

INSTRUMENTAL DE BAJO COSTO PARA ANÁLISIS DE PROCESOS DINÁMICOS CON TÉCNICAS SPECKLE OPTODIGITALES

Hanisch Elián, Riera Gastón, Grumel Eduardo E, Trivi Marcelo R, Rabal Héctor.

UID ÓPTIMO, Departamento de Ciencias Básicas, Facultad Ingeniería, Universidad de La Plata. Centro de Investigaciones Ópticas, CIOP (CIC – CONICET), La Plata,
egrumel@ciop.unlp.edu.ar

Palabras clave: láser, speckle, pinturas, raspberry pi, phyton.

1. Introducción

Cuando un haz coherente proveniente de un láser ilumina un objeto, éste adquiere una apariencia granular particular. La estructura detallada de la granularidad no tiene una relación directa con las características macroscópicas del objeto, sino que aparece aleatoria y desordenada. Este fenómeno denominado *speckle* es la manifestación de un proceso óptico de interferencia y se presenta como puntos brillantes y oscuros que cubren la superficie [1]. Si la superficie presenta algún tipo de movimiento local, el speckle observado evolucionará en el tiempo [2-3]. Esto es característico de muestras biológicas iluminadas por láser y de procesos industriales, como por ejemplo secado de polímeros, corrosión, eflorescencia, intercambio de calor, etc. [4]. El estudio de la evolución temporal de los diagramas de speckle provee una interesante herramienta no destructiva ni invasiva para caracterizar los parámetros involucrados en procesos dinámicos.

En este trabajo se presenta el desarrollo de instrumental sencillo de bajo costo para la implementación de un sistema de medición basado en técnicas de speckle, destinado al estudio de procesos dinámicos de interés en ingeniería e industria. La implementación de tales dispositivos requiere el diseño de las etapas de control y adquisición de datos y el desarrollo de algoritmos de programación específicos, los que son incorporados a un programa utilitario realizado “ad hoc” para el instrumental.

Como ejemplo, se muestra un estudio de la evolución del proceso de secado de pinturas y se presentan resultados experimentales.

2.

2.1. Diseño del dispositivo experimental

El ensayo consiste en iluminar una muestra con un diodo láser rojo (635 nm de longitud de onda, 5 mW de potencia óptica de salida) y capturar la luz dispersada mediante una cámara conectada a una microcomputadora, la cual también se utilizará para el procesamiento de datos. La Figura 1 muestra un esquema de la configuración experimental. La interferencia mutua de las ondas dispersadas por una superficie rugosa genera un patrón de intensidades aleatorio llamado speckle. Ver Figura 2.

Las muestras utilizadas son distintos tipos de pintura. Sobre una superficie de vidrio se coloca la muestra de pintura con un espesor de 50 μm , controlada mediante un extendedor. El diagrama de speckle detectado por la cámara no será estático, sino que estará en constante movimiento debido a cambios en la superficie producidos por el proceso de secado de la pintura. Al principio, el diagrama de speckle presenta una actividad muy alta que va decreciendo durante el proceso, hasta obtener un diagrama de speckle estático cuando la pintura está completamente seca.

Con el sistema descrito se adquieren sucesivas imágenes de diagramas de speckle a lo largo de todo el proceso. Evaluando la tasa de cambio del speckle en el tiempo con un adecuado procesamiento de los datos, se puede conocer la curva característica del secado de la pintura.

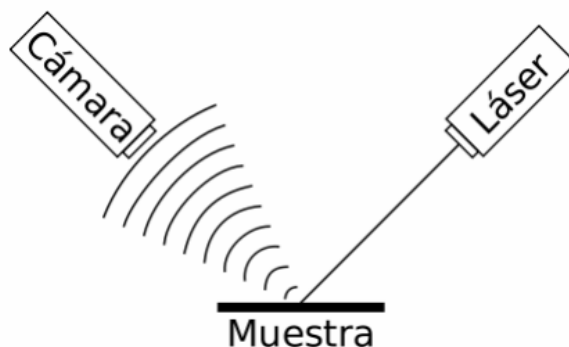


Figura 1.- Configuración experimental.

