



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

MEMORIA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE ID2019/037

Aprendizaje activo en prácticas de laboratorio basadas en difracción de la luz

Profesor coordinador:

Benjamín Alonso Fernández

Profesores miembros del equipo:

Enrique Conejero Jarque

Aurora Crego García

Ana García González

Javier Rodríguez Vázquez de Aldana

Universidad de Salamanca
Salamanca, 7 de julio de 2020

1. Introducción

En la enseñanza en general, y en particular en las ciencias experimentales, resulta clave la experimentación para un desarrollo complejo del proceso de aprendizaje de los alumnos. Es bien sabido que la observación y ejecución en primera persona de las prácticas por parte de los estudiantes, sirven para profundizar y afianzar los conocimientos teóricos.

En este sentido, el presente proyecto venía motivado por el deseo de ir un paso más allá en este proceso, dando un papel protagonista al estudiante, no solo en la ejecución de la práctica, sino también en el propio diseño. En las clases teóricas están más implantadas este tipo de pedagogías alternativas, pero en las clases prácticas, resultan menos habituales. Hemos visto cómo este cambio resulta beneficioso para los alumnos.

El proyecto se centró en prácticas de difracción de la luz en distintos niveles correspondientes a distintas asignaturas impartidas en varios Centros de la Universidad de Salamanca. Se presentarán las propuestas realizadas por los alumnos y algunos de los resultados obtenidos en dichas prácticas.

2. Estado del arte

En otros grupos de innovación, en el ámbito de la difracción se han desarrollado herramientas de simulación y visualización¹, experiencias más divulgativas o cotidianas², o prácticas del fenómeno de difracción³, y sus aplicaciones en otras áreas⁴.

En el presente proyecto, además del diseño e implementación del nuevo conjunto de prácticas, se pretendía dar una nueva perspectiva al desarrollo integral de la práctica, promoviendo que el alumno arrancara desde los conocimientos teóricos y fuera capaz de participar de forma más activa en el diseño de la propia práctica, como se detalla en la presente memoria. Este punto ha

¹ JOptics Curso de Óptica, simulaciones con applets, teoría y ejercicios, Universidad de Barcelona, <http://www.ub.edu/javaoptics/index-es.html>

² Patrones de Difracción de objetos cotidianos: Experiencias demostrativas. Proyecto de Innovación Docente. Universitat de València. 2011/12.

³ Experiencias de innovación docente en la enseñanza de la Física Universitaria 3.0. Capítulo 2. Caso Práctico 4: Difracción de un haz láser. ISBN: 9781291436327.

⁴ P. Martínez, et al. (2018). "Nuevos recursos audiovisuales para la enseñanza de la cristalografía: cristales y difracción". [Proyecto Innovación Docente. Dpto. Mineralogía y Petrología. UCM.]

facilitado que el alumno sea más autónomo a la hora de analizar e interpretar los resultados, favoreciendo que el aprendizaje sea significativo.

En esta línea, se han encontrado experiencias previas positivas que guardan relación con el proyecto, en el sentido de implementar de distintas maneras el aula invertida, en el ámbito de las enseñanzas medias en física⁵, biología⁶, o estudios superiores en química^{7,8} o informática⁹.

3. Objetivos del trabajo

El objetivo general de este proyecto era el de crear un conjunto de prácticas de Laboratorio de Óptica —relacionadas todas ellas con la difracción de la luz—, que fuera desarrollado y aplicado en varias asignaturas en diferentes Grados impartidas por el Área de Óptica.

El hilo conductor del proyecto es en primer lugar que el alumno, partiendo de los conocimientos teóricos de las asignaturas correspondientes, sea capaz de traducirlos e interpretarlos en las aplicaciones experimentales propuestas, participando en el diseño del montaje y de la adquisición de datos, y de una forma más autónoma en la programación para realizar el correspondiente análisis de datos (se han usado software analítico y numérico, lenguajes secuenciales y hojas de cálculo).

El objetivo principal se ha desarrollado a través de los siguientes objetivos parciales:

1. Diseño de prácticas de laboratorio
2. Diseño de programas de análisis de datos
3. Elaboración de guiones de prácticas

⁵ C. Búcar, “Experiencia de Flipped Classroom aplicada al laboratorio de bachillerato”, en <https://www.theflippedclassroom.es/experiencia-de-flipped-classroom-aplicada-al-laboratorio-de-bachillerato/>

⁶ P. Cuesta de Diego, “Flippeando en el laboratorio”, en <https://www.theflippedclassroom.es/flippeando-en-el-laboratorio/>

⁷ J. Mercadal Guillén (2017). “Elaboración de material docente siguiendo el modelo de Aula Invertida. Determinación de hierro en mejillón por EAA”. [Trabajo Fin de Grado. Univ. de la Rioja].

