



**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO SOCIAL

# **Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas**

MEMORIA TRABAJO FIN DE MÁSTER

## **“Elaboración de 2 telescopios caseros como práctica de laboratorio para la asignatura de Física en 2º de Bachillerato”**

**Autor: Andrea Losada Lomas**

**Tutores: Marco Antonio Gigosos Pérez**

**Gabriel Pérez Callejo**

En Valladolid a, 03 de julio de 2024



## Índice

Resumen.....	5
Abstract.....	5
1 Introducción.....	7
1.1 Motivación.....	7
1.2 Justificación .....	8
2 Objetivos.....	10
2.1 Objetivo general.....	10
2.2 Objetivos específicos .....	11
3 Implicaciones didácticas.....	12
3.1 Breve descripción de la actividad.....	12
3.2 Análisis curricular y competencial .....	12
4 Experiencias de laboratorio.....	17
4.1 Teoría de los telescopios .....	17
4.1.1 Definición e historia.....	17
4.1.2 Aclaraciones previas y fórmulas necesarias .....	18
4.1.3 Telescopio refractor terrestre .....	21
4.1.4 Telescopio refractor astronómico.....	22
4.2 Construcción de los telescopios.....	23
4.2.1 Telescopio refractor terrestre.....	23
4.2.1.1 Guía para el profesor.....	24
4.2.2 Telescopio refractor astronómico.....	32
4.2.2.1 Guía para el profesor.....	32
4.3 Comprobación de su función .....	41
5 Ejecución en los escenarios propuestos .....	44
5.1 Modalidades de elaboración de las prácticas .....	44
5.1.1 Clase Magistral .....	44

5.1.2	Práctica curricular evaluativa .....	44
5.1.3	Práctica extracurricular no evaluativa .....	44
5.2	Planificación de las prácticas .....	45
5.3	Temporalización.....	45
5.4	Evaluación .....	46
6	Aportación personal .....	48
7	Resultados .....	49
8	Conclusiones.....	51
9	Referencias bibliográficas .....	53
10	Anexos.....	56
10.1	Anexo I. Análisis de gastos .....	56
10.2	Anexo II. Guiones para el alumnado .....	59
10.2.1	Guion del telescopio refractor terrestre o de Galileo.....	59
10.2.2	Guion del telescopio refractor astronómico o de Kepler .....	63
10.3	Anexo III. Resolución de los guiones .....	67
10.3.1	Respuestas de los alumnos sobre el telescopio de Galileo .....	67
10.3.2	Respuestas de los alumnos sobre el telescopio de Kepler.....	69
10.4	Anexo IV. Rúbrica de evaluación de las prácticas realizadas por los alumnos.....	71

## **Resumen**

Este Trabajo de Fin de Máster desarrolla un proyecto educativo para alumnos de 2º de bachillerato, centrado en la construcción de dos telescopios: el de Galileo y el de Kepler. Se han diseñado guías detalladas para el profesorado y guiones prácticos para los alumnos, con el fin de facilitar la comprensión de los principios de la óptica geométrica.

El proyecto se puede implementar en clases magistrales, prácticas curriculares evaluativas y prácticas extracurriculares no evaluativas, ofreciendo flexibilidad en su integración educativa, incluyendo una rúbrica de evaluación y planificación temporal para asegurar una ejecución efectiva y una evaluación justa.

Se muestran los pasos necesarios para las construcciones de los instrumentos, así como los resultados que se obtienen de ellos, análisis de gastos de cada práctica y cuestiones que se pueden realizar a los alumnos para evaluar su comprensión final.

## **Abstract**

This Master's Thesis develops an educational project for second-year high school students, focused on the construction of two telescopes: Galileo's and Kepler's. Detailed guides for teachers and practical scripts for students have been designed to facilitate the understanding of the principles of geometric optics.

The project can be implemented in lectures, evaluative curricular practices, and non-evaluative extracurricular practices, offering flexibility in its educational integration. It includes an evaluation rubric and a time plan to ensure effective execution and fair assessment.

The necessary steps for constructing the instruments are shown, as well as the results obtained from them, cost analysis of each practice, and questions that can be asked to students to assess their final understanding.



