

	<b>Contenidos Programáticos Programas de Pregrado</b>	<b>Código</b>	FGA-23 v.03
		<b>Página</b>	1 de 4

**FACULTAD:** CIENCIAS BASICAS \_\_\_\_\_

**PROGRAMA:** \_\_\_\_\_ FISICA \_\_\_\_\_

**DEPARTAMENTO DE:** \_\_\_\_\_ FISICA Y GEOLOGIA \_\_\_\_\_

<b>CURSO:</b>	METROLOGIA SPECKLE	<b>CÓDIGO:</b>	157338
<b>ÁREA:</b>	PROFUNDIZACIÓN		
<b>REQUISITOS:</b>	157241	<b>CORREQUISITO:</b>	157231
<b>CRÉDITOS:</b>	3	<b>TIPO DE CURSO:</b>	TEORÍA (2H) – PRÁCTICA (3H)

**FECHA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN** 28/02/2023 / *Elaboró Dr. Jorge Enrique Rueda*

#### JUSTIFICACIÓN

La metrología no destructiva, no invasiva, sin contacto mecánico, es de interés en todos los campos de la física aplicada. La metrología óptica cumple con tales requerimientos de no ser invasiva en el sentido de no alterar las características del espécimen objeto de caracterización metrológica, tampoco altera la medida del parámetro metrológico de interés. La metrología speckle está entre las técnicas ópticas de no contacto mecánico, no invasivas, que es de interés amplio por las aplicaciones, algunas de ellas:

- Aplicaciones médicas, biológicas, estudio de tejido vivo
- Estudio de defectos ópticos en superficies cristalinas.
- Medición de deformaciones en estructuras.
- Análisis de la deformación de materiales en condiciones de esfuerzo.
- Análisis de la superficie de materiales estructurales.
- Seguimiento de la deformación de materiales bajo carga.
- Monitorización de la vibración de estructuras mecánicas.
- Estudio de la deformación de estructuras a alta temperatura.
- Estudio de la estabilidad de superficies.
- Evaluación de la estabilidad de la óptica de materiales ligeros.
- otras

#### OBJETIVO GENERAL

Explicar y discutir los principios teóricos básicos del fenómeno speckle. Esta capacitación enseñará la aplicación práctica de la metrología de speckle para el control de calidad de los productos. Se revisarán los métodos de adquisición de patrones de speckle incluyendo la inspección visual y no-visual.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar de manera teórica y experimental los principios básicos de la metrología speckle. 2. Elaborar mediciones precisas utilizando la metrología speckle. 5. Diseñar un sistema de medición adecuado para una aplicación específica. 7. Aplicar herramientas de análisis estadístico a los resultados de medición obtenidos con la

	<b>Contenidos Programáticos Programas de Pregrado</b>	<b>Código</b>	FGA-23 v.03
		<b>Página</b>	2 de 4

metrología speckle para evaluar, asegurar y mejorar la calidad de los productos. 8. Aprender acerca de prácticas recomendadas en la implementación de sistemas de metrología speckle.

### COMPETENCIAS

- Comprender los principios fundamentales de la metrología speckle, incluyendo la naturaleza y las propiedades de la luz coherente y la formación de patrones de speckle.
- Conocer los diferentes métodos y técnicas de medición speckle, incluyendo la interferometría speckle, la correlación speckle y la polarimetría speckle.
- Desarrollar habilidades en la configuración y el uso de equipos y dispositivos de medición speckle, como láseres, cámaras y sistemas de óptica adaptativa.
- Realizar mediciones precisas utilizando imágenes de speckle objetivo y subjetivo.
- Analizar y resolver problemas relacionados con la metrología speckle mediante la recopilación, el análisis y la interpretación de datos experimentos.
- Implementar métodos estadísticos (descriptores) de tratamiento e interpretación de imágenes speckle.

### UNIDAD 1 . Introducción a la metrología de speckle

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE
¿Qué es el efecto Speckle? - Aplicaciones de la metrología Speckle en ingeniería, otras áreas. - Ventajas y limitaciones de la metrología Speckle.	2	4
Descripción de la teoría de la metrología de Speckle - Descripción de los principios básicos del efecto de speckle - Características del efecto de speckle - Establecimiento de los principales parámetros de imagen de Speckle	2	4
- Hardware de la metrología Speckle - Equipo y sensores. - Configuración del equipo. - Procesamiento de imágenes digitales.	2	4

### UNIDAD 2 . Tipos de imágenes speckle y métodos de análisis

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE
Speckle objetivo y subjetivo. Métricas de análisis: Estadísticas de primer y segundo orden.	2	4

