

MÁSTER EN NUEVAS TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS Y FOTÓNICAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Desarrollo y caracterización de tecnologías fotónicas para enlaces ópticos espacio-tierra
Título en inglés:	Development and Characterization of Photonic Technologies for Space-to-Ground Optical Links
Tutor/es:	Verónica Fernández Mármol
Correos-e:	[correo electrónico del tutor]
Lugar de realización:	Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información (ITEFI-CSIC), Madrid

Resumen:

El trabajo se enmarca en el desarrollo de tecnologías fotónicas para enlaces ópticos free-space, con especial aplicación a comunicaciones espacio-tierra y a estaciones ópticas terrestres. El objetivo general es estudiar, implementar y caracterizar soluciones que mejoren la captación, estabilización, seguimiento y transferencia eficiente de la señal óptica hacia los subsistemas de recepción. En función del estado de los desarrollos experimentales, el trabajo podrá centrarse en una o varias líneas complementarias: técnicas para aumentar la eficiencia de acoplo a fibra bajo perturbaciones atmosféricas y de apuntamiento; desarrollo y caracterización de bancos ópticos de transmisión/recepción; y diseño, implementación o evaluación de subsistemas de pointing, acquisition and tracking (PAT) para enlaces ópticos dinámicos. Las soluciones consideradas podrán incluir óptica adaptativa, control de tip-tilt, conformado y sensado de haz, diversidad modal o photonic lanterns, estrategias de alineamiento y algoritmos de control. El trabajo se mantendrá en el ámbito de la fotónica, la propagación, el apuntamiento y la infraestructura experimental, de forma aplicable a comunicaciones ópticas clásicas y cuánticas.

Metodología:

La metodología combinará modelado, diseño óptico, implementación experimental y análisis de prestaciones. Se partirá de los requisitos de un enlace óptico espacio-tierra y de las limitaciones introducidas por pérdidas geométricas, turbulencia, beam wander, jitter y errores de apuntamiento. Según la línea seleccionada, se diseñarán y montarán bancos ópticos para reproducir y medir estas perturbaciones, se implementarán técnicas de mejora del acoplo a fibra o se desarrollarán subsistemas y algoritmos PAT para adquisición y seguimiento de la señal. Podrán evaluarse configuraciones basadas en fibra monomodo y multimodo, óptica adaptativa, fast steering mirrors, cámaras o detectores de posición, photonic lanterns y elementos de control y adquisición. Las prestaciones se caracterizarán mediante métricas como potencia recibida y acoplada, eficiencia y estabilidad del acoplo, error de apuntamiento, rango de captura, velocidad de seguimiento, tiempo de adquisición, robustez frente a perturbaciones y repetibilidad. La validación se realizará en bancos ópticos del ITEFI-CSIC y, cuando resulte viable y esté disponible, utilizando infraestructura free-space y de estación óptica terrestre del CSIC.

Conocimientos previos recomendados:

Fundamentos de óptica y fotónica, propagación de haces gaussianos y fibra óptica. Se valorarán conocimientos de comunicaciones ópticas, instrumentación de laboratorio, control y adquisición de datos, óptica adaptativa y programación científica (Python, MATLAB o equivalente). No se requiere experiencia previa en comunicaciones cuánticas.

Bibliografía:

R. K. Tyson, Principles of Adaptive Optics, CRC Press.
L. C. Andrews and R. L. Phillips, Laser Beam Propagation through Random Media, SPIE Press.
H. Hemmati (ed.), Near-Earth Laser Communications, CRC Press.
Bibliografía científica reciente sobre acoplo a fibra, óptica adaptativa, pointing/acquisition/tracking y enlaces ópticos free-space y espacio-tierra, a seleccionar en función de la línea concreta desarrollada durante el TFM.