

Interferometría estelar: principios y demostraciones prácticas.

Stellar interferometry: principles and practical demonstrations.

M.A. Illarramendi* (1).

Departamento de Física Aplicada, Escuela de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Plaza Ingeniero Torres Quevedo 1, E-48013 Bilbao, Spain.

ma.illarramendi@ehu.eus.

J. Zubia (2). Departamento de Ingeniería de Comunicaciones, Escuela de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Plaza Ingeniero Torres Quevedo 1, E-48013 Bilbao, Spain. EHU Quantum Center, University of the Basque Country UPV/EHU, Bilbao 48013, Spain.

joseba.zubia@ehu.eus.

*corresponding author.

Artículo recibido en septiembre 18, 2025; aceptado en septiembre 30, 2025.

Resumen.

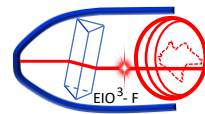
La interferometría espacial constituye una técnica fundamental utilizada en astronomía que permite combinar la luz de múltiples telescopios con el objetivo de alcanzar resoluciones angulares muy superiores a las obtenidas con un único telescopio. La enseñanza de esta disciplina es complicada debido a que se requieren unos conocimientos muy especializados. En el máster en Ciencia y Tecnología Espacial de la Universidad del País Vasco UPV/EHU se han diseñado prácticas de laboratorio basadas en el interferómetro estelar de Michelson utilizando fibras ópticas. Las prácticas, además de proporcionar formación práctica en instrumentación y técnicas ópticas, permiten profundizar conceptos fundamentales de óptica como la coherencia espacial y temporal de la luz.

Palabras claves: Coherencia de la luz, interferometría espacial, instrumentación óptica interferómetro estelar de Michelson.

Abstract.

Space interferometry is a fundamental technique used in astronomy, as it enables the combination of light from multiple telescopes in order to achieve angular resolutions far superior to those obtained with a single instrument. However, teaching this discipline is challenging due to the high degree of specialized knowledge it requires. Within the Master's Program in Space Science and Technology at the University of the Basque Country (UPV/EHU) laboratory exercises have been developed based on Michelson's stellar interferometer, implemented through the use of optical fibers. These exercises not only provide practical training in instrumentation and optical methods but also reinforce fundamental concepts in optics, such as the spatial and temporal coherence of light.

Keywords: Light coherence, Michelson stellar interferometer, optical instrumentation, spatial interferometry,.



1. Descripción de la conferencia.

La interferometría estelar es una técnica empleada en astronomía, en la que la luz detectada por múltiples telescopios se combina para construir un telescopio virtual, cuyo tamaño efectivo equivale a la separación entre telescopios denominada línea base B . Esta técnica permite alcanzar resoluciones muy superiores a la obtenida con un único telescopio. La resolución angular de un telescopio está limitada por el efecto de la difracción ($\approx \lambda/D$), mientras que en un interferómetro estelar depende de la separación entre telescopios ($\approx \lambda/B$) y no del tamaño D del espejo primario. El primer resultado satisfactorio con esta técnica fue obtenido por A.A. Michelson, quien en 1890 diseñó un interferómetro estelar que le permitió medir los diámetros angulares de muchas estrellas brillantes, entre ellas Betelgeuse. Desde entonces, las continuas mejoras en interferometría han permitido determinar el tamaño de numerosos objetos celestes, estudiar muchas superficies estelares e incluso detectar y caracterizar exoplanetas y protoplanetas.

Impartir la asignatura de interferometría estelar no es una tarea sencilla, ya que implica el conocimiento de conceptos complejos relacionados con la óptica, la interferencia de ondas, la astronomía y las técnicas de observación. El estudio en profundidad del funcionamiento de un interferómetro óptico estelar requiere una sólida formación en óptica y astronomía, además de algunos conocimientos técnicos especializados. En este contexto, la realización de prácticas puede ser un recurso muy útil para ayudar a consolidar la comprensión de los conceptos involucrados. En el máster en Ciencia y Tecnología Espacial de la Universidad del País Vasco impartido en la Escuela de Ingeniería de Bilbao (Sánchez-Lavega A, 2014), se han desarrollado prácticas de laboratorio que simulan el funcionamiento del interferómetro estelar de Michelson en las cuales se utilizan fibras ópticas de polímero (POF) para simular estrellas simples o binarias (Illarramendi MA, 2014, Arregui L, 2017, Barata J, 2024). En este trabajo, vamos a mostrar varias prácticas diseñadas para la asignatura “Interferometría Espacial”, donde los estudiantes experimentan el funcionamiento y las capacidades del interferómetro estelar de Michelson. El carácter didáctico de las prácticas hace hincapié en conceptos importantes relacionados con la interferometría estelar, como la coherencia espacial y temporal de la luz, e ilustra los principios del funcionamiento del interferómetro estelar Michelson. Además, el experimento proporciona a los estudiantes formación práctica en el uso de telescopios, cámaras digitales, filtros astronómicos y herramientas de procesamiento de imágenes.