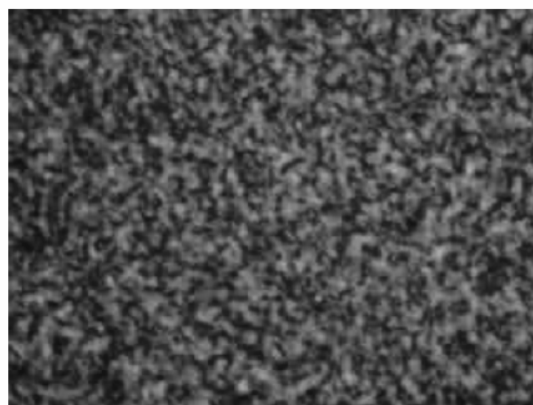


Figura 2.- Diagrama de speckle.

Se realizó un análisis de las distintas opciones tecnológicas a utilizar en los subsistemas fundamentales del equipo, tales como: adquisición de imágenes y procesamiento de las mismas, interacción del usuario con el equipo, dispositivos de entrada/salida. Se seleccionaron los siguientes elementos: cámara web (con conexión USB) de bajo costo como dispositivo para adquisición de imágenes, monitor VGA, con cable conversor HDMI a VGA (se prevé en un futuro próximo la utilización de un monitor LCD con entrada para señal de video compuesto) como elemento de visualización y una plataforma Raspberry Pi como subsistema de control y procesamiento.

2.2. Procesamiento de datos

El análisis de los datos de los diagramas de speckle dinámicos obtenidos se basa en la construcción de las imágenes llamadas "historias temporales de los patrones de speckle" (conocidas, por su acrónimo en inglés, como THSP) [5] y en el desarrollo de algoritmos para su análisis [6].

En la Figura 3 se muestran historias temporales de patrones de speckle correspondientes a tres estados diferentes de la muestra de pintura. a) alta actividad en el inicio del proceso, b) actividad media promediando el tiempo de secado, c) sin actividad al final de proceso con la pintura seca.

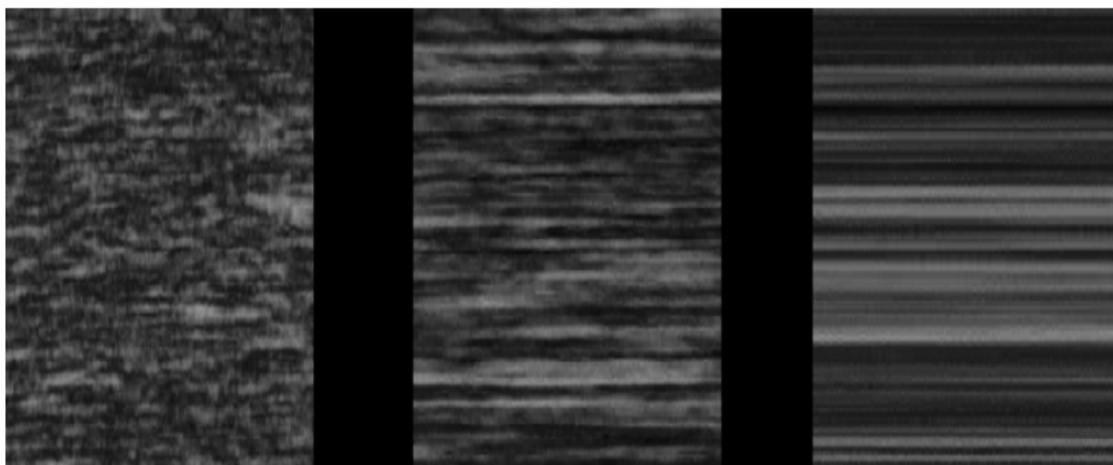


Figura 3.- Evolución temporal de una THSP. Alta actividad (izq.), actividad media (centro) Sin actividad (der.)