⁸ S. Montesdeoca-Esponda, et al. (2018), “Desarrollo de la metodología del aula invertida y del aprendizaje basado en proyectos en las prácticas de laboratorio del grado en Ciencias del Mar”. [V Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC].

⁹ A. Prieto Espinosa (2016). “Una experiencia de flipped classroom”. [Actas de las XXII Jenui, pp. 237-244].

Como consecuencia de los anteriores, se derivan los objetivos secundarios perseguidos:

- I. Creación de nuevas prácticas de laboratorio
- II. Mejora de la conexión entre las clases de teoría y de práctica
- III. Mejora de la competencia del alumno en programación
- IV. Introducción al alumno al tratamiento y análisis de datos de laboratorio

4. Recursos y Metodología

Recursos a emplear:

Para la ejecución del proyecto, se ha recurrido a los espacios, material de laboratorio y material informático, de los cuales ya disponía el grupo de trabajo. La adquisición del material financiado por el proyecto ha permitido realizar experimentos adicionales sobre los conceptos expuestos en las clases teóricas.

Metodología de trabajo

El presente proyecto de innovación no se puede asimilar en exclusiva a un modelo pedagógico concreto, sino que bebe de distintas fuentes, adaptándolas y tomando de cada una de ellas la parte más indicada para alcanzar los objetivos propuestos. Así, el arranque del proyecto se apoya en la modalidad de aula invertida (en inglés, *flipped classroom*), en la cual son los alumnos, con los conocimientos teóricos que se han presentado en clase, los que han de explorar qué experimento han de realizar para poder acceder a la información deseada. En cierto grado, se podría asimilar a la metodología de pensamiento de diseño (en inglés, *design thinking*), en el sentido de que son los alumnos los que han de realizar el diseño de la práctica. En este caso, el producto obtenido es el propio diseño del experimento, el cual se utilizará para realizar la conexión entre la teoría y la práctica. En esta parte, al alumno se le dan ciertas directrices y orientaciones, así como un listado de materiales de laboratorio disponibles.

Podemos hablar también de aprendizaje colaborativo, dado que los alumnos se organizan en grupos, no sólo para la ejecución final de la práctica, sino desde el principio, para realizar el análisis de la teoría y el diseño del experimento. A diferencia de los grandes científicos de siglos pasados, la ciencia actual se desarrolla en grupo y colaboración, y el presente proyecto puede favorecer que los alumnos interioricen esta forma de trabajar.

En cuanto a la preparación de la práctica y al posterior análisis de resultados, el profesorado y los alumnos deben manejar ciertas herramientas de cálculo analítico y numérico, como por ejemplo hojas de cálculo y lenguajes de programación secuenciales (tipo Mathematica o Matlab), siempre adaptadas al nivel del alumno y de la asignatura involucrada.

De esta manera, se pretende que las nuevas prácticas a desarrollar dejen de ser recetas con una serie de ingredientes y pasos a seguir, para que el alumno tome parte activa y de forma autónoma pueda diseñar los materiales y procesos necesarios para obtener el resultado que busque. Por ello, se favorece el aprendizaje significativo que, si bien es algo inherente a las prácticas de laboratorio, en este caso se ve reforzado al ser el alumno quien toma un rol impulsor.

Para la ejecución del proyecto, un factor destacable es el número de alumnos. Por este motivo, se eligieron principalmente dos asignaturas en las cuales teníamos grupos pequeños, Comportamiento Óptico y Magnético de Materiales (menor nivel de Óptica) y Óptica Coherente (más avanzada), en las cuales podíamos desarrollar las tareas y metodologías descritas de una forma más natural, y por tanto alcanzar los objetivos del proyecto. En la asignatura Física II (formación básica), se pretendía ofrecer el proyecto a título voluntario a los alumnos, lo que podríamos considerar como una experiencia piloto para asignaturas con grupos grandes. Dependiendo del resultado, en sucesivos cursos se aspiraría a una aplicación más generalizada o se mantendría la voluntariedad.