2. Fundamentos teóricos básicos.

Un interferómetro óptico estelar superpone la luz captada por dos o más telescopios con el fin de medir franjas de interferencia. Un modelo básico de este dispositivo se logra utilizando un telescopio cuya apertura se cubre con una tapa que contiene dos agujeros circulares separados por una distancia conocida como línea base B (véase la **Fig. 1**). θ' es el tamaño angular de la fuente y α la posición angular de un punto en el plano de observación o detector. Su principio de funcionamiento es el mismo que el del experimento de la doble rendija de Young. Sin embargo, en este caso, la luz no es la luz monocromática que emite una fuente puntual, sino la luz que emerge de una fuente estelar, es decir, luz policromática emitida por una fuente extensa espacialmente incoherente.

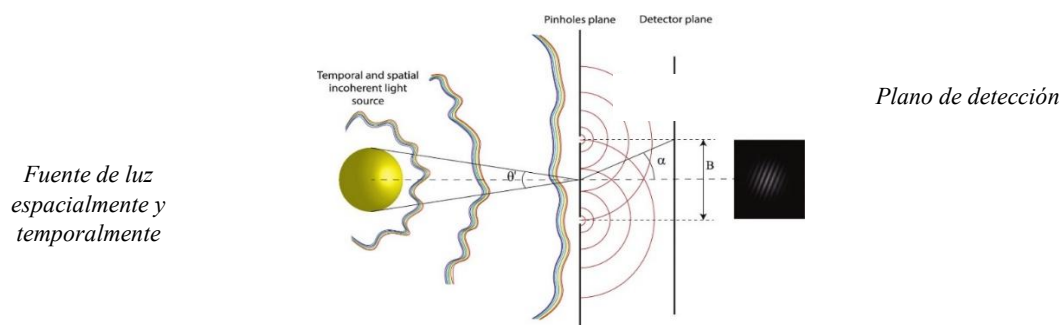
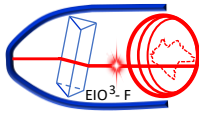


Figura 1. Esquema del interferómetro empleado. Los dos agujeros de diámetro D están separados por una distancia B y situados muy lejos de la fuente. θ' es el tamaño angular. α es el ángulo de observación.



La calidad de las interferencias observadas depende de la coherencia de la luz en los orificios y se caracteriza por la visibilidad o el contraste V de las franjas:

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad 0 < V < 1 \quad (1)$$

donde $I_{\max}$ e $I_{\min}$ son las irradiancias máxima y mínima del patrón de interferencia. La visibilidad varía entre valores de 0 y 1. Si $V=0$, la luz es completamente incoherente en los orificios (no hay franjas) y si $V=1$ indica que la luz es completamente coherente (franjas con contraste perfecto). Los valores intermedios entre 0 y 1 corresponden a luz parcialmente coherente. En este interferómetro se deben tener en cuenta tanto la coherencia temporal como la coherencia espacial de la luz. La coherencia temporal está relacionada con la distribución espectral de la luz, mientras que la coherencia espacial está asociada a la geometría espacial de la fuente. Para el caso de fuentes extensas espacialmente incoherentes, el patrón de franjas muestra una reducción significativa de la visibilidad a medida que aumenta el tamaño de la fuente. La reducción de la visibilidad con el tamaño de la fuente se debe a la pérdida de coherencia espacial en los dos agujeros. Suponiendo que la fuente de luz es espacialmente incoherente, cuasi monocromática y muy alejada del interferómetro, la visibilidad viene determinada por el teorema de van Cittert-Zernike. Aplicando este teorema para fuentes de luz circulares y uniformes, que es la forma más simple para describir una estrella, la visibilidad de las franjas viene dada por la siguiente expresión (Illarramendi MA, 2014):

$$V(B) = 2 \left| \frac{J_1\left(\frac{\pi \theta' B}{\lambda}\right)}{\frac{\pi \theta' B}{\lambda}} \right| \quad (2)$$

donde J_1 es la función de Bessel de primer orden de primera clase, θ' es el diámetro angular de la estrella y λ es la longitud de onda. Según (2), V disminuye a medida que aumenta el tamaño angular de la fuente, alcanzando el valor nulo cuando $\theta' = 1.22 \lambda/B$.

