

# DESARROLLO DE UN INTERFERÓMETRO LÁSER PARA CALIBRAR ACELERÓMETROS EN BARRA DE HOPKINSON

Gilberto M. Rivera V., Guillermo Silva P.

Centro Nacional de Metrología

Carretera a Los Cues KM 4.5, El Marqués, 76246 Santiago de Querétaro, Qro.  
01 442 211 0500 - mrivera@cenam.mx

**Resumen:** Este artículo se describe el desarrollo de la implementación de un interferómetro laser tipo Michelson en cuadratura para la calibración de acelerómetros en barra de Hopkinson así como los diferentes ajustes y modificaciones hechas al sistema de calibración en general. Abordando temas de normatividad (ISO 16063-13), comparación con sistemas similares (CNM-PNF-16-CENAM), implementación, problemáticas y perspectivas de mejora en general.

## 1. INTRODUCCIÓN

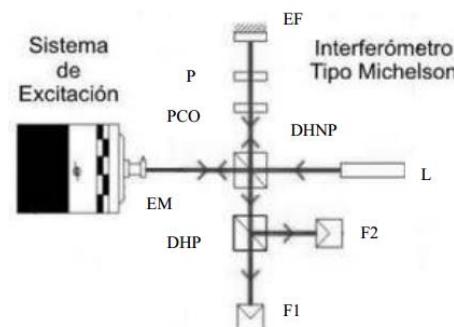
La Dirección de Vibraciones y Acústica del CENAM mantiene el patrón de aceleración transitoria en condiciones de impacto y choque (CNM-PNF-16), donde se realizan calibraciones por interferometría láser de acelerómetros y diversos transductores de vibración. Actualmente se tiene la capacidad de medición y calibración de transductores de vibración en condiciones de impacto empleando interferometría láser hasta aceleraciones de 35 km/s<sup>2</sup>. En septiembre de 2015 Se comenzó a desarrollar un sistema para calibrar acelerómetros empleando una barra de Hopkinson, empleando barras de diferentes materiales (acero inoxidable y titanio). Con este sistema se podrán calibrar transductores de vibración a altas aceleraciones en condiciones de impacto y choque.

Para efectos de poder lograr la medición de la señal producida por este nuevo sistema durante el impacto, además del desarrollo de los componentes mecánicos del sistema de excitación de impactos, se propone implementar un sistema capaz de medir aceleraciones de 3 km/s<sup>2</sup> hasta 50 km/s<sup>2</sup>, o incluso mayores. El acelerómetro bajo calibración se colocará en el extremo opuesto a donde se aplica el impacto de la barra de Hopkinson, cuando la onda de esfuerzo llegue al otro extremo la aceleración generada será medida de forma simultánea por el acelerómetro y por un interferómetro láser, que funcionará como referencia conforme a lo establecido en la norma internacional ISO 16063-13 [1]. El acelerómetro bajo calibración producirá una señal eléctrica proporcional a la aceleración, en lo posterior, la medición de la salida eléctrica del acelerómetro se realizará empleando tarjetas adquisitoras de alta velocidad y alta resolución así como un analizador de intervalos de tiempo.

Fundamentalmente se requiere un sistema para medir altas aceleraciones basado en la técnica de interferometría láser, debido a las condiciones de impacto y choque a las que se someterá la barra de Hopkinson y así ser capaz de medir en el intervalo de aceleración mencionad. Con este proyecto se planea dar un paso en la ampliación de las capacidades de medición y calibración en materia de aceleración por impacto, actualmente disponibles en el CENAM.

## 2. INTERFERÓMETRO DE MICHELSON

Un interferómetro Michelson modificado en cuadratura, se utilizará para la medición del desplazamiento y estimación de la aceleración obtenida en el sistema de excitación de barra de Hopkinson. El arreglo se muestra en la figura 1.



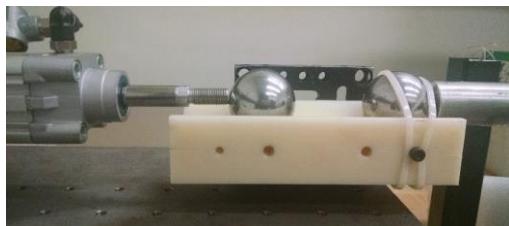
**Fig. 1.** Interferómetro Michelson modificado en cuadratura [2].

