
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FÍSICAS Y AMBIENTALES



PROCESOS DE MOJADO Y DEMOJADO EN SUPERFICIES SÓLIDAS PLANAS: GOTAS Y FILAMENTOS

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR EN FÍSICA DEL:

LIC. PABLO D. RAVAZZOLI

DIRECTOR: DR. JAVIER A. DIEZ

CO-DIRECTOR: DR. ALEJANDRO G. GONZÁLEZ

IFAS – CIFICEN
TANDIL – BS. AS. – ARGENTINA
DICIEMBRE DE 2018

Resumen

En la presente tesis desarrollamos una descripción detallada de la interacción líquido-sólido en problemas de recubrimiento de superficies sólidas planas por la aplicación de películas líquidas delgadas. Para ello utilizamos como prototipo aceites de silicona (polidimetilsiloxanos-PDMS) sobre sustratos de vidrio tratados convenientemente para lograr mojabilidad parcial. Específicamente, describimos la relación entre el ángulo de contacto y el desplazamiento de la línea de contacto a través de ciclos de histéresis estáticos que, a nuestro entender, no han sido reportados en la literatura con suficiente grado de detalle. Esto nos permite definir la existencia de dos pares de ángulos característicos para definir el rango de histéresis estática.

Asimismo, estudiamos también la relación entre el ángulo de contacto y la velocidad de la línea de contacto, es decir, la interacción sólido-líquido durante la dinámica de mojado o demojado. Para ello interpretamos nuestros resultados experimentales a través de un modelo físico que combina los efectos hidrodinámicos y los cinético-moleculares. De esta manera, obtenemos una relación constitutiva para nuestro sistema sólido-líquido, la cual gobierna el movimiento de la línea de contacto sobre el sustrato. Cabe destacar que esta ley incluye tanto los procesos de mojado como de demojado, a diferencia de lo reportado usualmente en la bibliografía donde cada proceso se considera por separado.

A partir del conocimiento detallado del sistema utilizado se procede a estudiar diferentes configuraciones geométricas de las películas líquidas. En particular, nos enfocamos en gotas con superficie de apoyo no circular, y en filamentos líquidos que se retraen

axialmente y se fragmentan en gotas. En el caso de las gotas, estudiamos todos los aspectos geométricos de su forma mediante métodos experimentales, analíticos y numéricos, encontrándose muy buen acuerdo entre los modelos teóricos y/o numéricos con las mediciones de laboratorio. Respecto a los filamentos, estudiamos la dinámica de retracción axial involucrada que conduce a su fragmentación consecutiva en un arreglo lineal de gotas. Esta dinámica es descrita mediante un modelo simple que tiene en cuenta los efectos de histéresis dinámica. Este modelo es validado mediante la comparación de sus predicciones con los resultados experimentales.

Estructura y resumen de contenidos

A continuación presentamos la estructura básica de esta Tesis a modo de guía para el lector. En primer lugar, se presenta una lista de los principales símbolos utilizados a lo largo del trabajo. Aunque generalmente resulta sencillo comprender, con ayuda del contexto, el significado de cada uno, esta lista permite consultarlos de manera rápida y eficiente a fin de agilizar la lectura.

En el Capítulo 1 introducimos la importancia que tiene el conocimiento de las interacciones líquido–sustrato tanto en procesos naturales como industriales. Luego, presentamos los conceptos fundamentales para la comprensión de los aspectos físicos tratados en el resto de la Tesis, tales como mojabilidad e histéresis del ángulo de contacto. Al final de este capítulo se describen las configuraciones líquidas utilizadas, esto es, filamentos y gotas de base no circular.

En el Capítulo 2 mostramos las capacidades experimentales empleadas para la caracterización del líquido, a través de sus propiedades físicas básicas (densidad, viscosidad y tensión superficial), y del sustrato, a través del conocimiento de su topografía a escala micrométrica. Además, describimos la metodología desarrollada para construir los filamentos líquidos, y especificamos y comparamos las diferentes técnicas utilizadas para la medición del ángulo de contacto.

En el Capítulo 3 estudiamos de manera detallada la interacción entre el líquido y el sustrato. Particularmente, caracterizamos al sistema a través de la histéresis estática del

ángulo de contacto mediante dos métodos diferentes, a saber, por variación de volumen de la gota sobre un plano horizontal y por inclinación del sustrato a volumen constante. Además, presentamos el comportamiento dinámico de nuestro sistema y lo interpretamos a través de un modelo de mojabilidad combinando los efectos hidrodinámicos y cinético-moleculares.

En el Capítulo 4 nos centramos en las gotas estáticas de base no circular. Analizamos tanto gotas provenientes de la ruptura de filamentos líquidos horizontales, como aquéllas que se deforman debido a la inclinación del sustrato que las sostiene. Para ambos casos, además de describir experimentalmente la forma de las gotas, hallamos soluciones analíticas y numéricas que se comparan muy bien con las mediciones de laboratorio.

En el Capítulo 5 describimos el demojado axial que se produce en la retracción del frente de un filamento líquido. Para el caso horizontal, los resultados experimentales se comparan en muy buen acuerdo con nuestro modelo simple, como así también con soluciones numéricas que tienen en cuenta los efectos de histéresis dinámica del ángulo de contacto. Finalmente, presentamos cómo afecta la inclinación del sustrato en la dinámica de retracción.

En el Capítulo 6 finalizamos el trabajo estableciendo las principales conclusiones a las que hemos podido arribar durante el mismo, incorporando además algunas posibles líneas de investigación que darían continuidad a lo ya realizado.