5. Actividades desarrolladas

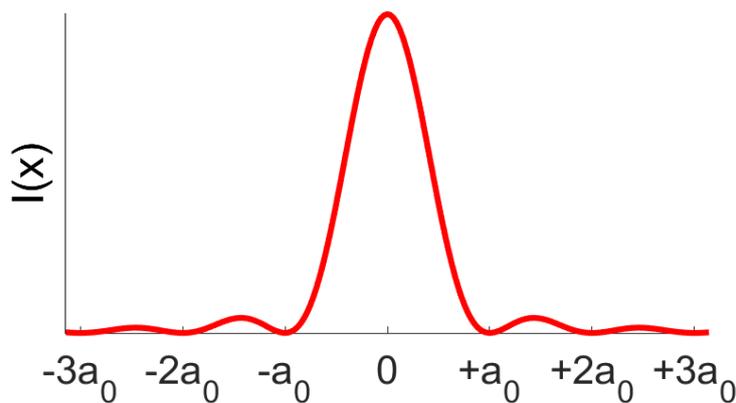
En esta sección, se presenta un resumen de las principales prácticas desarrolladas por los alumnos en el marco del presente proyecto.

5.1. Práctica 1: Grosor de un cabello medido por difracción

En esta práctica se trabaja la difracción por un obstáculo sencillo, en este caso un cabello, en campo lejano. Dado que en las clases de teoría se trabaja más con el caso complementario —difracción por una rendija—, sirve a los alumnos para asentar los conceptos involucrados en el principio de Babinet que también se ve en clase de teoría.

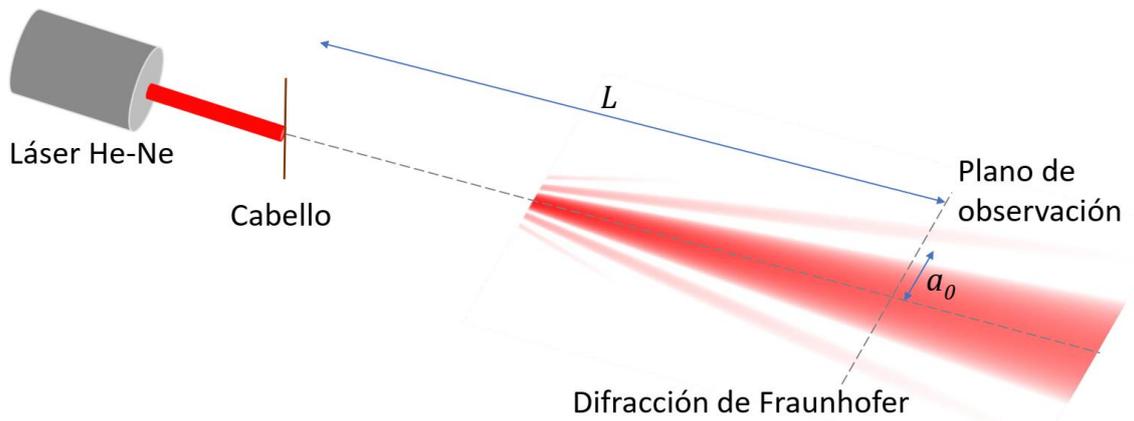
Se trata de una práctica de carácter básico que ha sido implementada por alumnos de la asignatura Comportamiento Óptico y Magnético de Materiales del Grado en Ingeniería de Materiales de la Escuela Politécnica Superior de Zamora.

Cuando la luz atraviesa un obstáculo de un tamaño comparable a la longitud de onda, experimenta el fenómeno conocido como difracción. En este caso, el obstáculo es un cabello humano, el cual puede asimilarse a un obstáculo rectangular con una dimensión muy pequeña y una longitud infinita (apertura complementaria a una rendija estrecha, como se ha mencionado anteriormente). La difracción por una rendija se abordará de una forma más profunda en la práctica de difracción de Fresnel (para distancias de observación más pequeñas). Debido a la difracción, el haz se expande en la dirección transversal al obstáculo (en este caso perpendicular al cabello dado que la dirección de difracción es en la que el obstáculo es estrecho). Si el cabello tiene una anchura w , y se observa a una distancia L suficientemente grande, el patrón de intensidad a una determinada distancia L viene descrito por $I = I_0 \text{sinc}^2(\beta)$, donde $\beta = kwx/2L$, $k = 2\pi/\lambda$ es el número de ondas, λ es la longitud de onda, x representa la distancia al centro del haz en el plano de observación en la dirección de difracción, y el valor I_0 es una constante para cada plano de observación (disminuye con L). Dicha dependencia se muestra en la siguiente figura, donde la cantidad a_0 representa la semianchura del máximo central, que equivale a la distancia entre dos máximos o mínimos consecutivos (a excepción del central). Bajo las condiciones descritas, $a_0 = \lambda L/w$, lo cual propusieron los alumnos como punto de partida para medir el grosor del cabello, w .



