

## Tema 5. Entre el orden y el desorden

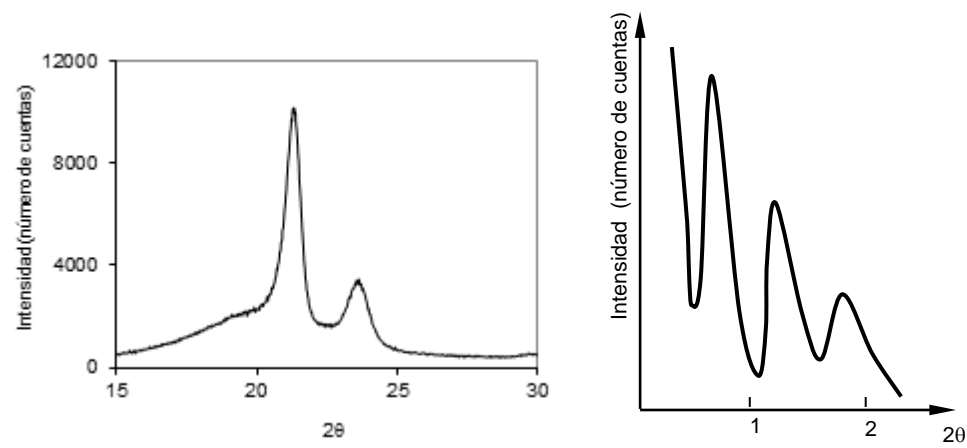
- 1) Indique cuál de los dos polímeros de cada apartado tiene un mayor índice de cristalinidad
  - a) Homopolímero de polipropileno isotáctico, homopolímero de polipropileno atáctico
  - b) Polietileno lineal (HDPE), polietileno ramificado (LDPE)
  - c) Polietileno ramificado (LDPE), copolímero de etileno y acetato de vinilo
  - d) Polietileno tereftalato (PET) enfriado desde el estado fundido rápidamente y PET enfriado desde el estado fundido lentamente
  
- 2) En algunos polímeros ocurre que, debido a la interacción atractiva que unas partes de la cadena ejercen sobre otras, la macromolécula se pliega sobre sí misma en zig-zag, produciéndose, dentro de la misma masa del polímero sólido, regiones cristalinas mezcladas con zonas amorfas. Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas y comente cada una de ellas:
  - a) La densidad de polímero semicristalino es mayor que la del mismo polímero en estado completamente amorfo.
  - b) Los polímeros semicristalinos son más transparentes que si fueran amorfos.
  - c) Las esferulitas no se encuentran en los sólidos amorfos.
  - d) La disminución del módulo de Young que tiene lugar en la transición vítrea en un polímero semicristalino es mucho menor que dicha disminución en el mismo material completamente amorfo.
  
- 3) Responda a las siguientes cuestiones referentes a las diferencias entre materiales amorfos, cristalinos y semicristalinos. Explique su respuesta.
  - a) ¿Tienen los materiales cristalinos temperatura de transición vítrea?
  - b) ¿Tienen los materiales amorfos temperatura de fusión?
  - c) ¿Tienen los materiales semicristalinos temperatura de transición vítrea? ¿y de fusión?
  - d) ¿Qué diferencias existen en los movimientos moleculares entre un material amorfo y uno cristalino?
  - e) ¿Qué técnicas puede emplear para averiguar si un determinado material es amorfo?. Cite las técnicas, el tipo de experimento que realizaría y como de dicho experimento deduce que el material está en estado amorfo.
  - f) ¿Qué métodos existen para transformar un material en estado 100% cristalino en un material en estado amorfo? ¿Es posible realizar esta transformación para todos los materiales?
  - g) ¿Qué métodos existen para transformar un material amorfo en un material en estado semicristalino?. ¿Es posible realizar esta transformación para todos los materiales?
  - h) ¿Qué tipo de estructura (amorfa, cristalina o semicristalina) presentan los metales, las cerámicas y los polímeros? Cite las tendencias generales y si conoce algunas excepciones.
  - i) ¿Qué diferencias espera en las propiedades ópticas entre un material 100% cristalino y uno amorfo de la misma composición química?

j) ¿Qué diferencias espera en las propiedades mecánicas (módulo de Young y deformación a rotura) entre un material 100% cristalino y uno amorfo de la misma composición química?

