTIGACION II (EXAMEN DE AVANCE DE INVESTIGACION)	IN0310			432	27	L
IV	TRABAJO DE INVESTIGACION III	IN0409			432	27	L

A = Aula; L = Laboratorio. * En casos de contingencias, las clases en el aula podrían sustituirse por clases en línea.

Tabla 2. Asignaturas Optativas del Plan de estudios del programa de Maestría en Ciencias (Materiales Poliméricos).

ASIGNATURAS O UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS	CLAVE	SERIACION	HORAS		CREDITOS	INSTALACIONES
			CON DOCENTE	INDEPENDIENTES		
TERMODINAMICA DE SISTEMAS POLIMERICOS	FI9023		64	80	9	A
INTRODUCCION A PROCESAMIENTO DE POLIMEROS	FI9002	MA0102 FI0102	64	80	9	A, L
REOLOGIA DE POLIMEROS	FI9001	MA0102	48	64	7	A, L
MÉTODOS NUMERICOS	MA9004	MA0102	48	64	7	A
DEGRADACION DE POLIMEROS	QU9005	QU0103	48	64	7	A
PROCESAMIENTO DE POLIMEROS	FI9004	FI0102	64	80	9	A, L
MATERIALES COMPUESTOS I	FI9007		64	80	9	A
MECÁNICA DE MATERIALES COMPUESTOS FIBRORREFORZADOS	FI9014		64	80	9	A, L
DISEÑO DE PRODUCTOS PLASTICOS	FI9009	FI0102	48	64	7	A
TECNICAS DE CARACTERIZACION DE POLIMEROS II	FI9025	FI0102	64	80	9	A, L
SINTESIS AVANZADAS DE POLIMEROS	QU9011	QU0103	64	80	9	A, L
TOPICOS SELECTOS DE PROCESAMIENTO	FI9010	FI9002	48	64	7	A, L
DISEÑO DE EXPERIMENTOS	MA9013		48	64	7	A
TRANSFERENCIA DE MASA EN POLIMEROS	FI9015	MA0102	48	64	7	A
INTRODUCCION A REACTORES DE POLIMERIZACION	QU9016	QU0103 MA0102	48	64	7	A
TOPICOS SELECTOS DE SINTESIS DE POLIMEROS	QU9015	QU0103	48	64	7	A
TOPICOS SELECTOS DE MATEMATICAS	MA9018	MA0102	48	64	7	A
INTRODUCCION A LOS BIOMATERIALES	QU9019		48	64	7	A
INTRODUCCION A LOS BIOPOLIMEROS	QU9018		48	64	7	A
DISEÑO Y ANALISIS MECANICO DE PRODUCTOS PLASTICOS	FI9019	FI0102	64	80	9	A
TOPICOS SELECTOS	IN9022		48	64	7	A,L
INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE TEJIDOS	IN9030		64	80	9	A,L
NANOMATERIALES	FI9031		64	80	9	A,L
INNOVACIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS	IN9032		48	64	7	A,L
TECNICAS DE CARACTERIZACION BIOLOGICA DE MATERIALES PARA MEDICINA REGENERATIVA	QU9021		64	80	9	A,L
MECÁNICA DE FRACTURA	FI9026	MA0102	64	80	9	A

A = Aula; L = Laboratorio

REQUISITOS DE PERMANENCIA EN EL PROGRAMA

Los requisitos para permanecer en el programa son los siguientes:

- Aprobar los cursos con una calificación mínima de ochenta (80).
- Solamente se permitirá reprobado un curso en el posgrado, el reprobado más de un curso será causa de baja automática del alumno.
- Aprobar el Examen de Avances de Investigación al final del tercer semestre.
- Realizar una presentación oral de sus avances de tesis ante la comunidad a partir del cuarto semestre y semestres subsecuentes hasta la obtención del grado.

MECANISMO DE EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES

Los alumnos serán evaluados durante la Maestría mediante los siguientes mecanismos.

- Cursos del posgrado. El desempeño de los estudiantes en cada curso será evaluado por los profesores que la impartan, utilizando una escala de 0 a 100 puntos. La calificación mínima para aprobar los cursos será de 80.
- Examen de Avances de Investigación. El desempeño de los alumnos para realizar investigación, será evaluado a través del examen de avances de investigación. El examen de avances de investigación se presentará al final del tercer semestre.
- El examen de avances de investigación será presencial y consta de una presentación oral, una sesión de preguntas del público asistente y de un interrogatorio a puerta cerrada por parte del comité evaluador.

REQUISITOS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO

Los requisitos que los alumnos deben cumplir para la obtención del grado de Maestro en Ciencias (Materiales Poliméricos) son:

- Cubrir un mínimo de 112 créditos del plan de estudios
- Aprobar el examen de inglés tipo TOEFL obteniendo un mínimo de 440 puntos.
- Elaborar trabajo de investigación original (Tesis)
- Cumplir con los requisitos administrativos.
- Pago de los derechos correspondientes.
- Aprobar el examen de grado ante un jurado calificador nombrado ex profeso, después de haber cumplido los puntos anteriores.

El examen de grado constará de dos partes:

1. Un seminario o presentación oral pública en la cual la audiencia podrá intervenir al finalizar ésta. El presidente del Jurado Examinador actuará como moderador.
2. Un interrogatorio público durante el cual la audiencia no podrá intervenir una vez que éste haya empezado.

No existe límite de tiempo para el examen y el resultado podrá ser uno de los siguientes:

- a) Aprobado
- b) Aprobado con Mención Honorífica
- c) No aprobado

Este Plan de Estudios fue revisado por el Consejo Académico de la Maestría en Ciencias (Materiales Poliméricos) de enero de 2020 a enero 2021, y entrará en vigor el 1 de agosto del 2021, después de su aprobación por el Consejo General de Posgrado y/o el Consejo Técnico Consultivo del Centro.

MATERIAS OBLIGATORIAS

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Matemáticas para Ciencias e Ingeniería	
Ciclo Primero	Clave de la asignatura MA0102

64 horas

Objetivo general de la asignatura

El alumno comprenderá los fundamentos matemáticos y aplicaciones de las transformadas integrales, series de Fourier, los métodos básicos para resolver ecuaciones diferenciales parciales, operadores diferenciales del cálculo vectorial, así como las herramientas estadísticas básicas para el análisis de datos experimentales.

Temas y subtemas

1. Transformadas integrales y series de Fourier
 - 1.1. Transformadas de Laplace
 - 1.2. Series de Fourier
 - 1.3. La función de convolución y deconvolución
 - 1.4. Aplicaciones en la caracterización de materiales
2. Ecuaciones diferenciales parciales en dos y tres dimensiones
 - 2.1. El método de separación de variables
 - 2.2. La ecuación de onda
 - 2.3. La ecuación de calor
 - 2.4. La ecuación de Laplace
3. Cálculo vectorial y operadores diferenciales
 - 3.1. Gradiente, divergencia, y rotacional
 - 3.2. Integración vectorial: De línea, superficie y volumen
 - 3.3. Teoremas de integrales: Teoremas de Green, Stokes y Gauss
4. Conceptos de estadística y probabilidad
 - 4.1. Precisión numérica e incertidumbre
 - 4.2. Medidas de tendencia central y dispersión
 - 4.3. La distribución normal o Gaussiana
 - 4.4. Otras distribuciones de probabilidad de utilidad en la Ciencia de Materiales

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se explicarán los conceptos y se realizarán ejercicios en los cuales se apliquen los conocimientos adquiridos en las clases.
- ◆ Se desarrollarán problemas matemáticos en los que su aplicación a problemas reales en la Ciencia e Ingeniería de los Materiales es evidente.
- ◆ Los alumnos prepararán presentaciones de temas seleccionados, y los defenderán ante la clase.
- ◆ Con ayuda del profesor, los alumnos realizarán un proyecto integrador que involucre los conceptos matemáticos aprendidos, orientados a un problema aplicativo.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso, se evaluarán mediante la aplicación de al menos dos exámenes parciales, los cuales corresponderán a un 70% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas y presentaciones corresponderán al 20% de la calificación final.
- ◆ El reporte del proyecto integrador corresponderá al 10% de la calificación final.

Bibliografía

1. ZILL, Denis G. *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado*. 9ª edición, Cengage Learning, Ciudad de México, 2009. ISBN-13: 978-607-481-313-5.
2. ZILL, Dennis G, Cullen, Michael R. *Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, vol. 1: Ecuaciones Diferenciales*. 3a edición, McGraw-Hill interamericana, Ciudad de México, 2006. ISBN-10: 970-10-6514-X
3. ARFKEN, G.B. Weber, H.J. *Mathematical Methods for Physicists*. 6ª edición, Elsevier Academic Press, San Diego, 2005. ISBN: 0-12-059876-0.
4. LEITHOLD L. *El Cálculo*. 7ª edición, Oxford University Press, Ciudad de México, 1998. ISBN: 970-613-182-5.
5. SWOKOWSKY, Earl W. *Cálculo con geometría analítica*. 2ª edición, Grupo Editorial Iberoamérica, Ciudad de México, 1989. ISBN: 968-7270-43-8.
6. HSU, Hwei P., *Análisis de Fourier*. Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, DE, 1987. ISBN: 0-201-02942-1.
7. Spiegel, M.R., Lipschutz, S, Spellman, D. *Análisis Vectorial*. 2ª edición, McGraw-HILL, Ciudad de México, 2011. ISBN: 978-607-15-0550-7.
8. BURRY, K. *Statistical distributions in Engineering*. Cambridge University Press, Cambridge, 2012. ISBN: 978-113-91-7508-1
9. TAYLOR, John, R. *An introduction to error analysis*. 2ª edición, University Science Books, Sausalito, 1997. ISBN: 0-935702-42-3.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Fundamentos de Ingeniería de Polímeros	
Ciclo Primero	Clave de la asignatura FI0102

64 horas

Objetivo general de la asignatura

El alumno comprenderá las relaciones estructura-propiedad en polímeros, la importancia de las transiciones de fase en los polímeros y los métodos más comunes para su procesamiento.

Temas y subtemas

1. Introducción
 - 1.1. Definición de un polímero
 - 1.2. Interacciones de corto (enlaces covalentes) y largo alcance (enlaces débiles)
 - 1.2.1. El ovillo estadístico (polímero amorfo y fase amorfa de un polímero semicristalino)
 - 1.3. Monómeros, polímeros, cadena polimérica, macromoléculas
 - 1.4. Volumen excluido de una macromolécula y volumen libre del ovillo estadístico
 - 1.5. Estructura de los Polímeros
 - 1.5.1. Tacticidad de las macromoléculas
 - 1.5.2. Atáctico
 - 1.5.3. Sindiotáctico
 - 1.5.4. Isotáctico
2. Modelo libremente articulado
 - 2.1. Conformación de las Macromoléculas
 - 2.1.1. Longitud de enlace
 - 2.1.2. Ángulo de enlace
 - 2.1.3. Ángulo diedro de rotación interna
 - 2.2. Distancia extremo-extremo (\vec{r})
 - 2.3. Radio de giro
 - 2.4. Radio medio de giro
 - 2.5. Función de distribución de \vec{r}
3. Fase amorfa
 - 3.1. Estructura de la fase amorfa
 - 3.2. Movimiento de rotación y translación de las cadenas poliméricas
 - 3.3. Definición de temperatura de transición vítrea
 - 3.4. Teorías relativas a la transición vítrea
 - 3.5. Relajación estructural (reducción del volumen libre)
4. Fase cristalina
 - 4.1. Morfología, orden y estructura cristalina en polímeros
 - 4.2. Tratamiento termodinámico de la fusión y cristalización
 - 4.3. Cinética de crecimiento de cristales
 - 4.4. Celda unitaria

5. Estado elastomérico
 - 5.1. Caucho natural (hule)
 - 5.2. Elasticidad de cadenas poliméricas
 - 5.2.1 Fuerza retráctil
 - 5.2.2 Carácter entrópico de la fuerza retráctil
 - 5.2.3 Potencial termodinámico (función de Helmholtz) de una macromolécula
6. Viscoelasticidad
 - 6.1. Introducción
 - 6.2. Definición de sólido y fluido ideal
 - 6.3. Naturaleza de la viscoelasticidad
 - 6.4. Modelos clásicos de viscoelasticidad lineal
 - 6.5. Experimentos de relajación y fluencia
 - 6.6. Principio de superposición de Boltzman
 - 6.7. Experimentos de relajación ante una fuerza de tipo sinusoidal
7. Procesamiento y formado
 - 7.1. Introducción
 - 7.2. Extrusión
 - 7.3. Moldeo por inyección
 - 7.4. Termoformado
 - 7.5. Moldeo por compresión

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se realizarán trabajos de investigación bibliográfica sobre temas específicos y se discutirán artículos de interés sobre la ingeniería de polímeros.
- ◆ Se realizarán tareas en las cuales se apliquen los conocimientos adquiridos en las clases. Las tareas consistirán en problemas relacionados a diferentes tópicos relacionados a la ingeniería de polímeros.
- ◆ Se llevarán a cabo problemas en los que se evidencie la aplicación de la ingeniería de polímeros.
- ◆ Los alumnos realizarán investigaciones sobre diferentes técnicas para dar forma a los polímeros, ya sea solos o con rellenos o refuerzos y escribirán un ensayo del mismo, así como una presentación.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso se evaluarán mediante la aplicación de dos exámenes parciales, los cuales corresponderán a un 70% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 10% de la calificación total.
- ◆ Los reportes de las prácticas corresponden al 10% de la calificación.
- ◆ El 10% restante de la calificación del curso, se otorgará en base a la calificación obtenida en la presentación y discusión de artículos.

Bibliografía

1. HORTA ZUBIAGA, Arturo. *Macromoléculas*, 2ª ed. Universidad Nacional de Educación a Distancia Madrid 2000. ISBN 84-362-2662-3.
2. SPERLING, L.H. *Introduction to Physical Polymer Science*, Wiley-Interscience, 2006. ISBN 9780471706069.
3. STROBL, Gert. *The Physics of Polymers*, 3a ed. Springer, 2007. ISBN 9780471706069
4. MCCRUM, M.G. *Principles of Polymer Engineering*, Oxford University Press, 1996. ISBN 0-19-856152-0.
5. BOWER, David I. *Introduction to polymer physics*, Cambridge University Press, 2002, ISBN-13 978-0-511-07757-9.
6. MARK, James. *Physical Properties of Polymers Handbook* 2a ed. Springer Science Bussines Media LLC, 2007. ISBN 978-0-387-31235-4.
7. CHARRIER, Jean-Michel. *Polymeric Materials and Processing: Plastics, Elastomers and Composites*, Hanser Publishers, 1990. ISBN 978-0195208542.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Síntesis de Polímeros	
Ciclo Primero	Clave de la asignatura QU0103

64 horas

Objetivo general de la asignatura

Entender la química de formación de polímeros de alto peso molecular, incluyendo la cinética y los mecanismos de polimerización por etapas y en cadena. Conocer los procesos para la obtención de polímeros.

