



Nombre del  
proyecto

## Desarrollo de un polímero tipo uretano base agua con propiedades auto reparables.

Integrantes

Cisneros González Oswald Emiliano<sup>1</sup>  
De Loera Chávez Gerardo Hernán<sup>1</sup>  
Fuentes Eric Salvador<sup>1</sup>  
García Arenas María Liliana<sup>1</sup>  
Lona Rocha Mario Alberto<sup>1</sup>  
Ramírez Pérez Guadalupe<sup>1</sup>

Asesores

Contreras López David<sup>1</sup>  
Fuentes Ramírez Rosalba<sup>1</sup>

*1 [Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencia Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Noria Alta s/n /, Noria Alta CP. 36050, México]*

Introducción

Gran parte de los materiales y que nos rodean y usamos día con día son los polímeros. Muchos de estos son de un solo uso y los deseamos tras haber cumplido su función. Las características propias de los polímeros hacen que sean materiales interesantes para ciertas aplicaciones, recordando que, en ocasiones, estos se encuentran sujetos a fenómenos externos, como lo son la lluvia, el viento, la erosión, el calor y el frío, la presión, etc. Dichos elementos provocan esfuerzos químicos, fototérmicos y mecánicos, por lo que la estabilidad del material se ve fuertemente comprometida y puede provocar un fallo estructural.

Una estrategia para mejorar sus propiedades mecánicas es la adición de nanopartículas a la matriz polimérica. Al incorporar nanopartículas de ZnO y NiAl en películas de WPU en un estudio que también aprovecha las propiedades antibacterianas del ZnO, se obtuvo un incremento considerable en el esfuerzo de tensión con una concentración de 1.5% w/w.

Uno de los materiales poliméricos que ha llamado la atención por sus amplias aplicaciones es el poliuretano a base de agua (WPU) [2]. Los poliuretanos sobresalen por su alta flexibilidad, complementada por su durabilidad, lo cual lo hace un excelente material para diversas aplicaciones. Una de estas es en películas delgadas que ofrecen protección al ambiente o sistemas que podrían desgastar a un material que normalmente no presenta tanta durabilidad como el polímero.

La presencia de enlaces de hidrógeno en el grupo uretano hacen posible las características del WPU. Estos enlaces existen entre cadenas poliméricas adyacentes, resultando en secciones duras de grupos



uretanos alienados con fuertes enlaces de hidrógeno conectados por medio de segmentos más suaves. Esto también confiere al polímero

lineal excelentes propiedades mecánicas a una masa molar relativamente baja. La reacción de obtención de los WPU se realiza a través de un polioliol y un isocianato. Por lo tanto, al ajustarse algunos valores como la concentración de los componentes, afectarán tanto las propiedades estructurales, mecánicas y térmicas del polímero final.

La investigación y desarrollo de WPU y  $\beta$ -ciclodextrina ( $\beta$ -CD), en adición de nanopartículas de ZnO ha logrado con éxito combatir las carencias mecánicas en los WPU, otorgándoles propiedades de gran relevancia, tanto en el aspecto mecánico como químico. Una de las aplicaciones más relevantes es la capacidad de crear recubrimientos mejorados por las nanopartículas que generan una barrera protectora entre el material y el entorno. Esto se ha empleado incluso en materiales metálicos, logrando reducir eficazmente la corrosión en entornos altamente corrosivos.

Como se puede deducir, el tamaño de estas nanopartículas, su forma y la concentración en el polímero, son las que determinarán las propiedades generales del recubrimiento resultante. Por lo tanto, el uso de NPs otorgará protección a la corrosión, mejores propiedades de barrera y resistencia a componentes químicos y abrasión. Algunas formas de incorporación de estas son por medio de agentes tensoactivos, de recubrimiento, dopantes, entre otras.

