



**POSGRADO**

**cioa**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
EN QUÍMICA APLICADA  
POSGRADOS

**ESPECIALIZACIÓN EN  
QUÍMICA APLICADA**

# PLAN DE ESTUDIOS

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA**

**PLAN DE ESTUDIOS**

**DE LA**

**ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA**

La *Especialización en Química Aplicada* es un programa que está dirigido a egresados de nivel licenciatura y tiene como propósito formar especialistas, en áreas relacionadas con aplicaciones de materiales poliméricos, que sean capaces de aplicar el conocimiento y las habilidades adquiridas en beneficio del sector académico e industrial. Se ofrece en las siguientes opciones:

- Análisis y Evaluación de Polímeros
- Ingeniería de Procesos de Polimerización
- Procesos de Transformación de Plásticos
- Agroplasticatura

## 1. PLAN DE ESTUDIOS

El Plan de Estudios del Programa de Especialización en Química Aplicada, en cada una de sus opciones, consta de nueve materias teórico-prácticas (ocho obligatorias y una optativa), 1 taller o prácticas de campo con duración de al menos 4 semanas y la realización de un trabajo de investigación corto denominado Caso de Estudio, el cual debe ser presentado en un documento escrito y defendido en una presentación oral. De forma complementaria el estudiante debe de asistir a 4 cursos cortos y 8 seminarios, donde aprende sobre temas específicos relacionados con los polímeros. El conjunto de estas actividades aporta al estudiante el conocimiento básico y especializado, así como las habilidades específicas en cada una de las opciones de la especialización.

El Plan de Estudios está diseñado para ser cubierto en cuatro trimestres. En el primer trimestre el estudiante cursa 4 materias obligatorias y selecciona su Caso de Estudio. En el segundo trimestre cursa las siguientes 4 materias obligatorias e inicia su Caso de Estudio. En el tercer trimestre cursa una materia optativa, continúa con el desarrollo de su Caso de Estudio y realiza un taller o prácticas de campo, en una Empresa o en un laboratorio del CIQA, o en un campo agrícola experimental (opción agroplasticatura), donde pueda aprender y practicar sobre técnicas y manejo de equipos relacionados con su área de especialización. Finalmente, en el cuarto y último trimestre se dedica exclusivamente a la conclusión del Caso de Estudio, el cual debe presentar en un documento escrito y defender en una presentación oral ante un Jurado Calificador. Después de haber aprobado las 9 materias y el Caso de Estudio, así como haber cumplido con todas las actividades complementarias (taller o prácticas de campo, cursos cortos y seminarios), el estudiante obtendrá el diploma de *Especialización en Química Aplicada* en la opción que haya cursado.

### 1.1 MATERIAS

Las materias del Plan de Estudios para las opciones en Análisis y Evaluación de Polímeros, Ingeniería de Procesos de Polimerización y Procesos de Transformación de Plásticos, son las siguientes:

**- Materias básicas:**

	<b>CLAVE</b>
Química de polímeros	B01
Fisicoquímica de polímeros	B03
Relación estructura-propiedades en polímeros	B05

**- Materias de la opción seleccionada:****Opción en Análisis y Evaluación de Polímeros**

	<b>CLAVE</b>
Técnicas espectroscópicas	AEP01
Técnicas cromatográficas	AEP02
Técnicas de microscopía	AEP03
Técnicas de análisis de propiedades físicas y mecánicas	AEP04
Técnicas de análisis térmico	AEP05
Optativa*	

**Opción en Ingeniería de Procesos de Polimerización**

	<b>CLAVE</b>
Ingeniería de reacciones de polimerización	IPP01
Procesos industriales de polimerización	IPP02
Polimerización en emulsión	IPP03
Control de reactores químicos	IPP04
Operaciones unitarias en la industria de los polímeros	IPP05
Optativa*	

**Opción en Procesos de Transformación de Plásticos**

	<b>CLAVE</b>
Formulado de materiales poliméricos	PTP01
Extrusión de plásticos	PTP02
Moldeo por inyección de termoplásticos	PTP03
Otros procesos de transformación	PTP04
Propiedades de flujo de polímeros	PTP05
Optativa*	

\* La clave se asignará de acuerdo a la materia seleccionada (ver materias optativas)

Las materias del Plan de Estudios para la opción en Agroplasticcultura son las siguientes:

**- Materia básica:**

CLAVE
Estadística y diseño de experimentos

**- Materias de la opción seleccionada:****Opción en Agroplasticultura**

CLAVE
Fisiología vegetal
Materiales plásticos para la agricultura
Acolchado de suelos con películas plásticas
Producción en invernadero
Sistemas de riego
Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos
Fertirrigación
Optativa*

\* La clave se asignará de acuerdo a la materia seleccionada (ver materias optativas)

**\* Materias optativas** (aplica para las cuatro opciones)

CLAVE
Elastómeros y termofijos
Validación y aseguramiento de calidad en las mediciones
Durabilidad de polímeros
Prácticas de campo en técnicas de agroplasticultura
Ánálisis de falla en polímeros
Temas selectos

Cada una de las materias que integran el Plan de Estudios será cubierta en 36 horas, de acuerdo a un calendario establecido al inicio de cada ciclo escolar. Los profesores que imparten las materias deberán cubrir el total del contenido temático apegándose a los objetivos planteados.

Las materias se impartirán en forma teórica y práctica en las instalaciones del CIQA, de acuerdo a un programa establecido por la Coordinación de Posgrado. Al final de este documento se anexa el contenido de cada una de las materias que conforman la Especialización en Química Aplicada en sus 4 opciones

## 1.2 TALLER O PRÁCTICAS DE CAMPO

Es una estancia de trabajo que realiza el estudiante en un laboratorio del CIQA o en una planta industrial, o en un campo agrícola experimental (opción agroplasticatura); su duración mínima es de 4 semanas. Durante la realización de esta estancia, el estudiante aprenderá a manejar técnicas, métodos y equipos relacionados con su área de especialización.

## 1.3 SEMINARIOS

Son ponencias técnico-científicas de expertos (investigadores, profesores o industriales invitados) que se desempeñan en el campo de los polímeros. Estos seminarios, con duración de 1 h, forman parte del Ciclo de Conferencias que la Dirección de Posgrado organiza anualmente y que están dirigidos a mostrar a los estudiantes de Posgrado de la institución los avances más recientes en el campo científico y tecnológico de los Polímeros.

## 1.4 CASO DE ESTUDIO

El Caso de Estudio es un trabajo de investigación de corta duración sobre un tema en específico relacionado con la opción seleccionada. El objetivo de este trabajo es que el estudiante demuestre su capacidad para proponer soluciones a problemas técnicos concretos mediante el análisis de información bibliográfica conseguida por él mismo, con la asesoría de un profesor, el cual deberá tener como mínimo un diploma de Especialización o un grado de Maestría. El Caso de Estudio deberá iniciarse al término del primer trimestre y desarrollarse hasta el término del cuarto trimestre, tiempo al cabo del cual el estudiante deberá presentarlo en forma escrita y oral ante un Jurado Calificador asignado por la Coordinación de Posgrado. La aprobación del caso de estudio es el último requisito académico para obtener el diploma de Especialización.

## 2. REQUISITOS DE ADMISIÓN

Los requisitos para ingresar a la Especialización en Química Aplicada son los siguientes:

1. Contar con el título de licenciatura en una carrera afín a la opción que deseen tomar.

- a) Para las opciones en Análisis y Evaluación de Polímeros e Ingeniería de Procesos de Polimerización los estudiantes deberán poseer una licenciatura en química o alguna carrera afín.
  - b) Para la opción en Procesos Transformación de Plásticos los estudiantes deberán contar con una licenciatura en ingeniería química, ingeniería mecánica o alguna carrera afín.
  - c) Para la opción en Agroplasticultura los estudiantes deberán poseer una licenciatura en agronomía o alguna carrera afín.
2. Haber obtenido un promedio de 80/100 o su equivalente, en los estudios de licenciatura. Sólo en casos especiales y por recomendación del Comité de Posgrado se recibirán solicitudes de aspirantes con promedios menores al mínimo solicitado.
  3. Ser aceptado por el Comité de Posgrado después de evaluar su currículo y las entrevistas hechas por tres profesores de la Planta Académica, los cuales emiten una recomendación.
  4. Presentar la siguiente documentación:
    - a)Solicitud de admisión
    - b)Acta de nacimiento
    - c)Certificado de estudios profesionales
    - d)Copia del acta de examen profesional\*\*
    - e)Copia del título de licenciatura
    - f) Currículu actualizado
    - g)2 cartas de recomendación académica
    - h)CURP

\*\* Los candidatos que no cumplan con este requisito tendrán oportunidad de cubrirlo en un período máximo de 2 meses a partir de la fecha de inicio de sus estudios.

5. Los candidatos procedentes del extranjero deberán cumplir con los siguientes requisitos, aparte de los arriba mencionados.
  - a) Presentar copia legalizada del certificado o título de licenciatura
  - b) Comprobar la vigencia de la forma migratoria FM3
  - c) Comprobar la suficiencia del idioma español
  - d) Demostrar fehacientemente que contará con financiamiento (beca o equivalente) durante el período que dure en el PROGRAMA.

### 3. PERMANENCIA EN EL PROGRAMA

Para permanecer en el Programa, los alumnos deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Cumplir con el programa/calendario de cursos.
- b) Aprobar todas las materias con una calificación mínima de 80/100.
- c) Desarrollar y presentar un Caso de Estudio, el cual debe ser evaluado y aprobado por un Jurado Calificador.

### 4. OBTENCIÓN DEL DIPLOMA

Para la obtención del Diploma de Especialización en Química Aplicada el estudiante tiene que haber acreditado todas las materias del Plan de Estudios con una calificación de 80/100 o superior y haber presentado el documento del Caso de Estudio, el cual debió exponerse de forma oral y aprobarse ante un Jurado Calificador designado por la Coordinación de Posgrado.

#### PERFIL DEL EGRESADO

El egresado del Programa de Especialización en Química Aplicada tendrá el siguiente perfil, de acuerdo a la opción que haya seleccionado.

**Análisis y Evaluación de Polímeros.** El egresado será capaz de efectuar los análisis químicos y fisicoquímicos, así como las evaluaciones físico-mecánicas más comunes para la caracterización de los polímeros industriales, y sabrá interpretar los resultados obtenidos de los instrumentos y equipos utilizados para tal efecto.

**Ingeniería de Procesos de Polimerización.** El egresado conocerá los diferentes procesos de polimerización que se practican industrialmente, los factores que determinan su comportamiento y las opciones para controlarlos.

**Procesos de Transformación de Plásticos.** El egresado tendrá un extenso conocimiento de los procesos industriales para la transformación de los plásticos en productos finales o productos para ensamblarse previo a su uso final, así como los factores que los afectan y que se pueden controlar.

**Agroplasticatura:** El egresado conocerá las diversas aplicaciones de los plásticos en la agricultura, sus efectos y beneficios. También será capaz de aplicar y modificar las técnicas de plasticultura de acuerdo a las diferentes regiones y cultivos, y podrá dar respuesta a las necesidades de los agricultores.

**Este Plan de Estudios entró en vigor a partir del 1 de septiembre de 2006, su última revisión fue en octubre de 2019 y tendrá vigencia hasta el 31 de agosto de 2020, fecha en que se deberá ratificar o actualizar. Las reglas de operación de todas las actividades del Plan de Estudios de la Especialización en Química Aplicada se describen en el Reglamento correspondiente.**

## **5. CONTENIDO DE LAS MATERIAS**

**Materias básicas para las opciones en:  
Análisis y Evaluación de Polímeros,  
Ingeniería de Procesos de Polimerización y  
Procesos de Transformación de Plásticos**

	<b>CLAVE</b>
Química de polímeros	B01
Fisicoquímica de polímeros	B03
Relación estructura-propiedades en polímeros	B05

**Materia básica para la opción en Agroplasticcultura:**

	<b>CLAVE</b>
Estadística y diseño de experimentos	B04

**QUÍMICA DE POLÍMEROS (CLAVE B01)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

El alumno aprenderá los conceptos químicos relacionados con el área de los polímeros, desde su nomenclatura hasta la cinética y mecanismos más comunes de las reacciones polimerización, copolimerización y modificación química de los polímeros.

**CONTENIDO****I.- GENERALIDADES.**

- 1.1. Conceptos básicos de química general.
- 1.2. Nomenclatura de química orgánica.
- 1.3. Estequiometría.
- 1.4. Conceptos básicos de química de polímeros.
- 1.5. Nomenclatura de polímeros.

**II.- CLASIFICACIÓN DE LAS REACCIONES DE POLIMERIZACIÓN.**

- 2.1. Polimerización radicálica.
- 2.2. Polimerización por condensación.
- 2.3. Polimerización aniónica.
- 2.4. Polimerización catiónica.

**III.- REACCIONES DE COPOLIMERIZACIÓN.**

- 3.1 Preparación de copolímeros en bloque.
- 3.2 Preparación de copolímeros al azar.
- 3.3 Preparación de copolímeros de injerto.

**IV.- MODIFICACIÓN QUÍMICA DE POLÍMEROS.**

- 4.1. Preparación de polímeros con grupos químicos reactivos injertados.
- 4.2. Reacciones de entrecruzamiento.
- 4.3. Obtención de polímeros de especialización a través de modificación química.
- 4.4. Obtención de agentes compatibilizantes.

**FISICOQUÍMICA DE POLÍMEROS (CLAVE B03)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)

**OBJETIVO**

Proporcionar al estudiante los conceptos fundamentales de fisicoquímica macromolecular y de termodinámica estadística para resolver problemas teóricos y prácticos relacionados con la caracterización de sistemas poliméricos en solución y en el estado sólido.