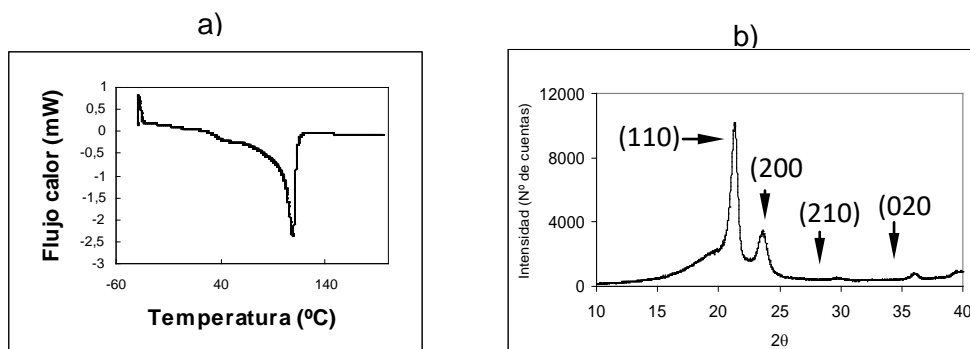
4) Se determina experimentalmente la densidad de una muestra de polietileno encontrándose un valor de  $0.912 \text{ g/cm}^3$ . Determine el grado de cristalinidad de este material suponiendo que la densidad de una muestra de polietileno 100% cristalina es de  $1 \text{ g/cm}^3$  y la de una muestra de polietileno completamente amorfa es de  $0.89 \text{ g/cm}^3$ .

5) Se han realizado experimentos de difracción de rayos X a ángulos altos (WAXD), difracción de rayos X a ángulos bajos (SAXS) sobre un material polimérico (polietileno). Los resultados de dichos experimentos se observan en las figuras que siguen. A la vista de dichos resultados responda a las siguientes preguntas:

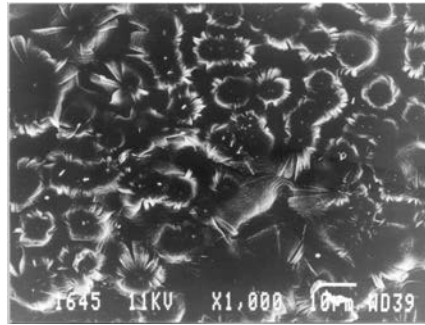
- ¿Cómo interpreta el que los picos de la experiencia WAXD sean anchos y poco intensos?
- ¿Qué información puede extraerse de este difractograma?
- ¿Qué significan los picos del difractograma SAXS?
- ¿Qué información suministran ambos difractogramas en relación con la estructura del polietileno?



6) Considere las tres figuras adjuntas, que se corresponden con el resultado de la aplicación de técnicas experimentales habituales en la caracterización de un material polimérico.

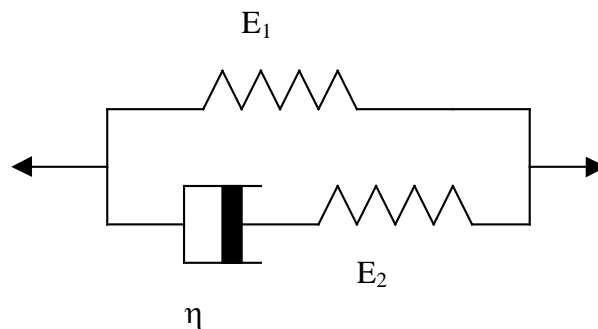


c)



- a) Indique a que técnica experimental corresponde cada figura.
- b) A la vista de cada una de las curvas comente la información que se puede obtener de las mismas acerca de la estructura y propiedades de los materiales estudiados. Así, por ejemplo analice:
  - i. La posibilidad de que el polímero sea amorfo o semicristalino.
  - ii. ¿Cómo determinaría su índice de cristalinidad?
  - iii. ¿Podría determinar la temperatura de transición vítrea y la temperatura máxima a la que se puede utilizar el polímero?
  - iv. ¿Qué otras características podría deducir de las figuras?
- c) A la vista del estudio previo, podría aventurar cual es el polímero que da lugar a los resultados anteriores.

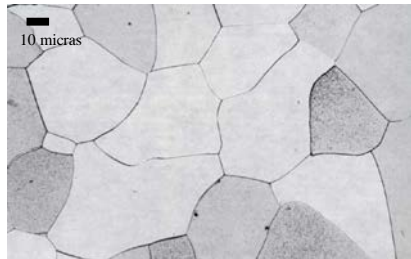
7) Estudiar la viscoelasticidad de un material polimérico a través del modelo de sólido lineal estándar que aparece en la figura y en el que el comportamiento del material se representa a través de dos muelles de módulos de Young  $E_1$  y  $E_2$  de un pistón que contiene un líquido de viscosidad  $\eta$ .