Intensidad del haz en función de la distancia al centro del haz.

En el montaje experimental propuesto por los alumnos, se utilizó un láser de helio-neón ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$), un soporte para un cabello y una pantalla para observar la difracción a diferentes distancias, tal y como se muestra en el siguiente esquema. La teoría predice que, para un obstáculo fijo, el máximo central se ensancha y los máximos secundarios se alejan del eje óptico y entre sí a medida que aumenta L .



Esquema experimental empleado en la práctica de medida del grosor de un cabello por medio de difracción.

En el procedimiento a seguir, los alumnos miden la semianchura a_0 del máximo central del haz (a partir de la distancia entre los dos mínimos adyacentes a dicho máximo, para minimizar el error experimental) en función de la distancia de observación L . Los resultados experimentales se muestran en la siguiente figura, en la que se ha añadido el ajuste lineal de los datos, dada la dependencia descrita $a_0 = \lambda L/w$. La pendiente de la recta es $m = 0.0061 \pm 0.0005$ y, puesto que se conoce el valor de λ , se obtiene el grosor del cabello: $w = 102 \pm 8 \mu\text{m}$.

Además de analizar los datos con Mathematica, los alumnos completaron la práctica con algunas simulaciones sencillas de difracción por un cabello.

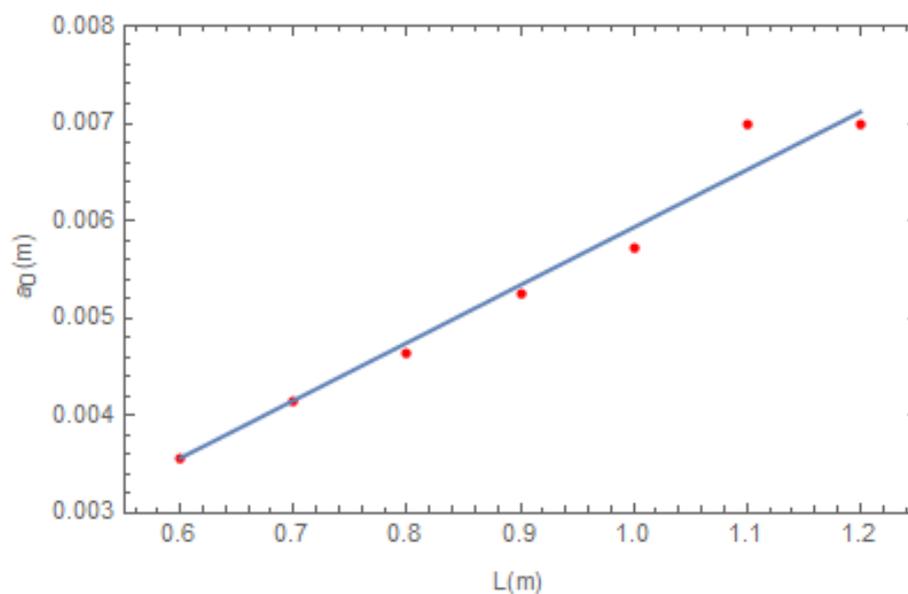
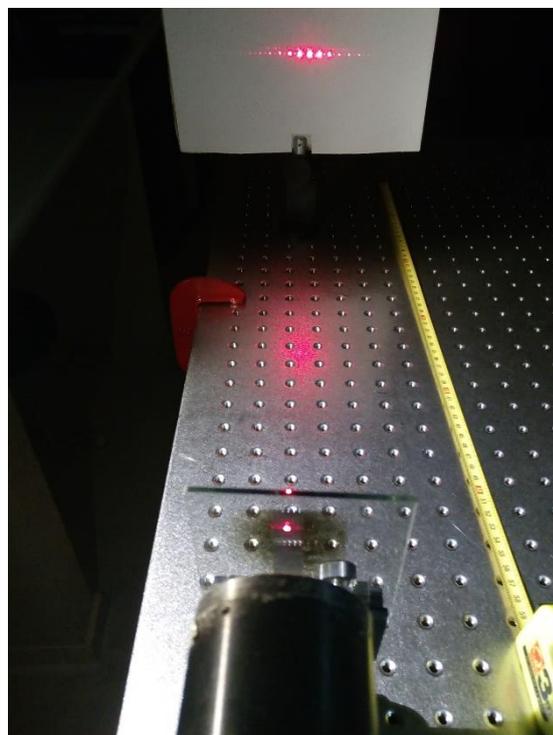