**CONTENIDO**

**I.- CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LOS POLÍMEROS**

- 1.1 Definiciones básicas de los sistemas poliméricos
- 1.2 Naturaleza química de las macromoléculas. Composición y tipos de polímeros
- 1.3 Que implica que una molécula tenga forma de cadena?

**II.- TERMODINÁMICA ESTADÍSTICA**

- 2.1 Conformación molecular
- 2.2 Parámetros moleculares de tamaño ( $\langle s^2 \rangle^{1/2}$  y  $\langle h^2 \rangle$ ) y forma. Caso de las macromoléculas 2.3 lineales, ramificadas y cíclicas.
- 2.4 Modelos estadísticos conformacionales. Distribución de tamaños moleculares

**III.- SOLUCIONES MOLECULARES Y POLIMÉRICAS**

- 3.1 Termodinámica de soluciones moleculares
- 3.2 Termodinámica de soluciones macromoleculares.
- 3.3 Teoría de Flory – Huggins
- 3.4 Teoría de ecuaciones de estado
- 3.5 Aplicaciones de la termodinámica de soluciones a los métodos de caracterización
- 3.6 Mezclas poliméricas

**IV.- POLÍMEROS EN EL ESTADO SÓLIDO**

- 4.1 Morfología
- 4.2 Temperatura de transición vítrea
- 4.3 Cristalización y fusión

## **RELACIÓN ESTRUCTURA-PROPIEDADES EN POLÍMEROS (CLAVE B05)**

**(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**

### **OBJETIVO**

El alumno aprenderá a aplicar los conceptos de estructura macromolecular para entender las propiedades físicas y mecánicas de los polímeros. Asimismo aprenderá la importancia de la temperatura y el tiempo en la medida de dichas propiedades, y revisará los principales métodos de caracterización físico-mecánica de los polímeros.

### **CONTENIDO**

#### **I.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS POLÍMEROS EN ESTADO SÓLIDO.**

- 1.1 Principales propiedades físicas de polímeros.

#### **II.- PROPIEDADES TÉRMICAS.**

- 2.1 Termodinámica de las transiciones térmicas.
- 2.2 La temperatura de fusión ( $T_m$ ) transición de primer orden.
- 2.3 La temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) transición de segundo orden.
- 2.4 La temperatura de cristalización ( $T_c$ ).
- 2.5 Otras transiciones.
- 2.6 Conductividad térmica.

#### **III.- PROPIEDADES MECÁNICAS.**

- 3.1 Esfuerzo y deformación. Tensión, compresión, flexión y corte.
- 3.2 Limitaciones de la teoría elástica cuando se aplica a los polímeros.
- 3.3 Efecto del tiempo. Deformación, relajación de esfuerzos, cedencia y creep.
- 3.4 Efecto de la temperatura. Diferentes tipos de relación módulo-temperatura.
- 3.5 Efecto de plastificante y cargas minerales.

#### **IV.- OTRAS PROPIEDADES MECÁNICAS.**

- 4.1 Fractura, tensión, desgarramiento, impacto, dureza y stress cracking.

#### **V.- PROPIEDADES ELÉCTRICAS.**

- 5.1 Conducción, resistividad, permisividad y pérdida.
- 5.2 Efecto de la cristalinidad y la plastificación.
- 5.3 Breakdown.
- 5.4 Tracking.
- 5.5 Electricidad estática.

**ESTADÍSTICA Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS (CLAVE B04)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

El estudiante comprenderá las ventajas de utilizar el diseño de experimentos en el trabajo de investigación. Aprenderá a diseñar y analizar experimentos, así como a interpretar y hacer inferencias sobre los resultados.

**CONTENIDO****I.- CONCEPTOS INTRODUCTORIOS Y TERMINOLOGÍA.**

- 1.1 Introducción a la estadística.
- 1.2 Elementos básicos: población, muestra, grados de libertad, medidas de tendencia central, medidas de dispersión, distribuciones, estimaciones y decisiones estadísticas, etc.

**II.- ETAPAS DE UN PROCESO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.**

- 2.1 Búsqueda de información, planeación experimental, análisis e interpretación de resultados.

**III.- IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.**

- 3.1 Diagrama de Ishikawa.

**IV.- DISEÑOS EXPERIMENTALES.**

- 4.1 Definición del problema, factores, variables de respuesta, modelo matemático, selección de niveles en los factores, tamaño del diseño, orden de experimentación, registro de datos, etc.

**V.- DISEÑOS FACTORIALES.**

- 5.1 Diseños completos, replicación, adición de puntos centrales, etc.

**VI.- DISEÑOS FACTORIALES FRACCIONADOS.**

- 6.1 Identificación de los factores más importantes, detección de efectos de curvatura e interacción y estimación del error en la respuesta.

**VII.- TÓPICOS AVANZADOS.**

- 7.1 Diseños de superficies de respuesta. Otros tipos de diseños.

## Contenido de las materias para la opción en Análisis y Evaluación de Polímeros

	CLAVE
Técnicas espectroscópicas	QA01/AEP01
Técnicas cromatográficas	QA02/AEP02
Técnicas de microscopía	QA04/AEP03
Técnicas de análisis de propiedades físicas y mecánicas	OP07/AEP04
Técnicas de análisis térmico	OP03/AEP05
Optativa*	

\* ver clave y contenido en materias optativas (pag.68).

**NOTA: Se consignan (con color rojo), y solo como referencia, las claves que se tenían registradas previamente para dichas materias. Las claves vigentes son las que se marcan al lado derecho con color negro. En lo sucesivo se manejan solo las claves vigentes.**

## **TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS (AEP01)**

(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)

### **OBJETIVO**

Que el estudiante aprenda los conceptos fundamentales y la interpretación de espectros de las principales técnicas espectroscópicas aplicadas en la síntesis y caracterización de compuestos químicos y polímeros.

### **CONTENIDO**

#### **I.- ESPECTROSCOPIA FT-IR.**

- 1.1 Introducción.
- 2.2 Teoría.
- 2.3 Instrumentación.
- 2.4 Manejo de muestras.
- 2.5 Interpretación de Espectros.

#### **II.- ESPECTROSCOPIA UV-VIS.**

- 2.1 Introducción.
- 2.1 Teoría.
- 2.2 Instrumentación y preparación de muestras.
- 2.3 Absorción característica de compuestos orgánicos.
- 2.4 Interpretación de espectros.

#### **III.- ESPECTROSCOPIA NMR.**

- 3.1 Introducción.
- 3.2 Teoría.
- 3.3 Instrumentación y preparación de muestras.
- 3.4 Desplazamiento químico.
- 3.5 Interpretación de espectros.

#### **IV.- ESPECTROSCOPIA DE MASAS.**

- 4.1 Introducción.
- 4.2 Teoría.
- 4.3 Instrumentación y preparación de muestras.
- 4.4 Determinación de fórmula molecular.
- 4.5 Determinación del ion molecular.
- 4.6 Uso de la fórmula molecular .
- 4.7 Fragmentación .
- 4.8 Rearreglos.
- 4.9 Interpretación de espectros.

**V.- ESPECTROSCOPIA FOTOELECTRÓNICA DE RAYOS X (XPS).**

- 5.1. La importancia de las superficies poliméricas.
- 5.2. Reseña histórica del XPS.
- 5.3. Principios teóricos de la técnica.
- 5.4. Instrumentación.
  - 5.4.1. Sistemas de vacío.
  - 5.4.2. Fuentes de rayos X.
  - 5.4.3. Detectores.
- 5.5. Interpretación de Espectros.
  - 5.5.1. Energías cualitativo y cuantitativo de elementos.
- 5.6. Aplicaciones de XPS en polímeros.

**VI.- ESPECTROSCOPIA DE MASAS DE ION SECUNDARIO (SIMS).**

- 6.1. Introducción.
- 6.2. Principios básicos de la técnica.
- 6.3. Bombardeo superficial con iones.
- 6.4. Instrumentación.
  - 6.4.1. Sistemas de vacío.
  - 6.4.2. Fuentes de iones primarios.
  - 6.4.3. Espectrómetro de masas.
  - 6.4.4. Detectores.
- 6.5. Interpretación de espectros.
- 6.6. Análisis cualitativo y cuantitativo de iones.
- 6.7. Aplicaciones de SIMS en polímeros.

**TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS (AEP02)**

(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)

**OBJETIVO**

Que el estudiante aprenda los aspectos teórico-prácticos de las técnicas de cromatografía de gases (GC), cromatografía de líquidos (HPLC), cromatografía de permeación en gel (GPC) y fraccionación de campo de Flujo (FFF), los cuales sabrá aplicar al análisis y estudio de los polímeros. Además, que el estudiante conozca el manejo y cuidado del cromatógrafo y sus accesorios (GC, HPLC, GPC y FFF).

**CONTENIDO****I.- CROMATOGRAFÍA DE GASES.**

- 1.1. Fundamentos teóricos.
- 1.2. Principales partes de un cromatógrafo de gases.
  - Detectores.
  - Columnas.
- 1.3. Análisis cuantitativo por cromatografía de gases (Aplicaciones).
  - Preparación de la muestra.
  - Condiciones de separación .
  - Método estándar interno.
  - Método estándar externo.
  - Interpretación de resultados.

**II.- CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS.**

- 2.1. Fundamentos teóricos.
- 2.2. Conceptos generales del equipo y principales partes que lo conforman.
  - Columnas.
- 2.3. Análisis cuantitativo por cromatografía de líquidos (Aplicaciones).
  - Preparación de la muestra y procedimiento de inyección.
  - Condiciones de operación.
  - Interpretación de resultados.

**III.- CROMATOGRAFÍA DE PERMEACIÓN EN GEL.**

- 3.1 Fundamentos teóricos.
  - *Eficiencia de separación.*
  - Resolución.
  - Mecanismo de separación molecular en las columnas de GPC.
- 3.2 Columnas comerciales.
- 3.3 Detectores.
  - Índice de refracción.
  - Ultravioleta.
  - Viscosimétrico.
  - Dispersión de luz.
- 3.4 Sistemas disolvente / polímero.

- Sistemas orgánicos.
- Sistemas acuosos.

### 3.5 Fundamentos para operación de un GPC.

- Funcionamiento del equipo.
- Preparación de muestras.
- Programación e inyección de muestras.

### 3.6 Cálculo de pesos moleculares.

- Calibración absoluta.
- Calibración relativa.
- Calibración universal.
- Uso de dispersión de luz.

## IV.- FRACTIONACIÓN DE CAMPO DE FLUJO (FIELD FLOW FRACTIONATION FFF)

### 4.1. Principios y Teoría.

- La familia de FFF.
- Retención-modo normal.
- Ensanchamiento de banda y altura de plato.
- Resolución y poder de fraccionación.

### 4.2. Técnicas e instrumentación.

- Preparación de la muestra y selección de líquido acarreador en FFF.
- Prácticas y precauciones.
- Equipo auxilia.
- FFF de sedimentación.
- FFF térmico.
- FFF eléctrico.
- FFF de flujo.
- FFF de flujo asimétrico.
- Recuperación de la muestra.

### 4.3. Ejemplos de aplicaciones.

- Industrial y biomédica.
- Ambientales.

## PRÁCTICAS

### PRÁCTICA 1. CROMATOGRAFÍA DE GASES

Conocer los equipos, sistemas de inyección, sistemas de bombeo, detectores y columnas.

Preparación de muestras.

Ánálisis cualitativo de monómero residual por Cromatografía de gases.

### PRÁCTICA 2. CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS

Conocer los equipos, sistemas de inyección, sistemas de bombeo, detectores y columnas.

Preparación de muestras

Ánálisis cualitativo y cuantitativo de aditivos de alto peso molecular por Cromatografía de líquidos.

**PRÁCTICA 3. CROMATOGRAFÍA DE PERMEACIÓN EN GEL (GPC)**

GPC baja y alta temperatura

Conocer los equipos, sistemas de inyección, sistemas de bombeo, detectores y columnas.

Preparar soluciones de diversos polímeros a temperatura ambiente. Estos polímeros deberán ser solubles en disolventes comunes, tales como THF o cloroformo.

Explicar en que consiste la preparación de estándares para construir una curva de calibración.

Manejo de software para construir curva de calibración y determinar pesos moleculares en muestras problemas.

**PRACTICA 4. FRACCIONACIÓN DE CAMPO DE FLUJO (FFF)**

Conocer un equipo de FFF sus partes y detectores.

Preparar soluciones de emulsiones de polímeros para determinar tamaño de partícula.

Manejo de software para determinar tamaño de partícula.

**TÉCNICAS DE MICROSCOPIA (AEP03)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)

**OBJETIVO**

Proporcionar al alumno los fundamentos de técnicas convencionales y avanzadas de microscopía y su aplicación en ciencia de materiales, así como brindar los elementos necesarios para la interpretación de resultados tanto para la resolución de problemas prácticos como en el desarrollo de materiales mediante tecnologías de vanguardia tales como la nanotecnología.

**CONTENIDO**

**I. MICROSCOPIA ÓPTICA.**

**Teoría**

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Clasificación de los microscopios.
- 1.3 Conceptos básicos y fundamentos de formación de imagen.
- 1.4 Partes del microscopio
- 1.5 Magnificación y Calibración de Aumentos.
- 1.6 Clasificación de Fuentes luminosas.
- 1.7 Preparación de muestras y Uso del microscopio.
- 1.8 Análisis y procesamiento de imágenes.
- 1.9 Técnicas especializadas de microscopía óptica y su aplicación en polímeros.

**Práctica**

- 1.10 Aplicaciones de técnicas convencionales y avanzadas de microscopía en la evaluación de materiales poliméricos.