# 1 Introducción

## 1.1 Motivación

La física es una ciencia empírica que busca explicar los fenómenos naturales a través de observaciones, experimentos y teorías matemáticas, de tal manera que su incorporación efectiva en el proceso educativo desempeña un papel fundamental en el desarrollo cognitivo y la formación integral de los estudiantes.

Se ha demostrado a través de un metaanálisis que los métodos de enseñanza activa, que incluyen actividades prácticas, mejoran el rendimiento de los estudiantes en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza (Freeman et al, 2014). Por lo que la educación mediante un enfoque práctico no solo es congruente con la esencia de la disciplina, sino que también facilita una comprensión más profunda y duradera de los conceptos teóricos por parte del alumnado ya que permite que observen directamente los principios físicos en acción, viendo así la aplicabilidad de los conceptos abstractos en situaciones concretas reales. Esto se traduce, en el presente caso, en la aplicación de los conocimientos de óptica geométrica durante la producción de 2 telescopios.

El conocimiento científico es elaborado por investigadores con diversos fines (normalmente informativos), sin embargo, estos conocimientos deben ser adaptados por los docentes mediante la ejecución de estrategias didácticas que faciliten la enseñanza y el aprendizaje de estos por los discentes.

El proceso de creación de conocimiento en el alumnado se debe comprender como una evolución o transformación conceptual de creencias que engloba a distintos agentes, desde el profesor como “experto”, hasta el alumno como “novato”. Por lo que, en este contexto, estos roles mencionados, junto con la aplicación de estrategias pedagógicas útiles concretas son fundamentales para crear un aprendizaje enriquecedor, partiendo de las contribuciones aportadas por todos los elementos presentes.

La actividad experimental no debe ser considerada únicamente como una herramienta de adquisición de conocimiento, sino también como un medio para fomentar objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales que son esenciales en cualquier estrategia pedagógica (Reyes Aguilera, 2020).

De esta manera, dicho recurso educativo en el contexto de la física prepara a los alumnos para futuros estudios y carreras en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). La experiencia en laboratorio les proporciona una base sólida en el método científico y las técnicas experimentales, habilidades que son necesarias en disciplinas STEM. Según un informe de la National Research Council, los laboratorios de ciencias desarrollan competencias que son esenciales no solo para los científicos, sino también para los ciudadanos informados que deben tomar decisiones basadas en evidencia en su vida cotidiana (Quinn et al., 2012).

## **1.2 Justificación**

La elección de la óptica geométrica, en concreto, la fabricación de 2 telescopios, como temática para la elaboración de las prácticas tiene varios argumentos tanto pedagógicos como científicos. En primer lugar, la luz interpretada como ondas y corpúsculos y definida como energía electromagnética emitida por los cuerpos cuando se excitan sus átomos o conjuntos de ellos, presenta una relación estrecha con la óptica geométrica, definida como una rama esencial de la física que estudia el comportamiento de la luz, en cuanto a su propagación, determinando las diversas trayectorias que puede tomar en diferentes medios materiales (Casas, 1994).

Esta rama de la física facilita la comprensión de fenómenos como la refracción y reflexión, términos esenciales para el entendimiento por parte del alumnado del funcionamiento de las lentes, instrumentos ópticos cruciales y la formación de imágenes, lo cual es una competencia específica dentro del currículo de física de 2º de bachillerato (BOE, 2022).

En segundo lugar, la construcción de telescopios caseros proporciona una experiencia práctica que conecta directamente con conceptos teóricos, como los mencionados previamente involucrando el empleo de lentes convergentes y divergentes. Un telescopio, definido como un instrumento óptico diseñado para observar objetos lejanos mediante la recolección y amplificación de luz (NASA, 2024), ejemplifica la aplicación de principios de la óptica geométrica. Al crear estos instrumentos, los estudiantes aplican sus conocimientos sobre lentes y sistemas ópticos.