Como subsistema de control y procesamiento de datos se utilizó una plataforma Raspberry Pi. Esta posee varias características ventajosas: es de pequeño tamaño, gran capacidad de procesamiento, alta tasa de transferencia de datos y opera bajo una distribución de un sistema operativo de muy alta estabilidad como es el Linux. En forma adicional, otro factor en el que se fundamentó la elección fue el hecho que la plataforma está basada en la filosofía Open Source, por lo cual hay infinidad de aplicaciones desarrolladas para la misma.

2.3. Software desarrollado

La segunda etapa del trabajo consistió en el desarrollo de los programas requeridos para el manejo del equipo, con el objetivo de poder realizar las mediciones de interés. Las aplicaciones se implementan con la utilización del lenguaje Python y varias de las utilidades basadas en él. La plataforma Raspberry Pi tiene la característica de estar preparada conceptualmente para trabajar con este lenguaje, ya que trae instalados los entornos de desarrollo más populares.

El programa se bautizó Raspeckle. Su objetivo es generar la THSP con las imágenes que se capturan durante la realización del ensayo y visualizar su evolución en el tiempo. Mediante el uso de sucesivas THSP se genera una curva de secado de una muestra.

Se implementó también la posibilidad de guardar las imágenes capturadas durante un ensayo, para posteriormente poder procesar las mismas con diferentes algoritmos. Sin embargo, se requiere una capacidad de memoria y procesamiento que Raspberry Pi no cuenta, así que las grabaciones de un ensayo son solo factibles desde una computadora tipo PC.

3. Resultados experimentales

Para validar la propuesta del dispositivo de bajo costo, se realizaron experiencias utilizando distintos tipos de pinturas.

Se presentan a continuación los ensayos obtenidos con líquido corrector (o liquid paper). Este tipo de muestra tiene la ventaja de secar rápidamente, lo cual permite realizar varias pruebas sucesivas en tiempos relativamente breves, pudiendo controlar más adecuadamente el dispositivo experimental. También se realizaron ensayos con pinturas tipo esmalte y látex, cuyos tiempos de secado son mas extensos.

En la Figura 4 se observa una curva característica de secado utilizando líquido corrector. El ensayo fue procesado en Raspberry Pi, usando 160 imágenes de diagramas de speckle para construir la THSP correspondiente a cada estado de la muestra.

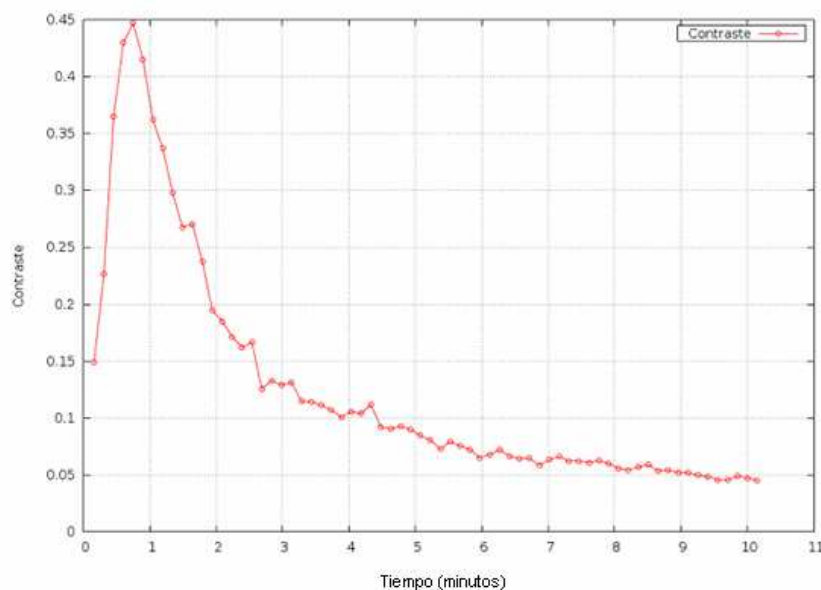


Figura 4.- Curva de secado de liquid paper.

