

MÁSTER EN NUEVAS TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS Y FOTÓNICAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2025-2026

PROPUESTA

Título:	<i>Diseño e implementación de un sistema de espectroscopia Brillouin en fibra óptica</i>
Título en inglés:	<i>Design and implementation of a Brillouin spectrometry system in optical fiber</i>
Tutor/es:	<i>Miguel Soriano Amat</i>
Correos-e:	miguel.soriano.amat@csic
Lugar de realización:	Instituto de Óptica CSIC Calle Serrano 144, Madrid

Resumen:

La **espectroscopia Brillouin** es una técnica óptica que permite caracterizar materiales midiendo el **desplazamiento de frecuencia de Brillouin (BFS)** y el **ancho de línea del espectro de ganancia Brillouin (BGS)**. Estos parámetros están directamente vinculados a propiedades **físico-mecánicas** y **termo-ópticas** (como el índice efectivo, la velocidad acústica o el módulo elástico aparente), lo que convierte a la técnica en una herramienta precisa para la **caracterización de materiales**, la **metrología de temperatura** y la **evaluación de tensiones** en laboratorio.

En este TFM se propone construir un **espectrómetro Brillouin** empleando el mayor número posible de **componentes en fibra**. Aunque solemos asociar la fibra óptica con Internet, su papel como **plataforma de instrumentación** es igualmente relevante: permite montar bancos **compactos, estables y altamente repetibles**.

Metodología:

1) Familiarización teórica y experimental

Se realizará una breve introducción a la espectroscopia Brillouin, revisando los conceptos BGS/BFS, el ancho de línea y su relación con parámetros físicos (como temperatura o estrés) del material/medio en el que se produce la interacción.

Se introducirá al estudiante en el manejo de un analizador de espectros ópticos y a la interpretación de los datos obtenidos. Además, se introducirá experimentalmente el manejo de un láser cw, atenuadores (VOA), amplificadores, lentes o elementos pasivos como acopladores o circuladores, necesarios para montar el sistema espectroscópico

2) Montaje experimental

A partir de un banco base, se configurará el sistema de medición así como la óptica necesaria para focalizar el haz luminoso en la muestra bajo test. Las señales serán recogidas por un analizador de espectros ópticos de alta resolución que permitirá caracterizar el espectro generado por dispersión Brillouin.

3) Procesado y análisis de datos

Los datos obtenidos por el analizador de espectros serán procesados posteriormente en un ordenador. Este procesado incluye el cálculo de diferentes ajustes para extraer características como el BFS de los datos obtenidos o métricas como FWHM o SNR que permiten cuantificar y caracterizar el rendimiento de las señales recibidas. El estudiante deberá adaptar el código dependiendo de las condiciones en las que se lleven a cabo el estudio.

4) Validación con muestras de referencia

La validación se llevará a cabo con materiales sencillos y seguros: agua destilada, gelatina alimentaria u otros tejidos orgánicos documentando composición y condiciones. Se realizarán rampas de temperatura (20–50 °C) y variaciones de hidratación en el caso de la gelatina, comparando las respuestas en BFS y FWHM.

Conocimientos previos recomendados:

- **Conceptos básicos de óptica y fotónica:** conceptos de interferencia y difracción; polarización y coherencia; láseres, etc.
- **Programación:** manejo de vectores/matrices y ajuste de curvas en MATLAB, Python o C++, generación de figuras.

Bibliografía:

Prevedel, R., Diz-Muñoz, A., Ruocco, G. *et al.* Brillouin microscopy: an emerging tool for mechanobiology. *Nat Methods* **16**, 969–977 (2019).
<https://doi.org/10.1038/s41592-019-0543-3>

Zhao, P., & Vanderwal, J. J. (1997). *Brillouin scattering study of gelatin gel*. **Polymer Gels and Networks**, **5**(1), 23–36. [https://doi.org/10.1016/S0966-7822\(96\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0966-7822(96)00029-9)

Scarcelli, G., Polacheck, W. J., Nia, H. T., **et al.** (2015). *Noncontact three-dimensional mapping of intracellular hydromechanical properties by Brillouin microscopy*. **Nature Methods**, **12**(12), 1132–1134.
<https://doi.org/10.1038/nmeth.3616>

Bevilacqua, C., Prevedel, R. Full-field Brillouin microscopy based on an imaging Fourier-transform spectrometer. *Nat. Photon.* **19**, 494–501 (2025).
<https://doi.org/10.1038/s41566-025-01619-y>