

# Título de la Tesis: "Reología de suspensiones semiconcentradas de fibras en fluidos no-Newtonianos"

Magister en Ingeniería Química

Autor: Ercoli, Daniel Ricardo

Directores: Dr. Miguel Bibbó - Dr. Enrique Vallés

## Resumen

En las últimas décadas se ha incrementado el uso de los plásticos reforzados con fibras cortas debido a que combinan excelentes propiedades mecánicas y de procesamiento con un significativo ahorro en peso. Estas propiedades los han hecho adecuados para su utilización en una gran variedad de aplicaciones industriales, a pesar de lo cual existen aún varios aspectos de su comportamiento durante las etapas de procesamiento que deben ser resueltos.

Durante los procesos de manufactura los materiales cargados con fibras cortas se comportan como una suspensión de fibras en una matriz polimérica fundida. Las interacciones entre las partículas debido a las altas concentraciones utilizadas en los sistemas de interés comercial, junto con el comportamiento viscoelástico propio de los fluidos no Newtonianos, son causas de la compleja reología que presentan.

Para lograr un buen entendimiento de sus características reológicas, se adopta en este trabajo una metodología sistemática de estudio, comenzando con sistemas modelo simples y aumentando luego las dificultades para acercarnos al comportamiento de un sistema cargado real.

Denominamos "simples" a aquellas suspensiones de fibras en fluidos con propiedades reológicas que puedan considerarse independientes de la velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ) en un rango apreciable (hasta  $\dot{\gamma} \approx 1 \text{ s}^{-1}$ ) donde sea posible la experimentación, observando por ejemplo los efectos de una variación en el nivel elástico del fluido sobre el comportamiento de la suspensión. Aumentar el grado de complejidad significa utilizar fluidos con funciones materiales fuertemente dependientes de  $\dot{\gamma}$ , para analizar cómo afecta este cambio a la reología de la suspensión de fibras.

En principio se investigaron las características de varias soluciones de polímeros preparadas especialmente, para seleccionar las más adecuadas en el trabajo posterior con las suspensiones de fibras: soluciones de Polidimetilsiloxano (PDMS) lineales de diferentes pesos moleculares, PDMS ramificados, Poliisobutileno (PIB) en kerosene y Poliacrilamida (PAC) en agua. Se encontró que dos soluciones de PIB (8% y 10% en peso) presentaban una reología "simple" y que una solución de PAC 1.7% en agua podía ser utilizada como un fluido de reología "compleja", con un comportamiento cualitativamente similar al de otros polímeros usados comercialmente como matrices de materiales cargados.

Los fluidos seleccionados se utilizaron luego para preparar suspensiones de fibras (monofilamentos de nylon de longitud  $L = 4 \text{ mm}$  y aspecto geométrico  $L/D = 33.3$ , que pueden considerarse rígidas), monodispersas en longitud y en cantidades tales que se consideran semiconcentradas o concentradas.

Se efectuó un completo estudio reológico (reometría rotacional) de estas suspensiones modelo, variando parámetros tales como la fracción volumétrica de fibras. Se prestó especial atención a su comportamiento durante el inicio del flujo de corte, comenzando los experimentos con una distribución de fibras al azar, lograda con una técnica especial de preparación.

**Título de la Tesis: "Reología de suspensiones semiconcentradas de fibras en fluidos no-Newtonianos"**

**Magister en Ingeniería Química**

**Autor: Ercoli, Daniel Ricardo**

**Directores: Dr. Miguel Bibbó - Dr. Enrique Vallés**

Para la adquisición de los datos transitorios se utilizó un reómetro rotacional con una geometría especial de taza y plato, conectado a una computadora mediante un sistema electrónico que permite "leer" datos de torque, fuerza normal y posición en función del tiempo simultáneamente. El cálculo y análisis de las funciones materiales se hizo con software que permite hallar la viscosidad y la diferencia de coeficientes de tensión normal de estado estacionario o transitorio con diferentes geometrías.

Entre los resultados más importantes, puede mencionarse que en el estado transitorio las funciones materiales de las suspensiones con distintas cargas de fibras, crecen desde el inicio del flujo hasta un valor máximo ubicado a una determinada deformación ( $\gamma$ ) que sufre un pequeño corrimiento al incrementarse  $\dot{\gamma}$ , especialmente en el caso de las suspensiones en un fluido con propiedades reológicas fuertemente dependientes de  $\dot{\gamma}$  (solución de PAC). En general, la viscosidad y la diferencia de coeficientes de tensión normal de las suspensiones dependen de  $\dot{\gamma}$  y de la concentración de fibras, observándose un mayor efecto de las partículas sobre la reología de la suspensión cuando se utilizan fluidos de reología "simple" (soluciones de PIB).

En el estado estacionario, las suspensiones en PIB muestran algunas semejanzas con el comportamiento de las suspensiones de fibras en fluidos Newtonianos, especialmente a las mayores velocidades de corte experimentadas. La viscosidad y la elasticidad se incrementan con el agregado de fibras, aumentando también la pseudoplasticidad de la suspensión. A elevados  $\dot{\gamma}$ , las funciones materiales tienden a alcanzar los valores correspondientes al fluido sin carga, indicando una mayor alineación de las fibras en la dirección del flujo. En el caso de las suspensiones en PAC, el efecto "shear thinning" en las funciones materiales del fluido, tiene efectos importantes sobre las características de la suspensión. El agregado de fibras aumenta la viscosidad y la elasticidad del fluido sin carga pero no modifica apreciablemente su comportamiento reológico.