Temas y subtemas

1. Introducción
 - 1.1. Definiciones básicas y nomenclatura
 - 1.2. Peso molecular y grado de polimerización
 - 1.3. Clasificación de los polímeros
 - 1.4. Tipos de polimerización
 - 1.5. Principales tipos de polímeros y aplicaciones

2. Polimerización por etapas
 - 2.1. Reactividad de grupos funcionales
 - 2.2. Cinética de polimerización en etapas
 - 2.3. Distribución de peso molecular en polimerización lineal
 - 2.4. Ramificación y entrecruzamiento
 - 2.5. Copolimerización en etapas

3. Polimerización en cadena por radicales
 - 3.1. Comparación entre polimerización en cadena y en etapas
 - 3.2. Iniciación
 - 3.3. Velocidad de polimerización y peso molecular
 - 3.4. Reacciones de transferencia en cadena
 - 3.5. Inhibición y retardación
 - 3.6. Autoaceleración

4. Otros tipos de polimerización
 - 4.1. Polimerización catiónica
 - 4.2. Polimerización aniónica
 - 4.3. Polimerización por coordinación, inserción o esteroespecífica
 - 4.4. Polimerización por apertura de anillo

5. Copolimerización
 - 5.1. Composición del copolímero
 - 5.2. Copolimerización por radicales
 - 5.3. Copolimerización iónica

6. Procesos de polimerización
 - 6.1. Polimerización en masa
 - 6.2. Polimerización en solución
 - 6.3. Polimerización en suspensión
 - 6.4. Polimerización en emulsión

7. Prácticas de síntesis de polímeros
 - 7.1. Práctica de polimerización o copolimerización por radicales libres
 - 7.2. Práctica de polimerización o copolimerización por etapas

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se realizarán trabajos de investigación bibliográfica sobre temas específicos y se discutirán artículos de interés en la síntesis de polímeros.
- ◆ Se realizarán tareas en las cuales se apliquen los conocimientos adquiridos en las clases. Las tareas consistirán en problemas relacionados a las diferentes técnicas de polimerización, así como los procesos comúnmente utilizados para la obtención de polímeros.
- ◆ Se llevarán a cabo prácticas de laboratorio que sean representativas del curso, las que consistirán en la síntesis de algunos polímeros de interés usando las técnicas de polimerización por radicales libres y por policondensación.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso, se evaluarán mediante la aplicación de tres exámenes parciales, los cuales corresponderán a un 70% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 10% de la calificación total.
- ◆ Los reportes de las prácticas corresponden al 10% de la calificación.
- ◆ El 10% restante de la calificación del curso, se otorgará en base a la calificación obtenida en la presentación y discusión de artículos.

Bibliografía

1. G. ODIAN, *Principles of Polymerization*, John Wiley & Sons 1991, ISBN:9780471478751
2. J.M.G. COWIE, *Polymer: Chemistry and Physics of Modern Materials*, Chapman and Hall Editors, 1987, ISBN 9780429125546
3. L. GARRIDO, L. IBARRA Y C. MARCO, *Ciencia y Tecnología de Materiales Poliméricos*, ICTP-CSIC, 2004.
4. R.J. YOUNG, P.A. LOVELL, *Introduction to Polymers*, Chapman and Hall Editors, 1991, ISBN 0-412-30630-1.
5. M.P. STEVENS, *Polymer Chemistry*, Oxford Press, 1990, ISBN: 9780195124446.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Técnicas de Caracterización de Polímeros I	
Ciclo Segundo	Clave de la asignatura FI0206

64 horas

Objetivo general de la asignatura

El alumno aprenderá los principios de algunas técnicas de caracterización de polímeros, así como la interpretación de los resultados obtenidos.

Temas y subtemas

1. Introducción
 - 1.1. Relaciones estructura-propiedad
 - 1.2. Propiedades físicas de materiales poliméricos
 - 1.3. Propiedades químicas de materiales poliméricos

2. Determinación de pesos moleculares
 - 2.1. Diferencias en pesos moleculares
 - 2.2. Cromatografía de exclusión por tamaño
 - 2.3. Viscosimetría
 - 2.4. Dispersión de luz
 - 2.5. Desorción/ionización láser asistida por matriz

3. Técnicas espectroscópicas de análisis
 - 3.1. Espectroscopía de infrarrojo
 - 3.2. Espectroscopía de Raman
 - 3.3. Resonancia magnética nuclear

4. Técnicas de análisis térmico.
 - 4.1. Análisis por calorimetría diferencial de barrido (normal y modulado)
 - 4.2. Análisis termogravimétrico
 - 4.3. Análisis termomecánico
 - 4.4. Análisis mecánico-dinámico
 - 4.5. Análisis térmico dieléctrico

5. Medición de propiedades mecánicas
 - 5.1. Tensión
 - 5.2. Flexión
 - 5.3. Compresión
 - 5.4. Impacto
 - 5.5. Cortante

6. Medición de propiedades de flujo
 - 6.1. Reometría capilar
 - 6.2. Reometría rotacional
 - 6.3. Reometría extensional

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se realizarán trabajos de investigación bibliográfica sobre temas específicos y se discutirán artículos de interés sobre la caracterización de polímeros.
- ◆ Se realizarán tareas en las cuales se apliquen los conocimientos adquiridos en las clases. Las tareas consistirán en problemas relacionados a las diferentes técnicas de caracterización de polímeros.
- ◆ Se llevarán a cabo prácticas de laboratorio que sean representativas del curso, las que consistirán en caracterizar un polímero por alguna de las técnicas con que cuenta la Unidad de Materiales.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso, se evaluarán mediante la aplicación de tres exámenes parciales, los cuales corresponderán a un 70% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 10% de la calificación total.
- ◆ Los reportes de las prácticas corresponden al 10% de la calificación.
- ◆ El 10% restante de la calificación del curso, se otorgará en base a la calificación obtenida en la presentación y discusión de artículos.

Bibliografía

1. BOWER, David I. *An Introduction to Polymer Physics*, Cambridge University Press, New York, 2002. ISBN 978051180128.
2. CHEREMISINOFF, Nichola P. *Polymer Characterization: Laboratory Techniques and Analysis*, Noyes Publications, New Jersey USA, 1996. ISBN 0-8155-1403-4.
3. HUNT, B.J. and JAMES, M.I. *Polymer Characterization*, Springer Science, 1997. ISBN 978-94-010-4956-6.
4. MARCOVIC, Gordana; MARINOVIC, Milena; JONAVONIC, Vojislav and Budinski, Jaroslava, *Polymer Science, Chapter: Polymer Characterization (II)*, Formatex Research Center S.L. España 2006. ISBN 9788494213489.

SEMINARIOS DE INVESTIGACION
Y
TRABAJOS DE INVESTIGACION

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Seminario de Investigación I	
Ciclo Primero	Clave de la asignatura IN0104

16 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Orientar y proporcionar al alumno los conocimientos básicos y estrategias enfocadas al método científico para el desarrollo de una investigación o tema de tesis. Presentar a los alumnos los elementos básicos de un anteproyecto de investigación científica y su relación con el método científico.

Temas y subtemas

1. El papel de la investigación científica y tecnológica en el desarrollo de la sociedad y el país.
2. El método científico como herramienta de la investigación científica y tecnológica.
3. Elementos y estructura de un protocolo de investigación.

Actividades de aprendizaje

- ◆ Exposición de conceptos por el profesor y realización de tareas sobre la unidad Por parte de los alumnos.
- ◆ Investigación bibliográfica por el alumno sobre el planteamiento de problemas, así como la pertinencia de una investigación.
- ◆ Los alumnos asistirán a seminarios impartidos por los profesores del posgrado así como profesores invitados, con el fin de conozcan tanto la investigación que se llevan a cabo en el posgrado como en otras instituciones.
- ◆ Elaboración de un trabajo final en el que se aplican los aspectos básicos del proceso investigativo a través de un ejercicio práctico sobre un tema de interés del área de materiales poliméricos o relacionado con su trabajo de investigación.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Revisión y evaluación de las tareas correspondientes a cada tema.
- ◆ Se evaluará el trabajo final presentado por el alumno con base en la claridad, profundidad y de la investigación sobre el tema.
- ◆ La calificación final de la asignatura, se otorgará por el profesor de la asignatura tomando en cuenta las tareas, asistencia a seminarios, y el trabajo final elaborado por el alumno.

Bibliografía

1. BUNGE, Mario. *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*, 3ª ed. México, D.F. Siglo XXI, 2004. ISBN 10:9682322251

2. GUTIERREZ SAENZ, Raúl. *Introducción al método científico*, Esfinge, 2001. ISBN 978-9760-176-7.
3. ÑAUPAS PAITÁN, Humberto. *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis*, Universidad de Bogotá, 2014. ISBN 10: 9587628764.
4. MUÑOZ ROCHA, Carlos. *Metodología de la investigación*, Oxford University Press, 2015, México D.F.. ISBN 9786074265422
5. AVILA BARAY, Héctor Luis. *La metodología de la investigación*, eumed.net, edición electrónica. ISBN-10: 84-690-1999-6.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Seminario de Investigación II	
Ciclo Segundo	Clave de la asignatura IN0208

16 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Introducir al alumno a las etapas de una investigación y a los contenidos y estructura de un protocolo de investigación. Definir las partes y los pasos a seguir para la redacción de un protocolo de investigación en temas afines a materiales poliméricos.

Temas y subtemas

1. Elementos de la investigación científica.
2. Elementos y estructura de un protocolo de investigación.
3. Elaboración de un protocolo de investigación en temas afines a materiales poliméricos.
4. Guía para la presentación oral de un protocolo de investigación.

Actividades de aprendizaje

- ◆ Investigación bibliográfica por el alumno sobre temas afines a materiales poliméricos y su tema de investigación.
- ◆ Asistencia a clases y discusión de artículos, diferentes formas de redacción científica, y en general, de los temas referentes a esta materia.
- ◆ Los alumnos asistirán a seminarios impartidos por los profesores del posgrado así como profesores invitados, con el fin de conocer la investigación que se lleva a cabo tanto en el posgrado como en otras instituciones.
- ◆ Los alumnos llevarán a cabo la redacción de su protocolo de investigación.
- ◆ Los alumnos presentarán realizarán una presentación oral de su protocolo de investigación.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se evaluarán las diferentes entregas de los avances del protocolo de investigación a lo largo del semestre.
- ◆ En cada entrega de avances se retroalimentará al alumno sobre su protocolo de investigación en proceso.
- ◆ La calificación final de la asignatura, será otorgada por el profesor titular de la materia tomando en cuenta las tareas, discusiones en clase, asistencia a seminarios y la entrega de su protocolo final de investigación.

Bibliografía

1. ÑAUPAS PAITÁN, Humberto. *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis*, Universidad de Bogotá, 2014. ISBN 10: 9587628764.
2. MUÑOZ ROCHA, Carlos. *Metodología de la investigación*, Oxford University Press, 2015, México D.F. ISBN 9786074265422.
3. AVILA BARAY, Héctor Luis *La metodología de la investigación, eumed.net, edición electrónica*. ISBN-10: 84-690-1999-6.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Trabajo de Investigación I	
Ciclo Segundo	Clave de la asignatura IN0206

64 horas

Objetivo general de la asignatura

Adquirir un conocimiento más amplio sobre la investigación que se lleva a cabo en el área de materiales poliméricos, y que el alumno elabore su anteproyecto de tesis en tiempo y forma.

Temas y subtemas

Los temas y subtemas de esta asignatura están relacionados con el trabajo de investigación del alumno.

Actividades de aprendizaje

- ◆ El alumno junto con su asesor de tesis, establecerán el tema del trabajo de investigación, planearán el trabajo requerido para el mismo y seleccionarán los profesores integrantes del comité tutorial.
- ◆ El alumno realizará la búsqueda bibliográfica pertinente a su trabajo de tesis.
- ◆ El alumno realizará un anteproyecto de tesis en el cual se definan los objetivos, las metas, la metodología, un cronograma y los alcances del mismo.
- ◆ El alumno asistirá a seminarios impartidos por los profesores del posgrado así como por profesores invitados, con el fin de que conozcan tanto la investigación que se lleva a cabo por los profesores del posgrado como en otras instituciones.
- ◆ El alumno analizará y discutirá artículos relacionados con su tema de tesis.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se llevará un control de la asistencia de los alumnos a los seminarios de investigación, siendo necesario asistir al menos al 80% de los mismos, para poder aprobar.
- ◆ El alumno presentará su anteproyecto de tesis, el cual incluirá antecedentes, objetivos, metodología, cronograma de actividades y bibliografía. Este reporte se entregará al comité tutorial para su evaluación.
- ◆ Esta asignatura se acreditará con una calificación aprobatoria otorgada por los miembros del comité tutorial. La calificación final será el promedio de las calificaciones otorgadas por cada uno de los integrantes del comité.

Bibliografía

La bibliografía consistirá en artículos científicos, patentes, y libros de texto, adecuados al tema de investigación seleccionado por el alumno.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Trabajo de Investigación II	
Ciclo Tercero	Clave de la asignatura IN0310

64 horas

Objetivo general de la asignatura

Que el alumno realice su trabajo de investigación de acuerdo a los objetivos planteados en su anteproyecto de tesis y que comience la escritura de la misma.

Temas y subtemas

Los temas y subtemas de esta asignatura están relacionados con el trabajo de investigación del alumno.

Actividades de aprendizaje

- ◆ El alumno realizará trabajo de investigación de acuerdo a los objetivos planteados en su anteproyecto.
- ◆ El alumno realizará un reporte de avances de su trabajo de investigación.
- ◆ El alumno realizará una exposición ante el comité tutorial (examen de avances de investigación), en la que expondrá los avances de su trabajo de investigación.
- ◆ El alumno asistirá a seminarios impartidos por los profesores del posgrado, así como profesores invitados, con el fin de que conozcan tanto la investigación que se lleva a cabo por los profesores del posgrado como en otras instituciones.
- ◆ El alumno analizará y discutirá artículos relacionados con su tema de tesis.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se llevará un control de la asistencia de los alumnos a los seminarios de investigación, siendo necesario asistir al menos al 80% de los mismos, para poder aprobar.
- ◆ El alumno presentará un reporte de avance de trabajo de tesis, el cual incluirá antecedentes, objetivos, metodología, resultados y discusión, conclusiones parciales y bibliografía. En este reporte se indicarán también los objetivos cumplidos y el grado de avance de los mismos. Este reporte se entregará al comité tutorial para su evaluación.
- ◆ Esta asignatura se acreditará con una calificación aprobatoria otorgada por parte del comité tutorial. La calificación final será el promedio de las calificaciones otorgadas por cada uno de los integrantes del comité.

Bibliografía

La bibliografía consistirá en artículos científicos, patentes, y libros de texto, adecuados al tema de investigación del alumno.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Trabajo de Investigación III	
Ciclo Cuarto 64 horas	Clave de la asignatura IN0409

Objetivo general de la asignatura

Que el alumno realice su trabajo de investigación de acuerdo a los objetivos planteados en su anteproyecto de tesis y que finalice la escritura de la misma.

Temas y subtemas

Los temas y subtemas de esta asignatura están relacionados al trabajo de investigación del alumno.

Actividades de aprendizaje

- ◆ El alumno realizará trabajo de investigación/tesis de acuerdo a los objetivos planteados en su anteproyecto.
- ◆ El alumno escribirá y entregará su tesis escrita, o bien realizará un reporte de avances de su trabajo de investigación.
- ◆ El alumno analizará y discutirá artículos científicos y patentes relacionados con su tema de tesis.
- ◆ El alumno asistirá a seminarios impartidos por los profesores del posgrado, así como profesores invitados, con el fin de que conozcan tanto la investigación que se lleva a cabo por los profesores del posgrado como en otras instituciones.
- ◆ En caso de no defender su tesis en este semestre, el alumno realizará una exposición ante la comunidad en la que expondrá los avances de su trabajo de investigación.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se llevará un control de la asistencia de los alumnos a los seminarios de investigación, siendo necesario asistir al menos al 80% de los mismos, para poder aprobar.
- ◆ El alumno presentará su tesis escrita, o bien un reporte de avance de la misma, el cual incluirá antecedentes, objetivos, metodología, resultados y discusión, conclusiones parciales y bibliografía. En este reporte se indicarán también los objetivos cumplidos y el grado de avance de los mismos. Este reporte se entregará al comité tutorial para su evaluación.
- ◆ En caso de no defender su tesis en este semestre, se evaluará la exposición de los avances, así como la discusión de los aspectos teóricos y metodológicos.
- ◆ Esta asignatura se acreditará con una calificación aprobatoria otorgada por parte del comité tutorial. La calificación final será el promedio de las calificaciones otorgadas por cada uno de los integrantes del comité.