Finalmente, la elección de la rama de óptica geométrica y estas prácticas mediante la construcción de instrumentos generalmente conocidos como los telescopios, también están diseñadas para estimular el interés y la curiosidad de los estudiantes hacia la creación y construcción de dispositivos útiles relacionados con la física, así como por la astronomía. La astronomía, que se basa en gran medida en la óptica para la observación de cuerpos celestes, puede ser un campo inspirador para muchos jóvenes. Al construir telescopios, los estudiantes no solo aprenden sobre óptica, sino que también pueden experimentar la emoción de descubrir el cielo nocturno, lo que puede motivarlos a seguir explorando y estudiando la ciencia.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es la presentación de dos prácticas de laboratorio para los alumnos de 2º de Bachillerato de la asignatura de Física, basadas en la creación de un telescopio Galileo y otro telescopio Kepler. Se proporcionan las guías necesarias para su elaboración, así como su empleo en el contexto educativo.

Es claro que la ejecución de prácticas de laboratorio depende del contexto en el que se encuentren los alumnos, los profesores y el centro escolar, por lo que la aplicación de estas experiencias debe ser adaptada por el docente que vaya a impartirlas.

Se proponen distintas elaboraciones:

- Experiencias de cátedra por parte del docente, definidas como recurso pedagógico que implica la ejecución de experimentos y demostraciones dentro del aula durante las lecciones magistrales (González, 2019).
- Experiencias de laboratorio incluidas en el currículo evaluable del alumnado. En este caso se podría realizar la siguiente actuación adaptándola en función del nivel presente en el aula y de la disponibilidad de tiempo:
  - Aportación al estudiantado de un guion con los pasos que deben seguir para su elaboración y la posterior resolución de unas cuestiones, además de una exposición oral sobre su trabajo. De esta manera se reduce tiempo en la ejecución al disponer de las instrucciones, se asegura que hayan comprendido los pasos ejecutados y la aplicación de los conceptos teóricos relevantes y pertinentes.
- Elaboración de las prácticas en horario no lectivo. Se podría realizar como actividades extraescolares justificando su ejecución como una ampliación de información enriquecedora para el alumnado, confiriéndoles un aumento de su conocimiento para la aplicación de la teoría vista en el horario lectivo.

## 2.2 Objetivos específicos

A continuación, se describe con detalle las intenciones de este proyecto:

- Emplear este trabajo como guía para los profesores de física a la hora de elaborar telescopios.
- Especificar los pasos de la elaboración de 2 telescopios caseros con materiales accesibles para todo el profesorado y alumnado.
- Proponer cuestiones que impliquen el empleo de los instrumentos mencionados.
- Proporcionar los guiones de elaboración de las prácticas para el alumnado.

Como se ha indicado previamente, todas las experiencias de laboratorio deben ser adaptadas al contexto específico de cada centro educativo, considerando la temporalización de las prácticas y la disponibilidad de horas lectivas, entre otros factores que deben ser evaluados por los profesionales de la educación. Por consiguiente, este trabajo está dirigido a dicho colectivo y no a los estudiantes.

Para el profesorado que imparte la asignatura de Física de 2º de Bachillerato en cualquier centro educativo, es fundamental proporcionar pautas claramente definidas para la reproducción precisa del experimento, evitando cualquier duda durante su ejecución. Por ello, se aportan pasos más detalladas para los docentes y guiones más simplificados y directos al alumnado. Además, se ha seleccionado material lo más económico posible, de manera que el experimento pueda realizarse en centros con recursos limitados y ser favorable en caso de situaciones extraordinarias donde el alumnado deba realizarlo en casa y adquirir los materiales.

Finalmente, se propone la implementación de una práctica específica una vez completada la fabricación de los instrumentos ópticos. Esta propuesta tiene como objetivo principal permitir al alumnado recolectar datos empíricos y utilizar los instrumentos en un contexto práctico y con una finalidad claramente definida. Además, la recolección y análisis de datos contribuirán al desarrollo de habilidades críticas y analíticas, esenciales para la formación científica integral.

### **3 Implicaciones didácticas**

Este proyecto, al estar contextualizado en un entorno educativo formal, debe cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en concreto la meta 4 relacionada con la educación. Mediante ella, se pretende “garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” (ONU, s.f., Objetivo 4). Se debería hacer especial hincapié en conseguir la meta 4.7 mediante la cual se asegura que todos los alumnos adquieren los saberes teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible (ONU, s.f., Objetivo 4).

