

# FORTALECIENDO CAPACIDADES DE MEDICIÓN EN EL LABORATORIO COSTARRICENSE DE METROLOGÍA

L. Álvarez <sup>(1)</sup>, L. Rojas Rapso <sup>(2)</sup>

ldalvarez@inti.gov.ar

<sup>(1)</sup> Dto. Óptica y Dimensional-DT Metrología Física-SOMCel-GOMyC-INTI,

<sup>(2)</sup> Laboratorio de Metrología Dimensional – LCM, Laboratorio Costarricense de Metrología,

**Palabras Clave:** cooperación internacional; metrología dimensional; transferencia y vinculación tecnológica

## INTRODUCCIÓN

A partir de la financiación externa del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y por intermedio del Sistema Interamericano de Metrología (SIM), entre los años 2017 y 2019 se desarrolló el proyecto de investigación ATN N°15264-RG. Participaron de este proyecto los siguientes institutos nacionales de metrología (INM) de la región del SIM: el Centro Nacional de Metrología, CENAM de México, el Instituto Nacional de Metrología Qualidade e Tecnologia, INMETRO de Brasil, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI de Argentina el Laboratorio Tecnológico de Uruguay, LATU y el Laboratorio Costarricense de Metrología, LCM (antiguo LACOMET).

Uno de los logros más relevantes de este proyecto ha sido la transferencia de tecnología y conocimiento [1]. Así, este trabajo en conjunto ha permitido no solo mejorar los sistemas de medición de desviación de planitud que se encontraban ya operativos sino también lograr el emplazamiento de nuevos desarrollos interferométricos de diseño propio, como el que se muestra en este trabajo. Esto posibilita alcanzar independencia tecnológica y sienta, además, las bases para el fortalecimiento del área de la nanometrología en la región del SIM, permitiendo la implementación de nuevas capacidades de medición y calibración. Se fortalece además la vinculación entre institutos.

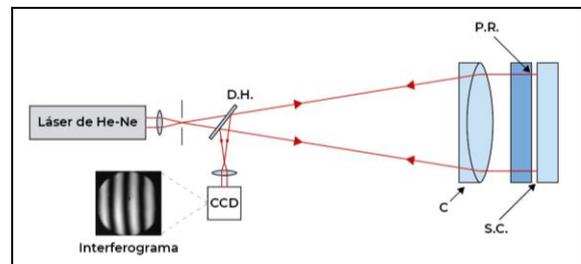
## OBJETIVOS

Se presenta la transferencia tecnológica de un desarrollo basado en técnicas interferométricas en el Laboratorio Costarricense de Metrología, LCM (antiguo LACOMET, Costa Rica).

## DESARROLLO

La determinación de desviación de planitud generalmente se realiza por técnicas ópticas o métodos interferométricos. Esta técnica requiere de una superficie de referencia

previamente calibrada contra la cual se compara la pieza bajo calibración. El dispositivo experimental corresponde a un interferómetro de Fizeau [2], tal como el esquematizado en la Figura 1.



**Figura 1: Interferómetro de Fizeau: D.H., divisor de haz; CCD, cámara; C, colimador; P.R., plano de referencia; S.C., superficie bajo calibración.**

Este interferómetro utiliza como fuente de iluminación un sistema láser. Dada la longitud de coherencia de este tipo de sistemas es posible separar físicamente, mediante un gradiente de espesor, el plano de referencia (PR) y la superficie bajo calibración (SC). En este caso mediante un sistema de ajuste fino para regular la posición de SC es posible controlar la dirección y el número de franjas de interferencia observadas en el interferograma. Este sistema es un desarrollo de diseño propio inspirado en el interferómetro desarrollado en INTI, ambos interferómetros operan con un láser de He-Ne con una emisión de  $\lambda = 633 \text{ nm}$ .

La determinación de la máxima desviación de planitud se realiza mediante la evaluación del interferograma correspondiente utilizando técnicas de procesamiento de imágenes. Para ello se determina la flecha o sagita (F) de las franjas en el patrón de interferencia y la distancia interfranja (I), como se indica en la Figura 2.

