

## **Análisis de tensión bidimensional mediante interferometría de corrimiento de fase**

LOPEZ-Yadira†\*

Recibido Julio 22, 2015; Aceptado Septiembre 19, 2015

### **Resumen**

En este trabajo se reportan los resultados obtenidos en la propuesta de investigación para el análisis de deformación bidimensional en una superficie con componentes  $(x,y)$ , mediante la técnica de corrimiento de fase, el objetivo de la propuesta está enfocado en determinar las deformaciones inducidas en un plano  $(x,y)$ , la deformación obedece a una ecuación de circunferencia con coeficientes unitarios, dicha ecuación, es introducida en la fase de la intensidad que es la responsable de la generación de la técnica. Los resultados sugieren que la deformación ejercida en un plano de referencia estará actuando directamente sobre la fase de la intensidad, desarrollando una topología del plano estudiando y del plano deformado, mostrando también, la diferencia entre estos dos planos y obteniendo una diferenciación entre el plano original y el deformado. Se propone también, introducir alguna deformación recurrente en la pieza mecánica de interés para ser analizada y realizar procesamiento de imágenes para la localización de fallas e identificación de la deformación inducida mediante técnicas de metrología óptica.

**Interferometría de corrimiento de fase, Tensión bidimensional, Deformación**

### **Abstract**

In this paper the results of the research proposal for the analysis of two-dimensional deformation in an area with reported  $(x, y)$  using the technique of phase shift, the objective of the proposal is focused on determining the induced deformations in a plane  $(x, y)$ , deformation due to an equation of circle with unitary coefficients, this equation, is input to the phase of the intensity that is responsible for generating the art. The results suggest that the deformation in a plane of reference will be acting directly on the current phase, developing and studying topology of the deformed flat plane, showing also the difference between these two planes and obtaining a difference between the original plane and deformed. It is also proposed to introduce a recurring deformation in the mechanical part of interest for analysis and image processing to perform troubleshooting and identification of the strain induced by optical metrology.

**Phase shift interferometry, two-dimensional voltage, Deformación**

**Citación:** LOPEZ-Yadira. Análisis de tensión bidimensional mediante interferometría de corrimiento de fase. Revista de Aplicación Científica y Técnica 2015, 1-2: 148-152

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: yadira.lopez@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

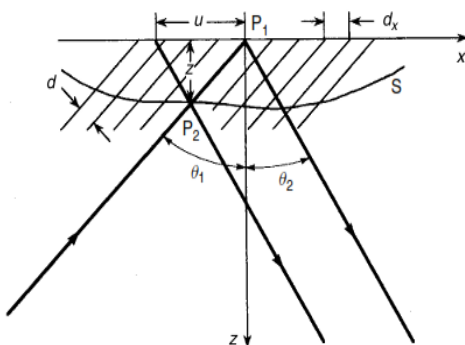
En la actualidad el uso de las diferentes técnicas ópticas han tenido gran aceptación en sector industrial debido a sus características de no contacto con el material y a que presentan una ejecución que se realiza mediante métodos no destructivos haciendo de los dispositivos ópticos elementos indispensables y accesibles para la estimación de los micro-desplazamientos superficiales de diferentes materiales.

Las técnicas ópticas para el análisis y reconstrucción de elementos tridimensionales van desde los interferómetros más sofisticados, hasta las técnicas de fácil accesibilidad [1] por su parte, la interferometría por corrimiento de fase es una técnica óptica que además de proporcionar una reconstrucción tridimensional del objeto a analizar puede facilitar el estudio de cambios superficiales que sufre un material.

Cuando se tiene un sistema por corrimiento de fase la distribución de la intensidad estará determinada por la función:

$$I(x, y) = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos(\varphi(x, y)) \quad (1)$$

Si esta distribución de intensidad se realiza en el plano  $\varphi(x, y)$  se estará representando la fase de cada punto sobre el plano de referencia, tomando el plano original [2,3] y posteriormente un plano deformado, como se muestra en la Fig.1.



**Figura 1** Geometría de corrimiento de franjas sobre una superficie respecto a un plano [2]

Al ubicar el plano sobre el que se estarán efectuando los desplazamientos se registrara una deformación en dirección a los ejes  $(x, y)$ , donde (1 se convierte en:

$$I(x, y) = A_1(x, y) + A_2(x, y) * \cos(\varphi(x, y) + \delta) \quad (2)$$

Donde  $A_1$  y  $A_2$  representan la intensidad de la imagen y la visibilidad de franjas interferométricas, respectivamente,  $\varphi(x, y)$  representa la fase inicial de las franjas y  $\delta$  representa la fase inducida por la topografía de la deformación en el plano [4, 5, 6], lo anterior, sugiere que es factible desarrollar un sistema de análisis para la detección de cambios sobre el plano.