Figura en la que se muestran los datos experimentales (puntos rojos) y la línea de ajuste en la medida de difracción por un cabello, donde a_0 y L representan la semianchura del máximo central y la distancia de observación, respectivamente.

5.2. Práctica 2: Espectroscopía

La presente práctica fue propuesta también por alumnos de la asignatura Comportamiento Óptico y Magnético de Materiales, a los que se le sugirió que relacionaran los parámetros de una red de difracción para caracterizar la longitud de onda de la fuente de luz. Se puso a su disposición el material: dos láseres de distintas longitudes de onda λ (verde en 532 nm y rojo en 632.8 nm) y varias redes de difracción con distintas constantes de red (algunas de ellas con su calibración conocida). Asimismo, se puso a su disposición una lámpara de sodio y un espectrogoniómetro, en el que se pueden medir con precisión los ángulos en los que se desvía la luz debido a la difracción.

Una red de difracción se puede entender como un patrón periódico (en una dimensión) de obstáculos iguales (orientados en la dimensión perpendicular). Estos obstáculos podrían ser rendijas u otro tipo de modulaciones, que se conocen como línea de la red. Debido a este patrón periódico, la luz se desvía en la dirección en la que se repiten dichos obstáculos formando un máximo de difracción central (orden 0) en la dirección del haz incidente, y una serie de máximos secundarios (órdenes m), tal y como se muestra en la figura.



Órdenes de difracción de una red iluminada por un haz láser Helio-Neón

Por sencillez, aunque no es una limitación, los alumnos escogieron en su diseño incidencia del haz perpendicular a la red de difracción. En este caso, la ecuación de la red nos lleva a la expresión $d \sin\theta_m = m\lambda$, donde λ es la longitud de onda, m es el orden de difracción, d es la periodicidad o espaciado de la red (distancia entre líneas) y θ_m es la dirección en la que se desvía el orden de difracción m . La constante de la red $C=1/d$ nos dice la frecuencia de la periodicidad (número de líneas por unidad de distancia). Para calcular θ_m , se pueden medir la distancia al centro del haz (al orden 0) del máximo de orden m , que llamamos x_m , y la distancia entre la red y el plano de observación, L . Conocida la constante de la

red, se pueden realizar medidas de espectroscopía para determinar la longitud de onda de distintas fuentes de luz.

En esta práctica, los alumnos propusieron y ejecutaron múltiples variantes de dificultad entre baja y media. Algunos prescindieron del espectrogoniómetro, y utilizaron un esquema básico consistente en el haz láser (fuente de luz), seguido de la red de difracción y por último una pantalla para observación. Con una filosofía parecida a la práctica anterior, midieron distancias x_m en la pantalla para distintos valores de L . Algunos se limitaron a medir solo para un valor de L , mientras que otros tomaron los datos para distintos valores de L , realizaron ajustes lineales de los datos y obtuvieron resultados más robustos.

En algunos casos, asumieron conocida la constante de red y la utilizaron para medir la longitud de onda de uno de los láseres. Una vez calibrada esa fuente de luz por los propios alumnos, la utilizaron para calibrar las redes de difracción cuya constante de red era desconocida. En este sentido, también se propusieron distintas variantes al disponer de varias redes y de dos láseres distintos.

Por último, algunos alumnos optaron por realizar medidas de espectroscopía de la lámpara de descarga de sodio utilizando el espectrogoniómetro y las redes de difracción calibradas. El montaje asociado es más complejo en cuanto a componentes ópticos y su alineamiento, pero a cambio los resultados son más precisos. Con él, los alumnos pudieron medir satisfactoriamente la longitud de onda del doblete amarillo del sodio (centrado en 589.3 nm).

Los alumnos utilizaron Mathematica y Excel no solo para analizar y representar los datos, sino también para realizar cálculos preliminares y tener estimaciones de los resultados previas al diseño de la práctica.