Bibliografía

La bibliografía consistirá en artículos científicos, patentes, y libros de texto, adecuados al tema de investigación/tesis del alumno.

MATERIAS OPTATIVAS

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Termodinámica de Sistemas Poliméricos	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura FI9023

64 horas

Objetivo general de la asignatura

Que el alumno conozca los conceptos de termodinámica tanto de disoluciones poliméricas como de mezclas de polímeros, para poder entender los fenómenos tanto físicos como químicos que sufren los polímeros cuando se varía alguno de los parámetros termodinámicos.

Temas y subtemas

1. Termodinámica de disoluciones poliméricas
 - 1.1. Introducción
 - 1.2. Entropía configuracional
 - 1.3. La teoría de Flory-Huggins
 - 1.4. Potencial químico
 - 1.5. Validez de la Teoría de Flory-Huggins

2. Equilibrio de fases en sistemas poliméricos
 - 2.1 Solubilidad de macromoléculas
 - 2.2 Equilibrio de fases
 - 2.2.1 Diagramas temperatura-concentración
 - 2.2.2 Punto crítico
 - 2.2.3 Temperatura
 - 2.3 Fraccionamiento
 - 2.4 Temperatura crítica superior e inferior

3. Teorías de volumen excluido
 - 3.1 Volumen excluido
 - 3.2 Teoría de Flory-Krigbaum
 - 3.2 Propiedades coligativas
 - 3.3 Validez de la Teoría de Flory- Krigbaum
 - 3.4 Expansión del ovillo macromolecular
 - 3.4.1 Teoría de Flory
 - 3.4.2 Dimensiones del ovillo en función de la temperatura y masa molecular

4. Mezclas de polímeros
 - 4.1 Fundamentos de la termodinámica de mezclas poliméricas
 - 4.1.1 Entropía de mezclado
 - 4.1.2 Energía libre de Gibbs
 - 4.2 Mezclas
 - 4.2.1 Miscibles
 - 4.2.2 Compatibles
 - 4.2.3 Compatibilizantes

4.3 Métodos de mezcla

4.3.1 Disolución

4.3.2 En fundido

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se realizarán trabajos de investigación bibliográfica con temas asociados al contenido del curso y se resolverán problemas afines.
- ◆ Los alumnos realizarán tareas que les permitan la aplicación de los conocimientos adquiridos
- ◆ Los alumnos realizarán exposiciones frente al grupo de sus trabajos de investigación, así como de artículos de investigación relacionados al curso.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se realizarán dos exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán a un 60% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 20% de la calificación total mientras que al análisis de artículos y la presentación de los temas específicos, corresponderán el 20% restante de la calificación

Bibliografía

1. HORTA, Arturo, *Macromoléculas*, 2ª ed. Universidad Nacional de Educación a Distancia Madrid 2000. ISBN 84-362-2662-3.
2. FLORY, Paul, *Principles of Polymer Chemistry*, Cornell University Press, USA, 1953. ISBN-13: 978-0801401343.
3. TERAOKA, Iwao, *Polymer Solution*, Wiley-Interscience, USA, 2002. ISBN 10: 0471389293.
4. PAUL, Donald, *Polymer Blends V.1*, Academic Press, 1978. ISBN 0-12-546801-6.
5. SHONAIKE, Gabriel and SIMON, George, *Polymer Blends and Alloys*, Marcel Dekker, Inc. New York, USA, 1999. ISBN 0-8247-1980-8.
6. KHAN, Ibrahim, MANSHA, Muhammad and MAZUMDER, Mohammad. *Polymer Blends*, ISBN 978-3-319-95986-3.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Introducción al Procesamiento de Polímeros	
Ciclo Optativa 64 horas	Clave de la asignatura FI9002

Objetivo general de la asignatura

Que el alumno adquiriera los conocimientos básicos del procesamiento de polímeros, fenómenos de transporte y reología de polímeros aplicados al procesamiento de polímeros mediante las técnicas más comunes.

Temas y subtemas

1. Fundamentos de materiales plásticos relacionados con su procesamiento

- 1.1. Propiedades físicas, térmicas y mecánicas de los materiales poliméricos
- 1.2. Estructura macromolecular de los polímeros
- 1.3. Peso molecular
- 1.4. Transiciones de fase en los polímeros
- 1.5. Formulaciones poliméricas: tipos de polímeros, aditivos, refuerzos y rellenos
- 1.6. Efecto de las condiciones de procesamiento en el diseño de productos plásticos

2. Principios básicos sobre fenómenos de transporte en el procesamiento de polímeros

- 2.1. Análisis dimensional y escalamiento
- 2.2. Ecuaciones de fenómenos de transporte básicas (masa, momento y energía) aplicadas al análisis de las operaciones de procesamiento de polímeros
- 2.3. Modelos simples en procesamiento de polímeros
- 2.4. Mecánica de sólidos particulados

3. Reología de polímeros fundidos aplicada al procesamiento de polímeros

- 3.1. Fundamentos de reología del fundido (“Melt rheology”): Fluidificación por cizallamiento (“Shear thinnin”), esfuerzos durante el flujo por cizallamiento, número de Deborah, modelos de flujo viscoelástico, etc.
- 3.2. Tipos de comportamiento reológico
- 3.3. Métodos de medición de propiedades reológicas de polímeros: Reometría capilar, viscosimetría cono-plato, índice de fluidez, etc.
- 3.4. Efecto de la formulación y procesamiento sobre la viscosidad del fundido

4. Procesos más comunes para termoplásticos

- 4.1. Mezclado discontinuo
- 4.2. Extrusión (monohusillo y doblehusillo) y sus variantes
- 4.3. Moldeo por compresión
- 4.4. Moldeo por inyección
- 4.5. Efecto de condiciones de procesamiento en las propiedades del producto terminado

5. Métodos más comunes de procesamiento de elastómeros y termofijos

- 5.1. Mezclado discontinuo con rodillos y rotores (Banbury)
- 5.2. Extrusión
- 5.3. Calandrado
- 5.4. Moldeo por compresión
- 5.5. Moldeo por transferencia

- 5.6. Moldeo por inyección
- 5.7. Extendido manual

- 5.8. Moldeo por inyección de resina asistida por vacío
- 5.9. Moldeo por inyección de reacción reforzada
- 5.10. Pultrusión
- 5.11. Embobinado (“filament winding”)
- 5.12. Efecto de condiciones de procesamiento en las propiedades del producto terminado

Actividades de aprendizaje

- Los alumnos realizarán cuando menos una práctica de laboratorio y visitas a industrias que involucren las principales técnicas de procesamiento de polímeros.
- Para aplicar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos, los alumnos realizarán tareas, revisión de bibliografía (artículos, libros, sitios web, etc.), presentaciones en clases y un proyecto de diseño de un producto que involucre algunos de los procesos estudiados.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- Los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso se evaluarán mediante la aplicación de dos exámenes parciales, los cuales corresponderán a un 50% de la calificación total del curso.
- Las tareas y presentaciones en clase corresponderán al 25% de la calificación total.
- Los reportes de las prácticas de laboratorio y visitas a la industria, así como la presentación del diseño de su producto corresponderán al 25% de la calificación.

Bibliografía

1. BLOW, C.M. y HEPBURN, C. *Rubber technology and manufacture*. 2ª ed. London: Butterworth Scientific, 1982. ISBN 0408005874.
2. BRALLA, James G. (Editor). *Handbook of product design for manufacturing*. 2ª ed., Capítulo 6. New York: McGraw-Hill, 1986. ISBN 007007139X.
3. HOFFMAN, Werner. *Rubber Technology Handbook*. Munich: Hanser, 1989. ISBN 3446148957.
4. OSSWALD, Tim A. y HERNÁNDEZ-ORTIZ, Juan P. *Polymer Processing, Modeling and Simulation*. Munich: Hanser, 2006. ISBN 3446403817.
5. KLEEMANN, Werner, WEBER, Kurt y RESTREPO-ZAPATA, Nora C. *Procesamiento de Elastómeros - Fórmulas y Tablas*. Colombia; USA: Editorial Guadales, 2015. ISBN 9789585887213.
6. BIRD, R. Byron, STEWART, Warren E. y LIGHTFOOT, Edwin N. *Fenómenos de Transporte*. México: Limusa Wiley, 2006. ISBN 9789686708172.
7. RAUWENDAAL, Chris. *Polymer Extrusion*. Munich: Hanser, 2014. ISBN 9781569905166.
8. OSSWALD, Tim A. *Polymer Processing Fundamentals*. Munich: Hanser, 2001. ISBN 1569902623.
9. TADMOR, Zehev y GOGOS, Costas G. *Principles of Polymer Processing*. New Jersey: Wiley-Interscience, 2006. ISBN 0471387703.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

Reología de Polímeros

Ciclo

Optativa

Clave de la asignatura

FI9001

48 horas

Objetivo general de la asignatura

Comprender los conceptos básicos y principios generales de los fluidos no-Newtonianos, su caracterización y comportamiento en el procesamiento de polímeros.

Temas y subtemas

1. Introducción
 - 1.1. ¿Qué es reología?
 - 1.2. Flujo cortante simple
 - 1.3. Clasificación de los materiales

2. Respuesta de los materiales
 - 2.1. Fluidos viscosos puros
 - 2.2. Fluidos Newtonianos
 - 2.3. Fluidos no-Newtonianos
 - 2.4. Sólidos elásticos puros
 - 2.5. Materiales viscoelásticos
 - 2.5.1. Modelos de fluidos viscoelásticos
 - 2.5.2. Fuerzas normales

3. Mediciones de viscosidad
 - 3.1. Técnicas experimentales de medición de viscosidad
 - 3.2. Flujo de Poiseuille
 - 3.3. Cilindros concéntricos
 - 3.4. Cono y plato
 - 3.5. Platos paralelos
 - 3.6. Mediciones dinámicas
 - 3.6.1. Flujo oscilatorio
 - 3.6.2. Cedencia y relajación

4. Ecuaciones generalizadas
 - 4.1. Teorías basadas en el medio continuo
 - 4.2. Teorías moleculares

5. Comportamiento reológico de polímeros fundidos
 - 5.1. Flujo de polímeros fundidos a través de dados circulares y de rendija
 - 5.2. Flujo de polímeros fundidos a través de geometrías complejas
 - 5.3. Comportamiento reológico de sistemas poliméricos de dos fases
 - 5.4. Reología de suspensiones

6. Operaciones de procesamiento de polímeros
 - 6.1. Formación de fibras
 - 6.2. Película soplada

- 6.3. Extrusión
- 6.4. Moldeo por inyección
- 6.5. Inestabilidades de flujo

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos realizarán tareas que tengan como fin reforzar y aplicar los conocimientos adquiridos en las clases.
- ◆ Se tenderán sesiones de laboratorio donde los alumnos realizarán la medición de propiedades reológicas de polímeros mediante reometría capilar y reometría rotacional.
- ◆ Los alumnos analizarán temas específicos del curso, mediante la discusión de artículos de la literatura que les permitan utilizar los conocimientos adquiridos.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se realizarán dos exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán a un 60% de la calificación total del curso.
- ◆ Los reportes de prácticas de laboratorio, las tareas y los ensayos sobre el análisis de artículos corresponderán a un 40% de la calificación total.

Bibliografía

1. HAN, C.D., *Rheology in Polymer Processing*, Academic Press, New York 1976. ISBN-10: 0123224500.
2. HAN, C.D, *Rheology and Processing of Polymeric Material v. 2*, Oxford University Press 2007. ISBN-10: 0195187830.
3. R. Darby, *viscoelastic fluids*, Marcel Dekker inc., New York, (1976).
4. FERRY, J.D. *Viscoelastic Properties of Polymers*, Wiley (1980). ISBN: 978-0-471-04894-7.
5. LIN, Y.H. *Polymer Vicoelasticity Basic, Molecular Theories And Experiments*, World Scientific Publishing, New Jersey 2003. ISBN-13: 978-9814313032
6. MENARD, K.P. *Dynamic Mechanical Analysis A Practical Introduction*, CRC pre, Boca Raton Fl USA, 1999. ISBN-10 : 1420053124.
7. MORRISON, F. A. *Understanding Rheology*, Oxford University Press, New York, 2001. ISBN-10 : 0195141660.
8. TADMOR, Z. and GOGOS, C. G. *Principles of Polymer Processing*, 2d edition, Wiley Interscience, New York, 2006. ISBN: 978-0-471-38770-1.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje. Métodos Numéricos	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura MA9004

48 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

El alumno adquirirá los conocimientos básicos de aproximación de funciones y de integración numérica. Así mismo, aprenderá a resolver ecuaciones no lineales, ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales usando métodos numéricos, como el método de elementos finitos.

Temas y subtemas

1. Interpolación y aproximación de funciones (aproximación polinomial)
2. Integración numérica
 - 2.1. Método de Romberg
 - 2.2. Cuadraturas Gaussianas
3. Solución de ecuaciones.
 - 3.1. Método de Newton-Raphson
 - 3.2. Método de regula-falsi
 - 3.3. Sistemas de ecuaciones
4. Solución de ecuaciones diferenciales ordinarias.
 - 4.1. Método de Euler
 - 4.2. Método de Runge-Kutta
5. Solución de ecuaciones diferenciales parciales
 - 5.1. Método de diferencias finitas
 - 5.2. Método de Cranck-Nicholson
 - 5.3. Método de elementos finitos
 - 5.4. Método de elementos de contorno (“boundary element”)

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos realizarán tareas que tengan como fin reforzar los conocimientos adquiridos en las clases.
- ◆ Los alumnos propondrán, analizarán, discutirán en clases algunos temas específicos del curso.
- ◆ Los alumnos presentarán dos exámenes para evaluar el grado de conocimiento adquirido.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se realizarán dos exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán a un 70% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 15% de la calificación total.
- ◆ La resolución de un problema aplicativo planteado le corresponderá el 15% restante de la calificación.

Bibliografía

1. HAMMING, R. *Numerical Methods for Scientists and Engineers* 2nd Edition, Dover Publications, Inc. New York, 1962, ISBN-10:0-486-65241-6/ISBN-13:978-0-486-65241-2
2. CHAPRA, S. C. CANALE, R. P. *Métodos numéricos para ingenieros* 7^a Edition, McGraw-Hill Education, New York, NY 2016, U.S.A. ISBN-10 : 6071512948/ISBN-13 : 978-6071512949
3. CHAPRA, S. C., *Applied Numerical Methods With MATLAB for Engineers and Scientists*, McGraw-Hill Education, New York, NY , U.S.A 2005, ISBN 978-0-07-339796-2
4. ESFANDIARI, R. S. *Numerical Methods for Engineers and Scientists Using Matlab*, CRC Press, Boca Ratón, FL, U.S.A. 2013, ISBN-10: 1466585692
5. NIEVES, A. DOMÍNGUEZ, F. *Métodos Numéricos Aplicados a la Ingeniería*, Grupo Editorial Patria, México, D.F., 2012, ISBN-10 : 6074383170/ISBN-13 : 978-6074383171

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Degradación de Polímeros	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura QU9005

48 horas

Objetivo general de la asignatura

Que el alumno conozca las diferentes formas de degradación de los polímeros, los distintos mecanismos por los cuales ésta se lleva a cabo y los principales métodos empleados para reducir la degradación de los materiales poliméricos (estabilización).