### Descripción general

Los sistemas de PU's base agua representan productos comerciales no tóxicos, no inflamables y no contaminantes para el aire. Investigaciones en auge buscan múltiples rutas de síntesis para estos materiales, en donde los bloques/monómeros determinaran la estructura de dicho PU y sus propiedades. Los polímeros autorreparables pueden ser clasificados como: extrínsecos e intrínsecos. Los enlaces de hidrógeno se han empleado en materiales de auto reparación intrínseca, mediante la ruptura y reconstrucción de los enlaces de hidrógeno donde debe producirse la despolimerización de la estructura de red no covalente en superficies con daño mecánico debido a la interacción de los enlaces de hidrógeno. Y una vez dada la disminución de la densidad de entrecruzamiento, se permite la difusión adecuada de especies en las grietas. Para ello es necesario tener una cantidad considerable de especies acrílicas que propicien la mayor cantidad de dobles enlaces en la matriz y, por ende, permitir que la polimerización de radicales se produzca más rápido, conllevando a una mayor conversión de dobles enlaces. Actualmente, existe un gran interés en el uso de recubrimientos auto reparables o anti-arañazos, siendo utilizado en la industria automotriz (por ejemplo, Nissan, Infiniti, BMW y Lexus).

### Perfil del equipo de trabajo

Ingeniero químico, químico o a fin con el gusto de trabajar a nivel laboratorio experimental. Conocimientos básicos sobre química, especialmente cálculos en concentraciones.

### Objetivos por eje

**Educación**

Formar e incentivar futuros profesionistas en el área de los materiales y en la tecnología de los polímeros.

**Investigación**

Obtener polímeros de uretano base agua incorporándole nanopartículas que promuevan la auto reparación de la matriz en la que están dispersadas.

**Comunicación**

Seguir manteniendo a la UG en la presencia de la ciencia y tecnología de los materiales

**Resultados alcanzados**

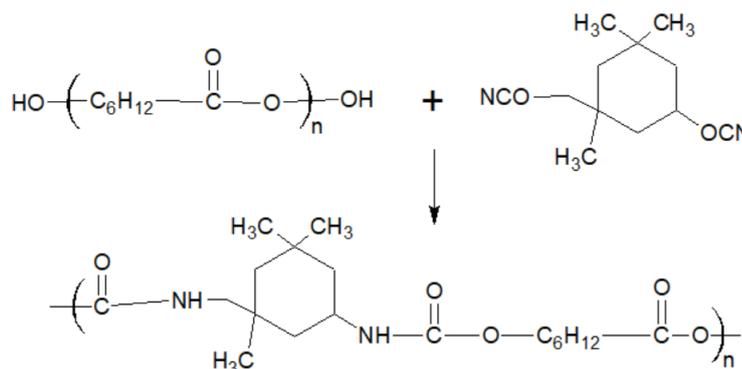
**Educación**

Se logró identificar que un composito es un sistema integrado por dos o más constituyentes de diferente forma y composición, y que además son insolubles entre sí. Están compuestos por matriz y refuerzo, la matriz es la encargada de proteger y transferir las cargas entre las fibras, mientras que los refuerzos son los que proporcional la dureza y rigidez al producto final. En nuestro caso la matriz es el WPU un polímero uretano a base agua, recordando que un polímero es una macromolécula formada por la unión de unidades fundamentales llamadas monómeros, estos también son conocidos como materiales poliméricos.

**Investigación**

Se llevó a cabo la síntesis de WPU basado en  $\beta$ - CD y de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO). Con esto se formaron compositos en los que el WPU es la matriz y las nanopartículas de óxido de zinc es el refuerzo, con los cuales se llevaron a cabo diferentes pruebas para determinar las propiedades del polímero puro así como de los compositos realizados a diferentes composiciones. Esto con el objetivo de encontrar el composito que tuviera las mejores características para poder soportar los cambios en la intemperie. Los resultados obtenidos fueron los que se muestran a continuación.