Como puede verse en la ecuación (2), cuando la superficie de un cuerpo es afectada por una perturbación externa [7], los cambios en dicha superficie pueden ser registrados mediante un cambio de fase; y ya que la deformación de un cuerpo puede ser representado mediante los campos de desplazamiento definidos en el cuerpo estudiado, entonces, los desplazamientos estarán definidos por:

$$\begin{aligned} u_x &= (x, y) \\ u_y &= (x, y) \end{aligned} \quad (3)$$

Estas combinaciones de deformaciones también pueden ser representadas mediante ecuaciones lineales de derivadas parciales de los campos de desplazamiento, mediante:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\partial u_x}{\partial x} \\ \varepsilon_y &= \frac{\partial u_y}{\partial y} \\ \tau_{xy} = \tau_{yx} &= \frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \end{aligned} \quad (4)$$

Donde  $\varepsilon$  son las deformaciones normales al plano y  $\tau$  son las componentes de deformación angular contenidas en el plano [7].

En este trabajo se presenta una propuesta de análisis de tensiones bidimensionales mediante la técnica de interferometría de corrimiento de fase con la cual se espera desarrollar un modelo para la determinación de la fase que genera cambios en el plano de estudio; se muestra también, la metodología a seguir así como los resultados obtenidos.

### Desarrollo

Para la elaboración del plano de referencia se generó un sistema de intensidades con intervalos de  $\frac{\pi}{2}$ ; mediante el método de desenvolvimiento de fase por cuatro pasos, se obtuvo la topografía del plano de referencia; para la simulación de la deformación se introdujo una perturbación con componentes unitarias en el plano (x, y) y para la obtención de la deformación del plano se realizó una sustracción de imágenes. El trabajo fue simulado mediante el software Matlab.

### Resultados

La figura 2 muestra las franjas de interferencia utilizadas para la generación del plano de referencia, cada una con un intervalo en la fase de  $\frac{\pi}{2}$ , en este caso, como puede verse, los máximos y mínimos que forman las franjas están en diferente posición, que corresponde a cada una de las fases mencionadas.

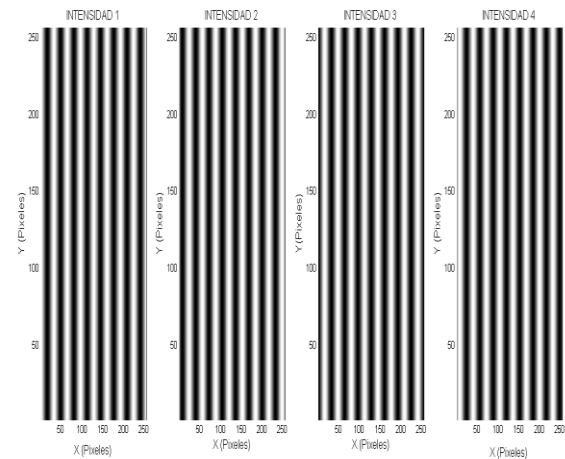


Figura 2 Franjas de intensidad con intervalos de desfase de  $\frac{\pi}{2}$ .

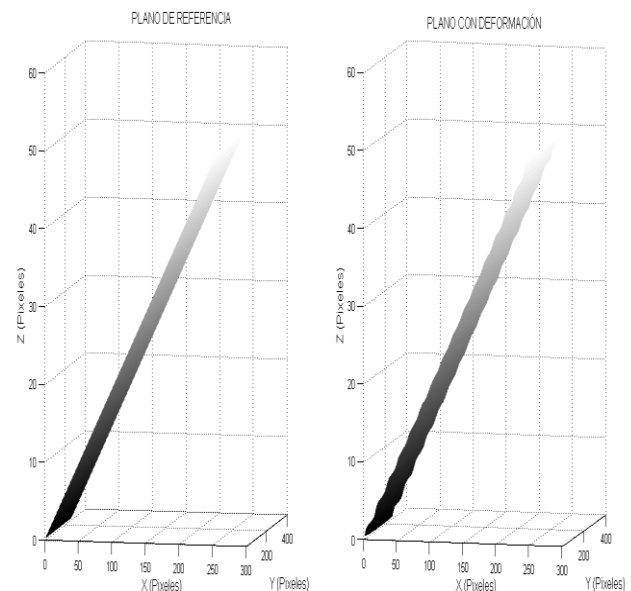
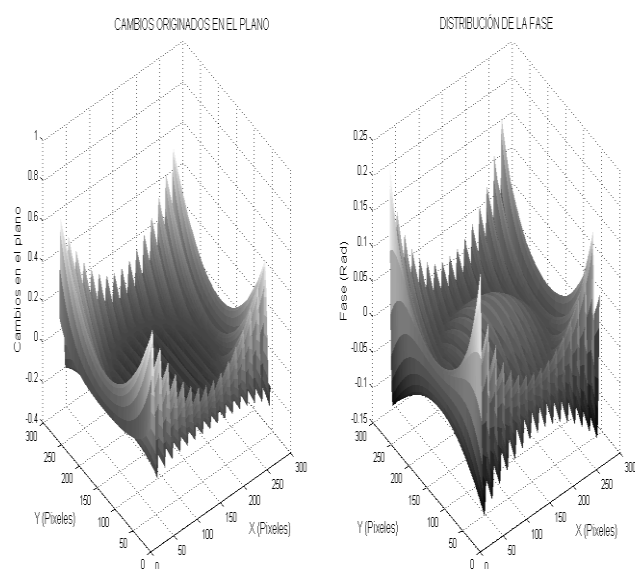