Temas y subtemas

1. Introducción
 - 1.1. Tipos de degradación de polímeros
 - 1.2. Tipos de enlaces y energía de enlace
 - 1.3. Aspectos mecanísticos
 - 1.4. Técnicas de detección de degradación de polímeros
2. Degradación química
 - 2.1. Solvólisis
 - 2.2. Degradación oxidativa
 - 2.3. Degradación iónica
3. Degradación térmica
 - 3.1. Aspectos mecanísticos
 - 3.2. Degradación térmica y análisis de polímeros
 - 3.2.1. Oxidación
 - 3.3. Degradación térmica en biopolímeros
4. Degradación mecánica
 - 4.1. Introducción
 - 4.2. Aspectos mecanísticos
 - 4.2.1. Oxidación
 - 4.3. Degradación ultrasónica
5. Fotodegradación
 - 5.1. Introducción
 - 5.2. Aspectos mecanísticos
 - 5.3. Fotooxidación y análisis de polímeros
6. Biodegradación
 - 6.1. Introducción
 - 6.2. Modos de degradación biológica
 - 6.3. Degradación enzimática
 - 6.4. Degradación microbiológica de polímeros sintéticos
7. Estabilización
 - 7.1. Antioxidantes
 - 7.2. Protectores contra radiación UV
 - 7.3. Estabilizadores térmicos

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos aprenderán los conceptos teóricos de la degradación de polímeros y las diferentes formas de degradación, y los mecanismos de estabilización de polímeros.
- ◆ Los alumnos realizarán tareas con el fin de reforzar los conocimientos adquiridos en las clases.
- ◆ Los alumnos realizarán práctica(s) de laboratorio que refuerce los conceptos aprendidos en clase.
- ◆ Los alumnos desarrollarán temas específicos del curso, así como analizarán y discutirán artículos científicos representativos del curso.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos del curso serán evaluados por medio de exámenes previamente establecidos (al menos dos exámenes en el semestre), los cuales corresponderán al 70% de la calificación final.
- ◆ Las tareas, ensayos sobre temas específicos y discusión de artículos representarán el 20% de la calificación final.
- ◆ La (s) práctica(s) de laboratorio representarán el 10% de la calificación final.

Bibliografía

1. WOLFRAM, Schnabel, MacMillan, *Polymer Degradation – Principles and Practical Applications*. Book Review, Journal Polymer Science Part C: Polymer Letters, 1982. Doi: <https://doi.org/10.1002/pol.1982.130200907>.
2. HAMID S. *Handbook of polymer degradation (Environmental Science and Pollution Control Series)*. New York: Marcel Dekker, 2000. ISBN-13: 978-0824703240.
3. ALLEN, Norman S & Edge, Michele. *Fundamentals of polymer degradation and stabilization*. Elsevier Applied Science, London; New York, 1992. ISBN:1-85166-773-4.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Procesamiento de Polímeros	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura FI9004

64 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Adquirir los conocimientos generales teóricos y prácticos relacionadas con el procesamiento de los materiales poliméricos, simples o compuestos, tanto termoplásticos como termofijos.

Temas y subtemas

1. Mezclado
 - 1.1. Aditivos poliméricos
 - 1.2. Polímeros, rellenos y refuerzos
 - 1.3. Mezclado distributivo y dispersivo
 - 1.4. Procesos y equipo

2. Extrusión de polímeros termoplásticos y termofijos, como materiales simples o compuestos (reforzados)
 - 2.1. Extrusor
 - 2.2. Diseño de productos y dados de extrusión
 - 2.3. Tipos de procesos de extrusión
 - 2.4. Relación de procesamiento con propiedades de productos extruidos

3. Moldeo por inyección de polímeros termoplásticos y termofijos, como materiales simples o compuestos (reforzados)
 - 3.1. Fundamentos
 - 3.2. Diseño de productos y moldes
 - 3.3. Máquina de moldeo por inyección
 - 3.4. Ciclo de moldeo por inyección
 - 3.5. Tipos de procesos de inyección
 - 3.6. Relación de procesamiento con propiedades de piezas inyectadas

4. Otros procesos para termoplásticos y termofijos, como materiales simples o compuestos
 - 4.1. Moldeo: por soplado, por compresión y rotomoldeo
 - 4.2. Procesamiento de termofijos reforzados: moldeo manual, pultrusión y laminación
 - 4.3. Termoformado y calandreo
 - 4.4. Diseño de productos

5. Últimos avances tecnológicos en procesamiento de polímeros
 - 5.1. Nuevos materiales poliméricos, productos y procesos
 - 5.2. Nuevos equipos y herramientas

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos conocerán las técnicas de procesamiento más comunes para polímeros, tanto de materiales simples como compuestos, con polímeros termoplásticos o termofijos.
- ◆ Los alumnos realizarán prácticas a nivel laboratorio y visitas a industrias que involucren las principales técnicas de procesamiento de polímeros.
- ◆ Los alumnos realizarán tareas, revisión de bibliografía (artículos, libros, sitios web, etc.), presentaciones en clases y un proyecto de diseño de un producto-proceso en las que aplicarán los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos básicos adquiridos por el alumno se evaluarán mediante la aplicación de exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán a un 40% de la calificación total del curso.
- ◆ Los reportes de prácticas de laboratorio, tareas académicas, presentaciones en clase y diagnósticos tecnológicos (visitas a empresas) corresponderán al 60% de la calificación total del curso.

Bibliografía

1. MCCRUM, M.G., BUCLEY, C.P. y BUCKNALL, C.B. *Principles of Polymer Engineering*. Oxford: Oxford University Press, 1996. ISBN 0198561520.
2. CHARRIER, Jean-Michel. *Polymeric Materials and Processing: Plastics, Elastomers and Composites*. U.S.A.: Hanser Publishers, 1990. ISBN 9780195208542.
3. RAUWENDAAI, Chris. *Polymer extrusión*. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 2001. ISBN 1569903212.
4. RAMOS DE VALLE, Luis F. *Extrusión de plásticos: principios básicos*. México: Limusa, 2000. ISBN 9681845048.
5. CHEREMISINOFF, Nicholas P. *Polymer mixing and extrusion technology*. New York: M. Dekker, 1987. ISBN 082477793X
6. HENSEN, Friedhelm. *Plastics extrusion technology*. Munich: Hanser Publishers, 1988. ISBN 3446145893.
7. ISAYEV, Avraam I. (Editores). *Injection and compression molding fundamentals*. New York: Marcel Dekker, 1987. ISBN 0824776704.
8. HOPMANN, Christian y MICHAELI, Walter. *Extrusion dies for plastics and rubber: Design and Engineering Computations*. 4ª edición. Munich: Carl Hanser Verlag, 2016. ISBN 9781569906231.
9. MENGES, G. y MOHREN, G. *Moldes para inyección de plásticos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.L., 1975. ISBN 8425208629.
10. BODINI, Gianni y CACCHI PESANI, Franco. *Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos*. México: McGraw-Hill, 1992. ISBN 970101427.
11. SAVGORODNY, V.K. *Transformación de Plásticos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1973. ISBN 8425207460.
12. MORTON-JONES, D.H. *Procesamiento de plásticos: Inyección, Moldeo, Hule, PVC*. México: Limusa, Grupo Noriega, 2000. ISBN 9681844343.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Materiales Compuestos I	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura FI9007

64 horas

Objetivo general de la asignatura

Que el alumno entienda lo que son los materiales compuestos, en especial los poliméricos, los componentes que los conforman, su terminología, particularidades, la importancia de la interfase entre la fase continua y la dispersa, y los métodos más comunes para predecir y medir sus propiedades mecánicas.

Temas y subtemas

1. Introducción

1.1 Materiales compuestos

- 1.1.1. Clasificación de los materiales
- 1.1.2. Materiales compuestos naturales
- 1.1.3. Materiales compuestos de ingeniería
- 1.1.4. Híbridos

1.2. Componentes en un material compuesto y sus tipos

- 1.2.1. Fase continua
- 1.2.2. Fase dispersa (fibras y partículas)
- 1.2.3. Interfase
- 1.2.4. Clasificaciones

1.3. Ventajas y desventajas de los materiales compuestos

1.4. Aplicaciones de los materiales compuestos

2. Fibras

2.1. Definición y clasificación

- 2.1.1. Fibras naturales
- 2.1.2. Fibras orgánicas
- 2.1.3. Fibras inorgánicas
- 2.1.4. Fibras cortas, fibras continuas, unidireccionales y arreglos textiles

2.2. Fabricación, estructura, propiedades mecánicas y físicas

- 2.2.1. Vidrio
- 2.2.2. Carbón
- 2.2.3. Orgánicas
- 2.2.4. Cerámicas
- 2.2.5. Metálicas

3. Matrices

3.1. Matrices poliméricas

- 3.1.1. Naturales
- 3.1.2. Termoplásticas
- 3.1.3. Termofijas
- 3.1.4. Elastoméricas
- 3.1.5. Aplicaciones

3.2. Otras matrices: metálicas y cerámicas

4. Métodos comunes para fabricación de materiales compuestos poliméricos con fibras y partículas
 - 4.1. Materiales compuestos con matrices termoplásticas
 - 4.2. Materiales compuestos con matrices termofijas
 - 4.3. Materiales compuestos con matrices elastoméricas

5. Interfase
 - 5.1. Importancia de la interfase en materiales compuestos
 - 5.2. Mecanismos de adherencia interfacial
 - 5.2.1. Absorción e impregnación
 - 5.2.2. Inter-difusión
 - 5.2.3. Atracción electrostática
 - 5.2.4. Enlace químico
 - 5.2.5. Adherencia mecánica
 - 5.3. Agentes de acoplamiento y tratamientos superficiales
 - 5.4. Ensayos para la determinación de resistencia interfacial
 - 5.4.1. Extracción de fibra (“pull out”)
 - 5.4.2. Microgota
 - 5.4.3. Fragmentación
 - 5.4.4. Microindentación
 - 5.4.5. Otros métodos

6. Ensayos macroscópicos estándar de materiales compuestos
 - 6.1. Tensión
 - 6.2. Compresión
 - 6.3. Cortante
 - 6.4. Ensayos de mecánica de fracturas

7. Modelos predictivos de micromecánica de materiales compuestos
 - 7.1. Modelos de propiedades mecánicas
 - 7.1.1. Predicción de constantes elásticas
 - 7.1.1.1. Modelos de mecánica de materiales
 - 7.1.1.2. Modelo semiempírico de Halpin-Tsai
 - 7.1.2. Predicciones de resistencia
 - 7.2. Propiedades térmicas
 - 7.3. Mecánica de transferencia de carga fibra-matriz
 - 7.3.1. Conceptos fundamentales
 - 7.3.2. Fibra elástica-matriz elástica
 - 7.3.3. Fibra elástica-matriz plástica

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos aprenderán los conceptos teóricos del reforzamiento de materiales compuestos, los principales componentes que los conforman, y la importancia de la interfase.
- ◆ Los alumnos aprenderán sobre ensayos micromecánicos y macroscópicos de materiales compuestos, así como modelos de micromecánica para la predicción de las propiedades constitutivas.
- ◆ Los alumnos realizarán tareas y exposiciones con el fin de reforzar los conocimientos adquiridos en las clases.

- ◆ Los alumnos realizarán alguna práctica de laboratorio que refuerce los conceptos aprendidos en clase.
- ◆ Los alumnos desarrollarán temas específicos del curso y analizarán y discutirán artículos que sean representativos del curso.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos del curso serán evaluados por medio de dos exámenes, los cuales corresponderán al 70% de la calificación final.
- ◆ Las tareas sobre temas específicos y discusión de artículos corresponderán al 20% de la calificación final.
- ◆ Las prácticas de laboratorio y reporte corresponderán al 10% de la calificación final.

Bibliografía

1. PLUEDDEMANN, Edwin P. *Composite Materials: Interfaces in Polymer Matrix Composites*. V 6. New York: Academic Press, 1974. ISBN 0121365069.
2. PIGGOTT, Michael R. (Editor). *Interfaces in Composites*. Amsterdam: Elsevier Applied Science, 1991. ISBN 1851666672.
3. VOYIADJIS, George Z. y ALLEN, David H. (Editores). *Damage and Interfacial Debonding in Composites*. Volumen 44, 1ª ed. Amsterdam: Elsevier, 1996. ISBN 9780080530222.
4. HOLLAWAY, Leonard C. (Editor). *Handbook of Polymer Composites for Engineers*. 1ª ed. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 1994. ISBN 9781855731295.
5. PENDLETON, Richard L. y TUTTLE, Mark E. (Editores). *Manual of Experimental Methods for Mechanical Testing of Composites*. 1ª ed. Barking, U.K.: Elsevier Applied Science, 1989. ISBN 9401070008.
6. CHARRIER, Jean-Michel. *Polymeric Materials and Processing: Plastics, Elastomers and Composites*. Munich; New York: Hanser Publishers, 1991. ISBN 3446141987.
7. HULL, Derek. *Materiales compuestos*. Bogotá: Editorial Reverté, 1987. ISBN 8429148396.
8. DANIEL, Isaac M. e ISHAI, Ori. *Engineering Mechanics of Composite Materials*. 2ª ed. New York: Oxford University Press, 2005. ISBN 9780195150971.
9. MATTHEWS, F.L. y RAWLINGS, R.D. *Composite Materials: Engineering and Science*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 1994. ISBN 1855734737.
10. MALLICK, P.K. y NEWMAN, Seymour (Editores). *Composite Materials Technology: Processes and Properties*, Munich; New York: Hanser Publishers, 1990. ISBN 3446156844.
11. MALLICK, P.K. (Editor). *Composites Engineering Handbook*. 1ª ed. Boca Raton: CRC Press, 1997. ISBN 9780824793043.
12. *ASTM Standards and Literature References for Composite Materials*. 2ª ed. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 1990. ISBN 0803112300.
13. SCHULTE, Karl (Editor). *Composites Science and Technology* (Revista Científica de Publicación Periódica). Barking, U.K.: Elsevier Applied Science Publishers. ISSN: 0266-3538.
14. SPRAGG, Christopher J. y DRZAL, Lawrence T. (Editores). *Fiber, Matrix, and Interface Properties*. West Conshohocken: ASTM, 1996. ISBN 080312046X.

NOMBRE DE LA ASIGNATURA O UNIDAD DE APRENDIZAJE

Mecánica de Materiales Compuestos Fibrorreforzados

Ciclo

Optativa

Clave de la asignatura

FI9014

64 horas

Objetivo general de la asignatura

Que el alumno comprenda el comportamiento mecánico y los métodos de análisis de esfuerzos de materiales compuestos fibrorreforzados laminados ortotrópicos.

Temas y subtemas

1. Simetrías materiales e introducción al comportamiento anisotrópico
 - 1.1. Isotropía y anisotropía
 - 1.2. Simetrías materiales: materiales isotrópicos, transversalmente isotrópicos, y ortotrópicos
 - 1.3. Láminas y laminados: efectos de orientación y apilado
 - 1.4. Constantes elásticas direccionales y su determinación experimental
2. Relaciones de anisotropía elástico-lineal para una lámina.
 - 2.1. Definición de una lámina ortotrópica
 - 2.2. Relación esfuerzo-deformación para materiales ortotrópicos
 - 2.3. La asunción de esfuerzo plano y su relación constitutiva
 - 2.4. Transformación de sistemas coordenados materiales
 - 2.5. Relaciones esfuerzo-deformación en el sistema coordenado global
3. Teoría clásica de laminación
 - 3.1. Definición y nomenclatura de un laminado
 - 3.2. Principales suposiciones: la hipótesis de Kirchhoff
 - 3.3. Esfuerzos y deformaciones en láminas individuales
 - 3.4. Integrales de esfuerzo resultante
 - 3.5. Rigidez de un laminado: la matriz "ABD"
 - 3.6. Clasificación de laminados y su efecto en la matriz ABD
 - 3.7. Acoplamientos elásticos
 - 3.8. Propiedades efectivas de laminados simétricos y balanceados
 - 3.9. Esfuerzos y deformaciones interlaminares y a través del espesor
4. Modos y teorías de falla
 - 4.1. Modos de falla de materiales compuestos
 - 4.2. Criterio de falla de esfuerzo máximo
 - 4.3. Criterio de falla de deformación máxima
 - 4.4. Criterio de falla interactuante de Tsai-Wu
5. Teorías cortantes para laminados gruesos
 - 5.1. Teoría cortante de primer orden para el análisis de laminados gruesos
 - 5.2. Teoría cortante de orden superior

5.3. Análisis de laminados gruesos tipo sándwich

Actividades de aprendizaje

- ◆ Sesiones de clases donde los alumnos adquirirán conocimientos sobre las propiedades de los materiales compuestos, su respuesta mecánica, así como el planteamiento de las relaciones elástico-lineales esfuerzo-deformación en materiales ortotrópicos.
- ◆ Asignación de tareas para reforzar los conceptos y conocimientos adquiridos en las clases.
- ◆ Los alumnos analizarán, presentarán, y discutirán temas específicos del curso así como artículos científicos.
- ◆ Los alumnos realizarán un proyecto final involucrando los conceptos adquiridos durante el curso.
- ◆ Los alumnos presentarán exámenes para evaluar el grado de conocimiento adquirido.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

Los conocimientos adquiridos por los alumnos se evaluarán mediante dos exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán a un 60% de la calificación total del curso. Las tareas corresponderán al 20% de la calificación total y el informe del proyecto final al 20% restante.

