

## Interferómetro de Ondas Térmicas para Caracterización Térmica de Líquidos

A. Bermejo Arenas y E. Marín

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional,  
Legaria 694. Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

### Resumen

Se describe la implementación de un analizador fototérmico para líquidos basado en el principio TWI (Thermal Wave Interferometry) [1] con detección piroeléctrica, cuya aplicación ha sido demostrada para la caracterización de líquidos y gases. Se describe el diseño mecánico y electrónico del dispositivo.

### Introducción

En la actualidad existen diversas técnicas experimentales para el estudio de las propiedades térmicas de los materiales, aunque existe un número elevado de estudios sobre materiales sólidos, para materiales líquidos existe muy poca literatura al respecto. Las técnicas fototérmicas son técnicas experimentales en las que la energía luminosa se hace incidir de forma periódica sobre el material investigado, siendo parte de ella absorbida y parcialmente transformada en calor. La temperatura del material varía con la misma periodicidad que lo hace la radiación incidente, introduciendo cambios en los parámetros del material. La detección de estos cambios es la base de los diferentes esquemas experimentales.

### Procedimiento Experimental

A partir de un mecanismo utilizado en robótica un microcontrolador manipula un motor a pasos el cual acerca o aleja las dos superficies utilizadas. Una de ellas es una lámina de aluminio que absorbe la luz proveniente de un haz láser modulado con una frecuencia de 13 Hz generando ondas térmicas que son detectadas por la otra, un sensor piroeléctrico. Con un amplificador Lock-In se miden los valores de amplitud y fase y por medio de un análisis matemático se obtiene la difusividad térmica,  $\alpha$ , de la muestra que se coloque entre las superficies. Se pretende variar la frecuencia,  $f$ , del haz luminoso con el espesor de la cavidad,  $L$ , constante y posteriormente variar  $L$  manteniendo  $f$  constante. Si la longitud  $L$ , es variada continuamente durante un experimento, y la temperatura en  $x=L$  es medida para cada valor de  $L$  entonces la onda de temperatura puede expresarse como:

$$T = T_0 \frac{\exp(qL)}{1 - \exp(2qL)}$$

donde  $T_0$  es la temperatura en  $x=0$ ,  $\gamma = R_{Al-g} R_{pe-g}$ ,  $R_{Al-g}$ ,  $R_{pe-g}$  son los coeficientes de reflexión en las intercaras,  $q = (1+i)/\mu$  es el número complejo de la onda y  $\mu = (\alpha/\pi f)$ .

### Resultados y Análisis

La Fig. 1 muestra una foto de la versión preliminar del sistema diseñado, donde se observa el mecanismo de conversión angular a lineal utilizando un motor PAP (2) y un sistema de tornillo sinfin (1). En la pieza (3) va montada la lámina de Al sobre un cilindro de poliamida a través del cual se colocará la fibra óptica después de introducirse por el agujero (6). La

muestra se coloca en el soporte (4) donde estará en contacto con el sensor piroeléctrico (5), que es colocado entre dos contactos metálicos en una configuración donde cada pieza encaja a presión de forma mecánica lo que facilita el montaje experimental y sobre todo el intercambio de muestras.

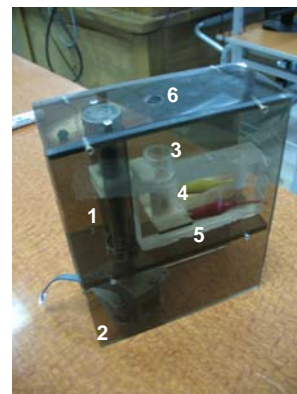


Fig. 1. Sistema de medición.

La resolución del motor es  $n=A/360^\circ$ , donde  $A$  es el ángulo de paso. Al conectarlo con la configuración de micropasos, se obtuvo una resolución de 1.405. Utilizando un microcontrolador PIC de Microchip y circuitos para el control del motor, se mandan pulsos a este para obtener giros completos del PAP y fracciones de ángulos desde 180 hasta 1.5 grados. Para ello se escribió un programa de computación utilizando Visual Basic. El código del microcontrolador PIC se realizó con el ensamblador de Microchip. Se añadió un temporizador en la zona de descarga del primer dato enviado para eliminar el salto inicial que presentaba el motor al energizarlo. La calibración del motor se hizo utilizando un micrómetro.

### Agradecimientos

Agradecemos al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) y a la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) por su apoyo en este trabajo

### Referencias

- [1] Marín E., Sensores basados en las técnicas fototérmicas: Fundamentos y aplicaciones, EIBAS 05, La Habana 2005