Figura 3 Plano de referencia y plano deformado con cambio de fase.

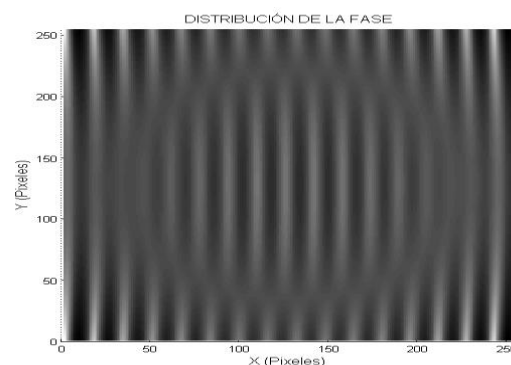
La figura 3, muestra el plano de referencia y el plano deformado, en el primero se puede apreciar la linealidad de la fase desenvuelta, en cambio en el plano deformado se observan curvas en las secciones laterales del plano. Para la obtención del plano deformado se utilizó un cambio de fase con una ecuación polinómica donde el valor de los coeficientes fueron unitarios.



**Figura 4** Diferencia entre planos y desplazamiento del plano.

La figura 4 muestra los cambios obtenidos sobre el plano al aplicarle una deformación polinómica, dicha deformación obedece a la ecuación característica de la circunferencia en este caso se simuló con coeficientes unitarios.

La figura 5 muestra, también, la deformación circular aplicada al plano, en ella se observa la topografía de la deformación aplicada en el plano original, la cual corresponde a una ecuación cilíndrica y que de acuerdo a la figura el radio de la circunferencia corresponde al introducido en el sistema de simulación.



**Figura 5** Diferencia entre planos y desplazamiento del plano.

### Conclusión

Con los resultados obtenidos, se puede asumir que la deformación ejercida en un plano de referencia estará actuando directamente sobre la fase de la intensidad, también, que es factible desarrollar un sistema de análisis de deformaciones originadas sobre una superficie o plano y aunque los resultados distan de ser concluyentes es claro que además de la técnica de reconstrucción tridimensional que proporciona el corrimiento de fase, el análisis de deformaciones y desfases en el material pueden ser desarrollados mediante el uso de esta técnica. Para el desarrollo y ejecución de la técnica se propone diseñar un sistema interferómetro para la reconstrucción tridimensional en piezas mecánicas, se trabaja también en introducir alguna deformación recurrente en la pieza analizada y realizar procesamiento de imágenes para la localización de fallas e identificación de la deformación inducida.

### Referencias

A. Martínez, J.A. Rayas, J.M. Flores, R. Rodríguez Vera, D. Donato Aguayo. (2005). Técnicas ópticas para el contorneo de superficies tridimensionales. *Revista Mexicana de Física*, 51(4), 431-436.

J. Gavin, *Optical Metrology*. Knell 2002 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 0-470-84300-4 Third edition.

Oscar J. Rincon, John J. Nicholls, Patricia Gaviria. (2009). Proyección de Franjas con corrimiento de fase: Aplicaciones a las ciencias forenses. *Bistua*, 7,2, 1-8.

Andrés L. Gonzalez, Jaime E. Meneses, Jaury León. (2012). Proyección de franjas en metrología óptica facial. *INGE CUC*, 8,1, 191-206. [5] Z.M. Pérez and L. Romero, 2004. "Sistema Óptico de reconstrucción tridimensional para la reconstrucción de ampollas en recubrimientos", Trabajo de Grado, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander.

T. Lehmann, f. Bethmann, B, J. Ohm. 2008. "Comparación y verificación de 3-D de sistemas ópticos de medición de la superficie." *Los archivos internacionales de la fotogrametría, teledetección y ciencias de la información espacial*. Vol. Xxxvii. Pp 51-56. Miguel Cerrolaza. (2006). El método de elementos finitos y ciencias aplicadas: teoría y programas. Venezuela: Colección de Estudios.