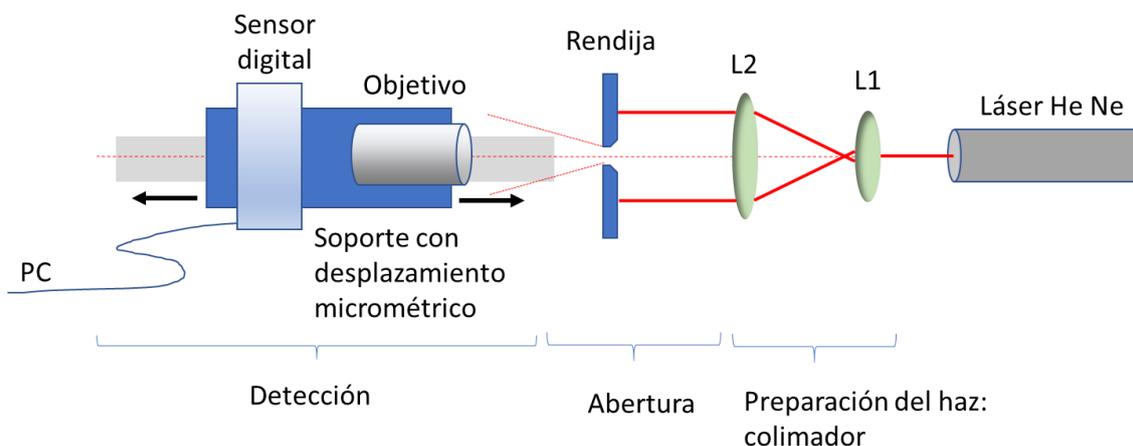
5.3. Práctica 3: Difracción de Fresnel

En el ámbito del último curso del Grado en Física, en particular relacionado con los contenidos de la asignatura optativa Óptica Coherente, se ha implementado una práctica más avanzada sobre visualización de distinta fenomenología de difracción. La propuesta inicial consistió en el montaje de un dispositivo experimental que permitiera visualizar y analizar la transición entre difracción de Fresnel y de Fraunhofer de un haz de luz limitado por una rendija. El punto de partida son los contenidos teóricos vistos en la asignatura (Tema 2, Difracción) de una onda plana incidente en una abertura y la diferente estructura del campo a distancias próximas a la abertura (propagador de Fresnel) y a distancias lejanas (difracción de Fraunhofer). La estructura del patrón de difracción de Fresnel no

suele observarse en las prácticas de laboratorio habitualmente ya que requiere de un montaje bastante específico.

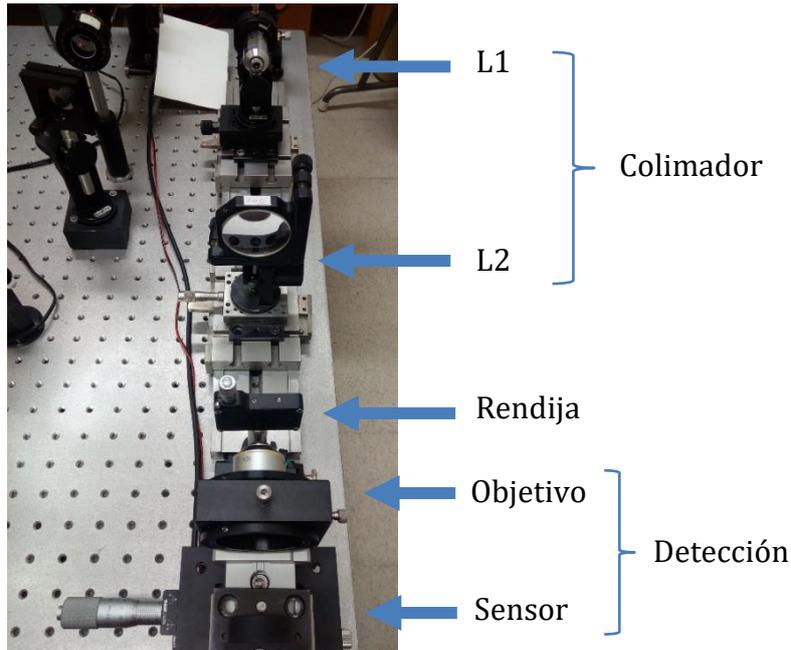
Puesto que el diseño, montaje y puesta a punto de este dispositivo desde cero resultaría muy laborioso para los estudiantes y excedería ampliamente la dedicación a horas de prácticas de la asignatura, como prueba piloto propusimos a una alumna de la asignatura, la estudiante D^a Paula Zapatero, que realizara esta tarea inicial como parte del Trabajo de Fin de Grado. De esta forma, una vez seleccionado el material más conveniente para cada parte del montaje, en particular de la parte mecánica, y comprobado su adecuación para los objetivos de la experiencia, al resto de estudiantes se les dejaría pre-seleccionado el material salvo algunas opciones en los elementos ópticos que tendrían que elegir y probar.