Si la fuente de luz consiste en dos discos circulares idénticos y uniformes separados por una cierta distancia (formando una estrella binaria) y orientados paralelamente a los dos agujeros, la expresión para la visibilidad puede describirse mediante la fórmula (Arregui L, 2017):

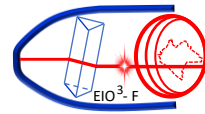
$$V(B) = \frac{2}{\sqrt{2}} \left| \frac{J_1\left(\frac{\pi \theta' B}{\lambda}\right)}{\frac{\pi \theta' B}{\lambda}} \right| \sqrt{1 + \cos\left(\frac{2\pi \theta_s B}{\lambda}\right)} \quad (3)$$

donde θ_s es la distancia angular entre los dos discos y θ' es el diámetro angular de cada componente. La expresión (3), indica que, en este caso, V está modulada por la visibilidad de un disco. Esta visibilidad es cero no solo para las mismas condiciones de un disco uniforme, sino también cuando $\theta_s = \frac{\lambda}{2B}(n+1)$, $n = 0, 1, \dots$.

La distribución de la irradiancia o intensidad detectada en el plano de observación del interferómetro (véase la Fig. 1) se puede expresar de la siguiente manera (Barata J, 2024):

$$I(\alpha) = I_0 \left(\frac{J_1\left(\frac{\pi D \alpha}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\pi D \alpha}{\lambda}\right)} \right)^2 \left(1 + V \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} B \alpha\right) \right) \quad (4)$$

En esta ecuación se ha tenido en cuenta la difracción de la luz en los agujeros circulares de diámetro de D . I_0 es una constante y el producto αB representa la diferencia de camino óptico para valores pequeños de α . V es la visibilidad de las franjas, la cual vendría determinada por la ecuación 2 o 3 dependiendo si la estrella fuera simple o binaria, respectivamente.



3. Configuración experimental y procedimiento.

La **Fig. 2** muestra un esquema y una imagen del sistema de fuente de luz diseñado para este trabajo. La luz emitida por un láser (o por un LED) se divide en dos haces mediante un divisor de haz (BS). Estos haces se acoplan a los conectores SMA de dos fibras ópticas de polímero de 2 m de longitud. Por último, los extremos libres de la fibra se insertan en dos orificios situados en un elemento en forma de L (PS). Este dispositivo PS contiene orificios alineados horizontalmente, con diferentes separaciones, de centro a centro (véase la **Fig. 2(c)**). Las POF tienen un diámetro grande (~ 1 mm) y una alta apertura numérica (~ 0.5) y los 2 m de longitud son suficientes para considerar los extremos libres de la fibra, fuentes de luz circulares uniformes y espacialmente incoherentes. El diseño del sistema permite que sus parámetros se puedan cambiar de forma rápida y sencilla. Por ejemplo, el tamaño de la fuente se puede cambiar sin dificultad, simplemente conectando POF de diferentes diámetros.

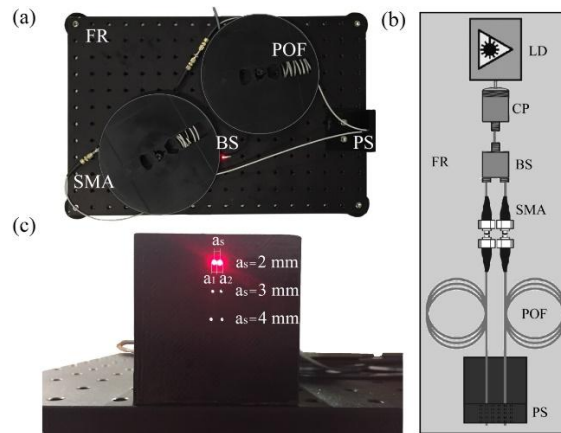


Figura 2. Imagen superior (a) y esquema (b) del sistema de fuente de luz. (c) Imagen frontal del equipo de fuente de luz. LD: diodo láser, CP: acoplador de fibra, BS: divisor de haz, SMA: conector SMA, POF: fibra óptica de polímero, PS: soporte, FR: tabla óptica plano.