**II. MICROSCOPIA CONFOCAL.**

**Teoría**

- 2.1 Conceptos generales de fluorescencia.
- 2.2 Principio de funcionamiento de un microscopio óptico de fluorescencia convencional
- 2.3 Principio de funcionamiento de un microscopio óptico láser confocal
- 2.4 Secciones ópticas e imágenes tridimensionales
- 2.5 Ventajas y desventajas de la microscopía confocal con respecto a la microscopía
  - de fluorescencia convencional
- 2.6 Aplicaciones en la ciencia de materiales
- 2.7 Aplicaciones en optoelectrónica
- 2.8 Aplicaciones en biología y medicina
- 2.9 Aplicaciones en la industria de los alimentos

**Práctica**

- 2.10 Descripción del equipo y prueba de análisis con muestra conocida
- 2.11 Caso de estudio

### **III.- MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA (AFM)**

- 3.1 Breve historia de la microscopía de tunelamiento y de AFM. Comparación de las ventajas y desventajas con respecto a otras técnica de microscopía.
- 3.2 Descripción de las partes principales del microscopio.
- 3.3 Modo tapping. Principio operativo. Aplicaciones.
- 3.4 Modo contacto. Principio operativo. Aplicaciones. Comparación con modo tapping.
- 3.5 Breve descripción de otras modalidades posibles. Principalmente fuerza lateral y magnetismo. Aplicaciones.

### **IV.- MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO Y TRANSMISIÓN.**

#### **Teoría**

- 4.1 Microscopía electrónica de barrido
  - Fundamentos. Principio de operación y conceptos básicos.
  - Diferencias entre TEM y SEM.
  - Partes del microscopio. Sistema de vacío. Tipos de lentes.
  - Interacción entre haz y la muestra.
  - Tipos de señales y detectores.
  - Formación de Imagen. Calidad y resolución.
  - Energía dispersiva de rayos X. Análisis químico cualitativo. EDS y WDS.
  - Preparación de muestras.
- 4.2 Microscopía electrónica de transmisión.
  - Fundamentos y principio de operación
  - Partes del microscopio
  - Aplicaciones en polímeros.

#### **Práctica**

- Aplicaciones de microscopía electrónica en polímeros. Caso práctico.

**TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS  
(AEP04)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)

**OBJETIVO**

El alumno conocerá sobre las diferentes técnicas y metodologías utilizadas para determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los polímeros, y con base en esto y en ciertos estándares establecidos, será capaz de dictaminar sobre la calidad del material analizado.

**CONTENIDO**

**I.- INTRODUCCIÓN**

- 1.1 Técnicas de análisis preliminar.
- 1.2 Técnicas instrumentales para el análisis de los polímeros.

**II.- IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE POLÍMEROS**

**III.- PRUEBAS PRELIMINARES Y PURIFICACIÓN DE MUESTRAS**

- 3.1 Examen Preliminar.
  - Examen Físico.
  - Pruebas iniciales.
  - Comportamiento a la combustión.
- 3.2 Purificación de Muestras.
  - Materiales Termoplásticos.
  - Materiales Entrecruzados.

**IV.- ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA (FTIR Y ATR)**

- 4.1 Fundamentos teóricos.
- 4.2 Preparación de muestras.
- 4.3 Interpretación y aplicaciones.

**V.- ANÁLISIS TÉRMICO (DSC Y TGA)**

- 5.1 Fundamentos teóricos.
- 5.2 Aplicaciones en polímeros.

**VI.- CROMATOGRAFÍA DE PERMEACIÓN EN GEL (GPC)**

- 6.1 Fundamentos teóricos.
- 6.2 Aplicaciones en polímeros.

**VII.- OTRAS TÉCNICAS DE ANÁLISIS**

- 7.1 Densitometría.
- 7.2 Microscopía Óptica (LM).
- 7.3 Difracción de Rayos X (WAXD).
- 7.4 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM/EDX).

**VIII.- NORMALIZACIÓN DE MÉTODOS DE PRUEBA**

- 8.1 Introducción.

- 8.2 Especificaciones y Normas.
- 8.3 Determinación de la humedad.

**IX.- EVALUACIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS**

- 9.1 Índice de fluidez.
- 9.2 Principio básico.
- 9.3 Aplicaciones en proceso.
- 9.4 Reometría capilar.
  - Principio básico.
  - Análisis de flujo.
  - Comportamiento de flujo.
- 9.5 Determinación de densidad.
  - Columna de Gradiente.
  - Desplazamiento.
- 9.6 Apariencia de la resina.
  - Principio básico.

**X.- PREPARACIÓN DE PROBETAS Y ACONDICIONAMIENTO**

- 10.1 Preparación de probetas ó especímenes de prueba.
  - Acondicionamiento.
  - Principio básico.
  - Normas y Métodos.

**XI.- PROPIEDADES MECÁNICAS**

- 11.1 Propiedad de tensión.
  - Principios básicos.
  - Equipo y cálculos.
- 11.2 Resistencia al impacto.
  - Principios básicos.
  - Prueba de Izod, Charpy y caída libre de dardo.
  - Equipo y cálculos.
- 11.3 Propiedades de flexión.
  - Principios básicos.
  - Equipo y cálculos.

**XII.- PROPIEDADES TÉRMICAS**

- 12.1 Temperatura de ablandamiento Vicat.
  - Principio básico.
  - Equipo, Norma y Métodos.
- 12.2 Temperatura de deflexión bajo carga.
  - Principios básicos.
  - Equipo y cálculos.

**XIII.- ENVEJECIMIENTO ACERELADO POR RADIACIÓN UV**

- 13.1 Introducción.
  - Equipos.
  - Metodología y Normas.

**XIV.- STRESS CRACKING**

## 14.1 Introducción.

- Equipo.
- Metodología.
- Normas y Métodos.

**PRÁCTICAS****1.- PRUEBAS PRELIMINARES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE POLÍMEROS.**

- a) Pruebas de flama (combustión).
- b) Pruebas de solubilidad.
- c) Pruebas de fusión en equipo Fisher-Jons.
- d) Preparación de muestras para análisis instrumental.

**2.- ESPECTROSCOPIA INFRARROJA (FTIR).**

- a) Obtención de espectros IR de resinas de resina PP, liners y concentrados.
- b) Análisis e Interpretación de los espectros IR obtenidos.

**3.- ANÁLISIS TÉRMICO (DSC Y TGA).**

- a) Determinación de la temperatura de fusión y cristalización de resina de resinas.
- b) Análisis e interpretación de los termogramas obtenidos.

**4.- PRUEBAS DE TENSIÓN-ELONGACIÓN-MODULO.**

- a) Determinar la resistencia a la tensión, porcentaje de elongación y modulo de elasticidad de diferentes resinas.
- b) Interpretación de diagramas esfuerzo-deformación.

**5.- PRUEBAS DE RESISTENCIA AL IMPACTO POR CAÍDA DE PÉNDULO O MASA.**

- a) Determinar la resistencia al Impacto, Izod, Charpy. Interpretación de diagramas esfuerzo-deformación.

**TÉCNICAS DE ANÁLISIS TÉRMICO (AEP05)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)

**OBJETIVO**

Conocer los conceptos teóricos, transiciones y propiedades térmicas de los materiales poliméricos, así como las técnicas y métodos de análisis. Adquirir elementos para la interpretación de las diferentes curvas térmicas.

**CONTENIDO**

**I.- POLÍMEROS CRISTALINOS. POLÍMEROS AMORFOS U ORDEN EN ESTADO SÓLIDO.**

- 1.1 Factores que influyen en el empaquetamiento molecular.
- 1.2 Modelos Morfológicos para polímeros semicristalinos.
  - 1.2.1 Modelos de cristalización secundaria.
  - 1.2.2 Modelos de fusión.

**II.- CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC).**

- 2.1 Definiciones Térmicas.
  - 2.1.1 Temperatura de transición vítrea (Tg).
  - 2.1.2. Temperatura y entalpía de fusión.
  - 2.1.3 Temperatura y entalpía de cristalización.
  - 2.1.4 Otras transiciones térmicas.
- 2.2 Técnica DSC. Teóricos.
  - 2.2.2 Factores que afectan las curvas térmicas.
  - 2.2.3 Esquema y componentes del equipo.
  - 2.2.4 Aplicaciones para polímeros.
  - 2.2.5 Interpretación de termogramas.

**III.- ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO (TGA).**

- 3.1 Definiciones térmicas.
  - 3.1.1 Estabilidad térmica y resistencia térmica.
- 3.2 Técnica TGA.
  - 3.2.1 Fundamentos teóricos.
  - 3.2.2 Factores que afectan las curvas térmicas.
  - 3.2.3 Esquema y componentes del equipo.
  - 3.2.4 Aplicaciones para polímeros.
  - 3.2.5 Interpretación de termogramas.

**IV.- ANÁLISIS MECÁNICO-DINÁMICO (DMA).**

- 4.1 Definiciones.
  - 4.1.1 Viscoelasticidad en polímeros.
  - 4.1.2 Módulo de pérdida, módulo de almacenamiento y tangente de delta.
- 4.2 Técnica DMA.
  - 4.2.1 Fundamentos Teóricos.
  - 4.2.2 Factores que afectan las curvas térmicas.
  - 4.2.3 Esquema y componentes del equipo.

- 4.2.4 Aplicaciones para polímeros.
- 4.2.5 Interpretación de termogramas.

#### **V.- ANÁLISIS TERMO-MECÁNICO (TMA).**

- 5.1 Definiciones.
  - 5.1.1 Coeficiente de expansión lineal y volumétrica.
  - 5.1.2 Temperatura de penetración.
- 5.2 Técnica TMA.
  - 5.2.1 Fundamentos Teóricos.
  - 5.2.2 Factores que afectan las curvas térmicas.
  - 5.2.3 Esquema y componentes del equipo.
  - 5.2.4 Aplicaciones para polímeros.
  - 5.2.5 Interpretación de termogramas.

### **PRÁCTICAS**

#### **1 ANÁLISIS DE CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC).**

Determinación de temperatura y entalpías de fusión y cristalización, temperatura de transición vítrea y temperatura de curado de resinas y mezclas poliméricas.  
Interpretación de termogramas.

#### **2 ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO (TGA).**

Determinación de pérdidas en peso de resinas y productos terminados.  
Estabilidad térmica de materiales poliméricos.  
Interpretación de termogramas.

#### **3 ANÁLISIS DINÁMICO-MECÁNICO (DMA).**

Determinación de módulo de pérdida, de almacenamiento y  $\tan \delta$  en diferentes resinas.  
Interpretación de termogramas.

#### **4 ANÁLISIS TERMO MECÁNICO (TMA).**

Determinación de coeficientes de expansión de resinas y temperatura de penetración "Vicat". Interpretación de termogramas.

## Contenido de las materias para la opción en Ingeniería de Procesos de Polimerización

	CLAVE
Ingeniería de reacciones de polimerización	IPP01
Procesos industriales de polimerización	IPP02
Polimerización en emulsión	IPP03
Control de reactores químicos	PP04
Operaciones unitarias en la industria de los polímeros	OP05/IPP05I
Optativa*	

\* ver contenido en materias optativas (pág. 68).

**NOTA: Se consignan (con color rojo), y solo como referencia, las claves que se tenían registradas previamente para dichas materias. Las claves vigentes son las que se marcan al lado derecho con color negro. En lo sucesivo se manejan solo las claves vigentes.**

**INGENIERÍA DE PROCESOS DE POLIMERIZACIÓN (CLAVE IPP01)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

Proporcionar las bases suficientes para que el estudiante entienda como el tipo y el modo de operación del reactor afectan las características del polímero (distribuciones de masas molares y de tamaños de partículas, distribución de composición y longitud de secuencias en copolímeros, etc.), su relación con la cinética y el proceso de la polimerización.

**CONTENIDO****I. INTRODUCCIÓN**

- 1.1 Ingeniería de reacciones químicas vs. ingeniería de reacciones de polimerización.
- 1.2 Distribuciones de masas moleculares.
- 1.3 Caracterización de mezclas de moléculas de polímeros.

**II. REACCIONES Y MECANISMOS DE POLIMERIZACIÓN**

- 2.1 Polimerización por crecimiento en etapas o policondensación.
- 2.2 Polimerización por crecimiento en cadena o poliadición.

**III. PRINCIPALES PROCESOS DE POLIMERIZACIÓN INDUSTRIALES. TIPOS DE REACTORES.**

- 3.1 Polimerización en masa.
- 3.2 Polimerización en solución.
- 3.3 Polimerización en suspensión.
- 3.4 Polimerización en emulsión.

**IV. COPOLIMERIZACIÓN.****V. EL MÉTODO DE LOS MOMENTOS Y LA FUNCIÓN GENERADORA.****VI.- EFECTOS DE VISCOSIDAD SOBRE LA TRANSFERENCIA DE MASA Y DE CALOR, DISTRIBUCIÓN DE MASAS MOLARES Y DE TAMAÑOS DE PARTÍCULAS EN REACTORES DE POLIMERIZACIÓN. ANÁLISIS MATEMÁTICO DE LA HOMOPOLIMERIZACIÓN. REACTOR POR LOTES.**

- 6.1 Reactor de flujo pistón.
- 6.2 Reactor continuo de tanque agitado.
- 6.3 Cascadas de reactores.
- 6.4 El efecto gel o Trommsdorff.

**VII.- EFECTOS DE VISCOSIDAD SOBRE LA TRANSFERENCIA DE MASA Y DE CALOR, DISTRIBUCIÓN DE MASAS MOLARES Y DE TAMAÑOS DE PARTÍCULAS EN REACTORES DE POLIMERIZACIÓN. ANÁLISIS MATEMÁTICO DE LA COPOLIMERIZACIÓN. REACTOR POR LOTES.**

- 7.1 Reactor de flujo pistón.
- 7.2 Reactor continuo de tanque agitado.
- 7.3 Cascadas de reactores.
- 7.4 El efecto gel o Trommsdorff.