#### **3.1 Breve descripción de la actividad**

Las prácticas propuestas en este proyecto se basan en la elaboración de dos telescopios: el primero es de tipo refractor terrestre o también llamado Galileo y el segundo, es de tipo refractor astronómico o calificado como Kepler. El temario que engloba a estas prácticas pertenece al currículo de 2º de Bachillerato de Física, por lo que al ser un curso enfocado a la preparación de la Prueba de Acceso a la Universidad (PAU) o exámenes preuniversitarios, se presenta una restricción de tiempo a la hora de realizar intervenciones prácticas en laboratorios o cualquier actividad práctica, razón por la cual se proponen varias maneras de realización de estas experiencias, mencionadas en el apartado [2.1 Objetivo general](#) y detalladas más adelante en el apartado [5. Ejecución en los escenarios propuestos](#).

#### **3.2 Análisis curricular y competencial**

La creación de estas prácticas de laboratorio se basa en las directrices del Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. Su planificación se ha basado en la normativa autonómica Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.

Tras el análisis de estos documentos, el tema de óptica geométrica, apartado en el que están englobadas estas prácticas, se imparte por primera y única vez en la asignatura de 2º de Bachillerato de Física, por lo que se va a realizar un

análisis de las competencias clave, competencias específicas y criterios de evaluación que se aplican a este caso concreto, adjuntando un resumen en la [Tabla 1](#).

<b>Contenido</b>	<b>Bloque C: Vibraciones y ondas</b>
	<b>Tema: Óptica Geométrica</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Formación de imágenes en medios y objetos con distinto índice de refracción.</li> <li>➤ Sistemas ópticos: dioptrio planos, lentes delgadas, espejos planos y curvos y sus aplicaciones.</li> <li>➤ El ojo humano y defectos de la visión.</li> <li>➤ Aplicaciones a instrumentos ópticos como la lupa, la cámara fotográfica, el microscopio y el telescopio.</li> </ul>
<b>Descriptorios operativos de las competencias clave</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CCL 1, CCL 2</li> <li>• STEM 1, STEM 2, STEM 3, STEM 4, STEM 5</li> <li>• CD 3</li> <li>• CPSAA 3.2, CPSAA 5</li> <li>• CE 1, CE 3</li> </ul>
<b>Competencias específicas</b>	<p>Competencia específica 1</p> <p>Competencia específica 2</p> <p>Competencia específica 3</p> <p>Competencia específica 5</p> <p>Competencia específica 6</p>
<b>Criterios de evaluación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.2</li> <li>• 2.2, 2.3</li> <li>• 3.1, 3.2, 3.3</li> <li>• 5.1, 5.2</li> <li>• 6.1</li> </ul>

**Tabla 1:** Resumen de los contenidos didácticos aplicados en las experiencias propuestas.

Según las legislaciones mencionadas anteriormente y bajo directrices europeas, se definen **8 competencias claves**: competencia en comunicación lingüística (CCL), competencia plurilingüe (CP), competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM), competencia digital (CD), competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA), competencia ciudadana (CC), competencia emprendedora (CE) y competencia en conciencia y expresión cultural (CCEC) (Real Decreto 243/2022, 2022). De todas ellas sólo 7 se aplican en la asignatura de física de 2º bachillerato, exceptuando la última mencionada. Sin embargo, sólo se aplican las siguientes en las experiencias propuestas:

- **CCL**: se emplea el lenguaje físico aplicando las fórmulas necesarias tras la comprensión de los textos aportados. Además, se transfiere el conocimiento adquirido de manera coherente ya sea oralmente o de forma escrita.
- **STEM**: se emplean distintos métodos para la resolución de problemas, se plantean proyectos con sus respectivos diseños aplicando el conocimiento científico, se interpretan y transmiten los conocimientos de las investigaciones realizadas, todo ello aplicando el método científico.
- **CD**: se realiza una búsqueda de información empleando dispositivos digitales para resolver los guiones de prácticas o para la elaboración de los telescopios en caso de no ofrecerles un guion.
- **CPSAA**: se desarrolla la capacidad de distribución de trabajo, responsabilidades y planificación de trabajo, además se ofrece apoyo a otros compañeros.
- **CE**: se analizan los retos propuestos de una manera crítica y ética y se proponen ideas y soluciones innovadoras.