Bibliografía

1. HYER, M.W. *Stress Analysis of Fiber-Reinforced Composite Materials*, McGraw Hill, Boston, USA, 1998. ISBN-13 : 978-1932078862
2. JONES, R.M. *Mechanics of Composite Materials*, Taylor & Francis, 1999, Philadelphia, USA. ISBN 9781560327127
3. DANIEL, I.M. ISHAI, O. *Engineering Mechanics of Composite Materials*, Oxford University Press, 2006, N.Y. USA. ISBN 978-0-19-515097-1
4. KAW, A.K. *Mechanics of Composite Materials*, Taylor & Francis, 2006, Boca Raton, USA. ISBN-10: 0849313430
5. WHITNEY, J.M. *Structural Analysis of Laminated Anisotropic Plates*, Technomic Publishing Co. Inc., 1987. Lancaster, USA. ISBN-10 : 0877625182
6. REDDY, J.N. *Mechanics of Laminated Composites Plates and Shells: Theory and Analysis*, CRC Press, 2004, Boca Raton, USA. ISBN 9780849315923
7. WANG, C.M. J.N. REDDY, LEE, K.H. *Shear Deformable Beams and Plates*, Elsevier, 2000, Oxford, U.K. ISBN 978-0-08-043784-2
8. SRIDHARAN, S. *Delamination Behavior of Composites*, Woodhead Publishing, 2008, Boca Raton, USA.
9. ADAMS, D.F. CARLSSON, L.A. PIPES, R.B. *Experimental Characterization of Advanced Composite Materials*, CRC Press, 2003, Boca Raton, USA. ISBN 9781439848586
10. CARLSSON, ADAMS, D.F. PIPES, R.B. *Basic Experimental Characterization of Polymer Matrix Composite Materials*, Polymer Reviews, 53:2, 277-302, 2013. DOI: 10.1080/15583724.2013.776588
11. CARLSSON, L.A. KARDOMATEAS, G.A. *Structural and Failure Mechanics of Sandwich Composites*, Springer Science, 2011, NY, USA. ISBN 978-1-4020-3225-7.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Diseño de Productos Plásticos	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura FI9009

48 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Que el alumno conozca los conceptos básicos como el proceso de diseño, la relación de las propiedades de los productos plásticos con su diseño, la unión y ensamble de piezas, el maquinado, decorado y acabado de productos, de tal forma que pueda realizar diseños básicos de productos.

Temas y subtemas

1. Introducción
 - 1.1. Proceso de diseño
 - 1.2. Los plásticos en el diseño
 - 1.3. Consideraciones ambientales
 - 1.4. Propiedades de los plásticos: mecánicas, térmicas y eléctricas
2. Diseño del producto
 - 2.1. Selección de material
 - 2.2. Geometría de la pieza
 - 2.3. Diseño de la pieza
 - 2.4. Selección de procesos de producción
3. Sistemas de unión o ensamblaje
 - 3.1. Mecánico
 - 3.2. Físico
 - 3.3. Químico
4. Maquinado, decorado y acabado
 - 4.1. Taladrado, cortado y estampado en caliente
 - 4.2. Pinturas, metalizado, impresión y electroplateado
5. Casos de estudio

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos conocerán el proceso de diseño de productos, la relación de las propiedades de los productos plásticos con su diseño, el diseño de piezas, la selección de materiales y procesos, el ensamble o unión de piezas, y el maquinado, decorado y acabado de productos.
- ◆ Se presentarán casos de estudio de diseño de productos plásticos.
- ◆ Los alumnos conocerán los sitios web de fabricantes de plásticos relacionados con diseño de productos.

- ◆ Los alumnos realizarán tareas y presentaciones en clase, presentarán exámenes y diseñarán un producto plástico.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos adquiridos se evaluarán mediante la presentación de al menos un examen parcial que corresponderá a un 40% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas, presentaciones y diseño de producto, corresponderán al 60% de la calificación total.

Bibliografía

1. GORDON, M. Joseph Jr. *Industrial design of plastics products*. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, 2003. ISBN 0471231517.
2. CALLISTER, William D. y RETHWISCH, David G. *Fundamentals of materials science and engineering: an integrated approach*. 4ª Edición. Hoboken, N.J.: Wiley, 2012. ISBN 9781118061602.
3. GARCÍA NAVARRO, Serafín. *Diseño y desarrollo de producto en materiales plásticos: de la idea al mercado*. Interempresas Media, S.L.U. Grupo Nova Ágora, 2013.
4. RAMOS DEL VALLE, Luis F. *Extrusión de plásticos, principios básicos*. México, D.F.: Limusa/Noriega, 2007. ISBN 9681845048.
5. RAMOS DEL VALLE, Luis F., SÁNCHEZ VALDEZ, Saúl. *Vulcanización y formulación de hules*. México, D.F.: Limusa/Noriega, 2002. ISBN 9681850432.
6. ROSATO, Donald V., DIMATTIA, David P., ROSATO, Dminick V., *Designing with plastics and composites: a handbook*. New York: Springer Science + Business Media, LLC, 1991. ISBN 9781461597254.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Técnicas de Caracterización de Polímeros II	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura FI9025

64 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Que el alumno conozca técnicas analíticas avanzadas complementarias para caracterizar materiales poliméricos.

Temas y subtemas

1. Técnicas para el análisis de aditivos poliméricos
 - 1.1 Extracciones sólido-líquido
 - 1.2 Cromatografía de líquidos
 - 1.3 Cromatografía de gases

2. Técnicas de análisis de superficies
 - 2.1 Medición de ángulos de contacto
 - 2.2 Técnica de cromatografía inversa
 - 2.3 Espectroscopía fotoelectrónica de rayos x (XPS)
 - 2.4 Espectrometría de masas de ion secundario (SIMS)
 - 2.5 Microscopía de fuerza atómica (AFM)

3. Microscopía
 - 3.1 Microscopía óptica
 - 3.2 Microscopía electrónica de barrido
 - 3.3 Microscopía electrónica de transmisión

4. Difracción de rayos x

5. Técnicas combinadas
 - 5.1 TGA acoplado a FTIR
 - 5.2 TGA acoplado a masas

6. Técnicas para la caracterización interfacial de materiales compuestos
 - 6.1 Extracción de fibra (“pull-out”)
 - 6.2 Fragmentación
 - 6.3 Microgota
 - 6.4 Indentación
 - 6.5 Otras técnicas de caracterización mecánica (fotoelasticidad, emisión acústica)

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos adquirirán los conocimientos básicos sobre las técnicas complementarias más comunes usadas en la caracterización de polímeros, mediante sesiones de clase.
- ◆ Se realizarán prácticas con las técnicas más comunes de caracterización de polímeros y se resolverán problemas relacionados con estas técnicas.

- ◆ Se realizarán trabajos de investigación bibliográfica sobre las técnicas recientes que no estén disponibles en el laboratorio y se realizarán visitas para prácticas demostrativas.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se realizarán dos exámenes a lo largo del semestre en los cuales se evaluará el grado de comprensión del alumno sobre las técnicas de caracterización enseñadas. Los exámenes corresponderán al 50% de la calificación final del curso.
- ◆ Los reportes entregados por las prácticas de laboratorio representara el 25% de la calificación final.
- ◆ La revisión de los artículos y tareas relacionados con las técnicas de caracterización de polímeros corresponderá al 25% de la calificación final.

Bibliografía

5. BOWER, David I. *An Introduction to Polymer Physics*, Cambridge University Press, New York, 2002. ISBN 978051180128.
6. CHEREMISINOFF, Nichola P. *Polymer Characterization: Laboratory Techniques and Analysis*, Noyes Publications, New Yersey USA, 1996. ISBN 0-8155-1403-4.
7. HUNT, B.J. and JAMES, M.I. *Polymer Characterization*, Springer Science, 1997. ISBN 978-94-010-4956-6.
8. MARCOVIC, Gordana; MARINOVIC, Milena; JONAVONIC, Vojislav and Budinski, Jaroslava, *Polymer Science, Chapter: Polymer Characterization (II)*, Formatex Research Center S.L. España 2006. ISBN 9788494213489.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Síntesis Avanzada de Polímeros	
Optativa	Clave de la asignatura QU9011

64 horas

Objetivo general de la asignatura

Conocer alternativas avanzadas para la síntesis de nuevos polímeros con importancia comercial y con aplicaciones especializadas. Conocer las principales reacciones de modificación de polímeros y su efecto en las propiedades de materiales poliméricos.

Temas y subtemas

1. Métodos avanzados de síntesis de polímeros
 - 1.1. Polimerización viviente
 - 1.1.1 Radicálica controlada/viviente (polimerización mediada por nitroxidos (NMP), polimerización radicálica por transferencia de átomos (ATRP), adición-fragmentación reversible (RAFT))
 - 1.1.2 Aniónica
 - 1.1.3 Catiónica
 - 1.2. Polimerización por transferencia de grupos
 - 1.2.1 Silil ceten acetales
 - 1.2.2 Transferencia aldólica
 - 1.3. Polimerización por metátesis
 - 1.3.1 Olefínica
 - 1.3.2 Dienos acíclicos
 - 1.3.3 Apertura de anillo
 - 1.4. Polimerización en estado sólido
 - 1.5. Polimerización por plasma y microondas
 - 1.6. Electropolimerización
 - 1.7. Polimerización interfacial
2. Modificación química de polímeros.
 - 2.1. Modificación de polímeros en la cadena principal
 - 2.2. Modificación de polímeros con grupos sustituyentes
 - 2.3. Modificación de polímeros en la superficie
 - 2.4. Reacciones de transformación
 - 2.4.1 Olefínica
 - 2.4.2 Dienos acíclicos
 - 2.4.3 Apertura de anillo.
 - 2.5. Reacciones de entrecruzamiento.

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se realizarán trabajos de investigación bibliográfica con temas asociados al contenido del curso y se resolverán problemas afines.
- ◆ Los alumnos realizarán tareas que les permitan la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- ◆ Los alumnos realizarán exposiciones frente al grupo de sus trabajos de investigación, así como de artículos de investigación relacionados al curso.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se realizarán dos exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán a un 60% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 20% de la calificación total mientras que al análisis de artículos y la presentación de los temas específicos, corresponderán el 20% restante de la calificación

Bibliografía

1. SHIRO KOBAYASHI, *New Frontiers in Polymer Synthesis*, Springer, 2008. ISBN 978-3-540-69807-4.
2. R. HOOGENBOOM, U. S. SCHUBERT, F. WIESBROCK, *Microwave-assisted Polymer Synthesis*, Springer, 2016. ISBN 978-3-319-42239-8.
3. K. MATYJASZEWSKI, T. P. DAVIS, *Handbook of Radical Polymerization*, John Wiley & Sons, Inc. 2002. PRINT ISBN 9780471392743.
4. K. PYRZYNSKY, G. NYSZKO, G.E. ZAIKOV, *Chemical and Structure Modification of Polymers*, Apple Academic Press, 2015. ISBN 9781771881227.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Tópicos Selectos de Procesamiento	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura FI9010

48 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Adquirir los conocimientos básicos y habilidades técnicas de procesos específicos para la transformación de plásticos mediante tecnologías especializadas.

Temas y subtemas

Se presenta una serie de cursos, cada uno de 48 horas, que se podrían impartir como parte de esta asignatura.

Curso I. Moldeo por soplado

1. Fundamentos
2. Moldeo por extrusión-soplado
3. Moldeo por inyección-soplado
4. Soplado-estirado

Curso II. Diseño de moldes y dados

1. Partes y componentes estándares
2. Encogimiento y pandeo
3. Moldes de inyección
4. Dados convencionales, compuestos y mezcladores estáticos

Curso III. Inyección

1. Inyección de termoplásticos y termofijos
2. Inyección de cavidades múltiples
3. Co-inyección
4. Parámetros de inyección

Curso IV. Extrusión

1. Extrusión de láminas
2. Extrusión de filamento y perfiles
3. Co-extrusión.
4. Parámetros de extrusión.

Curso V. Reciclaje de materiales poliméricos

1. Definición de reciclaje
2. Sistemas de recolección y selección
3. Control de calidad de materiales reciclables
4. Alternativas de procesamiento para la obtención de nuevos materiales

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos tendrán clases teóricas en donde se explicarán los conceptos básicos y específicos del tópico selecto de procesamiento.
- ◆ Los alumnos tendrán clases prácticas donde adquirirán las habilidades técnicas del tópico selecto de procesamiento.
- ◆ Los alumnos visitarán dos industrias relacionadas con el tópico selecto de procesamiento identificando las actividades básicas y específicas involucradas en

su funcionamiento.

- ◆ Los alumnos realizarán tareas, que ayudarán a adquirir los conocimientos básicos y específicos del tópico selecto de procesamiento.
- ◆ Los alumnos harán revisiones bibliográficas de temas específicos del tópico selecto de procesamiento en artículos de revistas especializadas.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos adquiridos en los cursos se evaluarán mediante la presentación de al menos un examen parcial que corresponderá al 50% de la calificación total del curso.
- ◆ Los reportes de prácticas de laboratorio y la adquisición de habilidades técnicas corresponderá al 20% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 15% de la calificación total.
- ◆ La presentación en clase y entrega de resúmenes de las revisiones bibliográficas corresponderá al 15% de la calificación total del curso.

Bibliografía

1. RAUWENDAAI, Chris. *Polymer extrusion*. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 2001. ISBN 1569903212.
2. RAMOS DE VALLE, Luis F. *Extrusión de plásticos: principios básicos*. México: Limusa, 2000. ISBN 9681845048.
3. CHEREMISINOFF, Nicholas P. *Polymer mixing and extrusion technology*. New York: M. Dekker, 1987. ISBN 082477793X
4. HENSEN, Friedhelm. *Plastics extrusion technology*. Munich: Hanser Publishers, 1988. ISBN 3446145893.
5. ISAYEV, Avraam I. (Editores). *Injection and compression molding fundamentals*. New York: Marcel Dekker, 1987. ISBN 0824776704.
6. HOPMANN, Christian y MICHAELI, Walter. *Extrusion dies for plastics and rubber: Design and Engineering Computations*. 4ª edición. Munich: Carl Hanser Verlag, 2016. ISBN 9781569906231.
7. MENGES, G. y MOHREN, G. *Moldes para inyección de plásticos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.L., 1975. ISBN 8425208629.
8. BODINI, Gianni y CACCHI PESANI, Franco. *Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos*. México: McGraw-Hill, 1992. ISBN 970101427.
9. SAVGORODNY, V.K. *Transformación de Plásticos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1973. ISBN 8425207460.
10. MORTON-JONES, D.H. *Procesamiento de plásticos: Inyección, Moldeo, Hule, PVC*. México: Limusa, Grupo Noriega, 2000. ISBN 9681844343.
11. RICHARDSON, Terry L. y LOKENSGARD, Erik. *Industria del plástico. Plástico industrial*. Madrid, España: Paraninfo, 2006. ISBN 9788428325691.
12. LUND, Herbert F. *Manual McGraw-Hill de Reciclaje*. México: McGraw-Hill, 1996. ISBN 8448107292.
13. ALBERTSSON, Ann-Christine y HUANG, Samuel J. (Editores). *Degradable polymers, recycling, and plastics waste Management*. New York: M. Dekker, 1995. ISBN: 0824796683.
14. BRANDRUP, Johannes, BITTNER, Muna, MICHAELI, Walter y MENGES, Georg (Editores). *Recycling and recovery of plastics*. Munich; New York: Hanser Publishers, 1996. ISBN 3446182586.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Diseño de Experimentos	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura MA9013

48 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Al final del curso, el alumno será capaz de planear un trabajo experimental con base en un diseño de experimentos estadístico que le permita responder de manera rápida y eficaz al problema que se le presenta. El alumno será capaz de interpretar los resultados con el fin de cuantificar los efectos principales de las variables que intervienen en el desarrollo de un proceso.

