

# LOS POLÍMEROS PLÁSTICOS

Los Conceptos Básicos  
que debes conocer  
durante y al salir de la  
Universidad



Sara L Reynoso

# LOS POLÍMEROS PLÁSTICOS

Los Conceptos Básicos que debes conocer DURANTE Y al salir de la Universidad

Sara L Reynoso



© Sara Luisa Reynoso, 2018.  
Cd de México, DF CP 14390  
México  
1ª Edición, 2018  
Certificado Registro Público del Derecho de Autor:  
03-2018-061811555500-01  
Kindle ISBN: 9781790826001

Cualquier duplicación parcial o total no autorizada o la diseminación del contenido por cualquier medio, incluyendo, pero no limitando fotocopias, equipos electrónicos, versiones digitales e internet será considerada una falta a los derechos de autor.

**NOTA IMPORTANTE PARA LOS LECTORES:** La autoría y publicación de este libro es de forma independiente, y no se reivindica ni sugiere ningún patrocinio o respaldo de este libro por parte de, ni afiliación con, marcas registradas u otros productos mencionados o representados en el mismo.

El material aquí contenido se basa en pruebas e información que se estiman confiables, sin embargo, la autora no asume responsabilidad en el uso de la misma.



# CONTENIDO

## INTRODUCCIÓN

### 1. EL CONOCIMIENTO DE LOS POLÍMEROS

- 1.1. ¿Porqué es importante un claro conocimiento de los Polímeros?
- 1.2. ¿Qué es un Polímero?
- 1.3. ¿Qué son los Plásticos?

### 2. ESTRUCTURA MOLECULAR

- 2.1. El Carbono
- 2.2. El Monómero
- 2.3. Características intramoleculares
- 2.4. El Isómero
- 2.5. Tipos de Isomerismo
- 2.6. Isomerismo Estructural
- 2.7. Estereoisomerismo
- 2.8. Ramificación de Cadenas
- 2.9. Tipos de Ramificaciones
- 2.10. Tacticidad
- 2.11. Ubicación de la Unidad Repetida
- 2.12. copolímeros
- 2.13. copolímeros en Bloque
- 2.14. Formas de Cadena
- 2.15. Series Homólogas
- 2.16. Familias de Polímeros
- 2.17. Estructura y Propiedades Térmicas
- 2.18. Promedios y Distribuciones de Peso Molecular
- 2.19. Polímeros Inorgánicos
- 2.20. Polímeros Termofijos
- 2.21. Proceso de Reticulación
- 2.22. Gelificación

### 3. MANUFACTURA Y USO DE LOS MONÓMEROS

- 3.1. Fuentes Primarias de Polímeros Sintéticos
- 3.2. Procesamiento de Petroquímicos
- 3.3. Fraccionamiento Térmico
- 3.4. Intermediarios y Monómeros Petroquímicos
  - 3.4.1. Etileno
  - 3.4.2. Propileno
  - 3.4.3. Butadieno
  - 3.4.4. Benceno