**VIII.- CONTROL DE REACTORES DE POLIMERIZACIÓN. OPERACIÓN SEGURA DE REACTORES DE POLIMERIZACIÓN.**

**PROCESOS INDUSTRIALES DE POLIMERIZACIÓN (CLAVE IPP02)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

Que el estudiante adquiera los conocimientos teóricos y prácticos que le permitan comprender los aspectos fundamentales de las principales técnicas de polimerización empleadas en la industria, diferenciar sus mecanismos de polimerización y entender su relación con las características fisicoquímicas de los polímeros obtenidos. Los conocimientos adquiridos deberán servir al estudiante para que pueda identificar y comprender la literatura especializada en el tema.

**CONTENIDO****I.- INTRODUCCIÓN.**

- 1.1 Mecanismos de polimerización.
  - Polimerización en etapas
  - Polimerización en cadena
- 1.2 Copolimerización
- 1.3 Efecto de las condiciones de reacción.

**II.- TÉCNICAS DE POLIMERIZACIÓN.**

- 2.1 Polimerización en masa.
- 2.2 Polimerización en solución.
- 2.3 Polimerización en suspensión.
- 2.4 Polimerización en emulsión.

**III.- PROCESOS DE OBTENCIÓN DE POLÍMEROS COMERCIALES.**

- 3.1 Poliéteres.
- 3.2 Policarbonatos.
- 3.3 Poliamidas.
- 3.4 Polietileno.
- 3.5 Poliestireno.
- 3.6 Familia de los vinílicos.
- 3.7 Familia de los acrílicos.
- 3.8 Otros polímeros.

**PRÁCTICAS**

- 1.- Polimerización en masa.**
- 2.- Polimerización en solución.**
- 3.- Polimerización en emulsión.**

## **POLIMERIZACIÓN EN EMULSIÓN (CLAVE IPP03)**

**(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**

### **OBJETIVO**

Desarrollar las habilidades necesarias en el estudiante para entender la literatura especializada en el tema y que adquiera los conocimientos básicos teóricos y experimentales involucrados tanto en el proceso de polimerización en emulsión como en la reología y formación de película del producto de reacción.

### **CONTENIDO**

#### **I. INTRODUCCIÓN**

- 1.1 Conceptos e Importancia
- 1.2 Objetivos del curso
- 1.3 Contenido general del curso

#### **II. FUNDAMENTOS DE FISICO-QUÍMICA DE COLOIDES**

- 2.1 Ecuación de Smoluchowski
- 2.2 Factor de estabilidad de Fuch
- 2.3 Energía potencial repulsiva
- 2.4 Energía potencial atractiva
- 2.5 Curvas de energía potencial neta
- 2.6 Técnicas para medir distribución de tamaño de partícula

#### **III. COMPONENTES DE UNA POLIMERIZACIÓN EN EMULSIÓN**

- 3.1 Agua
- 3.2 Tensoactivo (S)
  - 3.2.1 Estructura y clasificación
  - 3.2.2 Aspectos fisico-químicos
- 3.3 Monómero (M)
  - 3.3.1 Principales clases de monómeros
  - 3.3.2 Aspectos fisico-químicos
- 3.4 Iniciador (I)
  - 3.4.1 Iniciadores Térmicos
  - 3.4.2 Iniciadores REDOX
- 3.5 Otros componentes

#### **IV. CINÉTICA DE LA POLIMERIZACIÓN EN EMULSIÓN**

- 4.1 Intervalos I, II y III (descripción clásica)
- 4.2 Mecanismos de formación de partículas (nucleación)
  - 4.2.1 Nucleación micelar
    - Teoría de Harkins
    - Teoría de Smith y Ewart
  - 4.2.2 Nucleación homogénea
    - Teoría de Priest
    - Teoría de Roe

- Teoría de Fitch y Tsai
- 4.2.3 Competencia entre nucleación micelar y Homogénea
  - Teoría de Hansen y Ugelstad
- 4.2.4 Nucleación homogena-coagulativa y distribución de tamaño de partícula
  - Teoría del Grupo de Sydney
- 4.2.5 Nucleación coagulativa
  - Autocrítica del Grupo de Sydney
  - Cálculos de Giannetti
  - Resultados recientes del Grupo de Sydney
- 4.2.6 Teorías recientes de otros autores
- 4.2.7 Recapitulación de teorías y modelos de nucleación
- 4.3 Distribución de tamaño de partícula (DTP)
  - 4.3.1 Efecto de las condiciones de reacción en la DTP
- 4.4 Captura de radicales
  - 4.4.1 Etapas del proceso de captura
    - 4.4.1.1 Modelo difusivo
      - Efectos extraparticula. Ec. de Smoluchowski y factor de estabilidad de Fuch.
      - Efectos intraparticula.
      - Combinación de efectos extra e intra partícula. Modelo de Hansen y Ugelstad.
      - Modificación al modelo de Hansen y Ugelstad
    - 4.4.1.2 Modelo reactivo: Grupo de Sydney
    - 4.4.1.3 Modelo de colisión: Gardon
  - 4.4.2 Medición del coeficiente de captura
- 4.5 Desorción de radicales
- 4.6 Terminación de radicales intra-partícula
  - 4.6.1 modelos
  - 4.6.2 sistemas 0-1
- 4.7 Rapidez de la polimerización
  - 4.7.1 Medición
  - 4.7.2 Teoría de Smith y Ewart
  - 4.7.3 Resultados teóricos y experimentales recientes
- 4.8 Distribución de pesos moleculares
  - 4.8.1 Modelo de Clay y Gilbert
- 4.9 Efecto de la velocidad de agitación

## PRÁCTICA

- Destilación de monómero
- Polimerización en emulsión

## V. - POLIMERIZACIÓN EN EMULSIÓN EN REGIMEN SEMICONTINUO Y CONTINUO

## VI.- REOLOGÍA DE LÁTICES

- 6.1 Introducción a la reología
- 6.2 Reología de dispersiones
- 6.3 Espesantes para formulaciones de látex

**PRÁCTICA**

**VII.- MECANISMOS DE FORMACIÓN DE PELÍCULAS**

**CONTROL DE REACTORES QUÍMICOS (CLAVE IPP04)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

Que el estudiante domine conceptos especializados del área de control de procesos químicos como análisis de lazos de control, sintonización de controladores y desarrollo de estrategias de control. En la parte práctica conocerá con suficiente detalle la instrumentación estándar, tanto de hardware como de software, con que se operan los equipos en la industria.

**CONTENIDO****I.- INTRODUCCIÓN AL CONTROL DE PROCESOS**

- 1.1 Leyes de control de procesos.
- 1.2 Lenguajes de control.
- 1.3 Conceptos generales

**II.- MODELOS MATEMÁTICOS DE LOS PROCESOS QUÍMICOS.**

- 2.1 Leyes fundamentales.
- 2.2 Reactores químicos.
- 2.3 Otros procesos químicos.
- 2.4 Simulación. Programación y lenguajes de programación

**III.- DINÁMICA Y CONTROL. ANÁLISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO.**

- 3.1 Linealización y variables de perturbación.
- 3.2 Sistemas de primer y segundo orden.
- 3.3 Respuestas de sistemas lineales simples.
- 3.4 Modos de control. Desempeño de controladores retroalimentados.
- 3.4 Especificación de la respuesta de lazo cerrado.

**IV.- DINÁMICA Y CONTROL EN EL DOMINIO DE LAPLACE.**

- 4.1 La transformada de Laplace.
- 4.2 Funciones importantes. Transformada inversa.
- 4.3 Funciones de transferencia. Propiedades de las funciones de transferencia.
- 4.4 Realizabilidad física.
- 4.5 Polos y ceros.
- 4.5 Ganancia de estado estacionario.

**V.- INSTRUMENTACIÓN.**

- 5.1 Hardware.
- 5.2 Software.
- 5.3 Sensores.
- 5.4 Actuadores

**VI.- SINTONIZACIÓN DE LAZOS DE CONTROL.**

- 6.1 Reglas heurísticas.
- 6.2 Prueba y error en campo.
- 6.3 Método Ziegler Nichols

**VII.- CONTROL AVANZADO DE PROCESOS.**

- 7.1 Control ratio.
- 7.2 Control en cascada.
- 7.3 Control feed-forward.
- 7.4 Control adaptivo.
- 7.5 Control óptimo

**OPERACIONES UNITARIAS EN LA INDUSTRIA DE LOS POLÍMEROS**  
**(CLAVE IPP05)**  
**(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**

**OBJETIVO**

Que el estudiante llegue a comprender los principios prácticos utilizados en la recuperación de polímeros y su relación con los procesos de polimerización de donde se obtienen. Que se tenga una visión general de las técnicas auxiliares al proceso de síntesis de los polímeros, tales como: separaciones diversas, purificación, transporte, manejo, mezclado, terminado y almacenaje de las resinas poliméricas, así como procedimientos especializados de aislamiento que permiten remover o recuperar subproductos, solventes o monómeros residuales para su reuso.

**I.- SEPARACIÓN LÍQUIDO-VAPOR.**

- 1.1 Concentración por flasheo.
- 1.2 Agotamiento por arrastre de vapor.
- 1.3 Agotamiento por arrastre de gas inerte.
- 1.4 Evaporación de película.

**II.- COAGULACIÓN Y PRECIPITACIÓN.**

**III.- SEPARACIÓN LÍQUIDO-SÓLIDO.**

- 3.1 Filtración.
- 3.2 Centrifugación.

**IV.- SECADO.**

- 4.1 Secado directo.
- 4.2 Secado indirecto.
- 4.3 Secado mecánico.

**V.- FRACCIONACIÓN.**

- 5.1 Por disolución.
- 5.2 Por cromatografía.

**VI.- ENFRIAMIENTO.**

**VII.- TRANSPORTE Y MANEJO.**

- 7.1 Tornillos.
- 7.2 Bandas.
- 7.3 Transporte neumático.
- 7.4 Colectores de polvo.

**VIII.- ALMACENAJE.**

**IX.- DOSIFICACIÓN.**

**X.- MEZCLADO Y DISPERSIÓN.**

**XI.- TERMINADO.**

- 11.1 Peletizado.
- 11.2 Corte y molienda.
- 11.3 Maquinado.
- 11.4 Sellado por calor.
- 11.5 Gravado.
- 11.6 Termoformado.
- 11.7 Moldeado por rotación.
- 11.8 Laminado.
- 11.9 Recubrimiento.

## Contenido de las materias para la opción en Procesos de Transformación de Plásticos

	<b>CLAVE</b>
Formulado de materiales poliméricos	PTP01
Extrusión de plásticos	PTP02
Moldeo por inyección de termoplásticos	PTP03
Otros procesos de transformación	PTP04
Propiedades de flujo de polímeros	PTP05
Optativa*	

\* ver clave y contenido en materias optativas (pag.68).

**FORMULADO DE MATERIALES POLIMÉRICOS (CLAVE PTP01)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVOS**

El alumno conocerá de los diferentes tipos de aditivos y cargas minerales que se utilizan en la industria de los polímeros para enaltecer o para modificar alguna(s) de las propiedades físicas, químicas o mecánicas de los polímeros. Además, conocerá de los efectos de estos aditivos y cargas minerales en las propiedades de los polímeros y será capaz de resolver algunos de los problemas que pudieran presentar estos polímeros durante su procesamiento o durante su uso final, mediante el uso de ciertos aditivos o cargas minerales.

**CONTENIDO****I. CONCEPTOS BÁSICOS****1. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES**

- 1.1. Clasificación de los plásticos
- 1.2. Estructura de una molécula de plástico.
- 1.3. Plásticos de gran volumen.
- 1.4. Plásticos de ingeniería.

**II. ADITIVOS PARA PLÁSTICOS****1. INTRODUCCIÓN****2. DEGRADACIÓN POR ACCIÓN DEL CALOR**

- 2.1. Antioxidantes.
- 2.2. Desactivadores de iones metálicos.
- 2.3. Estabilizadores térmicos.

**3. DEGRADACIÓN POR ACCIÓN DE LA LUZ SOLAR**

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Fotodegradación.
- 3.3. Tipos de estabilizadores UV.
- 3.4. Evaluación de estabilizadores UV.
- 3.5. Estabilización UV de polímeros comerciales.

**4. RETARDANTES DE FLAMA****5. ADITIVOS PARA MEJORAR EL PROCESADO DE PLÁSTICOS**

- 5.1. Lubricantes.
- 5.2. Agentes antibloqueantes.
- 5.3. Deslizantes.
- 5.4. Ayudas de proceso.

**6. ADITIVOS QUE MEJORAN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS**

- 6.1. Plastificantes.
- 6.2. Rellenos y reforzantes.

6.3 Modificadores de impacto.

**7. OTROS ADITIVOS**

- 7.1 Agentes de acoplamiento.
- 7.2 Agentes espumantes.
- 7.3 Agentes de nucleación.

**III. RECICLADO DE PLÁSTICOS**

**1. INTRODUCCIÓN**

**2. TIPOS DE RECICLADO**

- 2.1 Primario.
- 2.2 Secundario.
- 2.3 Químico.
- 2.4 Incineración.

**3. EFECTO DEL RECICLADO SOBRE LA ESTRUCTURA QUÍMICA DE LOS POLÍMEROS**

**4. EFECTO DEL RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE FLUJO Y PROPIEDADES FISICOMEcÁNICAS DE LOS POLÍMEROS**

**5. SISTEMAS DE SEPARACIÓN**

**6. SISTEMAS DE MOLIENDA**

**7. PROBLEMAS TÍPICOS EN EL RECICLADO**

**8. RECICLADO DE LAS PRINCIPALES RESINAS COMERCIALES**

**IV.- EQUIPO PARA FORMULADO DE PLÁSTICOS**

**1. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL PROCESO DE MEZCLADO**

**2. TIPOS DE EQUIPOS**

**3. COMPONENTES DE EQUIPO DE MEZCLADO**

- 3.1 Mezcladores internos
- 3.2 Extrusores doble husillo

**PRÁCTICAS**

**Práctica 1.** Identificación de diferentes tipos de resinas y equipos de planta piloto.

**Práctica 2.** Mezclado de resinas y aditivos en un mezclador interno.

**Práctica 3.** Obtención de un concentrado (masterbatch) en un extrusor doble husillo.

**Práctica 4.** Reciclado de residuos de una poliolefina mediante molienda, pelletizado y obtención de un producto terminado.