Temas y subtemas

1. Introducción al diseño de experimentos
2. Elementos de inferencia estadística: experimentos con uno y dos tratamientos.
3. Experimentos con un solo factor (análisis de varianza de una vía)
4. Experimentos con dos factores (análisis de varianza de dos vías)
5. Diseños factoriales
 - 5.1.1. Diseño factorial completo
 - 5.1.2. Diseño factorial 2^k
 - 5.1.3. Diseño factorial 3^k
 - 5.1.4. Diseño central compuesto
6. Fundamentos de la metodología de superficie de respuesta

Actividades de aprendizaje

- ◆ En las clases se les proporcionará a los alumnos los conceptos teóricos del curso así como también se llevarán a cabo ejercicios para afirmar los conocimientos adquiridos.
- ◆ También se ofrecerán clases teórico-prácticas en las que se les enseñara a utilizar los programas comerciales de diseño de experimentos (*minitab* y *design-expert*).
- ◆ Los alumnos aplicarán los conocimientos adquiridos mediante la realización de tareas.
- ◆ Los alumnos revisarán y analizarán artículos en los que se utilice el diseño de experimentos como parte de la metodología.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ El alumno será evaluado por medio de exámenes previamente establecidos (al menos dos exámenes en el semestre) y por las tareas que se dejen después de haberles dado un determinado tema a fin de reforzar los conocimientos adquiridos. Se contempla que los alumnos desarrollen algún tema del curso. La calificación final de la asignatura será en base al promedio de las calificaciones adquiridas durante el curso.

Bibliografía

1. MONTGOMERY, Douglas C. *Design and analysis of experiments*, 5ª ed, John Wiley and Sons, New York, 2000, ISBN: 0-471-31649-0.

2. BOX George E. P., HUNTER, Stuart J. and HUNTER William G. *Statistics for experimenters. Design, innovation, and discovery*. Second edition, Wiley-Interscience, New York, 2005, ISBN: 978-0-471-71813-0.
3. DEMING, Stanley N. and MORGAN, Stephen L. *Experimental Design: A Chemometric Approach*. 2nd, Elsevier Science Pub., Amsterdam, 1993, ISBN: 0- 444 - 891 11-0.
4. OEHLERT, Gary W. *A First Course in Design and Analysis of Experiments*, Ed. W H Freeman & Co, 2010, ISBN 0-7167-3510-5.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Transferencia de Masa de Polímeros	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura FI9015

48 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Al finalizar esta materia, el alumno será capaz de manejar las ecuaciones generales de transporte de masa y su aplicación en el área de materiales poliméricos. Comprenderá el efecto de las características del material polimérico sobre las propiedades de difusión y solubilidad de diferentes tipos de especies penetrantes que interaccionan con el material.

Temas y subtemas

1. Definición y mecanismo de transporte de masa
 - 1.1. Definición de concentraciones, velocidad y flujos de masa
 - 1.2. Ley de difusión de Fick
 - 1.3. Dependencia de la difusión de masa sobre la temperatura y presión
 - 1.4. Difusión en gases
 - 1.5. Difusión en líquidos

2. Coeficientes de difusión
 - 2.1. Coeficientes de difusión en gases
 - 2.2. Coeficientes de difusión en líquidos
 - 2.3. Coeficientes de difusión en sólidos
 - 2.4. Coeficientes de difusión en polímeros
 - 2.5. Medición de coeficientes de difusión
 - 2.6. Difusión con interacciones soluto-soluto
 - 2.7. Difusión con interacciones soluto-solvente

3. Transporte de masa en membranas poliméricas
 - 3.1. Factores físicos que afectan el transporte en membranas poliméricas
 - 3.2. Absorción en equilibrio
 - 3.3. Efecto de la concentración sobre la difusión
 - 3.4. Permeabilidad
 - 3.4.1. Permeabilidad al estado estacionario
 - 3.5. Permeabilidad de líquidos en membranas poliméricas
 - 3.5.1. Pervaporación
 - 3.5.2. Difusión de hidrocarburos y solventes
 - 3.5.3. Adsorción en materiales poliméricos

Actividades de aprendizaje

El curso constará de las siguientes actividades:

- ◆ Se proporcionarán tareas a realizar periódicamente a los alumnos que servirán de ejercicios para reafirmar los conocimientos adquiridos.
- ◆ Se analizarán artículos relacionados al curso, los cuales serán analizados por los alumnos y entregarán un resumen y discusión de los puntos importantes del mismo.

- ◆ Se asignarán temas para que el alumno desarrolle, a fin de que amplíe los conocimientos adquiridos en clases.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se realizarán dos exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán a un 50% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 20% de la calificación total, mientras que al análisis de artículos y el desarrollo de temas corresponderán el 30% de la calificación, respectivamente.

Bibliografía

1. CRANK, J. *The Mathematics of Diffusion*, 2a, London: Oxford University Press, 1975. ISBN: 0 19-853344-6.
2. BARRER, Richard, *Diffusion in and Thorough Solids*, New York, Cambridge University Press, 1941.
3. BIRD, R.B., STEWART, W.E., LIGHTFOO, N. *Transport Phenomena*, 2d, New York, John Wiley & Son, 2002. ISBN 0-471-41077-2.
4. NEOGI, P. *Diffusion in Polymers*, New York, Marcel Dekker Inc., 1996. ISBN 0-8247-9530-X.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Introducción a Reactores de Polimerización	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura QU9016

48 horas

Objetivo general de la asignatura.

Adquirir los conocimientos necesarios para trabajar con reactores químicos. Determinar las condiciones de trabajo que influyen en un proceso de polimerización en reactores industriales, bajo condiciones de seguridad para el personal, instalaciones y equipo.

Temas y subtemas

1. Introducción
2. Clasificación de los reactores
 - 2.1. Homogéneos y heterogéneos
 - 2.2. Por lotes y continuos (agitados tipo tanque y tipo pistón)
 - 2.3. Reactores en cascada
 - 2.4. Gas-líquido y gas-sólido
3. Características de las reacciones de polimerización
 - 3.1. Reacciones por pasos
 - 3.2. Reacciones aniónicas
 - 3.3. Reacciones por radicales libres
 - 3.4. Reacciones no lineales
 - 3.5. Efecto gel
4. Modelado matemático de la cinética de polimerización
 - 4.1. Distribución de peso molecular y sus momentos
 - 4.2. Momentos en cinética de polimerización
 - 4.3. Tratamiento estadístico de problemas de polimerización
5. Diseño del reactor de polimerización
 - 5.1. Selección de las fases
 - 5.2. Selección de tipo de reacción
 - 5.3. Separación y sistemas de recuperación
6. Temas generales de aplicaciones industriales
 - 6.1. Otras distribuciones de probabilidad de utilidad en la Ciencia de Materiales
 - 6.2. Escalamiento
 - 6.3. Instrumentación y control

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se explicarán los conceptos y se realizarán ejercicios en los cuales se apliquen los conocimientos adquiridos en las clases.

- ◆ Los alumnos prepararán presentaciones de temas seleccionados, y los defenderán ante la clase.
- ◆ Con ayuda del profesor, los alumnos realizarán un proyecto integrador que involucre los conceptos aprendidos, orientados a un problema aplicativo.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso, se evaluarán mediante la aplicación de al menos dos exámenes parciales, los cuales corresponderán a un 70% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas y presentaciones corresponderán al 20% de la calificación final.
- ◆ El reporte del proyecto integrador corresponderá al 10% de la calificación final.

Bibliografía

1. SCHORK, E. J. DESHPANDE, P.B. LEFFEW, K. W. *Control of Polymerization Reactors*, CRC Press, 1993. ISBN-10 : 082479043X.
2. MCGREAVY, C. *Polymer Reactor engineering*, Springer, 1994. ISBN 978-94-011-1338-0.
3. SMITH, J.M. *Ingeniería de la Cinética Química*, Compañía Editorial Continental, 1991. ISBN-0-07-058710-8.
4. LEVESPIEL, O. *Chemical Reactor Engineering*, 3ª Edición, New York, Wiley, 1998. ISBN-10 : 047125424X.
5. HANSORA, D. DABKE, PACHAURI, S. R. *Modeling & Simulation of Polymerization Reaction/process/ Reactor: Modeling & Simulation: Addition Polymerization Reactions*, LAP LAMBERT Academic Publishing 2012. ISBN-13: 978-3659292460.
6. GOMES, V.G. IMMANUEL, CH.D. *Emulsion Polymerization Reactors: Operation and Control*. Wiley VCH, 2009. ISBN-13: 978-3527320332.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Tópicos Selectos de Síntesis de Polímeros	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura QU9015

48 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

El alumno conocerá las vías alternas para la síntesis de polímeros de importancia comercial y con aplicaciones especializadas. Del mismo modo, conocerá las principales reacciones de modificación de polímeros y su efecto en las propiedades de materiales poliméricos.

Temas y subtemas

1.1 Polimerización controlada/viviente

1.2 Polihidroalquilación catalizada por superácidos

1.3 Polimerización interfacial

1.4 Síntesis de polibenzoxazinas

1.5 Síntesis de polímeros inorgánicos

1.6 Otros temas de interés en la síntesis avanzado de polímeros

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se elaborarán trabajos de investigación bibliográfica, los cuales serán expuestos por los alumnos y discutidos en el salón de clases.
- ◆ Se realizarán prácticas de laboratorio que complementarán los conocimientos teóricos adquiridos.
- ◆ Los alumnos realizarán tareas que permitan la aplicación de los conocimientos adquiridos, así como reafirmar dichos conocimientos.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se realizarán dos exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán a un 60% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 20% de la calificación total, los reportes de las prácticas el 10%; el análisis de artículos corresponderá al 10% restante de la calificación.

Bibliografía

1. SHIRO KOBAYASHI, *New Frontiers in Polymer Synthesis*, Springer, 2008. ISBN 978-3-540-69807-4.
2. X. ZHOU, M. HUANG, X. ZENG, C. ZHONG, G. XIE, X. CAO, C. YANG, C. YANG, *Superacid-catalyzed Friedel–Crafts polyhydroxyalkylation: a straightforward method to construct sky-blue thermally activated delayed fluorescence polymers*, *Polymer chemistry* (2020) 11, 3481-3487.
3. K. MATYJASZEWSKI, T. P. DAVIS, *Handbook of Radical Polymerization*, John Wiley & Sons, Inc. 2002. PRINT ISBN 9780471392743.
4. E.H. HAWKINS, M. HISSLER, *Smart Inorganic Polymers: Synthesis, Properties, and Emerging Applications in Materials and Life Sciences*. Wiley-VCH, 2019 ISBN-13:978-3527344840.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Tópicos Selectos de Matemáticas		48 horas
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura MA9018	

Objet

Objetivo general de la asignatura

Que el alumno comprenda temas específicos relacionados al campo de las matemáticas con aplicaciones en el área de los materiales, y sea capaz de aplicarlos en su trabajo de investigación.

Temas y subtemas

1. Análisis vectorial en sistemas curvilíneos
 - 1.1. Sistemas coordenados curvilíneos: Coordenadas cilíndricas y esféricas
 - 1.2. Transformación de sistemas coordenados y el Jacobiano
 - 1.3. Operadores vectoriales en coordenadas cilíndricas
 - 1.4. Operadores vectoriales en coordenadas esféricas
 - 1.5. Operadores vectoriales en coordenadas generalizadas
 - 1.6. Problemas de aplicación

2. Ecuaciones diferenciales con coeficientes variables y ecuaciones parciales en coordenadas curvilíneas
 - 2.1. Ecuaciones diferenciales con coeficientes variables: Solución en series
 - 2.2. Ecuaciones diferenciales de Bessel y Legendre
 - 2.3. Las funciones de Bessel y Legendre
 - 2.4. Separación de variables para coordenadas cilíndricas
 - 2.5. Separación de variables para coordenadas esféricas
 - 2.6. La ecuación de onda, ecuación de calor y de Laplace para geometrías curvilíneas
 - 2.7. Problemas de aplicación

3. Álgebra tensorial.
 - 3.1. Definición y clasificación de un tensor
 - 3.2. Operaciones algebraicas con tensores
 - 3.3. Operaciones básicas del cálculo tensorial
 - 3.4. Leyes del medio continuo en notación tensorial

4. Métodos numéricos para la solución de problemas en Ciencias e Ingeniería
 - 4.1. El método de Rayleigh-Ritz
 - 4.2. El método de Galerkin
 - 4.3. El método de la cuadratura de Gauss-Legendre
 - 4.4. Análisis de elementos finitos

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se explicarán los conceptos y se realizarán ejercicios en los cuales se apliquen los conocimientos adquiridos en las clases.
- ◆ Se desarrollarán problemas matemáticos con aplicaciones de utilidad práctica en la Ciencia e Ingeniería de los Materiales.

- ◆ Los alumnos prepararán presentaciones de temas seleccionados, y los defenderán ante la clase.
- ◆ Con ayuda del profesor, los alumnos realizarán un proyecto integrador que involucre los conceptos matemáticos aprendidos, orientados a un problema aplicativo.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso, se evaluarán mediante la aplicación de al menos dos exámenes parciales, los cuales corresponderán a un 70% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas y presentaciones corresponderán al 20% de la calificación final.
- ◆ El reporte del proyecto integrador corresponderá al 10% de la calificación final.

Bibliografía

1. ARFKEN, G.B. WEBER, H.J. *Mathematical Methods for Physicist*. 6ª edición, Elsevier Academic Press, San Diego, 2005. ISBN: 0-12-059876-0.
2. ZILL, D.G. *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones de modelado*. 9ª edición, Cengage Learning, Ciudad de México, 2009. ISBN-13: 978-607-481-313-5.
3. ZILL, G.D. CULLEN, M.R. *Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, vol. 1: Ecuaciones Diferenciales*. 3a edición, McGraw-Hill interamericana, Ciudad de México, 2006. ISBN-10: 970-10-6514-X
4. SPIEGEL, M.R. LIPSCHUTZ, S. SPELLMAN, D. *Análisis Vectorial*. 2ª edición, McGraw-Hill, Ciudad de México, 2011. ISBN: 978-607-15-0550-7.
5. CHANDRUPATLA, T.R. BELEGUNDU, A.D. *Introduction to Finite Elements in Engineering*, 3ª edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 2002. ISBN: 0-13-061591-9.
6. MOAVENI, A. *Finite element analysis*, Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999. ISBN: 0-13-785098-0.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Introducción a los Biomateriales	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura QU9019

48 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Conocer las definiciones principales en términos de biomateriales y biocompatibilidad.
Identificar las secuencias de eventos posteriores a la implantación de un biomaterial.
Conocer los materiales que se emplean en los distintos tejidos y órganos para sustituir una parte del organismo.