El montaje realizado por la alumna fue el siguiente:



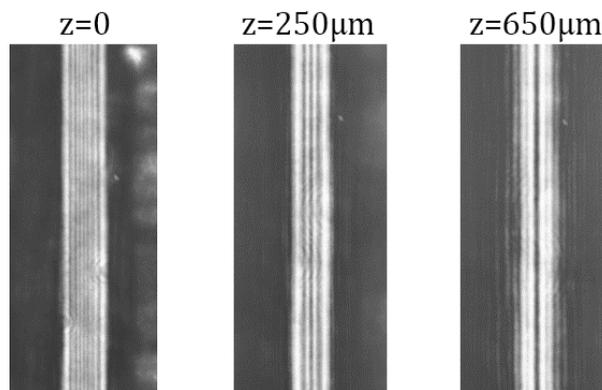
Esquema del montaje empleado para observar la difracción a distintas distancias.

- Para el colimador utilizó un objetivo de microscopio 40X (L1) y una lente de $f=200$ mm (L2)
- El sistema de detección consistió en una cámara digital CMOS y un objetivo de microscopio 10X que formaba imagen en el sensor digital. La distancia objetivo-sensor determina los aumentos que tenga el sistema total, pero ha de mantenerse fija para una vez escogida la adecuada. Este sistema de detección se montó sobre un carril con desplazamiento micrométrico de forma que se podía ir variando el plano objeto, desde la propia rendija hasta distancias de varios centímetros.



Fotografía del montaje de difracción por una rendija empleado en el laboratorio.

El montaje fue muy satisfactorio y se realizó durante el primer mes del segundo cuatrimestre del curso 2019-20 (la asignatura Óptica Coherente se imparte en ese cuatrimestre). Requirió de bastantes pruebas hasta dar con la relación de focales adecuadas tanto para el colimador como para el sistema formador de imagen. Una vez obtenidas las imágenes, se implementó un algoritmo en Mathematica para importar las imágenes y poderlas procesar. En la siguiente figura se muestran como ejemplo algunas de las distribuciones de campo adquiridas con el sistema (cedidas por D^a Paula Zapatero), en las que se visualiza muy claramente la estructura del patrón de difracción de Fresnel y con las que se puede hacer una comparación directa con los resultados vistos en las clases de teoría.



Figuras de difracción de Fresnel por una rendija vertical de $60 \mu\text{m}$ de anchura (tomadas por D^a Paula Zapatero)

Desafortunadamente, el estado de alarma impidió implementar esta práctica para el resto de los estudiantes de la asignatura, pero los resultados obtenidos en esta primera fase han sido muy satisfactorios, en relación tanto a la parte técnica como al interés y desempeño mostrados por esta estudiante, y los conocimientos adquiridos por la misma. Esto nos hace ser muy optimistas en cuanto a la acogida y aprovechamiento que puede tener en la asignatura durante los próximos cursos.

6. Resultados, mejoras obtenidas e impacto del proyecto

Evaluación de los resultados:

Se procedió a solicitar la valoración de los estudiantes sobre el proyecto y su ejecución. Se realizaron encuestas anónimas a los alumnos para que valorasen su grado de conformidad (máximo 5) o disconformidad (mínimo 0) con los distintos aspectos expuestos en los ítems de la siguiente tabla, en la que se muestran los resultados.