La curva obtenida tiene un comportamiento decreciente que es típico de las curvas de secado de pinturas [7]. Se obtiene un tiempo de aproximadamente 10 minutos para que cese la actividad de speckle, interpretándose que este tiempo corresponde al estado de pintura seca, lo cual es coincidente con la prueba de secado al tacto. Sin embargo se observan algunas anomalías: al inicio la curva presenta pendientes positivas, lo cual no deberían ocurrir, ya que representan un aumento de la actividad de speckle en la superficie. Ello no es esperable, ya que la actividad debería ser siempre decreciente.

Si bien no se ha podido identificar exactamente la causa de estas anomalías, se presume que es debido a las falencias de la cámara web utilizada: falta de control de la intensidad y pérdida de información, principalmente durante el primer minuto de captura, que es cuando el speckle presenta una actividad muy alta, con la mayor tasa de cambio entre imágenes sucesivas.

4. Conclusiones

En este trabajo se presenta el desarrollo de un instrumental sencillo y de bajo costo para la implementación de un sistema de medición basado en técnicas de speckle. Son muy amplias las aplicaciones de este tipo de dispositivos en el estudio de procesos dinámicos de interés en ingeniería e industria. Como caso típico, se ha estudiado la evolución del proceso de secado de pinturas.

Se ha podido desarrollar un sistema que implementa las interfaces de usuario y algoritmos necesarios para realizar las medidas propuestas. La implementación pudo realizarse sin mayores obstáculos tanto en una Raspberry Pi como en una computadora personal. Sin embargo existen algunos inconvenientes con el instrumental utilizado. El componente más crítico ha sido la cámara web USB; las disponibles durante el trabajo no resultaron tener un desempeño totalmente aceptable. Al poseer compresión de imágenes incorporada a la electrónica interna, genera ciertos inconvenientes al momento de realizar el ulterior procesamiento. Se están evaluando diferentes alternativas para corregir estos problemas,

Los resultados experimentales, si bien son preliminares, muestran un comportamiento acorde con la evolución del tipo de muestras usadas. En el futuro se continuará en esta línea de trabajo para implementar dispositivos de bajo costo que puedan ser usados fuera de un ambiente de laboratorio.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado mediante subsidios recibidos con Proyectos de la Facultad de Ingeniería UNLP, ANPCyT, CONICET y CICIPBA. Elián Hanisch y Gastón Riera agradecen a la Facultad de Ingeniería por las Becas otorgadas.

Referencias

- [1] J. C. Dainty, Ed. Laser speckle and related phenomena, Springer Verlag, Berlin (1975).
- [2] H. Rabal, M. Trivi, R. Arizaga, G. Romero, E. Alanís, Biospeckle activity, Optical Methods in biomedical and environmental sciences, pp 19-22, H. Ohzu and S. Komatzu, editores, Elsevier Science, Amsterdam (1994).
- [3] H. Rabal, R Arizaga, N. Cap, M. Trivi, G. Romero y E. Alanís, "Transient phenomena analysis using dynamic speckle patterns", Optical Engineering, 35, 57-62, (1996).
- [4] H. Rabal, R. Braga Eds., Dynamic Laser Speckle and Applications. J. Taylor and Francis. ISBN 13:978-1-4200-6015-7. (2008).
- [5] A. Oulamara, G. Tribillon, J. Duvernoy, "Biological activity measurements on botanical specimen surfaces using a temporal decorrelation effect of laser speckle". Journal of Modern Optics, 36, 165-179 (1989).
- [6] R. Arizaga, M Trivi, H. Rabal, "Speckle time evolution characterization by the co-occurrence matrix analysis". Optics and Laser Technology. 31, 163-169, (1999).
- [7] J. Amalvy, C, Lasquibar, R. Arizaga, H. Rabal, M. Trivi, Application of dynamic speckle interferometry to the drying of coatings, Progress in Organic Coating. 42, 89-99 (2001).