Temas y subtemas

1. Introducción
 - 1.1. Definiciones generales
 - 1.2. Clasificación de materiales y dispositivos
 - 1.3. Materiales utilizados en implantes
 - 1.4. Importancia económica de los biomateriales
 - 1.5. Normas y requisitos de evaluación
 - 1.6. Ensayos de biocompatibilidad

2. Respuesta del huésped
 - 2.1. Secuencia de eventos posteriores a la implantación
 - 2.2. Degradación de biomateriales en el ambiente biológico
 - 2.3. Degradación química de polímeros
 - 2.4. Degradación mecánica de polímeros
 - 2.5. Calcificación de prótesis y dispositivos

3. Materiales en contacto con sangre
 - 3.1. Interacción con sangre
 - 3.2. Implantes cardiovasculares

4. Materiales sustitutos de tejido blando
 - 4.1. Tejidos ricos en colágeno
 - 4.2. Composición y propiedades mecánicas del cartílago
 - 4.3. Composición y propiedades mecánicas de tejidos y ligamentos
 - 4.4. Composición y propiedades mecánicas de la piel
 - 4.5. Apósitos biológicos

5. Materiales sustitutos de tejido duro
 - 5.1. Composición, estructura y propiedades mecánicas de huesos
 - 5.2. Materiales utilizados en ortopedia
 - 5.3. Aplicaciones ortopédicas
 - 5.4. Composición, estructura y propiedades mecánicas de dientes

5.5. Materiales utilizados en odontología

5.6. Aplicaciones odontológicas

6. Principios de ingeniería de tejidos

7. Tendencias futuras

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se explicarán los conceptos y se realizarán ejercicios en los cuales se apliquen los conocimientos adquiridos en las clases.
- ◆ Se desarrollarán problemas matemáticos en los que su aplicación a problemas reales en la Ciencia e Ingeniería de los Materiales es evidente.
- ◆ Los alumnos prepararán presentaciones de temas seleccionados, y los defenderán ante la clase.
- ◆ Con ayuda del profesor, los alumnos realizarán un proyecto integrador que involucre los conceptos matemáticos aprendidos, orientados a un problema aplicativo.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso, se evaluarán mediante la aplicación de al menos dos exámenes parciales, los cuales corresponderán a un 70% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas y presentaciones corresponderán al 20% de la calificación final.
- ◆ El reporte del proyecto integrador corresponderá al 10% de la calificación final.

Bibliografía

1. PIFGNATELLO, R. *Biomaterials Science and Engineering*. INTECH, 2011. ISBN 978-953-307-609-6.
2. HOFFMAN, B. A. SCHOEN, F. and LEMONS J. *Biomaterials Science an Introduction to Materials in Medicine*, 3° Academic Press, 2012.
3. HERNÁNDEZ-ROMERO, I. *Biopolímeros Naturales Extraídos de la Biomasa: Polímeros Biodegradables* Editorial Eae, 2013. SBN-10 : 3659059358
4. KALIA, S. AVÉROUS, L. *Biopolymers: Biomedical and Environmental Applications*, Wiley, 2011. ISBN: 978-0-470-63923-8
5. HORTA-ZUBIAGA, Arturo *Macromoléculas*, Cap.13 al 24 Editorial Universidad Nacional de Educación A Distancia. 1001. ISBN: 84-362-2662-3

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Introducción a los Biopolímeros	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura QU9018

48 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Que los alumnos conozcan los principales biopolímeros así como su estructuras, propiedades y aplicaciones actuales. Se analiza la relación estructura-propiedades y las modificaciones que se pueden realizar sobre los biopolímeros a fin de ampliar su rango de aplicaciones.

Temas y subtemas

1. Polímeros naturales
2. Polisacáridos
 - 2.1.1. Monosacáridos y nomenclatura
 - 2.1.2. Celulosa
 - 2.1.3. Almidón
 - 2.1.4. Quitina y quitosano
 - 2.1.5. Hemicelulosas
 - 2.1.6. Acido hialurónico
 - 2.1.7. Otros polisacáridos
3. Polifenoles
 - 3.1.1. Lignina
 - 3.1.2. Melanina
 - 3.1.3. Taninos
 - 3.1.4. Otros polifenoles de importancia
4. Polisoprenoides
5. Poliésteres
6. Proteínas
 - 6.1.1. Aminoácidos
 - 6.1.2. Proteínas de colagénicas y no colagénicas
7. Modificación de polímeros naturales

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se realizarán trabajos de investigación bibliográfica sobre temas específicos así como artículos de interés en la obtención y aplicaciones de los biopolímeros.
- ◆ Se realizarán tareas en las cuales se apliquen los conocimientos adquiridos en las clases, las tareas consistirán en problemas relacionados a las diferentes tipos de biopolímeros y sus aplicaciones.
- ◆ Se llevarán a cabo prácticas de laboratorio que sean representativas del curso, las que consistirán en la modificación y/o aplicaciones de biopolímeros y la caracterización de los mismos.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos teóricos adquiridos durante el curso, se evaluarán mediante la aplicación de dos exámenes parciales, los cuales corresponderán a un 60% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 15% de la calificación total.
- ◆ Los reportes de las prácticas corresponden al 15% de la calificación.
- ◆ El 10% restante de la calificación del curso se otorgará en base a la calificación obtenida en los ensayos de los temas específicos y de los artículos, así como de la discusión de los mismos.

Bibliografía

1. HERNÁNDEZ-ROMERO, Israel. *Biopolímeros Naturales Extraídos de la Biomasa: Polímeros Biodegradables* Editorial Eae, 2013. SBN-10: 3659059358.
2. KALIA, Susheel AVÉROUS, Luc *Biopolymers: Biomedical and Environmental Applications*, Wiley, 2011. ISBN: 978-0-470-63923-8.
3. HORTA-ZUBIAGA, Arturo. *Macromoléculas*, Cap.13 al 24 Editorial Universidad Nacional de Educación A Distancia. 1001. ISBN: 84-362-2662-3.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Diseño y Análisis Mecánico de Productos Plásticos	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura FI9019

64 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Que el alumno conozca las propiedades de los materiales plásticos y relaciones estructura-propiedad de estos, de tal forma que pueda diseñar nuevos productos con estos conocimientos.

Temas y subtemas

1. Comportamiento elástico de los polímeros
 - 1.1. Propósito y perspectivas
 - 1.2. Teoría de esfuerzo y deformación
 - 1.3. Ley de Hooke generalizada
 - 1.4. Teorías de falla en polímeros y compuestos
 - 1.5. Ingeniería de diseño

2. Naturaleza y propiedades viscoelásticas
 - 2.1. Propiedades mecánicas dependientes del tiempo y la temperatura.
 - 2.2. Descripción matemática del comportamiento viscoelástico.
 - 2.3. Viscoelasticidad lineal.
 - 2.4. Ruptura por cedencia y relajación.
 - 2.5. Criterios de diseño.
 - 2.6. Aplicación de principios de viscoelasticidad en diseño.
 - 2.7. Incrementando la rigidez de un plástico en el diseño.

3. Diseño por impacto
 - 3.1. Definición de un evento de impacto
 - 3.2. Respuesta a impactos: efectos dinámicos transitorios
 - 3.3. Respuesta a impactos: consideraciones del material
 - 3.4. Efecto de la velocidad y el comportamiento del material en el rango de deformaciones grandes
 - 3.5. Efecto de la velocidad de deformación y la temperatura en el modo de falla

4. Análisis estructural con elementos finitos: bases teóricas
 - 4.1. Tipos de elementos
 - 4.2. Procedimientos de análisis
 - 4.3. Algunas consideraciones de comportamiento no-lineal

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos conocerán las propiedades de los materiales plásticos y las relaciones estructura-propiedades que rigen a los materiales compuestos.

- ◆ Se analizarán artículos relacionados al curso, los cuales serán analizados por los alumnos y entregarán un resumen de estos.
- ◆ Se asignarán tareas y temas para que el alumno desarrolle, a fin de que amplíe los conocimientos adquiridos en clases.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos básicos adquiridos por el alumno se evaluarán mediante dos exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán al 60% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 20% de la calificación total.
- ◆ El análisis y presentación de los temas específicos y de artículos corresponderá al 20% restante de la calificación.

Bibliografía

1. MASE, George E. *Schaum's Outline of Continuum Mechanics*. U.S.A.: McGraw-Hill Book Co., 1978. ISBN 9780070406636.
2. TRANTINA, Gerry y NIMMER, Ron. *Structural Analysis of Thermoplastic Components*. U.S.A.: McGraw-Hill Book Co., 1994. ISBN 0070652023.
3. BUDYNAS, Richard G. y NISBETT, J.K. *Shigley's mechanical engineering design*. 3ª Edición. New York: McGraw-Hill Education, 2015. ISBN 9780073398204.
4. BORESI, Arthur P. y SCHMIDT, Richard J. *Advanced Mechanics of materials*. 6ª Edición. 2003, Massachusetts, U.S.A.: John Wiley & Sons, ISBN 9780471438816.
5. BEER, F.P., JOHNSON, E.R., DEWOLF, J.T. y MAZUREK, D.F. *Mechanics of materials*. 7ª Edición. New York: McGraw-Hill Education, 2015, ISBN 9780073398235.
6. FINDLEY, William N., LAI, James S. y ONARAN, Kasif. *Creep and Relaxation of Nonlinear Viscoelastic Materials*. New York: Dover Publications Inc., 2011. ISBN 0486660168.
7. GORDON, M. Joseph Jr. *Industrial design of plastics products*. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, 2003. ISBN 0471231517.
8. CALLISTER, William D y RETHWISCH, David G. *Fundamentals of materials science and engineering: an integrated approach*. 4ª edición. Hoboken, N.J.: Wiley, 2012. ISBN 9781118061602.
9. GARCÍA NAVARRO, Serafín. *Diseño y desarrollo de producto en materiales plásticos: de la idea al mercado*. Interempresas Media, S.L.U. Grupo Nova Àgora, 2013.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje	
Tópicos Selectos	
Ciclo	Clave de la asignatura
Optativa	IN9022

48 horas

Objetivo general de la asignatura

Que el alumno refuerce y consolide conceptos específicos avanzados (tópicos) en el área de Ciencias, Ingeniería y/o Materiales, necesarios para el desarrollo de su tema de investigación/tesis.

Temas y subtemas

Los temas y subtemas de esta asignatura están relacionados con el tópico selecto, y con el trabajo de investigación del alumno.

Actividades de aprendizaje

- ◆ El alumno adquirirá los conocimientos básicos y específicos sobre el tema en cuestión, mediante sesiones de clase, exposiciones del docente y del alumno.
- ◆ El alumno leerá, analizará, y discutirá artículos científicos asignados por el docente.
- ◆ El alumno leerá, desarrollará, y expondrá temas específicos indicados por el docente.
- ◆ Dependiendo de la asignatura, se podrían realizar prácticas de laboratorio.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Se llevará un control de la asistencia de los alumnos, la cual se considerará para la calificación final.
- ◆ Se realizarán dos exámenes a lo largo del semestre en los cuales se evaluará el grado de comprensión del alumno sobre las técnicas de caracterización enseñadas. Los exámenes corresponderán a al menos el 50% de la calificación final del curso.
- ◆ La asistencia, exposiciones de los alumnos, revisión de los artículos, y tareas extra clase corresponderá al porcentaje restante de la calificación final.

Bibliografía

La bibliografía consistirá en artículos científicos, patentes, y libros de texto, adecuados al tópico selecto, y relacionado con el tema de investigación del alumno.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Introducción a la Ingeniería de Tejidos	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura IN9030

64 horas

Objetivo(s) general(es) de la asignatura

Conocer las definiciones principales en términos de biomateriales y biocompatibilidad. Identificar las secuencias de eventos posteriores a la implantación de un biomaterial conocer los materiales que se emplean en los distintos tejidos y órganos para sustituir una parte del organismo.

Temas y subtemas

1. Introducción
 - 1.1. Materiales convencionales usados en medicina (polímeros, cerámicos, metales,
 - 1.1.1. Injertos naturales)
 - 1.2. Definición de ingeniería tisular
 - 1.3. Definición de la biocompatibilidad

2. Aspectos básicos sobre biología celular animal y cultivos celulares
 - 2.1. Fisiología celular
 - 2.2. Interacción celular
 - 2.3. Células diferenciadas
 - 2.4. Células madre
 - 2.5. Cultivos celulares

3. Soportes para ingeniería tisular
 - 3.1. Matriz extracelular
 - 3.2. Requisitos de los soportes
 - 3.3. Polímeros naturales y material decelularizado
 - 3.4. Polímeros bioestables y biodegradables
 - 3.5. Hidrogeles
 - 3.6. Materiales basados en productos celulares
 - 3.7. Materiales compuestos/híbridos
 - 3.8. Fabricación de andamios

4. Moléculas de importancia biológicas involucradas en la ingeniería tisular
 - 4.1. Factores de crecimiento
 - 4.2. Otro usos de los factores de crecimiento

5. Biorreactores
 - 5.1. Factores mecánicos que afectan el desempeño celular
 - 5.2. Biorreactores
 - 5.3. Consideraciones para el diseño de biorreactores
 - 5.4. Clasificación de biorreactores

6. Aplicaciones de la ingeniería de tejidos
 - 6.1 Ingeniería de tejidos en sistema musculoesquelético (hueso, cartílago, tendones y ligamentos)
 - 6.2 Ingeniería de tejidos en el sistema cardiovascular
 - 6.3 Ingeniería de tejidos en sistema nervioso
 - 6.4 Terapia génica e inmunomodulación
 - 6.5 Otras aplicaciones en la piel
7. Aspectos éticos y económicos de la ingeniería tisular
 - 7.1. Aspectos éticos
 - 7.2. Legislación y comercialización de productos

Actividades de aprendizaje

- ◆ Exposición del tema por parte del profesor.
- ◆ Se elaborarán trabajos de investigación bibliográfica, los cuales serán expuestos por los alumnos y discutidos en el salón de clases.
- ◆ Los alumnos realizarán tareas que permitan la aplicación de los conocimientos adquiridos así como reafirmar dichos conocimientos.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Tareas (50%).
- ◆ Exposiciones y análisis de artículos por parte de los alumnos (50%).

Bibliografía

1. LANZA, Robert; LANGER, Robert; VACANTI, Joseph; ATALA, Anthony. *Principles of Tissue Engineering*, 5ª, Academic Press, 2020. ISBN 9780128214015.
2. ATALA, Anthony; LANZA, Robert. *Methods of Tissue Engineering*. Academic Press Inc, 2002. ISBN-13: 978-0124366367
3. MA, Peter X. *Scaffolding in Tissue Engineering*, Taylor & Francis, New York, 2006. ISBN 1-57444-521-9.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Nanomateriales	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura FI9031

64 horas

Objetivo general de la asignatura

Que el alumno conozca el concepto de nanomateriales y se familiarice con los métodos de síntesis, caracterización, análisis, uso y modelado de los mismos.