Ítem	Valoración (máximo 5)
1. ¿Consideras idónea la metodología empleada?	4.7
2. ¿Consideras adecuados la implementación y el desarrollo de la metodología?	4.5
3. ¿Consideras que has adquirido una capacidad suficiente de trabajo con las herramientas de análisis?	4.2
4. ¿Has sido capaz de realizar las tareas propuestas?	4.6
5. ¿Consideras que has entendido los conceptos trabajados en las prácticas?	4.4
6. La metodología usada, ¿te ha ayudado a entender la asignatura?	4.8
7. ¿Consideras que ha mejorado tu pensamiento matemático?	3.7
8. ¿Consideras que ha mejorado tu pensamiento científico?	4.8
9. ¿Serías capaz de abordar nuevos problemas de forma autónoma utilizando la misma metodología?	3.8
10. Observaciones y sugerencias	-

En general, los resultados son satisfactorios respecto a las expectativas del proyecto. Cabe destacar en positivo, la recepción por parte de los estudiantes de la metodología propuesta, que les ha ayudado a entender la asignatura y a mejorar su pensamiento científico (ítems 1, 6 y 8). Por otro lado, los alumnos consideran que no ha habido una mejora tan sustancial de su pensamiento matemático (ítem 7) y no se ven preparados para afrontar autónomamente una propuesta similar sobre

otro tema. En este sentido, en el ítem 10 (Observaciones y sugerencias), los alumnos han reflejado que la metodología descrita anteriormente requiere de la asistencia del profesor, y que es necesario adecuar el nivel y la carga de trabajo requeridos. Por último, han valorado positivamente las prácticas desarrolladas frente a prácticas habituales con guion previo.

Debido al impacto de la COVID-19 y el establecimiento del estado de alarma, no se ha podido ejecutar el proyecto de forma sistemática ni en grupos grandes. Por tanto, resulta un factor limitante a la hora de analizar el impacto sobre las calificaciones de los alumnos, y ha resultado inviable realizar un análisis estadístico adecuado más allá de las percepciones subjetivas de los miembros del equipo. En este aspecto, las evaluaciones proporcionadas por los alumnos (por ejemplo, el ítem 6 ya mencionado) nos hacen ser optimistas respecto a la mejora del aprendizaje de los alumnos.

Mejoras obtenidas e impacto:

A continuación, se exponen las principales mejoras e impacto sobre la docencia que se considera se han obtenido, a la vista de los resultados del proyecto:

- Ampliación de las prácticas de las asignaturas
- Trabajo en equipo en entorno científico
- Fomentar la interacción y la relación profesor-alumno
- Mejora del pensamiento científico de los estudiantes
- Mejora de la asimilación de la asignatura por parte de los alumnos
- Incremento de las destrezas y de la autonomía de los estudiantes
- Fomentar que los estudiantes experimenten de forma flexible
- Incremento del interés por la asignatura y de la motivación de los estudiantes

7. Conclusiones

Se ha propuesto y ejecutado una metodología de prácticas activa en la que el alumno evalúa el problema propuesto, se marca unos objetivos, diseña la práctica y la ejecuta en el laboratorio. Se ha aplicado a prácticas de laboratorio relacionadas con el fenómeno de difracción de la luz.

La tarea propuesta a los alumnos requiere de unas orientaciones previas del profesor, quien proporciona el material disponible a los alumnos y, en función del nivel de la asignatura y los objetivos esperados, supervisa el progreso de los estudiantes.

Se ha comprobado que la metodología expuesta mejora el pensamiento científico de los alumnos y su comprensión de los conceptos tratados en las distintas asignaturas. Además, se ha fomentado que los alumnos gestionen el análisis de datos con distintas herramientas, como Mathematica, Excel y, en menor medida, Matlab, mejorando sus destrezas informáticas.

Gracias a la presente propuesta, los alumnos se ven motivados a entender los conceptos estudiados en clases de teoría y de problemas, interrelacionarlos, acotar los rangos de aplicación de la teoría... Este nivel de exigencia y de participación en primera persona, adaptado a cada nivel, facilita que el aprendizaje sea significativo.

En la misma línea, se ha comprobado una gran diferencia respecto a prácticas habituales con guion previamente establecido. En estas, en ocasiones se limitan a seguir una serie de instrucciones que a veces no llegan a comprender, y no se detienen a interiorizar lo que están realizando. La eficacia de una metodología activa queda comprobada.

La experiencia se ha llevado a cabo en asignaturas con un número pequeño de alumnos, tal y como estaba previsto inicialmente. Teniendo en cuenta que las asignaturas involucradas son del 2º cuatrimestre, debido a las limitaciones derivadas de la COVID-19 y el estado de alarma, no se ha podido implantar en asignaturas con elevado número de alumnos, donde se pretendía introducirla de forma voluntaria. En cualquier caso, los resultados obtenidos han sido positivos y motivadores de cara a seguir utilizando esta metodología en otras prácticas en asignaturas con un número reducido de alumnos y también con mayor número de alumnos.