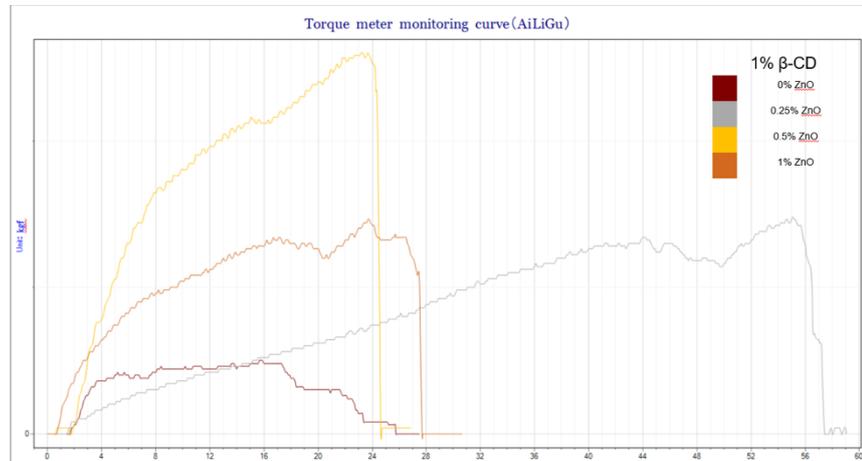
**Reacción**



*Imagen 1. Síntesis llevada acabo en el laboratorio.*

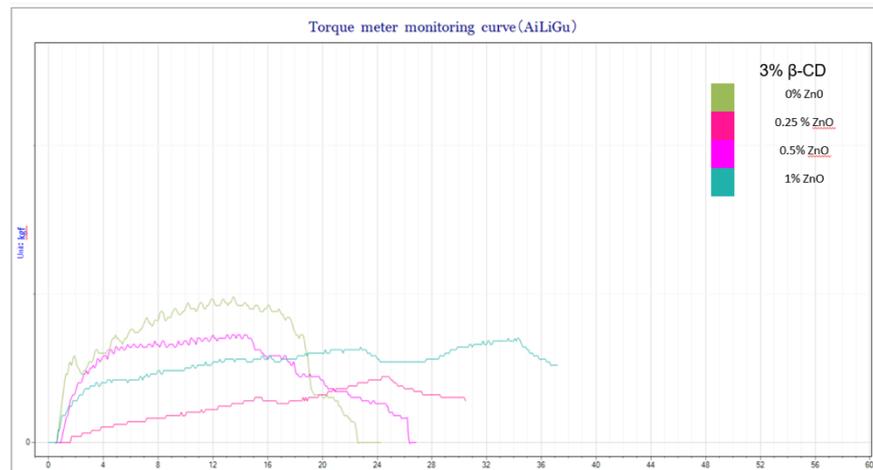
Posteriormente se añadió  $\beta$ - CD como alargador de cadena de nuestro polímero.

**Pruebas mecánicas**



**Imagen 2.** Resultado de las pruebas realizadas WPU 1%  $\beta$ -CD con el dinamómetro fuerza aplicada vs tiempo (kgf vs seg).