## **EXTRUSIÓN DE PLÁSTICOS (CLAVE PTP02)**

**(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**

### **OBJETIVO**

El alumno conocerá sobre los diferentes tipos de extrusores y sus características, así como sobre las principales variables (presión, temperatura, tipo de polímero, uso de algunos aditivos, etc) que influyen en la operación de éstos y sus efectos sobre la operación del extrusor y sobre las propiedades del producto. El alumno conocerá sobre diferentes tipos de reacciones químicas que se pueden llevar a cabo durante el proceso de extrusión; algunas de ellas no deseables y algunas otras deseables y diseñadas *ex profeso*.

### **CONTENIDO**

#### **I.- EL EXTRUSOR**

- 1.1 Descripción de una línea de extrusión
- 1.2 Los principales elementos de un extrusor (práctica 1)
  - Sistema motriz.
  - Sistema de alimentación del plástico.
  - Barril, tornillo y sistema de calentamiento.
  - Cabeza del extrusor y dado.
  - Sistema de control.

#### **II.- PROPIEDADES DE FLUJO DE LOS PLÁSTICOS DURANTE EL PROCESO DE EXTRUSIÓN**

- 2.1 Polímeros termoplásticos
  - Aspectos estructurales de los polímeros termoplásticos: peso molecular, ramificaciones, tacticidad.
  - Clasificación de los polímeros termoplásticos de acuerdo a: su estructura química, su método de síntesis, sus aplicaciones
  - Propiedades de flujo de los materiales termoplásticos (práctica 2)

#### **III.- FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PLÁSTICOS DURANTE LA EXTRUSIÓN**

- 3.1 Temperatura.
- 3.2 Flujo másico.
- 3.3 Velocidad de corte.
- 3.4 Esfuerzo de corte.
- 3.5 Orientación molecular y anisotropía.
- 3.6 Viscosidad.
- 3.7 Índice de la Ley de la Potencia.

#### **IV.- OTROS FACTORES QUE AFECTAN EL TRANSPORTE DEL PLÁSTICO DURANTE LA EXTRUSIÓN**

- 5.1 La fricción.
- 5.2 La relación entre la velocidad de transporte de sólidos y la fricción del plástico sobre el barril.
- 5.3 Densidad y densidad aparente del plástico.
- 5.4 La compresibilidad del plástico.

5.5 Gasto o flujo másico.

**V.- POST-EXTRUSIÓN**

5.1 Tipos de datos de extrusión

- Lámina, película tubular, tubería, manguera, recubrimiento de cables, parisons.  
(prácticas 3, 4).

5.2 Factores que afectan el desempeño de un dado.

- Modificación del gasto (práctica 5).
- Control del flujo de plástico a través del dado.
- Cálculo del gasto o producción a través de un dado.
- Efecto del comportamiento no Newtoniano sobre el gasto.

**VI.- MEZCLADO**

6.1 Equipos de mezclado

- Mezclado en extrusores mono-husillo (práctica 6).
- Aparatos para mezclado estático.
- Mezclado dispersivo.

6.2 Mezclado en extrusor doble-husillo (práctica 7)

- Elementos de mezclado dispersivo.
- Elementos de mezclado distributivo.

6.3 Aspectos dinámicos que influyen sobre el mezclado

- Tipo de esfuerzo aplicado.
- Relación de viscosidades.
- Relación de elasticidades.

**VII.- EXTRUSIÓN REACTIVA (PRÁCTICA 8)**

7.1 Polimerización y degradación controlada

- Degradación controlada de polipropileno.
- Polimerización aniónica de Nylon-6.
- Polimerización de caprolactonas.
- Polimerización radicálica de monómeros acrílicos.

7.2 Modificación química de polímeros

- Carboxilación de polímeros insaturados.
- Carboxilación de polímeros saturados.

**PRÁCTICAS**

**Práctica 1.** Identificación de las principales partes de un extrusor y su funcionamiento. Realizar el procedimiento de arranque.

**Práctica 2.** Identificación de diferentes tipos de resinas. Determinación de propiedades de flujo de termoplásticos.

**Práctica 3.** Hacer una corrida de co-extrusión de película plana.

**Práctica 4.** Hacer una corrida de extrusión de película tubular.

**Práctica 5.** Cálculo del gasto o flujo másico de un extrusor.

**Práctica 6.** Incorporación de cargas minerales en polímeros termoplásticos utilizando un extrusor mono-husillo.

- Práctica 7.** Incorporación de cargas minerales en polímeros termoplásticos utilizando un extrusor doble-husillo.
- Práctica 8.** Utilización del extrusor como reactor de secado.

**MOLDEO POR INYECCIÓN DE TERMOPLÁSTICOS (CLAVE PTP03)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVOS**

- El alumno conocerá sobre los diferentes tipos de máquinas de moldeo por inyección y sus características, y conocerá sobre las principales variables que influyen en la operación de estas (presión, temperatura, tipo de polímero, uso de algunos aditivos, etc) y sus efectos sobre la operación de la inyectora y sobre las propiedades del producto. Además, el alumno conocerá las generalidades sobre el diseño de moldes.

**CONTENIDO****I. - CONCEPTOS BÁSICOS Y SU RELACIÓN CON EL PROCESADO.**

## 1.1 Descripción de materiales

- Clasificación de los plásticos.
- Estructura de una molécula de plástico.
- La cristalinidad de los plásticos.
- Influencia del peso molecular.

## 1.2 Propiedades reológicas

- Conceptos básicos.
- Las propiedades reológicas y su relación con el procesado.
- Llenado del molde.

## 1.3 La orientación

- La orientación durante el moldeo por inyección.
- Efecto del molde.
- Medida de la orientación.
- Factores que influyen en la orientación.
- Efecto de la orientación en la contracción.

**Práctica 1.-** Identificación de diferentes tipos de resinas.**Práctica 2.-** Determinación de propiedades de flujo de termoplásticos.**Práctica 3.-** Analizar la influencia del tiempo de enfriamiento, sobre cambios en dimensiones y propiedades en una pieza moldeada (material cristalino).**Práctica 4.-** Determinación de esfuerzos residuales en muestra moldeada (material amorfo).**II. - MAQUINARIA PARA INYECCIÓN**

## 2.1 Principios básicos del proceso de inyección

## 2.2 Componentes de una máquina de inyección

## 2.3 Tipos de máquinas

## 2.4 Características fundamentales de las máquinas

- Capacidad de cierre, de apertura del molde y de plastificación.
- Presión y velocidad de inyección.

## 2.5 Estudio de la inyección con tornillo alternativo

- Equipo auxiliar.
  - a) Diseños especiales de tornillos.
  - b) Equipos de secado.
  - c) Válvulas de bloqueo de flujo (check).
  - d) Boquillas de inyección.
- Moldes de inyección para termoplásticos.
  - a) Las partes del molde.
  - b) Tipos de moldes (2 y 3 platos; canales calientes, etc.).
  - c) Canales de alimentación.
  - d) Sistemas de entradas.
  - e) Refrigeración / calefacción.

**Práctica 5.-** Identificar principales partes de la máquina y su funcionamiento.

**Práctica 6.-** Realizar el procedimiento de arranque y paro de la máquina.

### **III.- PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN**

#### 3.1. Ciclo de inyección (etapas y cálculo)

**Práctica 7.-** Identificar cada etapa del ciclo de inyección.

### **IV.- PROBLEMAS TÍPICOS**

#### 4.1 Problemas típicos en moldeo

- Piezas incompletas.
- Piezas con rebabas.
- Rechupados o huecos.
- Líneas de soldadura.
- Alabeamiento o distorsión.
- Decoloración por degradación.

**Práctica 8.-** Determinar el efecto que tiene la contrapresión sobre la dispersión de un pigmento, (relacionarlo con homogeneidad del fundido, temperaturas etc.).

#### 4.2 Casos reales de problemas

- Lote defectuoso.
- Localización de la entrada.
- Líneas de soldadura.
- Fracturas, grietas y burbujas.
- Marcas obscuras.
- Canales desbalanceados.
- Esfuerzos residuales.

**Práctica 9.-** Generar algún tipo de problema típico, tales como: rebabas, pieza incompleta, rechupados, etc. Tratar de eliminar o disminuir la presencia del problema generado.

**Práctica 10.-** Simulador del proceso de inyección.

**OTROS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN (CLAVE PTP04)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

El alumno conocerá los aspectos principales sobre los diferentes procesos de fabricación incluidos en este curso (extrusión - soplado, inyección - soplado, termoformado, roto-moldeo y moldeo por compresión) y conocerá sobre las principales variables que influyen en la operación de estos procesos (presión, temperatura, tipo de polímero, uso de algunos aditivos, etc) y sus efectos sobre la operación de la máquina y sobre las propiedades del producto.

**CONTENIDO****PARTE I. MOLDEO POR SOPLADO**

- 1. GENERALIDADES DEL PROCESO DE MOLDEO POR SOPLADO.**
- 2. EFECTOS FÍSICOS DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE MOLDEO POR SOPLADO.**
  - 2.1 Peso molecular.
  - 2.2 Flexibilidad molecular.
  - 2.3 Orientación.
  - 2.4 Cristalinidad.
  - 2.5 Aspecto del producto.
- 3. MOLDEO POR EXTRUSIÓN-SOPLADO.**
  - 3.1 Descripción del proceso.
  - 3.2 Extrusor y husillo.
  - 3.3 Dados y cabezales de extrusión.
  - 3.4 Extrusión continua.
  - 3.5 Extrusión intermitente.
  - 3.6 Criterios de selección de maquinaria.
  - 3.7 Co-extrusión soplado.
- 4. MOLDEO INYECCIÓN-SOPLADO.**
- 5. MOLDEO POR INYECCIÓN SOPLADO BIORIENTADO.**
  - 5.1 Descripción del proceso.
  - 5.2 Procesado de las preformas.
  - 5.3 Etapa de estirado y soplado.
- 6. MATERIALES UTILIZADOS.**
- 7. GENERALIDADES EN MOLDES.**
- 8. OPERACIÓN Y FUNCIONES BÁSICAS DE LOS MOLDES.**
  - 8.1 Materiales para los moldes.
- 9. PROBLEMAS TÍPICOS DURANTE EL PROCESO.**

**PRÁCTICAS DE MOLDEO POR SOPLADO.**

**Práctica 1.-** Determinar el efecto que tiene el uso de husillos inadecuados para resinas específicas.

**Práctica 2.-** Determinar el efecto que tiene el uso de temperaturas inadecuadas en el molde.

**Práctica 3.-** Analizar la influencia del perfil de temperaturas sobre la formación del párison.

**Práctica 4.-** Analizar el efecto del cambio en la fluidez de las resinas en las condiciones de proceso.

**Práctica 5.-** Analizar y corregir problemas previamente generados por condiciones de operación inadecuadas.

**PARTE II. MOLDEO POR TERMOFORMADO****1.- INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE TERMOFORMADO.****2.- DESCRIPCIÓN DE MATERIALES.**

- 2.1 Conceptos básicos.
- 2.2 Clasificación de los polímeros.
- 2.3 Relación entre propiedades y proceso.

**3.- EXTRUSIÓN DE LÁMINA.**

- 3.1 Orientación.
- 3.2 Reciclado.
- 3.3 Co-extrusión.

**4.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TERMOFORMADO.**

- 4.1 Clasificación del proceso.
- 4.2 Etapas del proceso.
- 4.3 Calentamiento de la hoja.
- 4.4 Técnicas de formado.
- 4.5 Ventajas y desventajas del proceso.

**5.- CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE MOLDES PARA TERMOFORMADO.**

- 5.1 Radios y esquinas.
- 5.2 Ángulos de inclinación.
- 5.3 Tamaño y numero de hoyos de venteo.
- 5.4 Partes deslizables y desmolde.

**6.- DEFECTOS, FACTORES Y PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL PROCESO DE TERMOFORMADO.**

- 6.1 Defectos en piezas terminadas: Adelgazamiento, amontonamiento y distribución de espesores desigual.
- 6.2 Factores importantes que influyen sobre el proceso de termoformado.
- 6.3 Parámetros a controlar en termoformado: Temperatura de la lámina, velocidad de formado, temperatura de molde y asistente, entre otros.

**PRÁCTICAS DE MOLDEO POR TERMOFORMADO.**

- Práctica 1.-** Extrusión de lamina para termoformado y relación del proceso sobre la orientación molecular.
- Práctica 2.-** Detección y determinación del % de orientación en laminas para termoformado utilizando el método de birrefringencia y el método de contracción, respectivamente.
- Práctica 3.-** Descripción de las partes principales de una maquina de termoformado con asistencia mecánica, así como su funcionamiento e identificación de las variables involucradas en el proceso.
- Práctica 4.-** Influencia de las variables del proceso sobre las características del producto final como: Adelgazamiento, amontonamiento de material, piezas incompletas y distribución de espesores de pared.
- Práctica 5.-** Determinación del porcentaje de estiramiento en diferentes secciones de láminas termoformadas de acuerdo al método de retícula.
- Práctica 6.-** Optimización de variables del proceso para la obtención de piezas con espesores de pared homogéneos, utilizando un diseño experimental.