La **Fig. 3** muestra el telescopio utilizado para la detección de las imágenes (AstroMaster 114 EQ Newtonian, apertura $D = 114$ mm y distancia focal 1000 mm). Una vez que el telescopio está bien enfocado, su apertura se bloquea con una tapa con dos agujeros idénticos separados a diferentes distancias (**Fig. 3 (a)**). La tapa consta de dos partes: la tapa interna (**Fig. 3 (c)**), que se fija a la apertura del telescopio, y la placa giratoria que contiene los orificios (**Fig. 3 (d)**). Al girar la placa giratoria sobre la tapa interna, se puede variar la distancia entre los orificios, lo que permite obtener franjas de interferencia para diferentes valores de B . Si la fuente de luz utilizada es un LED, se utiliza una rueda de filtros para establecer la longitud de onda y así, asumir luz cuasi-monocromática. Las imágenes del patrón de franjas se adquieren con una cámara situada en el plano focal del telescopio (**Fig. 3 (b)**). Para la detección, se utiliza una cámara comercial DMK41AU02 equipada con el chipset CCD Sony ICX205AL, utilizada por astrónomos aficionados y en nuestro Observatorio Aula Espazio (Sánchez-Lavega A, 2014). Esta cámara tiene una sensibilidad de 0.05 lx y un rango dinámico de 36 dB. El tamaño de los píxeles es de $4.65 \mu\text{m}$, lo que permite obtener imágenes de alta resolución. Los valores de visibilidad de las imágenes adquiridas se calculan mediante un programa implementado en Matlab o con cualquier otro software de análisis de imágenes (por ejemplo, el programa gratuito ImageJ). Para cada imagen detectada, se realiza un corte fotométrico perpendicular al patrón de interferencia. Los valores de visibilidad se calculan mediante la ecuación (1) tomando I_{max} e I_{min} en posiciones de observación cercanas al eje óptico. De esta manera, se minimizan los efectos de la difracción de la luz y de la borrosidad de los máximos de interferencia producido por el ancho espectral de la luz. El valor final de visibilidad es la media de 5 medidas y su error, la desviación estándar.

Los experimentos se han realizado en un pasillo situado en el sótano de la Escuela de Ingeniería de Bilbao en condiciones de poca luz y en el exterior, colocando la fuente en la azotea de un edificio de nuestra Escuela y el telescopio en la última planta de otro edificio. Los experimentos al aire libre se llevaron a cabo en días nublados para disminuir la entrada de luz parásita en el telescopio y así, evitar la disminución del contraste visual y el aumento del

ruido. La distancia entre el sistema de fuente de luz y el telescopio fue de $L = 54 \pm 1$ m para las medidas del sótano y de 75 ± 3 m para las realizadas en el exterior. En ambos casos se necesitaron tiempos de exposición largos para obtener una relación señal-ruido adecuada (de 7 a 10 segundos para las mediciones interiores y hasta 2 minutos para las exteriores).

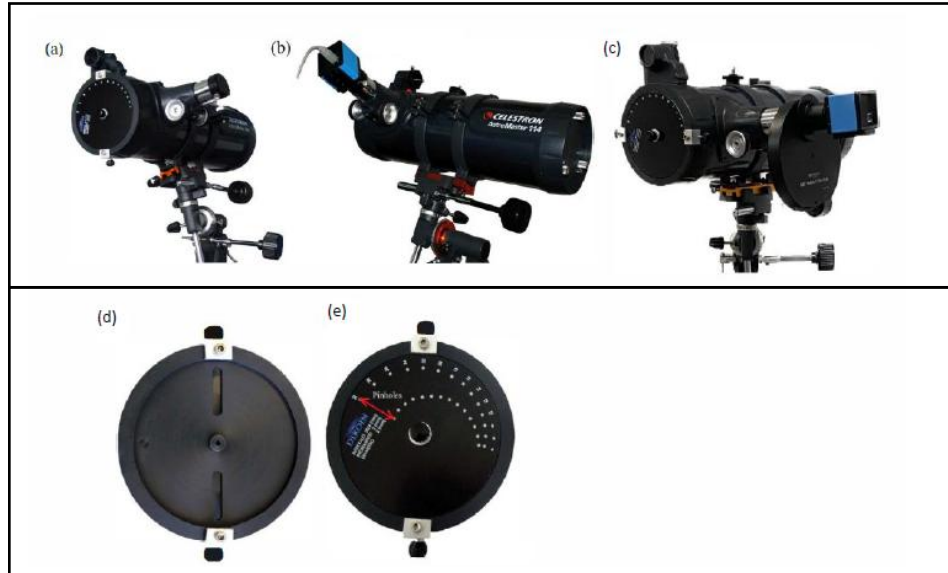


Figura 3. (a) Telescopio con la tapa; (b) Telescopio con la cámara acoplada; (c) Telescopio con la cámara y la rueda de filtros; (d) Rendija interna; (e) Tapas giratorias externas con agujeros circulares. Las distancias de separación entre los agujeros se indican en la máscara; la distancia se modifica girando la tapa giratoria. Los diámetros de los agujeros son de 2 mm y pueden separarse entre 4 y 30 mm. La rueda de filtros de Omegon contiene filtros de 1,25".