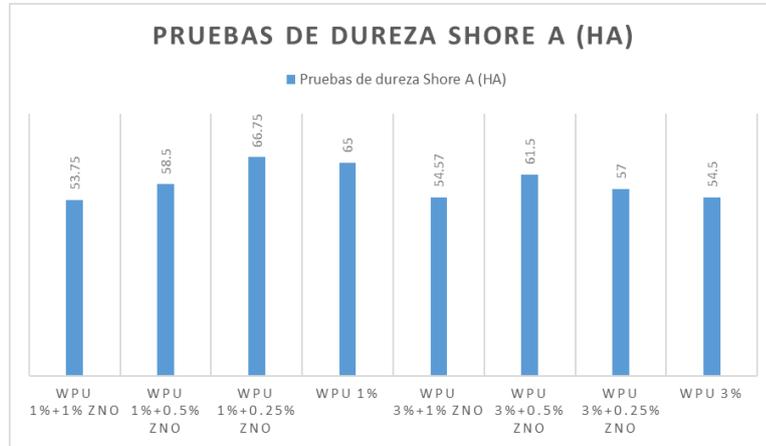
### Pruebas de tracción



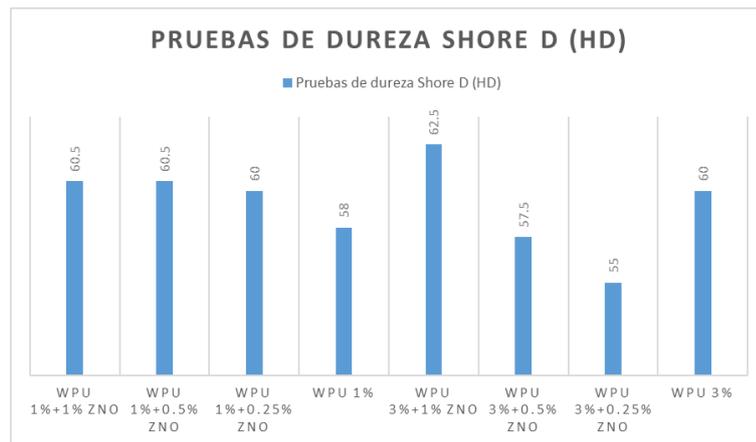
**Imagen 3.** Resultado de las pruebas realizadas WPU 3%  $\beta$ -CD con el dinamómetro fuerza aplicada vs tiempo (kgf vs seg).