**PARTE III. MOLDEO ROTACIONAL**

- 1.- PRINCIPIOS BÁSICOS DEL PROCESO MOLDEO ROTACIONAL (ROTOMOLDEO).**
- 2.- CARACTERÍSTICAS DE LAS RESINAS UTILIZADAS.**
- 3.- TIPOS DE MÁQUINAS.**
- 4.- COMPONENTES DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO.**
- 5.- TIPOS DE MOLDES.**

**PARTE IV. MOLDEO POR COMPRESIÓN**

- 1.- PRINCIPIOS BÁSICOS DEL PROCESO MOLDEO POR COMPRESIÓN.**
- 2.- CARACTERÍSTICAS DE LAS RESINAS UTILIZADAS.**
- 3.- MOLDES.**
- 4.- ELEMENTOS IMPORTANTES EN UN EQUIPO DE MOLDEO POR COMPRESIÓN.**
- 5.- PRINCIPALES APLICACIONES.**

## PROPIEDADES DE FLUJO DE POLÍMEROS (CLAVE PTP05)

(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)

### OBJETIVOS

Que el estudiante conozca la relación entre esfuerzos de corte y deformación en los polímeros, los principales tipos de fluidos y las variables que los afectan. Además, que sea capaz de identificar y conocer las principales técnicas de medición de las propiedades de flujo de un polímero e identificar las relaciones entre viscosidad con la estructura y composición de los polímeros. Que adquiera los conocimientos teóricos y prácticos para entender y poder resolver problemas relacionados con el flujo de los polímeros.

### CONTENIDO

#### I.- VISCOSIDAD Y MECANISMO DEL TRANSPORTE DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO

- 1.1 Gradiante de velocidad
- 1.2 Ley de Newton de la viscosidad
- 1.3 Fluidos Newtonianos
- 1.4 Fluidos no Newtonianos
  - Ley de la potencia
  - Otros modelos
- 1.5 Influencia de la presión sobre la viscosidad
- 1.6 Influencia de la temperatura sobre la viscosidad
- 1.7 Influencia de la velocidad de corte sobre la viscosidad
- 1.8 Influencia de el peso molecular y distribución de pesos moleculares
- 1.9 Influencia de la linealidad de las moléculas
- 1.10 Influencia de el tipo y concentración de cargas minerales y aditivos

#### II.- VISCOSIDAD EN FLUJO LAMINAR

- 2.1 Balances de cantidad de movimiento
- 2.2 Flujo de una película descendente
- 2.3 Flujo a través de un tubo circular
- 2.4 Flujo a través de una sección de corona circular
- 2.5 Flujo adyacente de dos fluidos inmiscibles
- 2.6 Flujo reptante alrededor de una esfera sólida

#### III.- MEDICIONES REOLÓGICAS

- 3.1 Reometría con flujo de arrastre
  - Reómetros de cono y plato
  - Otros reómetros
- 3.2 Reometría con flujo de presión
  - Reometría capilar
  - Esfuerzo de corte y velocidad de corte
  - Hinchamiento de fundido

- Fractura del fundido
- Índice de fluidez (MFI)

**IV.- SISTEMAS ISOTÉRMICOS**

- 4.1 Ecuación de continuidad
- 4.2 Ecuación de momentum

**V.- PROBLEMAS Y EJEMPLOS SOBRE FLUJO VISCOSO**

- 5.1 Aplicaciones de reología en flujos poliméricos
- 5.2 Relación propiedades de flujo con Técnicas de procesamiento (extrusión, inyección)

## **Contenido de las materias para la opción en Agroplasticultura**

	<b>CLAVE</b>
Fisiología vegetal	A01
Materiales plásticos para la agricultura	A02
Acolchado de suelos con películas plásticas	A03
Producción en invernadero	A04
Sistemas de riego	A05
Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos	A06
Fertirrigación	A07
Optativa*	

\* ver clave y contenido en materias optativas (pag.68).

## **FISIOLOGÍA VEGETAL (CLAVE A01)**

**(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**

### **OBJETIVO**

Que el estudiante comprenda las funciones esenciales de las plantas y que factores las modifican, además que sepa como afectan a estas funciones cada una de las técnicas de plasticultura y que efectos positivos y negativos se tienen cuando se utilizan plásticos adecuados y no adecuados en estas técnicas, y puedan tener mayor capacidad para hacer una selección adecuada de materiales plásticos dependiendo de la región, la técnica y el cultivo.

### **CONTENIDO**

#### **I.- CÉLULAS AGUA, SOLUCIONES Y SUPERFICIES.**

- 1.1 Fisiología Vegetal y Células Vegetales.
- 1.2 Termodinámica y Potencial hídrico.
- 1.3 Ósmosis.
- 1.4 La relación fotosíntesis transpiración.
- 1.5 Ascenso de la savia.
- 1.6 Nutrición mineral.
- 1.7 Absorción de sales minerales.
- 1.8 Mecanismos del transporte en el floema.

#### **II.- BIOQUÍMICA DE LAS PLANTAS.**

- 2.1 Enzimas, Proteínas y Aminoácidos.
- 2.2 Fotosíntesis: Luz y cloroplastos.
- 2.3 Fijación del Dióxido de carbono y síntesis de carbohidratos.
- 2.4 Fotosíntesis: Aspectos agrícolas y ambientales.
- 2.5 Respiración.
- 2.6 Asimilación de Nitrógeno y Azufre.
- 2.7 Lípidos y otros productos naturales.

#### **III.- DESARROLLO VEGETAL.**

- 3.1 Crecimiento y desarrollo.
- 3.2 Hormonas y Reguladores de crecimiento: Auxinas y Giberelinas.
- 3.3 Hormonas y reguladores de crecimiento: Citocininas, Etileno, Ácido ascórbico.
- 3.4 La capacidad motriz de la planta.
- 3.5 Fotomorfogénesis.
- 3.6 El reloj biológico: Ritmos de vida.
- 3.7 Respuestas del crecimiento a la temperatura.

#### **IV.- FISIOLOGÍA AMBIENTAL.**

- 4.1 Fotoperiodicidad.
- 4.2 Temas de la Fisiología ambiental.

**V.- FISIOLOGÍA EN CONDICIONES DE ESTRÉS.****MATERIALES PLÁSTICOS PARA AGRICULTURA (CLAVE A02)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

El objetivo del presente curso es que el estudiante pueda conocer de una manera práctica los principales plásticos y sus aplicaciones en la agricultura. Su clasificación, fabricación, propiedades físicas y químicas así como métodos para el reciclado de residuos plásticos.

**CONTENIDO****I.- CONCEPTOS BÁSICOS, CLASIFICACIÓN Y ESTRUCTURA QUÍMICA DE LOS POLÍMEROS.**

- 1.1. Definición de plásticos.
- 1.2. Clasificación de los plásticos.
- 1.3. Los plásticos desde el punto de vista químico.
  - 1.3.1. Estructura de las cadenas de polímero.
  - 1.3.2. Copolímeros.

**II.- OBTENCIÓN DE LOS POLÍMEROS SINTÉTICOS.**

- 2.1. Métodos de obtención.
- 2.2. Proceso industrial.

**III.- PESO MOLECULAR Y DISTRIBUCIÓN DE PESO MOLECULAR.**

- 3.1. Peso molecular.
- 3.2. Distribución de peso molecular.
- 3.3. Efecto sobre el procesamiento y propiedades mecánicas.

**IV.- RELACIÓN ESTRUCTURA-PROPIEDADES.**

- 4.1. Efecto de la estructura química y de la morfología.
- 4.2. Efecto del peso molecular sobre la cristalinidad.
- 4.3. Efecto del peso molecular sobre la viscosidad.
- 4.4. Efecto del peso molecular sobre algunas prop. físicas.
- 4.5. Efecto del peso molecular sobre el procesado.
- 4.6. Efecto de la morfología sobre la densidad.

**V.- PROCESADO DE PLÁSTICOS.**

- 5.1. Proceso de mezclado.
- 5.2. Extrusión de películas.
- 5.3. Moldeo por inyección.

- 5.4. Moldeo por soplado.
- 5.5. Otros procesos.

**VI.- ADITIVOS PARA PLÁSTICOS.**

**VII.- RECICLADO DE PLÁSTICOS Y EL MEDIO AMBIENTE.**

**VIII.- NUEVOS DESARROLLOS.**

**ACOLCHADO DE SUELOS CON PELÍCULAS PLÁSTICAS (CLAVE A03)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)

**OBJETIVO**

Adquirir el conocimiento de las características de los plásticos para acolchado, sus diversas modalidades de aplicación, la importancia del color de la película de acuerdo al cultivo, así como destacar la importancia de la modificación del microclima ocasionada por la cobertura del suelo, además de, obtener la información de la respuesta de diversos cultivos con acolchado entre los que destacan hortalizas, leguminosas y gramíneas. Con lo anterior el estudiante podrá estar preparado para hacer recomendaciones a productores agrícolas sobre el conjunto nuevo de condiciones que crea el acolchado, además de las implicaciones del acolchado a nivel intensivo.

**CONTENIDO**

**I.- INTRODUCCIÓN.**

**II.- EFECTOS DEL ACOLCHADO DE SUELOS.**

- 2.1 Acción del acolchado sobre el control de malezas.
- 2.2 Acción del acolchado sobre la humedad del suelo.
- 2.3 Acción del acolchado sobre la temperatura del suelo.
- 2.4 Acción del acolchado sobre la fertilidad del suelo.
- 2.5 Acción del acolchado sobre la actividad microbiana.

**III.- VENTAJAS ECONÓMICAS DEL ACOLCHADO DE SUELOS.**

- 3.1 Producción de cosechas tempranas.
- 3.2 Producción de altos rendimientos.
- 3.3 Supresión de labores culturales: aporques, deshierbes, escardas.

**IV.- CLASES DE PLÁSTICOS.**

- 4.1 Plástico negro.
- 4.2 Plástico transparente.
- 4.3 Colores de plásticos en general.

**V. CARACTERÍSTICAS DE LOS PLÁSTICOS PARA ACOLCHADO.**

- 5.1 Duración de las películas.
- 5.2 Espesores de las películas de plástico para acolchado.
- 5.3 Anchos de los plásticos.

**VI.- COLOCACIÓN DE LOS PLÁSTICOS.**

- 6.1 Colocación manual.
- 6.2 Colocación mecánica.

**VII.-ENSAYOS AGRÍCOLAS CON ACOLCHADO DE SUELOS.**

- 7.1 Comportamiento de chile pimiento.
- 7.2 Evaluación de cinco cultivares de chile pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) bajo sistema de acolchado.

- 7.3 Efecto de la densidad de población en el cultivo de chile "Anaheim" con acolchado de suelos.
- 7.4 Estudio del comportamiento de Chile Anaheim (*Capsicum annuum L.*) al acolchado de suelos y tres niveles de fertilización.
- 7.5 Acolchado de maíz (*Zea mays L.*) primeras observaciones.
- 7.6 Respuesta de dos cultivares de maíz (*Zea mays L.*) a la densidad de población y acolchado de suelos.
- 7.7 El acolchado de suelos y la práctica del riego en el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea L.*).
- 7.8 El riego en cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea L.*) y la práctica del acolchado de suelos.
- 7.9 El cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo L.*) a la práctica del acolchado de suelos.
- 7.10 Efecto del acolchado de suelos y tres niveles de fertilización en el cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo L.*)
- 7.11 Evaluación de dos cultivares de sandía.
- 7.12 Efecto del acolchado de suelos en el cultivo de sandía.
- 7.13 Respuesta del cultivo de sandía a tres factores de la producción: acolchado de suelos, fertilización nitrogenada y fertilización fosfatada.
- 7.14 Alternativas para el acolchado mecánico en sandía.
- 7.15 Efecto del acolchado con películas de plástico negro y transparentes sobre el rendimiento de frijol ejotero. (*Phaseolos vulgaris L.*).
- 7.16 Efecto de diferentes fechas de siembra en frijol para grano (*Phaseolus vulgaris L.*) bajo acolchado de suelos con películas plásticas.
- 7.17 Uso de plásticos en acolchado de suelos para el cultivo de tomate *Lycopersicum esculentum M.*).
- 7.18 Efecto del trasplante en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) con acolchado de suelos
- 7.19 Comportamiento del cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) bajo condiciones de acolchado de suelos con películas plásticas.
- 7.20 El acolchado de suelos y metodología de riego en el cultivo de chícharo (*Pisum sativumL.*).
- 7.21 Módulos de validación semicomercial con acolchado de suelo: Tomate de vara, Tomate de piso, Sandía de secano, Sandía, Calabacita, Pepino de vara, Algodonero.

**PRODUCCIÓN EN INVERNADERO (CLAVE A04)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

Lograr que el estudiante adquiera los conocimientos necesarios para proyectar un invernadero y conocer el manejo de cultivos bajo invernadero, de manera que pueda diseñar desde la nutrición de cultivos, métodos de riego, hasta las diferentes prácticas agrícolas que estos requieran en sistemas de suelo e hidroponía.

**CONTENIDO****I.- INTRODUCCIÓN.****II.- PRODUCCIÓN DE INVERNADEROS.****III.- VENTAJAS.****IV.- FACTORES A TOMAR EN CUENTA EN LA INSTALACIÓN DE UN INVERNADERO.**

- 4.1 Vientos.
- 4.2 Orientación.
- 4.3 Resistencia.
- 4.4 Ligereza de la estructura.
- 4.5 Dimensiones y forma.
- 4.6 Estanqueidad.
- 4.7 Riego.
- 4.8 Suelos y abonado.
- 4.9 Higrometría y ventilación.

**V.- MATERIALES DE SOPORTE.**

- 5.1 Madera.
- 5.2 Fierro.
- 5.3 Concreto.
- 5.4 Plástico.
- 5.5 Aluminio.

**VI.- MATERIAL DE RECUBRIMIENTO.**

- 6.1 Poliéster.
- 6.2 Fibra de vidrio.
- 6.3 Policloruro de vinilo (PVC).
- 6.4 Polimetacrilato de metilo.
- 6.5 Policarbonatos.
- 6.6 Copolímero EVA.
- 6.7 Polietileno.
- 6.8 Polietileno normal.
- 6.9 Polietileno larga duración.
- 6.10 Polietileno térmico.