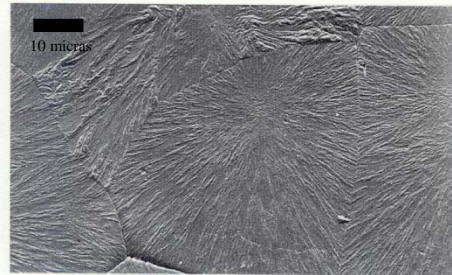
- a) ¿Por qué un sólido viscoelástico se modeliza a través de muelles y pistones?
- b) Aplicar el modelo anterior para un experimento de relajación de tensión en el que se somete al material a una deformación constante  $\epsilon_0$  siendo el esfuerzo en el instante inicial  $\sigma(t=0)=\sigma_0$ .
- c) ¿Describir el modelo anterior el comportamiento real de un sólido viscoelástico?

8) En las figuras adjuntas se muestran dos micrografías de bajo aumento (las dimensiones observadas son del orden de las micras), obtenidas mediante microscopía electrónica de

barrido, en dos materiales diferentes. En la figura a) tenemos una muestra de hierro con una microestructura de ferrita. En la b) la muestra es de polietileno de baja densidad. Una observación inicial de ambas figuras muestra una estructura similar. En ambos casos la imagen está dividida en varias zonas con forma poliédrica separadas por líneas que las delimitan.



a) muestra de hierro, microestructura Ferrita



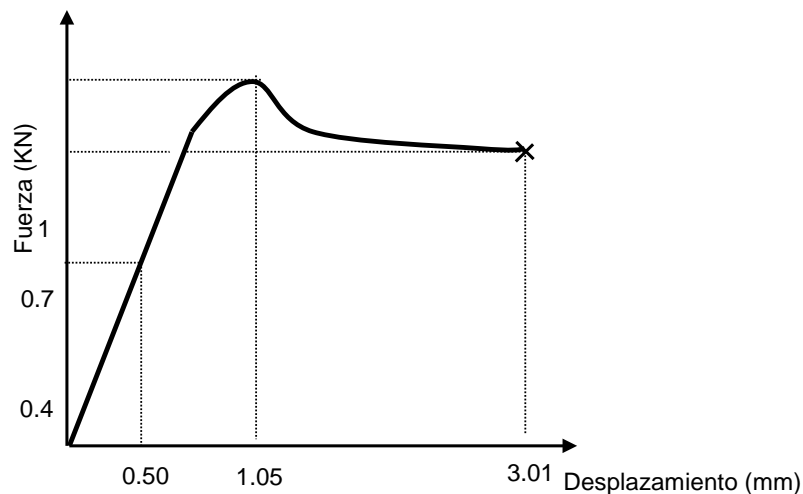
b) muestra de polietileno

Conteste a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se denomina a cada una de las zonas previamente citadas para estos dos tipos de materiales?. ¿Por qué aparecen delimitadas esas zonas?.
- Si bien ambas micrografías son similares. ¿Es la organización atómica de ambos tipos de materiales equivalente?. Haga una descripción de dicha ordenación a diferentes niveles de tamaño (desde los Amstrons hasta las micras).

9) Un experimento de tracción sobre una probeta de longitud 25 mm y sección rectangular de lados 2 y 5 mm ha dado lugar a la curva fuerza desplazamiento de la figura. A partir de dicha curva determine:

- Módulo de Young.
- Esfuerzo y deformación de fluencia.
- Esfuerzo de deformación de rotura.



10) Dibuje esquemáticamente el comportamiento del módulo de Young en función de la temperatura para un mismo material con las estructuras que siguen:

- a) material 100% cristalino
- b) material 100% amorfo
- c) Material con un porcentaje de cristalinidad intermedio.

En esta representación tenga en cuenta las temperaturas de transición vítrea  $T_g$  y de fusión  $T_m$  del material .

11) La figura adjunta es el resultado de una experiencia DSC sobre un cristal líquido. En el experimento de calentamiento aparecen una serie de picos endotérmicos. ¿A qué puede deberse dichos picos?. Tengase en cuenta la evolución de fases que sufren estos materiales.