	<b>Contenidos Programáticos Programas de Pregrado</b>	<b>Código</b>	FGA-23 v.03
		<b>Página</b>	3 de 4

Speckle dinámico. Técnicas de análisis: Descriptores THSP, Histograma, Autocorrelación, Espectro de potencia, Matriz de co-ocurrencia, Momento de inercia y angular, Homogeneidad, Contraste,	4	8
---	---	---

### UNIDAD 3 . Interferometría speckle

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE
Interferometría con haz de referencia Método de doble exposición Método con doble apertura	8	16

### UNIDAD 4 . Frameworks de procesamiento de señal de Speckle

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE
Introducción a los sistemas de hardware y software para la metrología de Speckle	2	4
Descripción de los sistemas de hardware y software para la metrología de Speckle	2	4
Componentes de hardware y software para la metrología de Speckle	4	8
Simulación de Speckle - Introducción a la simulación de speckle - Desarrollo de algoritmos de simulación de speckle.	4	8

### UNIDAD 5 . Experimentos y proyectos de metrología de Speckle

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE
Introducción a los proyectos de metrología de Speckle - Proyectos de investigación en curso de metrología de Speckle	8	0
Caracterizar el patrón de speckle objetivo y subjetivo mediante estadística de primer y segundo orden, polarizado ( $P=1$ ) y no polarizado ( $P=0$ ). Interferometría speckle de doble exposición Interferometría con haz de referencia	40	0

	<b>Contenidos Programáticos Programas de Pregrado</b>	<b>Código</b>	FGA-23 v.03
		<b>Página</b>	4 de 4

Medición de desplazamientos Medición de rugosidad de superficies Patrones de speckle dinámico, análisis mediante descriptores		
--	--	--

## METODOLOGÍA

### Lecturas y exposición:

J. W. Goodman, Some fundamental properties of speckle, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

W. T. Welford, Speckle in images, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

Nicholas George, Speckle from rough, moving objects, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

Hans M. Pedersen, Theory of speckle dependence on surface roughness, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

Hitoshi Fujii, Toshimitsu Asakura, Yoshio Shind, Measurement of surface roughness properties by using image speckle contrast, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

H. Fujii, J. Uozumi, and T. Asakura, Computer simulation study of image speckle patterns with relation to object surface profile, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

**Revisión del estado del arte:** usando software Mendeley Reference Manager

**Experimentos de laboratorio:** Arreglos ópticos, simulaciones computacionales, uso de herramientas computacionales en el tratamiento de la imagen speckle.

**Informes :** escritos y presentación oral de los proyectos de aula.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

Pruebas diagnósticas para evaluar los conocimientos previos de los estudiantes al inicio del curso, conocimientos de óptica y fenómenos ondulatorios.

Evaluación formativa: realización de ejercicios prácticos durante las clases, actividades de aprendizaje basado en problemas, debates y discusiones,

Evaluación sumativa: evaluación de proyectos, tareas y/o trabajos. El objetivo de esta evaluación para comprobar el nivel de comprensión de los conceptos enseñados durante el curso y verificar la aplicación de los mismos a casos reales.

Informes escritos y exposiciones

Evaluación de desempeño, iniciativa y trabajo en equipo

Evaluación de desempeño o de los resultados de aprendizaje de los alumnos en todas las actividades de evaluación, con el objetivo de garantizar que los mismos hayan adquirido los conocimientos necesarios para desempeñarse con éxito en el campo de la metrología speckle.

## BIBLIOGRAFÍA DISPONIBLE EN UNIDAD DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Sirohi Rajpal S, Speckle Metrology, ISBN: 0824789326, (1993).

Goodman Joseph W, Speckle Phenomeno In Optics: theory and applications, ISBN:

	<b>Contenidos Programáticos Programas de Pregrado</b>	<b>Código</b>	FGA-23 v.03
		<b>Página</b>	5 de 4

0974707791, (2007).

Braga Jr Roberto A Rabal Hector J, Dynamic Laser Speckle And Applications, ISBN: 9781420060157, (2009)

M.A. Valdivieso, Imágenes de speckle dinámico, diseño e implementación para la Estimación de bioactividad, parte 1, Trabajo de Grado Física, Director J.E. Rueda, Universidad de pamplona, (2022).

J.E. Rueda, análisis de registros de patrones de speckle modulado de baja frecuencia en un cristal BSO, Monografía, Universidad de pamplona, (2010).