En cuanto a las **competencias específicas**, se definen 6 para la etapa de bachillerato y por lo tanto para la asignatura de física de 2º de Bachillerato. Sin embargo, en el tema de óptica geométrica se aplican únicamente 5 de ellas, excluyendo la número 4. Las aplicadas son las siguientes:

- **Competencia específica 1:** Aplicación de las teorías y leyes físicas para la resolución de problemas considerando la relevancia de esta ciencia en el avance tecnológico, económico, social y medioambiental.
- **Competencia específica 2:** utilizar la teoría estudiada para analizar los sistemas naturales y prever su evolución de tal manera que se puedan inferir soluciones a los problemas planteados.
- **Competencia específica 3:** emplear la terminología de la física para transmitir el conocimiento adquirido a colectivos científicos, así como para realizar investigaciones.
- **Competencia específica 5:** usar métodos y técnicas específicas de la física, como la indagación, la reflexión y deducción lógico-matemática y el trabajo cooperativo, para resolver problemas e interpretar situaciones relevantes.
- **Competencia específica 6:** observar y examinar la física como un campo multidisciplinar que tiene un recorrido histórico, que sigue aportando conocimiento a diversas áreas científicas.

Finalmente, los **criterios de evaluación** se seleccionan en función de las competencias específicas que se trabajan. Los aplicados en este contexto son los siguientes (Decreto 40/2022, 2022):

- **1.2:** Abordar y solucionar cuestiones mediante métodos experimentales y analíticos, aplicando las teorías físicas.
- **2.2:** Utilizar un método inductivo mediante el que se lleguen a soluciones de problemas generales.
- **2.3:** Entender y analizar la aplicación práctica de los principios de la física con repercusiones en ámbitos tecnológicos, industriales y biosanitarios.
- **3.1:** Relacionar la materia estudiada con los procesos físicos que se dan en el entorno, así como los descritos en los medios de comunicación.
- **3.2:** Emplear correctamente las notaciones científicas, sus unidades métricas y sus equivalencias en otros sistemas, al igual que las gráficas más representativas, de tal manera que pueda establecerse una correcta comunicación dentro del entorno científico.

- **3.3:** Resolver de manera adecuada y justificada los ejercicios reales o ficticios propuestos.
- **5.1:** Analizar y tratar los resultados obtenidos de manera experimental, creando representaciones gráficas de los mismos.
- **5.2:** Utilizar los laboratorios para la realización de prácticas creando, posteriormente, informes de prácticas que demuestren la ejecución de las experiencias.
- **6.1:** Reconocer el avance de la física a lo largo del tiempo y su aplicación continua en el mundo.



## **4 Experiencias de laboratorio**

En este apartado, se proporcionará inicialmente una explicación teórica física de cada instrumento mencionado, con el objetivo de asegurar una comprensión completa de su operación. Esta parte teórica está diseñada para los docentes ya que aborda conceptos que exceden los conocimientos básicos que deben adquirir los discentes según el actual currículo. No obstante, se adjuntan dichos detalles, explicaciones y fórmulas para que la elaboración de los instrumentos se lleve a cabo de manera adecuada o para que el profesorado pueda guiar eficazmente a los alumnos en este proceso. Estos aspectos se explicarán con más detalle en apartados posteriores.

Tras la introducción teórica, se detallará una lista con los materiales imprescindibles, así como el procedimiento de construcción de cada instrumento con las explicaciones necesarias.

### **4.1 Teoría de los telescopios**

#### **4.1.1 Definición e historia**

El telescopio se puede calificar como “un instrumento óptico para hacer que los objetos distantes parezcan más cercanos y grandes” (Dunn, 2009, como se citó en Serna, 2021), sin embargo, queda un poco escueta la definición. La Enciclopedia de Astrobiología lo define como “instrumento empleado para el estudio de objetos remotos en el Universo. Es capaz de recoger gran cantidad de radiación electromagnética emitida por dichos objetos cuando llega a la Tierra” (Rouan, 2011). En este segundo caso ya se introduce parte de la definición aportada con anterioridad sobre la luz, es decir, que es una radiación electromagnética que puede ser capturada.