La desviación máxima de planitud,  $\xi_{\text{máx}}$ , en el campo visual del interferograma examinado se determina a través de [3]:

$$\xi_{\text{máx}} = \lambda F/2 I \quad (1)$$

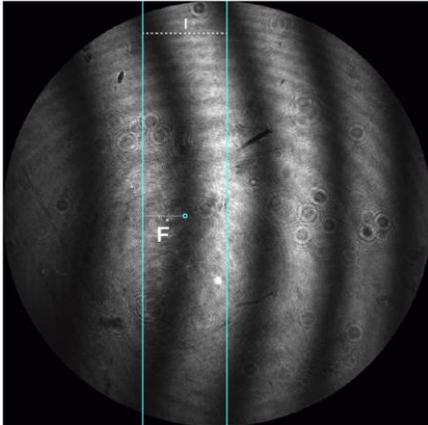


Figura 2: Determinación de la máxima desviación de planitud: F: flecha o sagita; I: distancia interfranja.

**RESULTADOS**

La Figura 3 muestra una fotografía del interferómetro de Fizeau desarrollado en el laboratorio de LCM a partir de la transferencia de tecnología generada en el proyecto de investigación.

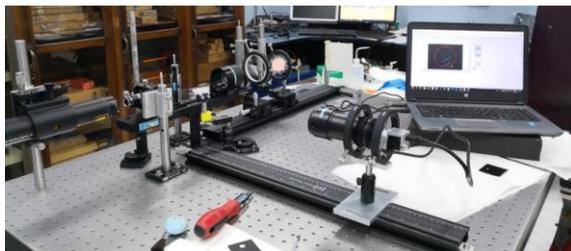


Figura 3: Interferómetro de Fizeau desarrollado en LCM, Costa Rica.

La puesta a punto de este sistema se realizó desde cero, contando para ello con una inversión para la adquisición del equipamiento correspondiente y la implementación de nuevas técnicas de medición basadas en interferometría. La Figura 4 muestra la plataforma para el procesamiento de los interferogramas desarrollada para este nuevo sistema.

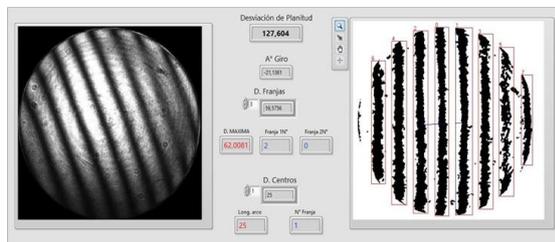


Figura 4: Plataforma para procesamiento de imágenes de LCM, Costa Rica.

Para la validación del software se utilizaron series de imágenes generadas por el interferómetro de INTI, y se compararon

utilizando el error normalizado,  $E_n$ . Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos de comprobación del error normalizado entre INTI y LCM.

Imagen	INTI $\zeta_{\text{máx/nm}}$	LCM $\zeta_{\text{máx/nm}}$	$E_n$
PO K_Bface_3fr	37	41	0,075
PO K_Bface_4fr	46	42	0,082
PO K_Bface_5fr	50	45	0,10
PO K_Bface_6fr	55	50	0,11
PO K_Bface_7fr	53	52	0,013
PO K_Bface_8fr	54	56	0,029
PO K_Bface_11fr	51	55	0,10

Todos los índices del error normalizado, se encuentran en un rango de error  $0 < E_n \leq 1$ , lo que refleja que el funcionamiento del programa para calcular la desviación de planitud, es adecuado y brinda resultados satisfactorios.

**DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Los objetivos alcanzados a través de este trabajo permiten el desarrollo de nuevas capacidades de medición y calibración. Esto por un lado cubre la demanda de servicios a la industria en la región del SIM y también sienta las bases para futuros desarrollos en las áreas de la interferometría y en la nanometrología. El proyecto mencionado permitió el fortalecimiento de la vinculación entre institutos del SIM.

Por otro lado, este nuevo desarrollo posibilita la realización de comparaciones en la magnitud mencionada en la región del SIM, la cual es una falencia importante en la actualidad.

**AGRADECIMIENTOS**

Las actividades se desarrollaron en el marco del proyecto de investigación BID-SIM: ATN N°15264-RG (Componente 1: Proyecto de Investigación Conjunta/Subcomponente 01.01.00). Además parte de este desarrollo integró el proyecto final de Licenciatura en Mecatrónica de Marco. Leiva Ramírez, durante el año 2019.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] Alejandro Acquarone, et al. "Mediciones de Desviación de Planitud en el Ámbito del SIM", Revista Española de Metrología e-medida, Vol 9, n° 16, 2020  
<https://www.e-medida.es/numero-16/mediciones-de-desviacion-de-planitud-en-el-ambito-del-sim/>  
 [2] Malacara Daniel (ed), "Optical Shop Testing", John Wiley & Sons, EEUU, 2007.  
 [3] JIS B7430-1977, "Optical Flats", Japanese Industrial Standard.