La visibilidad de las franjas producidas por una sola fibra en función de la separación entre los orificios obtenida en el sótano puede verse en el gráfico de la izquierda de la **Fig. 4**. Los datos corresponden a tres tamaños angulares diferentes obtenidos utilizando tres fibras de diferente diámetro con una misma $L = 54$ m: 1.88 arcsec, 3.04 arcsec y 4.18 arcsec (valores nominales). Como se puede observar en el gráfico, a medida que aumenta el diámetro de la fibra (o θ') la visibilidad disminuye más rápidamente y el primer mínimo de la visibilidad se desplaza hacia líneas base más pequeñas. Un ajuste de la ecuación (2) a los puntos experimentales da los siguientes resultados: $\theta' = (1.8 \pm 0.1)$ arcsec, $\theta' = (2.8 \pm 0.1)$ arcsec y $\theta' = (3.7 \pm 0.1)$ arcsec para cada fibra, que difieren en un 3 %, un 10 % y un 13 % de sus valores nominales, respectivamente. El gráfico de la derecha de la figura 4 muestra la curva de visibilidad medida al aire libre producida por una fibra. En este caso, el diámetro de la fuente es de 3 mm y $L = 75$ m ($\theta' = 8$ arcsec). Obsérvese que las barras de error de los valores de V medidos al aire libre son mayores que las de los valores medidos en interiores. Ajustando la ecuación (2) a los datos experimentales, obtenemos un tamaño angular para la fuente de $\theta' = 8.3 \pm 0.8$ arcsec. Este tamaño angular difiere aproximadamente en un 3 % del valor real.

Los resultados obtenidos para las curvas de visibilidad en función de B obtenidos utilizando dos fibras, es decir, simulando que la fuente estelar fuera una estrella binaria, muestran que dichas curvas están moduladas por la curva de V producida por una estrella. Los tamaños angulares de las dos estrellas junto con su separación angular estimados de los ajustes a los puntos experimentales utilizando, en este caso la ecuación (3), difieren como mucho en un 6% de los valores nominales correspondientes. A modo de ejemplo, mostramos en la **Fig. 5** los patrones de interferencia y los perfiles de brillo relativo de las imágenes obtenidas para cuatro líneas base diferentes producidas por una estrella binaria. Se puede observar el efecto de difracción de la luz en los agujeros de las tapas y cómo las franjas de interferencia se van acercando entre sí a medida que aumenta B .

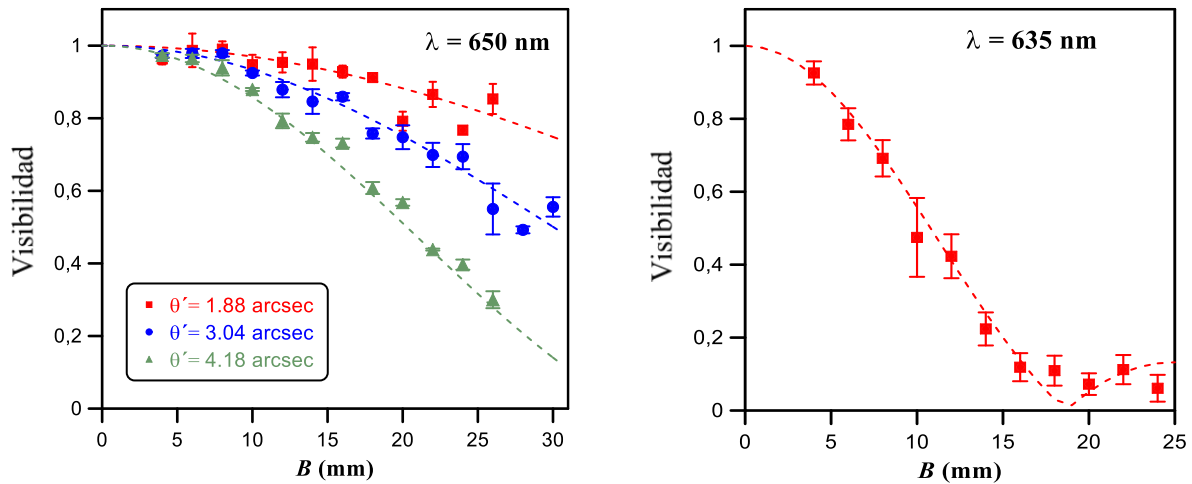
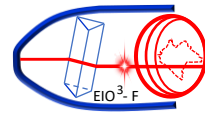


Figura 4. Curvas de visibilidad en función de la separación entre los agujeros. Izquierda: mediciones en interiores. Derecha: mediciones al aire libre. Los símbolos representan las visibilidades determinadas experimentalmente a partir de las imágenes capturadas. Las curvas discontinuas son los ajustes a los datos utilizando la ecuación (2).

