



## Simulación de corrientes convectivas en un fluido activadas ópticamente usando COMSOL Multiphysics.

Edy Flores Flores<sup>1</sup>, Azucena López Casique<sup>1</sup>, Mirna Patricia Juárez Varela<sup>2</sup> y José Eladio Flores Mena<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Puebla y Preparatoria Emiliano Zapata BUAP, <sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Puebla-División Sistemas Automotrices, <sup>3</sup> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. edy\_ff@yahoo.com

En los últimos años las corrientes convectivas en fluidos han mostrado ser un mecanismo eficiente para el atrapamiento de micropartículas dieléctricas. El atrapamiento de micropartículas es un primer paso para realizar micromanipulación de objetos micrométricos, por ejemplo de material genético como células, virus, ADN, etc.. Las características de las corrientes convectivas formadas en el fluido definen la velocidad de atrapamiento de la micropartícula, el tamaño de la micropartícula que se puede atrapar y la cantidad de micropartículas que se pueden atrapar. Para describir las propiedades del fluido (agua) es necesario resolver la ecuación de transferencia de calor y las ecuaciones de Navier-Stokes. La simulación numérica se realizó usando el método de elementos finitos (COMSOL). La configuración usada es una celda constituida por dos placas de vidrio que emparedan la solución coloidal (100  $\mu\text{m}$  de espesor). En la placa inferior (espesor de 1mm) está depositada una película delgada de silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H) de 1  $\mu\text{m}$  de espesor (substrato absorbente). Los resultados numéricos muestran que la temperatura alcanzada puede llegar hasta los 100°C, de esta forma muchos parámetros se vuelven dependientes de la temperatura. Adicionalmente para las condiciones iniciales se asumen temperatura ambiente de 293.15 K, presión atmosférica (Pa) e inicialmente el fluido está sin movimiento. En la ecuación de transferencia de calor, la intensidad óptica es en nuestro caso una distribución de haz Gaussiano dentro del a-Si:H. Tomando un índice de refracción de  $n=3$  para el silicio amorfo en , se encuentra una transmisión total de ~63%, donde se toman en cuenta parámetros como el grosor de la película de agua ( ), la potencia del haz (P), y el radio del haz ( ). Resolviendo la ecuación de la conservación de la energía se obtiene un perfil de temperatura típico, la fuente de calor es producida con un haz gaussiano, ecuación, usando una potencia de 11 mW. Con éste valor de potencia, la temperatura alrededor del punto focal alcanza casi el punto de ebullición (~100°C) y entonces es posible la formación de burbujas de vapor (aproximadamente 5  $\mu\text{m}$  de diámetro). De acuerdo con los resultados obtenidos de la simulación, las partículas dentro del fluido son arrastradas de manera que experimentan en las diversas regiones de la convección diferentes velocidades lo cual se traduce en adquirir energía en la región más caliente y llevarla a la región más fría, se alcanzan velocidades de 160  $\mu\text{m/s}$  cerca del punto del haz y de 20  $\mu\text{m/s}$  cuando se está lejos del spot. Alrededor de los 10  $\mu\text{m}$ , una zona de circulación es creada más o menos a la mitad de la celda. Podemos concluir que de acuerdo a los resultados numéricos, las partículas suspendidas en agua serán arrastradas desde las regiones más lejanas del haz y colectadas alrededor de éste. El flujo convectivo no es Marangoni ni Rayleigh ya que no hay superficie libre ni tampoco el substrato inferior o superior es enfriado o calentado uniformemente.