**Imagen 4.** Resultado de las pruebas realizadas con el durómetro Shore A

Prueba de dureza

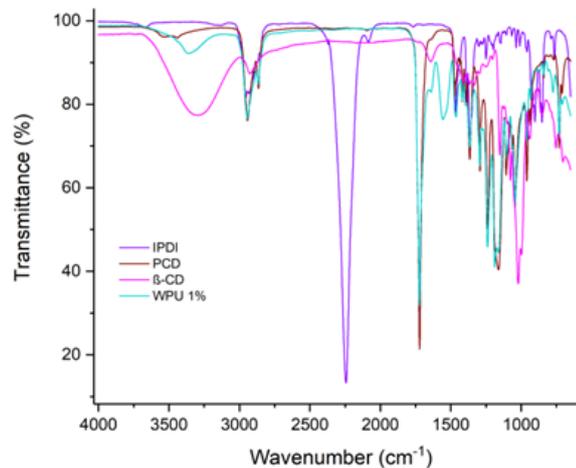


**Imagen 5.** Resultado de las pruebas realizadas con el durómetro Shore D

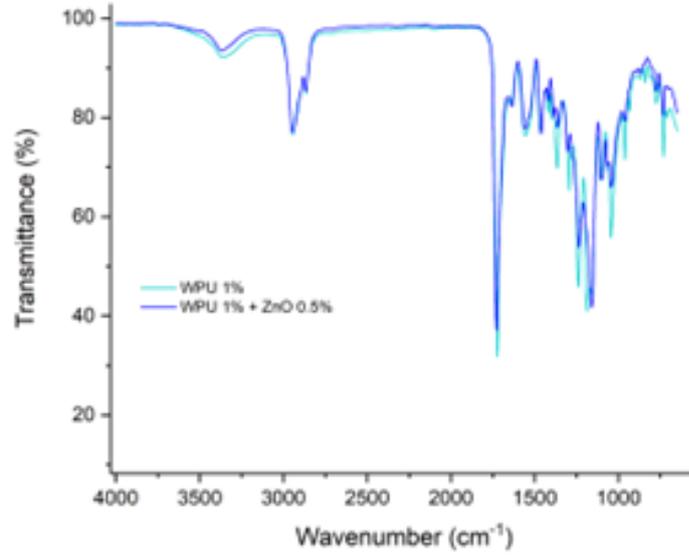


**Imagen 6.** FT-IR de los precursores del WPU con el WPU 1%  $\beta$ -CD.

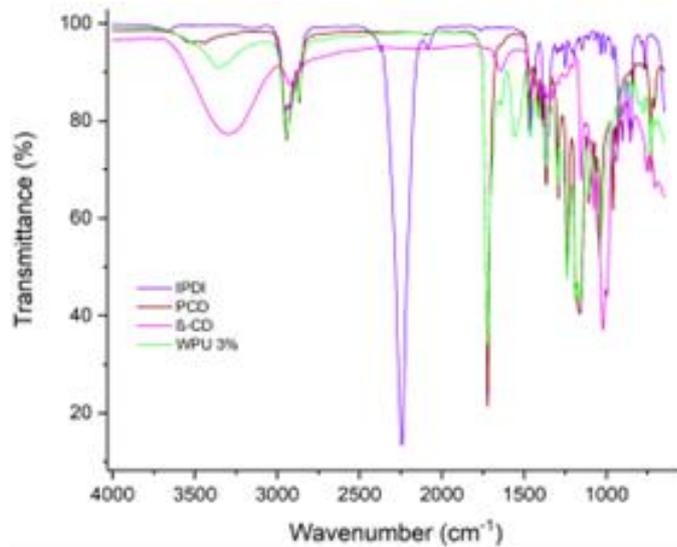
Caracterización FT-IR



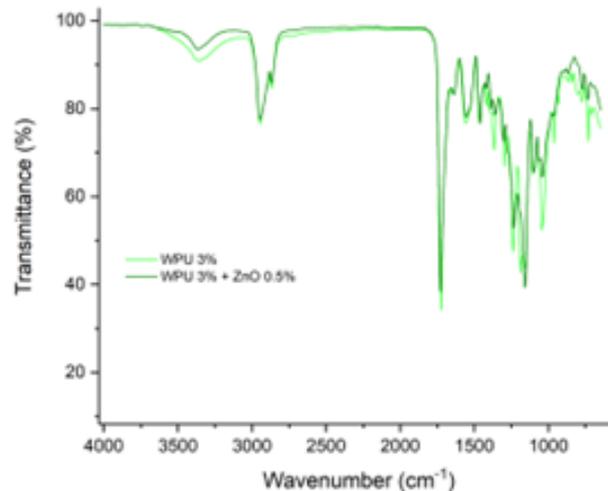
*Imagen 7. FT-IR del WPU 1%  $\beta$ -CD contra el a $\acute$ adido de nanopart $\acute$ culas 0.5% ZnO.*



*Imagen 8. FTIR de los precursores del WPU con el WPU 3%  $\beta$ -CD.*



*Imagen 9. FTIR del WPU 3%  $\beta$ -CD contra el añadido de nanopartículas 0.5% ZnO.*



## Comunicación

La síntesis de WPU y la creación de nanocompositos con nanopartículas de óxido de zinc, nos lleva a la búsqueda de nuevos materiales que incrementen su vida útil, que sean de fácil aplicabilidad, amigables al medio ambiente y con excelentes propiedades químicas y físicas. Por ello, es conveniente mantener la búsqueda orientada hacia a la mejora continua de las propiedades y características de los compositos realizados durante la presente investigación.

## Conclusión

Se desarrolló un nanocomposito en dos porcentajes diferentes de  $\beta$ -ciclodextrina (1% y 3% w/w), con la finalidad de estudiar su comportamiento cambiante al depositar nanopartículas de óxido de zinc y como resultado de la experimentación observar un mejoramiento en la aplicación de recubrimientos poliméricos. A partir de las pruebas mecánicas realizadas se pudo concluir que la adición de nanopartículas a la matriz polimérica le otorga al material mejoras en las propiedades de resistencia y fuerza. Con respecto a la caracterización FT-IR comprobamos los beneficios que trae consigo la adición de un medio hidrofóbico y de complejación para las iones de las nanopartículas, dado que se observa la existencia de grupos funcionales como el hidroxilo (OH) o carbonilos (C=O).