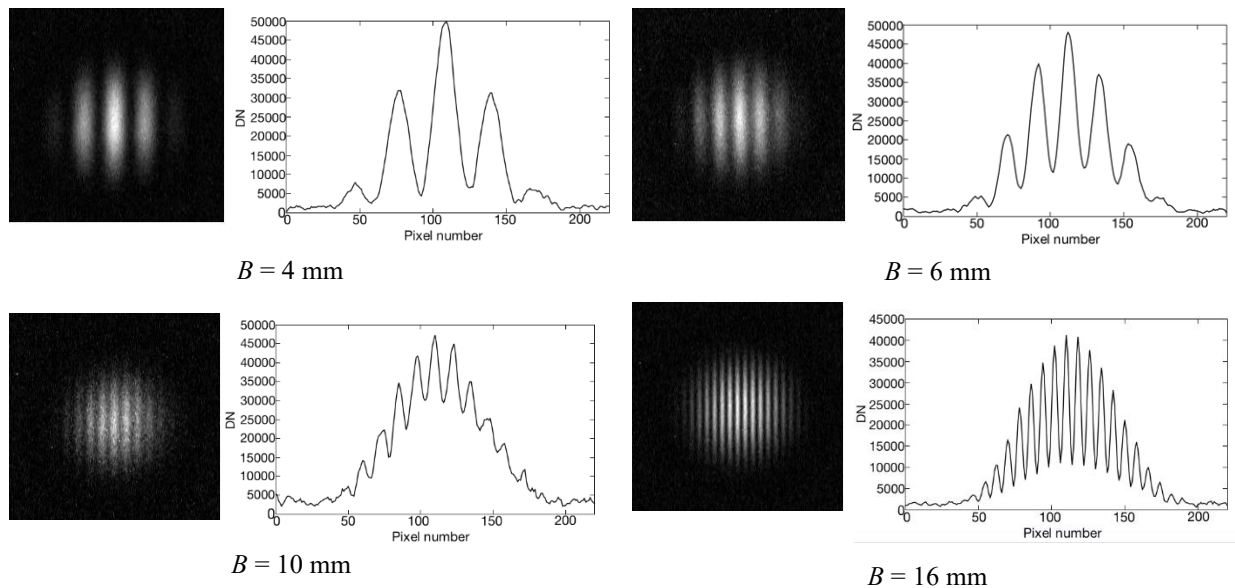
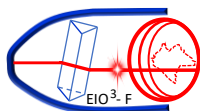


Figura 5. Patrones de interferencia formados por la luz procedente de una fuente circular binaria situada a $L = 54$ m con tres líneas base: $B = 4$ mm, $B = 6$ mm, $B = 10$ mm y $B = 16$ mm. Fuente de luz: dos fibras circulares idénticas de tamaño 1000 mm separadas 2 mm y $\lambda = 650$ nm. A la derecha se muestran los perfiles de brillo relativo de las imágenes para las mismas B .

Finalmente, la **Fig. 6** muestra la variación de la visibilidad en función de la longitud de onda utilizando una estrella simple y otra binaria obtenidas manteniendo las líneas base constantes, $B = 4$ y 14 mm. En estas medidas, las fibras fueron iluminadas con un LED de banda ancha (Thorlabs' MCWHF2 Fibre-Coupled LED) y se insertó la rueda con 9 filtros astronómicos en el ocular del telescopio (véase la figura 3(c)). Como se aprecia, la dependencia de la longitud de onda de V cambia notablemente con la línea base y la geometría de la fuente de luz. Los valores de V apenas varían en el caso de una estrella simple con $B = 4$ mm, mientras que muestran una variación compleja en el caso de una estrella binaria con $B = 14$ mm. Al ajustar (2) a los valores experimentales representados en las **Fig. 6(a)** y **(c)**,



utilizando la línea base correspondiente, estimamos los valores del tamaño angular de la estrella simple. De manera similar, ajustando la ecuación (3) a los valores experimentales mostrados en las Fig. 6(b) y (d) con la línea base correspondiente, estimamos los valores de los tamaños angulares de las dos estrellas junto con su separación angular. Como se puede esperar de las dependencias obtenidas de V frente λ , los valores estimados para el tamaño angular de las estrellas o la separación de la estrella binaria con $B = 14$ mm, concuerdan mejor con los nominales que los obtenidos con $B = 4$ mm (un error del 6% con $B = 14$ mm frente a un error del 30% con $B = 4$ mm).