**VII.- TIPOS DE INVERNADERO.**

- 7.1 Invernadero de cubierta plástica flexibles.
- 7.2 Túnel-invernadero.
- 7.3 Invernaderos de capilla.
- 7.4 Invernaderos con diente de sierra.
- 7.5 Invernaderos con techumbre curva.
- 7.6 Invernadero burbuja.
- 7.7 Invernadero con cubierta de polietileno (sistema canario, Almería y parral).
- 7.8 Invernadero con cubierta plástica rígida.
- 7.9 Invernadero capilla con cubierta rígidas.
- 7.10 Invernadero de cristal.
- 7.11 Invernadero tipo alberga.
- 7.12 Invernadero en forma de torre.

**VIII.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE DOS INVERNADEROS PLÁSTICOS.**

- 8.1 Ligereza.
- 8.2 Movilidad.
- 8.3 Flexibilidad.
- 8.4 Transparencia a las radiaciones solares.
- 8.5 Humedad del aire.
- 8.6 Ventilación.
- 8.7 Calefacción.
- 8.8 Estanqueidad.
- 8.9 Resistencia a los agentes ambientales.
- 8.10 Economía.

**IX.- FACTORES AMBIENTALES.**

- 9.1 Temperatura.
- 9.1 Radiación solar e iluminación.
- 9.2 Humedad ambiental.
- 9.3 CO<sub>2</sub>.

**X.- ASPECTOS IMPORTANTES EN EL MANEJO DE LOS CULTIVOS.**

- 10.1 Labores culturales.
- 10.2 Desinfección de los suelos.
- 10.3 Requerimientos hídricos.
- 10.4 Fertilización.
- 10.5 Poda.
- 10.6 Despuente.
- 10.7 Eliminación de hojas.
- 10.8 Entutorado.
- 10.9 Polinización manual.
- 10.10 Aplicación de reguladores del crecimiento.

**SISTEMAS DE RIEGO (CLAVE A05)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

Que el estudiante adquiera los conocimientos necesarios para el manejo de los recursos hidráulicos utilizado en la producción agrícola bajo condiciones de técnicas de plasticultura, además de adquirir los conocimientos prácticos del diseño hidráulico de los sistemas de riego localizado que le permita hacer un uso eficiente del agua de riego.

**CONTENIDO****I.- INTRODUCCIÓN.****II.- EFICIENCIA DE RIEGO.**

- 2.1 Eficiencia de almacenaje o de depósito.
- 2.1 Eficiencia de conducción.
- 2.2 Eficiencia de aplicación.
- 2.3 Eficiencia de proyecto.
- 2.4 Eficiencia de distribución.
- 2.5 Criterios de aplicación del agua de riego.
- 2.6 Criterio de selección de los sistemas del riego.
- 2.7 Factores que favorecen la selección de un sistema de riego.
- 2.8 Sistemas de riego.
- 2.9 Riego por aspersión.
- 2.10 Sistema de aspersión por cañón viajero.
- 2.11 Sistemas de pivote central.
- 2.12 Sistema de side roll.
- 2.13 Sistema de goteo.

**III.- DESCRIPCIÓN Y EFICIENCIA EN LA MICROIRRIGACIÓN.**

- 3.1 Descripción.
- 3.1 Componentes de un sistema de micro irrigación.
- 3.2 Trazado del sistema de micro irrigación.
- 3.3 Cultivos usualmente irrigados mediante sistemas de irrigación.
- 3.4 Desventajas de los sistemas de microirrigación.

**IV.- DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE MICROIRRIGACIÓN.**

- 4.1 Consideraciones básicas.
- 4.2 Requerimientos de agua para el riego.
- 4.3 Cálculos básicos en el diseño de un sistema de microirrigación.

**V.- EMBALSES.**

- 5.1 Fases en la construcción de un embalse.
- 5.2 Características del material empleado en la impermeabilización.
- 5.3 Sistema de uniones de las láminas de polietileno.
- 5.4 Precauciones que han de adoptarse.

5.5 Construcción de embalses impermeabilizados con membranas de caucho.

1. De lámina de caucho.
2. De lámina de PVC.

5.6 Recubrimiento de canales.

5.7 Tubería de plástico en la transportación de agua en la agricultura de riego.

5.8 Campos de aplicaciones de las tuberías

**SEMIFORZADO DE CULTIVOS MEDIANTE EL USO DE PLÁSTICOS (CLAVE A06)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

Que el alumno conozca las diferentes técnicas de semiforzado de cultivos, sus efectos y beneficios, que pueda seleccionar la técnica adecuada dependiendo del cultivo y la región y sepa seleccionar la cubierta plástica mas adecuada para esas condiciones.

**CONTENIDO****1.- PRINCIPALES USOS DE LOS INVERNADEROS Y TÚNELES CUBIERTOS CON PLÁSTICO.**

- 1.1 Semillero para la producción de hortalizas.
- 1.2 Producción forzada y semiforzada de hortalizas.

**2.- EFECTO DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS APLICADOS EN INVERNADEROS Y TÚNELES.**

- 2.1 Efecto sobre la temperatura.
- 2.2 Efecto sobre la humedad.
- 2.3 Efecto sobre la estructura del suelo.
- 2.4 Efecto sobre la fertilidad del suelo.
- 2.5 Protección contra factores adversos.

**3.- BENEFICIOS OBTENIDOS AL USAR INVERNADEROS Y TÚNELES CUBIERTOS CON PLÁSTICO.****4.- Uso de PLÁSTICOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MACROTÚNELES.**

- 4.1 Dimensiones que deben tener estas estructuras.
- 4.2 Materiales que se requieren para construir un macrotúnel.
- 4.3 Instalación del macrotúnel.

**5.- Uso de PLÁSTICOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES BAJOS.**

- 5.1 Resultados en el uso de macrotúneles.
- 5.2 Cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.), bajo acolchado de suelos en macrotúnel.
- 5.3 Cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) bajo acolchado de suelos en túnel-invernadero.
- 5.4 Resultados sobre el uso de invernaderos.
- 5.5 Cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) bajo acolchado de suelos en invernadero.
- 5.6 Cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) cv. ACE 55 VF bajo acolchado de suelos en invernadero.
- 5.7 Cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) bajo acolchado de suelos en invernadero.
- 5.8 Cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) bajo acolchado de suelos en invernadero.
- 5.9 Efecto del acolchado en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb) Mansf) bajo condiciones de invernadero.
- 5.10 Observaciones generales sobre el uso de macrotúneles e invernaderos.

- 5.11 Resultados sobre el uso de microtúneles.
- 5.12 Acolchado de tres variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.), en microtúnel, bajo tres densidades de población.
- 5.13 Cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) en microtúnel, con acolchado y tres densidades de población.
- 5.14 Acolchado de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.), bajo microtúneles triangulares y semicirculares.
- 5.15 Cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) bajo acolchado en microtúneles.
- 5.16 Cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) bajo acolchado de suelos en microtúneles.
- 5.17 Efecto del acolchado en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf) bajo condiciones de microtúnel.
- 5.18 Uso de plásticos en microtúnel para producción de sandía a nivel comercial.
- 5.19 Observaciones generales sobre el uso de Microtúneles.

**FERTIRRIGACIÓN (CLAVE A07)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)

**OBJETIVO**

Lograr que el estudiante comprenda los conceptos básicos de la nutrición vegetal, para que pueda realizar diseños de fórmulas de fertilización y elaborar programas de fertirriego para cualquier cultivo, bajo diferentes condiciones y técnicas de plasticultura.

**CONTENIDO****I.- INTRODUCCIÓN.**

- 1.1 Desarrollo de la Fertirrigación en México.
- 1.2 La fertirrigación automatizada.
- 1.3 Programa de fertirrigación.
- 1.4 El Agua en México.

**II.- AGUAS SUPERFICIALES.**

- 2.1 Importancia del agua subterránea. Aguas residuales.
- 2.2 Calidad del agua de riego
- 2.3 Efectos generales de la salinidad.
- 2.4 Clasificación del agua de riego.

**III.- EL SUELO Y SU ANÁLISIS.**

- 3.1 Interpretación de los análisis.

**IV.- NUTRICIÓN DE CULTIVOS.**

- 4.1 Hambre oculta.

**V.- LOS ELEMENTOS ESENCIALES.**

- 5.1 Nutrientes primarios.
- 5.2 Nitrógeno.
- 5.3 Fósforo.
- 5.4 Potasio.

**VI.- NUTRIENTES SECUNDARIOS.**

- 6.1 Calcio.
- 6.2 Magnesio.
- 6.3 Azufre.

**VII.- MICRONUTRIENTES.**

- 7.1 Boro.
- 7.2 Cobre.
- 7.3 Fierro.

- 7.4 Manganeso.
- 7.5 Molibdeno.
- 7.6 Zinc.
- 7.7 Cloro.

**VIII.- ANÁLISIS FOLIAR Y DE SAVIA.**

- 8.1 Químico de planta.
- 8.2 Diagnóstico visual.
- 8.3 Análisis foliar de hortalizas.

**IX.- FERTIRRIGACIÓN.**

- 9.1 Ventajas.
- 9.2 Limitaciones y precauciones.
- 9.3 Equipo.
- 9.4 Criterios para su selección.
- 9.5 Manejo de la fertirrigación.
- 9.6 Calibración del sistema.
- 9.7 Preparación del fertilizante.
- 9.8 Manejo de la solución.
- 9.9 La fertilización.
- 9.10 Inyección de ácidos en riego.
- 9.11 Fertilizantes.
- 9.12 Comportamiento de los nutrientes.
- 9.13 Cálculo de la fertirrigación.
- 9.14 Fertilizantes comerciales.
- 9.15 Efecto en el agua de riego.

**Contenido de las materias optativas**  
(Aplica para las cuatro opciones)

	<b>CLAVE</b>
Elastómeros y termofijos	OP01
Validación y aseguramiento de calidad en las mediciones	OP04
Durabilidad de polímeros	OP06
Prácticas de campo en técnicas de agroplasticultura	OP08
Análisis de falla en polímeros	OP09
Temas selectos	OP10

## **ELASTÓMEROS Y TERMOFIJOS (CLAVE OP01)**

**(36 HORAS DE TEORÍA Y PRÁCTICA)**

### **OBJETIVO**

El alumno conocerá sobre los diferentes elastómeros y plásticos termofijos comerciales. Conocerá sobre las características principales que hacen de un material; un termoplástico, un termofijo o un elastómero. Conocerá sobre las formulaciones típicas de un elastómero y de un termofijo y sobre los procesos de transformación utilizados para dichos materiales.

### **CONTENIDO**

#### **PARTE I. ELASTÓMEROS**

##### **1.- INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LOS POLÍMEROS.**

- 1.1. Que son los polímeros.
- 1.2. Fuerzas de Van der Waals.
- 1.3. Fuerzas de atracción.
- 1.4. Clasificación de los polímeros.
  - 1.4.1. Polímeros naturales.
  - 1.4.2. Polímeros sintéticos.
    - Polímeros sintéticos de mayor importancia comercial.
    - Pesos moleculares.
  - 1.4.3 Homopolímeros y copolímeros.

##### **2.- FORMULACIÓN DE HULES.**

- 2.1 Generalidades de los hules.
- 2.2 Aditivos.
- 2.3 Cargas blancas y negras.
- 2.4 Uso de las cargas en hules.
- 2.5 Interacciones polímero-carga.
- 2.6 Negro de humo.
- 2.7 Oxido de zinc.
- 2.8 Otros aditivos.
- 2.9 Ácido esteárico.
- 2.10 Antioxidantes.
- 2.11 Lubricantes.
- 2.12 Clasificación de los diferentes tipos de hules.
  - 2.12.1 Hule natural.
  - 2.12.2 Hule acrilonitrilo
  - 2.12.3 Hule estireno butadieno.
  - 2.12.4 Hule neopreno.
  - 2.12.5 Hule poliacrilato
  - 2.12.6 Hule fluorocarbonado.
  - 2.12.7 Hule etilen propilen diamino.

**3.- PROCESADO DE ELASTÓMEROS.**

## 3.1 Procesado.

- 3.1.1 Moldeo por compresión.
- 3.1.2 Moldeo por inyección.
- 3.1.3 Moldeo por extrusión.
- 3.1.4 Moldeo por transferencia.

**4.- VULCANIZACIÓN DE ELASTÓMEROS.**

## 4.1 Vulcanización.

- 4.1.1 Medición del grado de vulcanización.
- 4.1.2 Reometría de disco oscilatorio.
- 4.1.3 Módulo y grado de vulcanización.
- 4.1.4 Hinchamiento y grado de vulcanización.
- 4.1.5 Aditivos para vulcanización.
- 4.1.6 Donadores de azufre.
- 4.1.7 Sulfuros de tiuramio.
- 4.1.8 Peróxidos.
- 4.1.9 Óxidos metálicos
- 4.1.10 Aceleradores.
- 4.1.11 Ditiocarbamato.
- 4.1.12 Xantatos.
- 4.1.13 Tiuramios.
- 4.1.14 Tiazoles ( mercaptos y sulfenamidas ).
- 4.1.15 Aceleradores básicos.

**5.- PRUEBAS FÍSICAS PARA ELASTÓMEROS.**

## 5.1 Pruebas físicas.

- 5.1.1 Módulo.
- 5.1.2 Dureza.
- 5.1.3 Resistencia a la tensión.
- 5.1.4 % de elongación.
- 5.1.5 Deformación permanente.
- 5.1.6 Resiliencia.
- 5.1.7 Hinchamiento por solventes.
- 5.1.8 Permeabilidad a gases.
- 5.1.9 Relación vulcanización – propiedades.