3.4.5. Xileno

3.4.6. Aromáticos Complejos

## 4. **POLIMERIZACIÓN**

4.1. El Proceso de Polimerización

4.2. Mecanismos de Polimerización

4.3. Crecimiento de Cadena

4.3.1. Iniciación de la Cadena

4.3.2. Propagación

4.3.3. Transferencia y Terminación

4.3.4. Controlando la Polimerización

4.4. Crecimiento por Pasos

4.5. Estequiometría

4.6. Clasificación por Estequiometría

4.6.1. Polimerización por Condensación

4.6.2. Polimerización por Adición

4.7. Clasificación por el Medio de Reacción

4.7.1. Polimerización en Masa

4.7.2. Polimerización por Emulsión

4.7.3. Polimerización en Suspensión

4.8. Clasificación por Naturaleza de Especie Propagadora

4.8.1. Polimerización Aniónica

4.9. Otros Tipos de Clasificación

4.10. Copolimerización

## 5. **PROPIEDADES TERMOMECÁNICAS DE LOS POLÍMEROS**

5.1. Viscoelasticidad

5.2. Comportamiento Viscoelástico

5.3. Gráfica Estrés vs. Tensión

5.4. Relación Tiempo y Temperatura

5.5. Propiedades Mecánicas Dinámicas

5.6. Orientación Molecular

5.7. Cristalización

5.8. Estructura Cristalina

5.9. Grado de Cristalinidad

5.10. Estado Amorfo

5.11. Transición Vítre

5.11.1 Los 5 Comportamientos Viscoelásticos en Curvas de Transición Vítre

## 6. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS POLÍMEROS

### 6.1. La Importancia de las Propiedades Físicas

### 6.2. Propiedades Mecánicas

- 6.2.1. Propiedades de Flexión
- 6.2.2. Resistencia a la Flexión
- 6.2.3. Módulo de Flexión
- 6.2.4. Tensión y Elongación
- 6.2.5. Elongación
- 6.2.6. Resistencia a la Tensión
- 6.2.7. Resistencia al Impacto
- 6.2.8. Medición Impacto con Péndulo
- 6.2.9. Caída Libre de Dardo

### 6.3. Dureza

- 6.3.1. Dureza Shore (Durómetro)
- 6.3.2. Dureza por Indentación con Bola
- 6.3.3. Dureza Rockwell

### 6.4. Propiedades Térmicas

- 6.4.1. Punto de Fusión
- 6.4.2. Punto de Transición Vítreo
- 6.4.3. Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)
- 6.4.4. Termogravimetría (TGA)
- 6.4.5. Punto de Reblandecimiento Vicat
- 6.4.6. Temperatura de Deflexión Bajo Carga (HDT, DTUL)

### 6.5. Propiedades Eléctricas

- 6.5.1. Fuerza Dieléctrica
- 6.5.2. Resistividad Volumétrica y Resistividad Superficial
- 6.5.3. Constante Dieléctrica
- 6.5.4. Factor de Disipación
- 6.5.5. Resistencia al Arco

### 6.6. Propiedades Ópticas

- 6.6.1. Brillo
- 6.6.2. Neblina
- 6.6.3. Transmitancia
- 6.6.4. Color
- 6.6.5. Índice de Amarillamiento

## 6.7. Propiedades Físicas

6.7.1. Gravedad Específica / Densidad

6.7.2. Dinámica y Reología

6.7.3. Índice de Fluidez

6.7.4. Número de Viscosidad

6.7.5. Absorción de Humedad

# 7. **FAMILIAS DE POLÍMEROS**

## 7.1. Polímeros de Etileno

7.1.1. Polietileno de Alta Densidad (HDPE o PEAD)

7.1.2. Polietileno de Baja Densidad (LDPE o PEBD)

7.1.3. Polietileno de Muy Baja Densidad (VLDPE)

7.1.4. Polietileno Lineal de Baja Densidad (LLDPE)

7.1.5. Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (UHMWPE)

## 7.2. Polímeros del Propileno

7.2.1. Polipropileno

## 7.3. Poliamidas

7.3.1. Poliamida 6,6

7.3.2. Poliamida 6

7.3.3. Poliamida 6,12

7.3.4. Poliamidas Aromáticas (Aramidas)

## 7.4. Poliésteres

7.4.1. Tipos de Poliéster

7.4.2. Polietileno-Tereftalato (PET)

7.4.3. Polibutileno-Tereftalato (PBT)

7.4.4. Poliésteres Degradables

## 7.5. Policarbonatos

## 7.6. Polímeros del Cloruro de Vinilo

7.6.1. Cloruro de Polivinilo (PVC)

7.6.2. Cloruro de Polivinilo Clorado (CPVC)

7.6.3. Cloruro de Polivinilideno (PVDC)

## 7.7. Resinas del Estireno

7.7.1. Poliestireno (PS)

7.7.2. Poliestireno Expandible (EPS)

7.7.2. Estireno Acrilonitrilo (SAN)

7.7.3. Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)