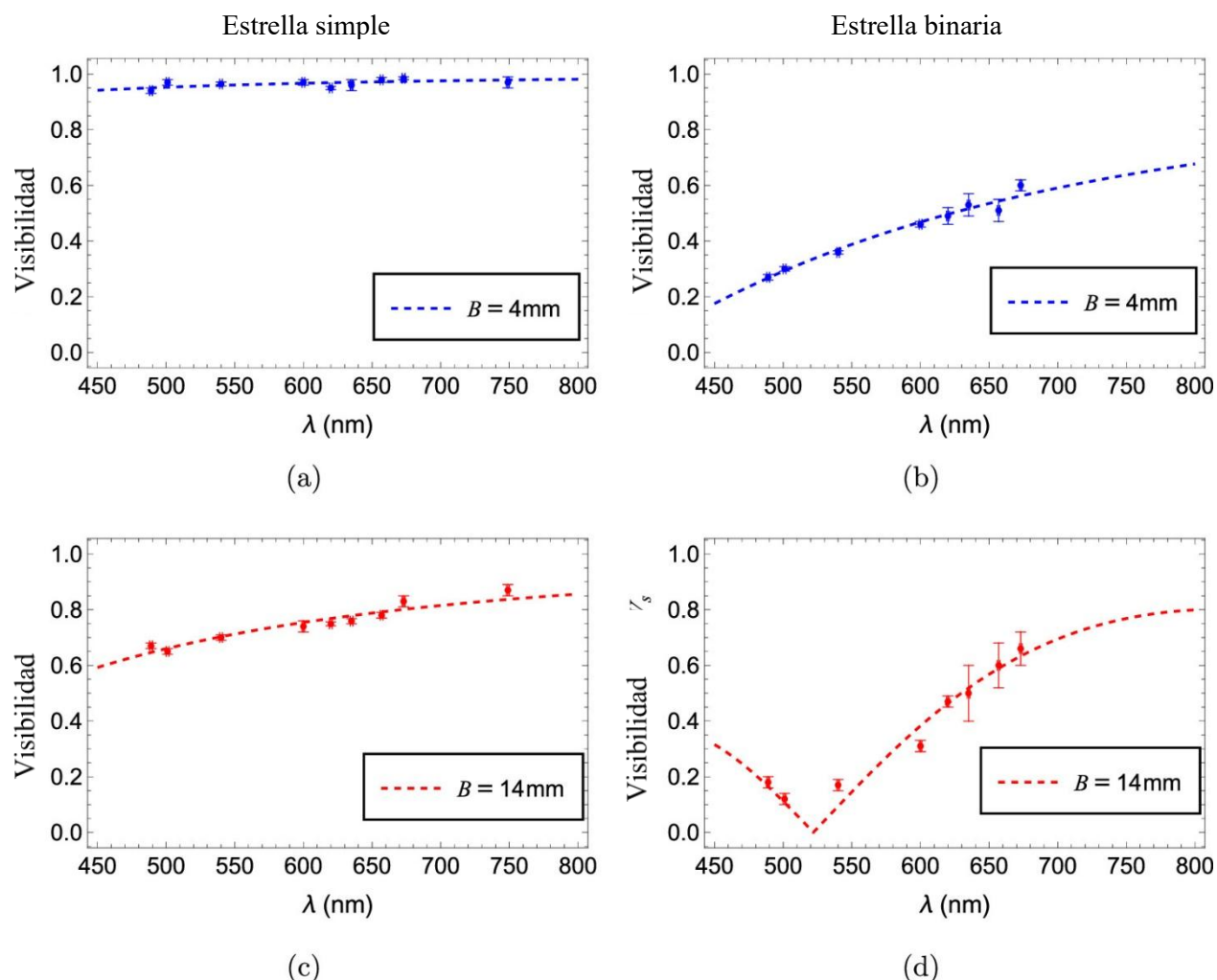
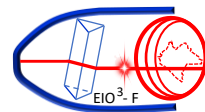


Figura 6. Visibilidad en función de la longitud de onda producida por una estrella única ($\theta' = 3.9$ arcsec) y una estrella binaria ($\theta' = 3.9$ arcsec y $\theta_s' = 11.7$ arcsec). Los símbolos son puntos experimentales, mientras que las líneas discontinuas son el ajuste de la ecuación (2) para una estrella única y de la ecuación (3) para la binaria.

Conclusiones.

En este trabajo se detallan varias prácticas experimentales diseñadas para que los estudiantes profundicen los principios básicos de la interferometría espacial. En particular, se ha diseñado un montaje que simula el funcionamiento del interferómetro estelar de Michelson. El patrón de emisión de fuentes estelares (simples y dobles) se ha reproducido utilizando fibras ópticas de polímero de 2 m de longitud iluminadas por un láser o por un LED, que producen patrones de emisión circulares, uniformes, cuasi-monocromáticos y espacialmente incoherentes. En el caso de que las fibras se



iluminen con un LED se deben utilizar filtros astronómicos para obtener luz cuasi-monocromática. El experimento puede llevarse a cabo tanto en interiores como al aire libre durante el día. Con estos montajes experimentales se han resuelto tamaños angulares de alrededor de 2 arcsec con errores relativos comprendidos mayoritariamente entre 3-15 %. El tamaño más pequeño medido con nuestro interferómetro es comparable al tamaño angular de Urano (3.7 arcsec) o Neptuno (2.2 arcsec).