**6.- MAQUINARIA PARA PROCESADO.**

## 6.1 Maquinaria para procesado.

- 6.1.1 Introducción.
- 6.1.2 El molino y sus componentes.
  - 6.1.2.1 Calentamiento.
  - 6.1.2.2 Enfriamiento.
  - 6.1.2.3 Diferentes tipos de mezcladores.
- 6.1.3 Sistemas generales de mezclado.
- 6.1.4 Parámetros de mezclado.
- 6.1.5 Comportamiento de los aditivos o ingredientes.
- 6.1.6 Métodos de mezclado de acuerdo al tipo de hule.

- 6.1.7 Principales problemas de mezclado.
- 6.1.8 Evaluación de la fluidez por el método Garbey.
- 6.1.9 Prensas.
- 6.1.10 Diferentes tipos de prensas.
- 6.1.11 Equipos auxiliares.

### **7.1 PRÁCTICAS.**

- 7.1.1 Introducción.
- 7.1.2 Partes del Molino.
- 7.1.3 Pesado de los Aditivos y Hules.
- 7.1.4 Mezclado y Bandeado.
- 7.1.5 Obtención de la Pasta.
- 7.1.6 Evaluación de la Fluidez.
  - 7.1.6.1 Velocidad de Extrusión.
  - 7.1.6.2 Calificación del Extruído.

### **7.2 REOMETRÍA OSCILATORIA MONSANTO.**

- 7.2.1 Tiempo Óptimo de Vulcanización.
- 7.2.3 Tiempo de Inducción (quemado).
- 7.2.4 Temperaturas de Vulcanización.

### **7.3 ELABORACIÓN DE PLACAS MEDIANTE MOLDEO POR COMPRESIÓN.**

- 7.3.1 Enfriamiento.
- 7.3.2 Preparación de Probetas.

### **7.4 EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS.**

- 7.4.1 Determinación del Módulo.
- 7.4.2 Dureza.
- 7.4.3 Resistencia a la Tensión.
- 7.4.4 % de Elongación.
- 7.4.5 Compresión Set.
- 7.4.6. Hinchamiento por Solventes.
- 7.4.7 Densidad.
- 7.4.8 Resistencia al Rasgado.
- 7.4.9 Análisis y Discusión de Resultados.

## **PARTE II. TERMOFIJOS**

### **1.- INTRODUCCIÓN.**

### **2.- CLASIFICACIÓN DE TERMOFIJOS.**

### **3.- CONCEPTOS BÁSICOS.**

- 3.1 Obtención.
- 3.2 Formulación Típica.
- 3.3 Procesamiento.
- 3.4 Relación Estructura / propiedades.
- 3.5 Aplicaciones.
- 3.6 Acciones Correctivas.

**4.- PRÁCTICAS.**

1. Identificación entre un Termofijo y un Termoplástico.
2. Determinación de las condiciones de curado de un Poliuretano.
3. Determinación de propiedades termomecánicas de un Fenol-Isocianato.

**VALIDACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN LAS MEDICIONES  
(CLAVE OP04)  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**

**OBJETIVO**

Que el alumno aprenda a establecer la metodología necesaria para que los resultados emitidos de una medición sean confiables y tengan validez estadística

**CONTENIDO**

**I.- INTRODUCCIÓN.**

- 1.1 Definición de la calidad.
- 1.2 Aseguramiento y control de calidad.
- 1.3 Normas relativas a la calidad.
- 1.4 Buenas prácticas de laboratorio.
- 1.5 Certificación y acreditación.

**II.- GENERACIÓN DE RESULTADOS CONFIABLES Y REPRODUCIBLES.**

- 2.1 Recursos humanos.
- 2.2 Instalaciones.
- 2.3 Equipos.
- 2.4 Materiales.
- 2.5 Medio ambiente.

**III.- METODOLOGÍA PARA LA VALIDACIÓN DE MÉTODOS.**

- 3.1 Linealidad.
- 3.2 Precisión.
- 3.3 Exactitud.
- 3.4 Selectividad.
- 3.5 Robustez.

**IV.- CONTROLES DE CALIDAD APLICADOS A LA MEDICIÓN ANALÍTICA.**

- 4.1 Materiales de referencia.
- 4.2 Duplicados.
- 4.3 Blancos.
- 4.4 Estándar control.

**V.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS (EJERCICIOS).**

- 5.1 Comparación de métodos.
- 5.2 Carta control.
- 5.3 Correlación.
- 5.4 Regresión lineal.
- 5.5 Otras técnicas estadísticas.

**DURABILIDAD DE POLÍMEROS (CLAVE OP06)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

Que el estudiante aprenda los principios y mecanismos que rigen el comportamiento de los materiales poliméricos cuando están sujetos a condiciones o agentes externos, como temperatura, luz, oxígeno, radiaciones ionizantes, etc., que lo llevan a perder parcial o totalmente sus propiedades originales; así como la manera de evitarlo mediante el uso de estabilizadores.

**CONTENIDO****I.- INTRODUCCIÓN**

- 1.1.- Perspectiva Histórica
- 1.2.- Estructura Polimérica y Naturaleza de la Degradación

**II.- DEGRADACIÓN TÉRMICA**

- 2.1.- Reacciones de Depolimerización
- 2.2.- Reacciones de Substituyentes
- 2.3.- Degradación de Mezclas
- 2.4.- Degradación de Copolímeros
- 2.5.- Polímeros de Alta Temperatura

**III.- DEGRADACIÓN FOTOQUÍMICA**

- 3.1.- Principios de Fotoquímica
- 3.2.- Fotodegradación de Homocadenas
- 3.3.- Fotodegradación de Heterocadenas
- 3.4.- Foto-oxidación
- 3.5.- Polímeros Fotodegradables y biodegradables

**IV.- DEGRADACIÓN CON RADIACIONES IONIZANTES**

- 4.1.- Interacción de las Radiaciones con la Materia
- 4.2.- Reacciones Inducidas por la Radiación en los Polímeros
- 4.3.- Entrecruzamiento y Rompimiento de Cadenas

**V.- ESTABILIZACIÓN TÉRMICA**

- 5.1.- Antioxidantes
- 5.2.- Estabilizadores para PVC
- 5.3.- Sinergismo y Antagonismo

**VI.- ESTABILIZACIÓN FOTOQUÍMICA**

- 6.1.- Uso de Antioxidantes
- 6.2.- Absorbedores UV
- 6.3.- Agentes de Extinción
- 6.4.- Atrapadores de Radicales

**VII.- INTEMPERISMO**

- 7.1.- Envejecimiento Ambiental
- 7.2.- Envejecimiento Acelerado
- 7.3.- Predicción de Vida Útil

**VIII.- DEGRADABILIDAD DE NANOCOMPUESTOS POLIMÉRICOS**

**PRÁCTICAS DE CAMPO EN TÉCNICAS DE AGROPLASTICULTURA  
(CLAVE OP08)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)

**OBJETIVO**

Que el alumno obtenga los conocimientos prácticos necesarios para la implementación de las diferentes técnicas de plasticultura, de manera que sea capaz de apoyar a la modernización del agro mexicano y resolver problemas que se le presente en el quehacer diario. Así mismo que a través del conocimiento adquirido pueda difundir y transmitir estas tecnologías.

**CONTENIDO**

**1.- ACOLCHADO DE SUELOS**

- 1.1 Acolchado en planoAcolchado en lomos,
- 1.2 Acolchado en camas,
- 1.3 Acolchado en hilera.
- 1.4 Acolchado en cuadros
- 1.5 Acolchado en círculos;
- 1.6 Acolchado en sistema de microtúnel
- 1.7 Acolchado en las regaderas

**2.- SEMIFORZADO DE CULTIVOS**

- 2.1 Microtúnel triangular con soporte de alambre.
- 2.2 Microtúnel con estacas,
- 2.3 Microtúnel con arcos de alambrón;
- 2.4 Microtúnel en cama melonera,
- 2.5 Microtúnel en bordo californiano;
- 2.6 Microtúnel pentahédrico con soporte de tubo y alambre.
- 2.7 Instalación de macrotúnel
- 2.8 Colocación de cubiertas flotantes

**3.- SISTEMAS DE RIEGO**

- 3.1 Comparación de métodos para estimar el contenido de humedad del suelo
- 3.2 Evaluación del coeficiente de variación y curva característica del emisor
- 3.3 Comparación de métodos para estimar evapotranspiración
- 3.4 Evaluación de la uniformidad de riego
- 3.5 Estimación del porcentaje de drenado en sustratos
- 3.6 Instalación de un equipo de filtrado
- 3.7 De un equipo de inyección de fertilizante
- 3.8 Principales conexiones de la cinta de riego
- 3.9 Formas de colocar la cinta de riego y accesorios

**4.- FERTIRRIGACIÓN**

- 4.1 Determinación del pH del agua y solución nutritiva
- 4.2 Determinación de la conductividad eléctrica (CE) del agua y solución nutritiva

- 4.3 Análisis de aniones y cationes en la solución nutritiva
- 4.4 Uso y manejo de sondas de extracción de la solución del suelo
- 4.5 Preparación de una solución fertilizante
- 4.6 Ubicación de los filtros e inyectores de fertilizante en el cabezal de riego
- 4.7 Funcionamiento de algunos inyectores de fertilizante
- 4.8 Programación, calibración y manejo de equipo de fertiriego
- 4.9 Análisis de savia y foliares

**5.- FISIOLOGIA VEGETAL**

- 5.1 Medición de fotosíntesis
- 5.2 Determinación de la transpiración,
- 5.3 Determinación de radiación fotosintéticamente activa y total,
- 5.4 Medición de la temperatura de la hoja
- 5.5 Medición de la temperatura de aire,
- 5.6 Determinación de la conductancia estomática
- 5.7 Medición de área foliar y masa seca y construcción de índices de crecimiento
- 5.8 Determinación de clorofila

**6.- INVERNADEROS**

- 6.1 Transplante
- 6.2 Entutorado
- 6.3 Poda
- 6.4 Despuente
- 6.5 Colocación de película plástica
- 6.6 Programación de equipos para determinación de temperaturas del suelo
- 6.7 Producción de plántula
- 6.8 Producción de forraje hidropónico

## **ANÁLISIS DE FALLA EN POLÍMEROS (CLAVE OP09)**

**(36 HORAS DE TEORÍA Y PRÁCTICA)**

### **OBJETIVO**

Que el estudiante comprenda los aspectos fundamentales de los diferentes mecanismos en el análisis de falla en polímeros, así como las técnicas de análisis necesarias para la resolución de problemas.

### **CONTENIDO**

#### **I.- METODOLOGÍA PARA SOLUCIÓN DE FALLAS EN POLÍMEROS**

- 1.1 Introducción
- 1.2 Diagrama de flujo para la solución de problemas en polímeros
- 1.3 Diferentes tipos de problemas
- 1.4 Ciclo de vida productiva

#### **II.- MUESTREO Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS**

- 2.1 Introducción
- 2.2 Muestreo
- 2.3 Conservación de muestras
- 2.4 Preparación de muestras
- 2.5 Diferentes tipos de muestras
- 2.6 Casos de estudio

#### **III.- MICROSCOPIA DE POLÍMEROS**

- 3.1 Técnicas de microscopía óptica
- 3.2 Microscopía Electrónica
- 3.3 Técnicas especiales de microscopía
- 3.4 Ejemplos prácticos de uso de microscopía en análisis de polímeros.
- 3.5 Estudio de esfuerzos residuales

#### **IV.- ANÁLISIS DE CONTAMINANTES E INCLUSIONES EN POLÍMEROS**

- 4.1 Introducción
- 4.2 Contaminantes típicos
- 4.3 Técnicas para análisis de contaminación
- 4.4 Partículas gel y otras inclusiones

#### **V.- MECANISMOS DE FALLAS MECÁNICAS EN POLÍMEROS.**

- 5.1 Introducción
- 5.2 Fallas por tensión
- 5.3 Fallas por corte
- 5.4 Fallas por compresión
- 5.5 Termofluencia
- 5.6 Fallas por fatiga
- 5.7 Fractura por impacto
- 5.8 Envejecimiento Físico

- 5.9 Fallas debido a efectos de temperatura
- 5.10 Fallas debido a procesos inadecuados
- 5.11 Ejemplos generales de fallas mecánicas
- 5.12 Análisis de falla por fractografía

**VI.- ATAQUE QUÍMICO DE POLÍMEROS**

- 6.1 Introducción
- 6.2 Factores que determinan la resistencia química
- 6.3 Tipos de ataque químicos
- 6.4 Métodos de análisis para determinar degradación química.

**VII.- FALLAS EN COMPUESTOS REFORZADOS CON FIBRAS**

- 7.1 Introducción
- 7.2 Adhesión de fibras en compuestos
- 7.3 Comportamiento de fallas en compuesto
- 7.4 Ataque químico en compuestos
- 7.5 Fractografía en compuestos

**VIII.- POROS, AMPOLLAS Y DEFECTOS SUPERFICIALES**

- 8.1 Poros
- 8.2 Ampollas
- 8.3 Defectos superficiales

**IX.- AGRIETAMIENTO INDUCIDO POR ESFUERZOS (ENVIRONMENTAL STRESS CRACKING, ESC)**

- 9.1 Introducción
- 9.2 Mecanismo del ESC
- 9.3 Aplicaciones especiales con presencia del ESC
- 9.4 Métodos de prueba

**TEMAS SELECTOS (CLAVE OP10)**  
(36 HORAS TEORÍA Y PRÁCTICA)**OBJETIVO**

Que el alumno obtenga los conocimientos teórico-prácticos en algún tema de interés actual de la industria de los polímeros y que aprendan a solucionar problemas relacionados con los materiales y técnicas aquí estudiados.

Esta materia será impartida por un profesor del programa o algún otro especialista invitado. El tema y contenido de la materia, cuando sea impartida, deberá contar con la aprobación del Comité de Posgrado del CIQA.