



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**OBTENCIÓN DE NANOCOMPUESTOS DE POLIURETANO  
Y MONTMORILLONITAS FUNCIONALIZADAS CON USO  
POTENCIAL PARA APLICACIONES CARDIOVASCULARES**

**TESIS**

**PRESENTADA POR**

**JOSUÉ ISAI MOO ESPINOSA**

**EN OPCIÓN AL TÍTULO**

**QUÍMICO INDUSTRIAL**

**ASESOR**

**DR. JUAN VALERIO CAUCH RODRÍGUEZ**

**MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO.**

**2007**

**BIBLIOTECA CICY**

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	viii
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO I. ASPECTOS TEÓRICOS</b>	
1.1 Generalidades	3
1.2 Poliuretanos	5
1.2.1 Síntesis y propiedades de poliuretanos	5
1.2.2 Biomateriales de poliuretano	7
1.2.3 Poliuretanos comerciales de uso médico	8
1.3 Silicatos	9
1.3.1 Nanoestructuras en la naturaleza	9
1.3.2 Clasificación de los silicatos de acuerdo al contenido de unidades de cristal laminado	10
1.3.3 Composición química de silicatos minerales	11
1.3.4 Montmorillonita	12
1.3.5 Organoarcillas	14
1.4 Nanocompuestos	15
1.4.1 Materiales compuestos	15
1.4.2 Nanocompuestos	15
1.4.2.1 Nanocompuestos polímero/arcilla	16
<b>OBJETIVOS</b>	19
<b>CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
2.1 Materiales	20
2.2 Síntesis de poliuretanos segmentados en solución	20
2.3 Obtención de nanocompuestos de poliuretano y montmorillonita (SPU/MMT)	21

2.3.1 Obtención de nanocompuestos SPU/MMT mediante mezcla directa	21
2.3.2 Obtención de nanocompuestos SPU/MMT mediante polimerización <i>in situ</i>	22
2.4 Caracterización de poliuretanos y nanocompuestos	23
2.4.1 Determinación de la composición de los nanocompuestos SPU/MMT	23
2.4.2 Análisis térmico	24
2.4.2.1 Análisis termogravimétrico (TGA)	25
2.4.2.2 Calorimetría diferencial de barrido (DSC) para poliuretanos	25
2.4.2.3 Análisis mecánico dinámico (DMA)	26
2.4.3 Determinación de propiedades mecánicas de tensión	27
2.4.4 Determinación de la morfología mediante microscopía electrónica de barrido (MEB)	28
2.4.5 Determinación de la estructura cristalina de la montmorillonita mediante difracción de rayos X (DRX)	28
2.5 Resumen del procedimiento experimental desarrollado	31
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	
3.1 Determinación de la composición de nanocompuestos SPU/Cloisite®	32
3.1.1 Espectros de infrarrojo del poliuretano segmentado	32
3.1.2 Espectros de infrarrojo de las nanoarcillas	33
3.1.3 Espectros de infrarrojo de los nanocompuestos SPU/Cloisite®	34
3.2 Análisis térmico	36
3.2.1 Análisis termogravimétrico	36

3.2.1.1 Temperaturas de descomposición de los poliuretanos segmentados	36
3.2.1.2 Temperaturas de descomposición de los Cloisites®	37
3.2.1.3 Temperaturas de descomposición de los nanocompuestos SPU/Cloisite®	38
3.2.2 Calorimetría diferencial de barrido	42
3.2.3 Análisis dinámico mecánico de los nanocompuestos SPU/Cloisite®	44
3.2.3.1 Temperatura de transición vítrea (Tg) de los nanocompuestos SPU/Cloisite®	44
3.3 Propiedades mecánicas	48
3.3.1 Determinación de propiedades mecánicas de tensión de nanocompuestos SPU/Cloisite®	48
3.4 Módulo de almacenamiento para los nanocompuestos SPU/Cloisite®	54
3.5 Morfología de nanocompuestos SPU/Cloisite®	57
3.6 Determinación de la estructura cristalina de nanocompuestos SPU/Cloisite® mediante DRX	60
<b>CONCLUSIONES</b>	68
<b>RECOMENDACIONES</b>	70
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	71
<b>APÉNDICE A</b>	74
<b>APÉNDICE B</b>	76

## RESUMEN

Los poliuretanos segmentados (SPU) son una clase especial de materiales. Debido a su buena biocompatibilidad y a sus excelentes propiedades mecánicas, se han utilizado en la fabricación de válvulas cardíacas y en materiales que están en contacto con sangre. En el presente trabajo se estudió el efecto que produce la adición de montmorillonitas funcionalizadas comerciales (Cloisite®) en las propiedades de los poliuretanos segmentados. Para tal efecto se prepararon nanocompuestos SPU/Cloisite® mediante los métodos de mezclado directo y polimerización *in situ*, también se midieron las propiedades mecánicas (módulo, esfuerzo y deformación), las propiedades térmicas (temperatura de descomposición, temperatura de transición vítrea) y se determinó la morfología y estructura de estos nanocompuestos mediante microscopía electrónica de barrido y difracción de rayos X.

El análisis infrarrojo de los nanocompuestos mostró únicamente la presencia de bandas correspondientes a los SPU debido a la baja concentración de Cloisite® empleada y no se detectaron interacciones entre los grupos carbonilos del SPU y Cloisite® 30B, que contiene grupos hidroxilos en su composición. Sin embargo, el análisis termogravimétrico mostró un aumento en la temperatura de descomposición al agregar el Cloisite® a concentraciones del 10% (obtenido por mezclado directo) y a concentraciones del 4% en nanocompuestos obtenidos *in situ*. La temperatura de transición vítrea del segmento blando del SPU se localizó a -50 °C y no varió con la concentración de la nanoarcilla.

La resistencia ténsil y el módulo aumentaron al disminuir la cantidad de Cloisite®, presentando un esfuerzo mayor el nanocompuesto con 4% de Cloisite® Na entre los nanocompuestos obtenidos por mezclado directo y el nanocompuesto con 2% de Cloisite® 30B obtenido *in situ*. En el análisis mecánico dinámico se observó que el módulo de almacenamiento aumentaba con concentraciones del 10% de Cloisite®.

La difracción de rayos X, demostró que los nanocompuestos obtenidos por polimerización *in situ* llegaron a la exfoliación, mientras que los nanocompuestos obtenidos por mezcla directa solamente fueron intercalados. Todos estos resultados muestran que el método de obtención de nanocompuestos *in situ* fue mejor al de mezclado directo.