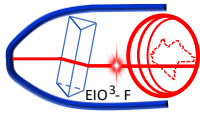
La simplicidad del dispositivo experimental y los buenos resultados obtenidos hacen que estas prácticas sean idóneas para estudiantes de asignaturas de posgrado de astrofísica, astronomía u óptica. Por un lado, proporciona la experiencia práctica necesaria para comprender los conceptos básicos que subyacen en la interferometría espacial, como la coherencia espacial y temporal de la luz. Por otro lado, la práctica proporciona a los estudiantes formación en el uso de telescopios, filtros astronómicos, cámaras digitales y herramientas de procesamiento de imágenes. Para estudiantes principiantes, o para aquellos que abordan este tema de forma residual, el experimento también se puede llevar a cabo evitando los ajustes no lineales y el procesamiento de imágenes. En este caso los estudiantes pueden estimar el tamaño de la fuente estelar simplemente observando la fuente con el ocular del telescopio y calculando el valor más pequeño de la separación entre los agujeros para el cual desaparecen las franjas de interferencia.

Créditos.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos I + D + i/PID2021-122505OBC31, PID2024-155582OB-C31, PID2024-158310NB-I00, PID2021-123131NA-I00 y TED2021-129959B-C2, funded by MCIN/AEI/<https://doi.org/10.13039/501100011033>, by “ERDF A way of making Europe”, by the “European Union Next Generation EU/PRTR”. Este trabajo ha sido también parcialmente financiado por los proyectos No. IT11452-22 del Gobierno Vasco, ELKARTEK 2025 (SmartuS KK-2025/00058 y Newhegaz KK-2025/00074) y por el proyecto Translight de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

Referencias bibliográficas.

- Arregui L., Illarramendi, M.A., Zubia J., Hueso R., and Sánchez-Lavega A. (2017).**
Interferometry of binary stars using polymer optical fibres. European Journal of Physics, 38, 045704
[10.1088/1361-6404/aa7038](https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa7038)
- Barata J., Illarramendi, M.A., Grandes J., Zubia J. and Arrospide E. (2024)**
Stellar interferometer experiment by measuring visibilities at different wavelengths. European Journal of Physics, 45, 035306
[10.1088/1361-6404/AD3D43](https://doi.org/10.1088/1361-6404/AD3D43)
- Illarramendi, M.A., Hueso R., Zubia J., Aldabaldetrekú, Durana G., and Sánchez-Lavega A. (2014).**
A daylight experiment for teaching stellar interferometry. American Journal of Physics 82, 649-653
<https://doi.org/10.1119/1.4869280>
- Sánchez-Lavega A, Pérez-Hoyos S, Hueso R, del Río-Gaztelurrutia T and Oleaga A (2014)**
The Aula Espazio Gela and the master of space science and technology in the Universidad del País Vasco (University of the Basque Country) Eur. J. Eng. Educ. 39:5 518–26.
<https://doi.org/10.1080/03043797.2013.788611>



Biografías de los investigadores.



M. Asunción Illarramendi es doctora en Física por la Universidad de País Vasco UPV/EHU (premio extraordinario de doctorado 1991), con la tesis titulada “Espectroscopía del ion Cr^{3+} en vidrios fluoruros de metales pesados”. Catedrática del Departamento de Física Aplicada en la Escuela de Ingeniería de Bilbao (EIB), donde imparte asignaturas de Física y Óptica en el grado de Ingeniería en Tecnología de Telecomunicación y la asignatura Interferometría Espacial en el Máster de Ciencia y Tecnología Espacial. En este ámbito ha estado involucrada en la educación en Óptica y Fotónica, publicando más de diez artículos internacionales docentes JCR y participando en varios congresos internacionales docentes. M.A. Illarramendi investiga en el área de captación, propagación, generación de luz en fibras ópticas de polímero, donde ha publicado más de 75 artículos de investigación JCR.



Prof. Joseba Zubia nació en Barakaldo, España, en 1965. Obtuvo la licenciatura y el doctorado en Física por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Bilbao, España, en 1988 y 1993, respectivamente. Recibió un premio especial de doctorado y el premio de investigación Euskoiker. Desde 2001 es profesor del departamento de Ingeniería de Comunicaciones de la Universidad del País Vasco. Es director del Grupo Applied Photonics, reconocido como excelente por el Sistema Vasco de Ciencia. Sus intereses de investigación incluyen el desarrollo de sensores de fibra óptica, la fabricación de fibras ópticas poliméricas y la óptica cuántica. En estos campos, ha colaborado con investigadores europeos, japoneses y estadounidenses de primer orden, ha publicado más de 150 artículos en revistas SCI-IF y ha contribuido con más de 250 comunicaciones en conferencias internacionales.