Meza Contreras Giovany Andrés, Implementación y análisis de speckle medulada de baja frecuencia en un cristal fotorrefractivo BSO, Trabajo de Grado Física, Director J.E. Rueda, Universidad de pamplona, (2008).

#### **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

W. GoodmanS, ome fundamental properties of speckle, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

W. T. Welford, Speckle in images, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

Nicholas George , Speckle from rough, moving objects, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

Hans M. Pedersen, Theory of speckle dependence on surface roughness, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

Hitoshi Fujii, Toshimitsu Asakura, Yoshio Shind, Measurement of surface roughness properties by using image speckle contrast, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, (1976)

H. Fujii, J. Uozumi, and T. Asakura, Computer simulation study of image speckle patterns with relation to object surface profile, Optical Society of America, Vol. 66, No. 11, Wang, C., & Wu, D. (2016). Measurement of deformation fields of composites by digital speckle correlation method. Materials Science and Engineering: A, 667, 348-355.

Chen, S., & Wang, R. K. (2015). Optical coherence tomography based angiography. Biomedical optics express, 6(7), 2195-2220.

Poelma, C., Koster, A. J., & van den Berg, A. (2015). Ultrastructure of the bone–implant interface: a qualitative and quantitative evaluation of the healing of speckle-coated and noncoated titanium implants in cortical bone. Journal of Biomedical Materials Research Part A, 103(1), 194-201.

Kao, C. C., Liu, T. Y., & Lee, K. R. (2016). A study on the water absorption of oil-extended styrene-butadiene rubber (OESBR) composites using digital speckle correlation method. Polymer Composites, 37(7), 2001-2010.

Pang, B., & Liu, L. (2019). Non-destructive and in-situ characterization of biofilm growth dynamics using digital speckle pattern interferometry. Scientific reports, 9(1), 1-9.

Gallego, R., Palacios, F., & Schreyer, A. (2019). Application of digital speckle photography in engineering. Optics and Lasers in Engineering, 111, 44-61.

Milletari, F., Navab, N., & Ahmadi, S. A. (2016). V-net: Fully convolutional neural networks for volumetric medical image segmentation. In 2016 Fourth International Conference on 3D Vision (3DV) (pp. 565-571). IEEE.

Tseng, C. H., & Chang, T. S. (2015). Simultaneous characterization of culture media

	<b>Contenidos Programáticos Programas de Pregrado</b>	<b>Código</b>	FGA-23 v.03
		<b>Página</b>	6 de 4

and fermentation parameters of probiotic Lactobacillus strains using digital speckle correlation. Applied microbiology and biotechnology, 99(8), 3555-3565.

Dong, X., & Duan, L. (2017). Application of digital speckle correlation method in permeability test of rock. Advances in Materials Science and Engineering, 2017.

Li, L., Zhang, J., Li, B., & Cheng, J. (2015). Study on detection of structural vibration based on digital speckle correlation method. Measurement Science and Technology, 27(1), 015008.

Huang, S., Shao, Y., Zhang, C., & Wang, Q. (2019). A novel method for monitoring plant growth and detecting pests and diseases based on digital image processing technology. Plant Methods, 15(1), 1-12.

Briers, J. D., & Fercher, A. F. (2019). Retinal blood flow visualization by means of laser speckle photography. Investigative ophthalmology & visual science, 60(8), 2981-2981.

Balabani, S., & Asadnia, M. (2015). Laser speckle contrast imaging in microfluidics and two-phase flow systems. Experimental thermal and fluid science, 66, 368-379.

Huang, J., Zhao, H., Chen, Y., Zhang, L., & Cai, Y. (2016). A new digital speckle pattern interferometry system for shape measurement of small specular objects. Optics and Lasers in Engineering, 87, 38-46.

de Oliveira, A. C., Ribeiro, A. O., & Lyra, M. L. (2015). Speckle interferometry applied to refractive index variation and thermal lens effect measurement in laser crystals. Journal of Applied Physics, 117(3), 033101.

Jorge Enrique Rueda Parada, Angel Salazar, Maria Del C Lasprilla Alvarez, "Four wave mixing to speckle interferometry in real time: Implementation", Revista Colombiana De Fisica ISSN: 0120- v.35 fasc.1 p.137 - 139 ,(2003).

#### **DIRECCIONES ELECTRÓNICAS DE APOYO AL CURSO**

Simulador de Speckle en MATLAB:

<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/27153-speckle-simulation>

Software uso libre: Optiwave, OptiFiber, OptiModel y OptiDesigner ofrecen versiones gratuitas de sus productos. Otros programas, como Optsim, OptiSystem y OptiLab.