Se utiliza un láser (L) He-Ne con una longitud de onda ( $\lambda$ ) de 632,8 nm como fuente de luz, haciéndola incidir en un divisor de haz no polarizado (DHNP) el cuál divide la luz incidente en dos haces, el haz de referencia y el haz de medición. Entre el

divisor y el espejo fijo (EF) se coloca una placa de un cuarto de onda (PCO) para producir una luz con polarización circular y posteriormente un polarizador (P) para ajustar la fase del haz de referencia. El espejo fijo refleja nuevamente el haz de referencia hacia el divisor. El haz de medición incide sobre el espejo móvil (EM) y regresa al divisor de haz. Los haces de referencia y de medición se combinan para generar interferencia, este haz combinado pasa por un divisor de haz polarizado (DHP) que separa el haz en dos componentes con polarización perpendicular que producen interferencia con una diferencia de fase de aproximadamente  $90^\circ$  e inciden en dos foto-detectores (F1 y F2) [2].

### 3. SISTEMA DE EXCITACIÓN

Para este caso el sistema de excitación es el mostrado en la figura 2 que es similar al que nos plantea la norma ISO 16063-13 [1]. El desplazamiento del extremo de la barra de Hopkinson donde está montado el acelerómetro genera un patrón de franjas en los dos fotodiódos producto del desfase que tiene la señal recibida del extremo de la barra y el espejo fijo.



**Fig. 2.** Sistema de excitación de la barra de Hopkinson.

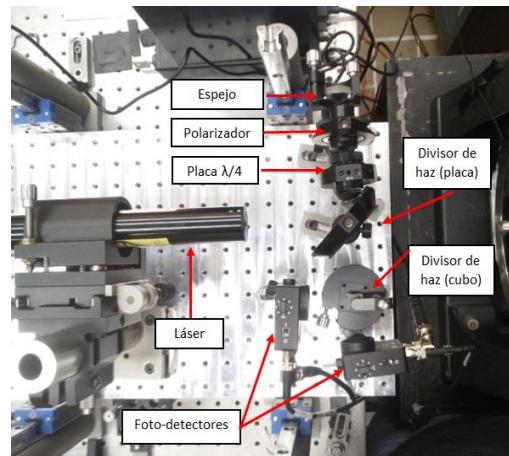
### 4. RESULTADOS

Se armó e implementó el interferómetro mostrado en la figura 3 para medir la vibración en una barra montada en línea con el excitador, este es un modelo real del que se muestra en la figura 1 y censando las señales en cuadratura mediante el uso de fotodiódos y acondicionadores de onda se visualizan en un osciloscopio como se aprecia en la figura 4.

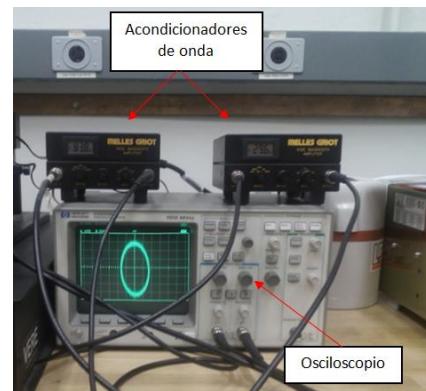
### 5. DISCUSIÓN

Al realizar varias veces el proceso de alineación y observar la señal obtenida en el osciloscopio se pueden apreciar variaciones de forma ya que la superficie de la barra donde incide el láser no es homogénea en sus propiedades a causa del

maquinado, provocando con esto complicaciones que han retrasado las mediciones de aceleración.



**Fig.3.** Interferómetro de Michelson en cuadratura.



**Fig.4.** Osciloscopio mostrando la señal en cuadratura captada por los foto-detectores.

### 6. CONCLUSIONES

La problemática en desalineación presenta retos que nos obligan a definir referencias de posición de la barra en el plano horizontal y angular en su propio eje, así como buscar maquinados que nos ofrezcan las especificaciones de rugosidad que no distorsionen el reflejo tomando en cuenta la longitud de onda de 632 nm del láser HeNe.

### REFERENCIAS

- [1] ISO 16063, Methods for the calibration of vibration and shock transducers, Part 13.
- [2] Sergio R. Rojas., Guillermo Silva Pineda., Arturo Ruiz Rueda, "Interferómetro Michelson en cuadratura para calibración de acelerómetros por impacto", Centro Nacional de Metroología. Simposio de Metrología 2004.