## 7.8. Polimetilmetacrilato (PMMA)

## 7.9. Elastómeros

7.9.1. Hule de Estireno – Butadieno (SBR)

7.9.2. Copolímeros del Etileno-Propileno

7.10. Materiales Bioplásticos

## **8. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN**

8.1. Procesos de Moldeo

8.1.1. Moldeo por Inyección

8.1.2. Co-Inyección y Bi-Inyección

8.1.3. Sobre-moldeo

8.1.4. Moldeo por Compresión

8.1.5. Moldeo Rotacional (Rotomoldeo)

8.2. Procesos de Extrusión

8.2.1. Extrusión de Lámina, Perfil y Película

8.2.2. Co-Extrusión

8.2.3. Extrusión de Compuestos

8.2.4. Extrusión de Película Soplada

8.2.5. Calandrado

8.2.6. Extrusión de Filamento e Hilado

8.3. Procesos de Soplado

8.3.1. Extrusión Soplado (Mono y Multi-Capa)

8.3.2. Inyección Soplado

8.3.3. Inyección Estirado Soplado

8.3.4. Soplado, Llenado y Sellado

8.4. Termoformado

8.5. Moldeo por Inmersión (*Dipping*)

## **9. CARGAS Y ADITIVOS**

9.1. Cargas

9.2. Aditivos

## **10. RECICLADO**

10.1. Clasificación y Separación

10.2. Métodos de Separación

10.3. Procesamiento

10.4. Reciclado de PET

10.5. Comentario Final

## **REFERENCIAS Y GRÁFICOS**

## **ÍNDICES DE FIGURAS, GRÁFICAS Y TABLAS**

## **ACERCA DE LA AUTORA**



# **INTRODUCCIÓN**

Para bien o para mal, los plásticos sintéticos llegaron a nuestra vida desde el siglo XIX cuando Michael Faraday, en 1826, sintetizó un gas con la composición elemental del etileno pero con el doble de su densidad y pocos años después, en 1833, Jöns Jacob Berzelius describió como polímeros a los compuestos orgánicos que comparten fórmulas empíricas idénticas, pero que tienen un peso molecular mayor.

Con el pasar de los años se desarrollaron más plásticos y hules sintéticos, y con ellos, los procesos para transformarlos en piezas útiles, hasta llegar a la gran variedad de polímeros plásticos y procesos de transformación industriales con los que contamos en la actualidad.

Si bien es cierto, que el ser humano se ha encargado de contaminar el planeta con los plásticos - porque no, los plásticos por sí solos no tienen la capacidad de contaminar -, también es el ser humano, y principalmente los que nos dedicamos a la industria del plástico en la actualidad, los que podemos con nuestro conocimiento, lograr disminuir y en algunos casos hasta eliminar, el desperdicio por plástico.

Ya sea aumentando el uso de materiales reciclados, disminuyendo la posibilidad de desperdicio o desarrollando nuevos polímeros que puedan ser desintegrados de forma biológica, el conocimiento de los polímeros plásticos es esencial.

Es por esto que, este libro está dirigido a todo aquel interesado en aprender y desarrollar su propio conocimiento sobre el amplio universo de los plásticos y con ello contribuir para un mundo mejor.

**Sara L Reynoso**

# ACERCA DE LA AUTORA



**Sara L Reynoso** es Ingeniero Químico egresada de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Comenzó su carrera profesional en 1991 en la compañía DuPont en donde ha tenido la oportunidad de trabajar en varios campos de la industria del plástico por más de 27 años, entre éstas ha trabajado en la industria de los polímeros de ingeniería con poliamidas, acetales y poliésteres termoplásticos cristalinos. En la industria de los polímeros fluorados trabajó con el PTFE (Teflon®) como polímero y sus copolímeros y finalmente en la industria de los copolímeros de etileno en donde actualmente continúa trabajando. Todo con un fuerte enfoque en los procesos de moldeo por inyección, soplado y extrusión.

Autora y colaboradora científica del concepto de Todo en Polímeros® ([www.todoenpolimeros.com](http://www.todoenpolimeros.com)), para ofrecer información y capacitación sobre la industria de los plásticos.

Sara L Reynoso ha colaborado con la Enciclopedia del Plástico Siglo XXI en la revisión de varios capítulos sobre copolímeros de etileno y es autora de 3 patentes internacionales en modificación con plástico.

© Sara Luisa Reynoso, 2018

Esta obra se terminó de realizar el 18 de Noviembre, 2018