Temas y subtemas

1. Introducción
 - 1.1. Nanociencia, nanotecnología y nanomateriales
 - 1.2. Enfoques descendente (“top-down”) y ascendente (“bottom-up”)
 - 1.3. Aplicaciones en la ciencia e ingeniería
 - 1.4. Efectos de tamaño y área superficial
2. Nanoestructuras
 - 2.1. Clasificación y propiedades
 - 2.2. Métodos de síntesis
 - 2.3. Funcionalización
 - 2.4. Propiedades físicas y químicas de algunas nanoestructuras
 - 2.5. Propiedades superficiales y adherencia
 - 2.6. Aplicaciones
3. Nanocompuestos de base polimérica
 - 3.1. Métodos de fabricación
 - 3.2. Aspectos fundamentales en la dispersión de nanoestructuras
 - 3.3. Clasificación de acuerdo al tipo de nanoestructura
 - 3.4. Clasificación y propiedades de acuerdo al tipo de matriz: termofija, termoplástica, y elastomérica
 - 3.5. Aplicaciones
4. Caracterización de nanomateriales
 - 4.1. Microscopia electrónica de barrido, de transmisión y fuerza atómica
 - 4.2. Espectroscopía Raman
 - 4.3. Medición de área superficial y propiedades superficiales
 - 4.4. Medición de propiedades mecánicas
 - 4.5. Difracción de rayos x
 - 4.6. Propiedades térmicas
 - 4.7. Otras técnicas de caracterización de nanomateriales
5. Simulación de nanomateriales
 - 5.1. Ecuaciones gobernantes: Mecánica clásica vs. Mecánica cuántica
 - 5.2. La ecuación de Schödinger
 - 5.3. Simulaciones de primeros principios
 - 5.4. Teoría funcional de la densidad y mecánica molecular
 - 5.5. La técnica de elemento finito atómico y simulaciones multiescala

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos aplicarán los conocimientos adquiridos en las clases en la resolución de tareas, problemas relacionados con los nanomateriales, su síntesis, caracterización, y modelado.
- ◆ Los alumnos analizarán y discutirán artículos científicos y publicaciones relacionados con los temas de la asignatura que los ayuden a tener una mejor comprensión del curso.
- ◆ Los alumnos realizarán investigaciones sobre diferentes temas relacionados con los nanomateriales, escribirán ensayos y realizarán presentaciones de temas seleccionados.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los exámenes (al menos dos) corresponderán a un 60% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas, presentaciones, y análisis de artículos corresponderán al 40% de la calificación total.

Bibliografía

1. GODDARD III, W.A. BRENNER, D.W. LYSHEVSKI, S.E. LAFRATE, G.J. *Handbook of Nanoscience, Engineering and Technology*, CRC Press, Boca Raton, Fl, 2007. ISBN 978143986015.
2. WILDE, G. *Nanostructured Materials*, Elsevier, Oxford, UK, 2009. ISBN: 9780080449654.
3. AJAYAN, P.M. SHADLER, L.S. BRAUN, P.V. *Nanocomposites Science and Technology*, WILEY-VCH, Weinheim, Germany, 2003. ISBN:9783527602124.
4. KE, Y.C. STROEVE, P. *Polymer-Layered Silicate and Silica Nanocomposites*, Elsevier, San Diego, 2005. ISBN: 978-0-444-51570-4.
5. SAITO, G. DRESSSELHAUS, M.S. *Physical Properties of Carbon Nanotubes*, Imperial College Press, London, U.K., 1998. ISBN: 1860940935.
6. THOSTENSON, E.T. LI, C. CHOU, W. *Nanocomposites in Context*, Composites Science and Technology, 65, 2005, 491-516. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2004.11.003>.
7. CARTER, E.A. Challenges in *Modeling Material Properties without Experimental Input*, Science, 321, 2008, 800-803. DOI: 10.1126/science.1158009.
8. FIEDLER, B. GOJNY, F.H. WICHMANN, M.C.M. NOTLE, C.M. SCHULTE, *Fundamental Aspects of Nanoreinforced Composites*, Composites Science and Technology, 66, 2006, 3115-3125. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2005.01.014>
9. GATES, T.S. ODEGARD, G.M. FRANKLAND, S.J.V. CLANCY, T.C. *Computational Materials: Multi-Scale Modeling and Simulation of Nanostructured Materials*, Composites Science and Technology, 65, 2005, 2416-2434. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2005.01.014>.
10. RAFIEE, R. *Carbon Nanotube-Reinforced Polymers: From Nanoscale to Macroscale*, Elsevier, Amsterdam, 2018. ISBN: 9780323482226.
11. KORATKAR, N.A., *Graphene in Composite Materials*, Destech Publishing Inc, Lancaster, 2013. ISBN-13: 978-1605950563.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje Innovación de Materiales Poliméricos	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura IN9032

48 horas

Objetivo general de la asignatura

Fomentar la cultura de la innovación a través de la enseñanza de metodologías que permitan la transformación de ideas en productos con valor para diferentes organizaciones.

Temas y subtemas

1. Disciplinas de la innovación
 - 1.1. La importancia de innovar
 - 1.2. Creación de valor de un producto
 - 1.3. Equipos de trabajo
 - 1.4. Alineación organizacional
 - 1.5. Desarrollo de un proyecto de investigación

2. Metodologías de la innovación
 - 2.1. Metodología TRIZ
 - 2.2. Solución de conflictos en análisis funcional de sistemas

3. Emprendedurismo, una visión de mercado
 - 3.1. Análisis del entorno interno y externo
 - 3.2. Desarrollo de matrices: MEFE, MEFI, DOFA, PEEA, GCB
 - 3.3. Mercado
 - 3.4. Producción
 - 3.5. Finanzas
 - 3.6. Preparación administrativa, financiera y evaluación del proyecto
 - 3.7. Integración del plan de negocios
 - 3.8. Resumen ejecutivo

4. Protección legal de la tecnología
 - 4.1. Modelos de protección intelectual
 - 4.2. Alcances de la protección intelectual
 - 4.3. Opciones de mantenimiento de la propiedad intelectual
 - 4.4. Presentación final:
 - 4.4.1 Trabajo final
 - 4.4.2 Plan de negocios

Actividades de aprendizaje

- ◆ Los alumnos aplicarán los conocimientos adquiridos en las clases para la resolución de tareas, las cuales consistirán en una serie de problemas relacionados con la innovación.

- ◆ Los alumnos analizarán y discutirán artículos científicos y diferentes tipos de información publicada relacionada con los temas de la asignatura que los ayuden a tener una mejor comprensión del curso, así como algunos temas relacionados con la asignatura.
- ◆ Los alumnos realizarán investigaciones sobre diferentes temas relacionados con la innovación, escribirán un ensayo y realizarán una presentación.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

- ◆ Los conocimientos básicos adquiridos por el alumno se evaluarán mediante dos exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán al 60% de la calificación total del curso.
- ◆ Las tareas corresponderán al 20% de la calificación total.
- ◆ Los ensayos del análisis de artículos corresponderán al 20% de la calificación.

Bibliografía

1. ANTHONY, Scott D. *The little black book of innovation: how it works, how to do it*. Boston: Harvard Business Review Press, 2012. ISBN 9781422171721.
2. DYER, Jeff, GREGERSEN, Hal y CHRISTENSEN, Clayton M. *The innovator's DNA: mastering the five skills of disruptive innovators*. Boston: Harvard Business Press, 2011. ISBN 1422134814.
3. EDERSHEIM, Elizabeth Haas y DRUCKER, Peter F. *The definitive Drucker*. New York: McGraw-Hill, 2007. ISBN 9780071472333.
4. ESTRIN, Judy. *Innovación sostenible*. México: Mc Graw Hill, 2010. ISBN 9789701071250.
5. LAFLEY, A. G. y CHARAN, Ram. *Cambio de juego: cómo impulsar el crecimiento de los ingresos y de las ganancias mediante la innovación*. Barcelona: Granica, 2009. ISBN 9788483581599.
6. NESS, Roberta B. *Innovation generation: how to produce creative and useful scientific ideas*. New York: Oxford University Press, 2012. ISBN 0199892598.
7. TUSHMAN, Michael L. *Winning through innovation: a practical guide to leading organizational change and renewal*. Boston: Harvard Business School Press, 1993. ISBN 0875847597.
8. UTTERBACK, James M. *Mastering the dynamics of innovation*. Boston: Harvard Business School Press, 1994. ISBN 0875847404.
9. YANG, Kai y EL-HAIK, Basem. *Design for six sigma: a roadmap for product development*. 2ª edición. New York: McGraw-Hill, 2009. ISBN 0071547673.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje

Técnicas de Caracterización Biológica de Materiales para Medicina Regenerativa

Ciclo

Optativa

Clave de la asignatura

QU9021

64 horas

Objetivo general de la asignatura

Comprender la importancia de la evaluación biológica de los materiales, así como adquirir las bases teóricas y prácticas de las principales técnicas de caracterización biológica de materiales para medicina regenerativa a nivel in vitro.

Temas y subtemas

1. Introducción
 - 1.1. Materiales para medicina regenerativa
 - 1.2. Importancia de la evaluación biológica de materiales
 - 1.3. Regulación actual
2. La célula
 - 2.1.1. Compartimentalización celular
 - 2.1.2. Ciclo celular
 - 2.1.3. Metabolismo
 - 2.1.4. Comunicación celular
 - 2.1.5. Diferenciación celular
 - 2.1.6. Muerte celular
3. Técnicas de cultivo celular
 - 3.1. Tipos de cultivo celular
 - 3.2. Cinéticas de crecimiento celular
 - 3.3. Materiales y reactivos empleados en cultivo celular
 - 3.4. Identificación y mantenimiento de la salud de los cultivos
4. Buenas prácticas de trabajo en el laboratorio de cultivo celular
 - 4.1. Instalaciones, equipos, documentación, personal operativo
 - 4.2. Limpieza, asepsia, desinfección y esterilización
 - 4.3. Desecho adecuado de materiales empleados en cultivo celular
5. Técnicas de análisis de citotoxicidad y viabilidad celular
 - 5.1. Determinación directa e indirecta
 - 5.2. Citotoxicidad cualitativa y cuantitativa
6. Técnicas de estimación de la proliferación celular
 - 6.1. Técnicas destructivas
 - 6.2. Técnicas no destructivas
7. Técnicas de evaluación de la adhesión celular y proteica
 - 7.1. Microscopía electrónica de barrido
 - 7.2. Determinación de marcadores bioquímicos y moleculares

8. Determinación de la hemocompatibilidad
 - 8.1. Activación y agregación plaquetaria
 - 8.2. Tiempos de coagulación
 - 8.3. Hemólisis
9. Determinación de genotoxicidad
 - 9.1. Cariotipo
 - 9.2. Ensayo cometa
 - 9.3. Técnicas de mutagenicidad
10. Técnicas inmunoenzimáticas
 - 10.1. Fundamentos de la interacción antígeno-anticuerpo
 - 10.2. Metodología de las técnicas de inmunodetección
11. Determinación de la actividad antimicrobiana y antiviral
 - 11.1. Microorganismos modelo
 - 11.2. Método directo e indirecto
12. Técnicas histológicas
 - 12.1. Fundamentos de histología
 - 12.2. Técnicas de fijación
 - 12.3. Técnicas de revelado e interpretación
13. Otras técnicas
 - 13.1. Evaluación del secretoma
 - 13.2. Evaluación del proteoma
 - 13.3. Evaluaciones in vivo
 - 13.4. Evaluaciones fase clínica

Actividades de aprendizaje

- ◆ Se realizarán trabajos de investigación bibliográfica sobre temas específicos, así como artículos enfocados en la evaluación biológica de biomateriales.
- ◆ Se realizarán tareas en las cuales se apliquen los conocimientos adquiridos en las clases, las tareas consistirán en problemas relacionados a las diferentes técnicas y sus aplicaciones.
- ◆ Se llevarán a cabo prácticas de laboratorio representativas del curso.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

Los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante el curso se evaluarán de la siguiente manera:

- ◆ Exposiciones y discusión de artículos - 10%.
- ◆ Exámenes (escrito, oral y a casa) - 40%.
- ◆ Reportes de las prácticas de laboratorio - 40%.
- ◆ Tareas 10%.

Bibliografía

1. KARP, G. *Biología celular y molecular: conceptos y experimentos*. Octava edición. Ed., McGraw-Hill, Ed. Iwasa J y Wallace M. Cd. México. ISBN: 9786071505040.
2. International standard ISO 10993-1:2018. *Biological evaluation of medical devices*. 2018.

3. VOET, D., VOET, J. PRATT, C. *Fundamentos de bioquímica*. 2ª Ed., Panamericana, Cd. México, 2007. ISBN: 9786079356965.
4. ARIAS PALACIOS, J. ARIAS VIVAS, L. A. *Técnicas básicas en cultivos celulares*. Eae editorial academia española, Madrid, 2012. ISBN: 3848453770.

Nombre de la asignatura o unidad de aprendizaje	
Mecánica de Fractura	
Ciclo Optativa	Clave de la asignatura FI9026

64 horas

Objetivo General de la Asignatura

Que el alumno comprenda los principios de la Mecánica de Fractura, como una herramienta físico-matemática para predecir falla en materiales sólidos, y para caracterizar experimentalmente materiales con imperfecciones o grietas.

Temas y subtemas

1. Introducción y antecedentes de la Mecánica de Fractura
 - 1.1. Importancia y campo de estudio de la Mecánica de Fractura
 - 1.2. El enfoque de Mecánica de Fractura como una herramienta de diseño
 - 1.3. Efecto de las propiedades materiales en la Fractura
2. Conceptos fundamentales de la Mecánica de Fractura
 - 2.1. La tasa de liberación de energía
 - 2.2. Factor de intensidad de esfuerzos
 - 2.3. Crecimiento de grieta dependiente del tiempo y tolerancia al daño
 - 2.4. Concentraciones de esfuerzos y efecto de imperfecciones
 - 2.5. Falla y fatiga asistida por el medio ambiente
 - 2.6. Una visión atomística de la fractura
3. Mecánica de fractura elástico lineal
 - 3.1. El balance de energía de Griffith
 - 3.2. La tasa de liberación de energía
 - 3.3. Inestabilidades y la curva de resistencia
 - 3.4. Análisis de esfuerzos en grietas
 - 3.5. Modos de fractura puros y mezclados
 - 3.6. Factores de intensidades de esfuerzos
 - 3.7. Relaciones entre el enfoque de intensidad de esfuerzos y el energético
 - 3.8. El uso de los factores de intensidad de esfuerzos y la tasa de liberación de energía como herramienta de diseño para la predicción de falla
4. Conceptos básicos de mecánica de fractura elasto-plástica
 - 4.1. Plasticidad en la vecindad de la punta de grieta
 - 4.2. La integral de contorno "J"
5. Ensayos de mecánica de fractura en materiales monolíticos y compuestos
 - 5.1. Ensayos de Mecánica de Fractura en materiales monolíticos
 - 5.2. Ensayos de modo I
 - 5.3. Ensayos de modo II y modo mezclado I-II
 - 5.4. Ensayos de Modo III
6. El método de elemento finito aplicado a la mecánica de fractura

Actividades de Aprendizaje

- ◆ Sesiones de clases donde los alumnos adquirirán conocimientos sobre la Mecánica de Fractura, y su uso como una herramienta para la predicción de fallas en materiales monolíticos y compuestos.
- ◆ Asignación de tareas para reforzar los conceptos y conocimientos adquiridos durante las clases.
- ◆ Los alumnos analizarán, presentarán, y discutirán temas específicos del curso, así como artículos científicos sobre el tema.
- ◆ Los alumnos realizarán un proyecto final involucrando los conceptos adquiridos durante el curso.
- ◆ Los alumnos presentarán exámenes como una herramienta para evaluar el grado de conocimiento adquirido.

Criterios y procedimientos de evaluación y acreditación

Los conocimientos adquiridos por los alumnos se evaluarán mediante dos exámenes parciales a lo largo del semestre, los cuales corresponderán a un 60% de la calificación final del curso. Las tareas corresponderán al 20% de la calificación final, y el informe final del proyecto al 20% restante.

Bibliografía

1. ANDERSON, T.L. *Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications*, CRC 3ª, Press, Boca Raton, USA, 2005. ISBN-10: 0849316561.
2. BROEK, D. *Elementary Engineering Fracture Mechanics*, Kluwer Academic Publishers, 2002, Hingham, USA. ISBN 978-94-009-4333-9.
3. SANFORD, R.J., *Principles of Fracture Mechanics*, Prentice Hall, Upper Saddle River, USA, 2002. ISBN-10: 0130929921.
4. BROEK D. *The Practical Use of Fracture Mechanics*, Kluwer Academic Publishers, Dodrecht, Holanda, 1997. ISBN 978-94-009-2558-8.