El primer telescopio o “catalejo” fue creado por Hans Lipperhey, un fabricante de gafas que intentó patentar su invento en 1608 pero le fue denegado por la facilidad que presentaba de copia a pesar de su utilidad. Poco después, en 1609, tras la noticia de que se había creado un instrumento que ampliaba las imágenes que se observan, Thomas Harriot creó su propio telescopio, caracterizado por la presencia de 6 aumentos y con el cual pudo observar la Luna. Sin embargo, este astrónomo-matemático no tuvo gran éxito, siendo el italiano Galileo Galilei quien

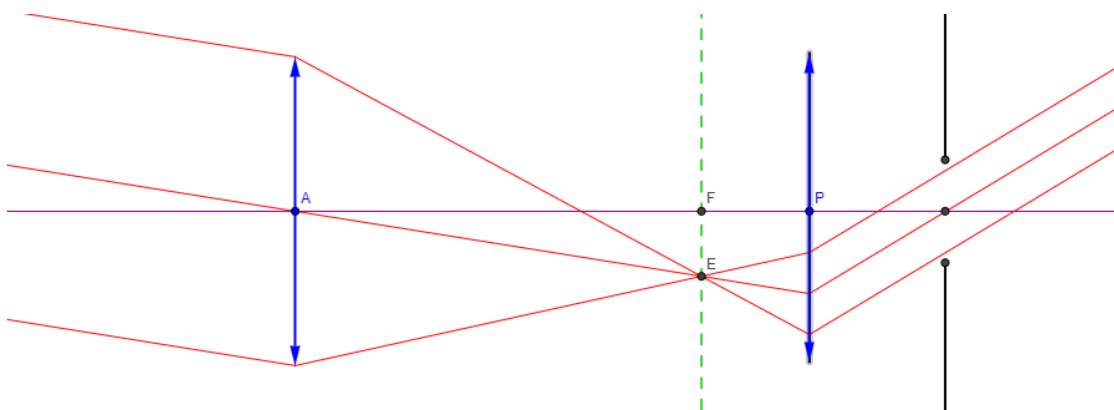
crease su propio telescopio y publicando sus descubrimientos astronómicos en su libro *Sidereus Nuncius*, en 1610 y llevándose un gran reconocimiento a nivel internacional. El también astrónomo-matemático alemán Johannes Kepler, defensor del trabajo de Galileo, en su libro *Dióptriz* publicado en 1611, plantea y expone un nuevo tipo de telescopio. Su elaboración está basada en el diseño de Galileo, pero cambia una lente divergente por otra convergente, permitiendo un campo de visión más amplio con los mismos aumentos (Smith, 2021).

En el trabajo presente, se crearán telescopios de tipo Galileo y Kepler, dos instrumentos refractores. Ambos se clasifican de esta manera ya que están contruidos con lentes ópticas en vez de con espejos (se calificarían reflectores).

#### 4.1.2 Aclaraciones previas y fórmulas necesarias

Los telescopios que se van a construir presentan dos elementos fundamentales: el objetivo, lente convergente más distante al ojo del observador que concentra la luz emitida por el objeto observado en un punto concreto, y el ocular, lente o conjunto de lentes más próximas al ojo del observador que aumenta la imagen producida por el objetivo.

Los objetos que se observan con los telescopios se presentan, de manera general, en un plano lejano, es decir, en el infinito óptico. Para su correcta observación el foco imagen del objetivo debe coincidir con el foco objeto del ocular  $F'_{ob}=F_{oc}$  como se muestra en la Figura 1, situación que condiciona que los rayos paralelos provenientes del infinito salgan también paralelos del telescopio hacia el globo ocular.



**Figura 1:** Representación simple de un trazado de rayos de un telescopio de tipo Kepler donde la focal imagen del objetivo (A) coincide con la focal objeto del ocular

(P) en el punto F. Representación creada con Geogebra  
<https://www.geogebra.org/m/eyEYbc2h>.

Para el cálculo del aumento visual ( $\Gamma$ ) que provocan los telescopios, la fórmula empleada puede darse en función del ángulo que subtienden los rayos de luz de entrada respecto a los de salida Fórmula 1.1.

$$\Gamma = \frac{tg(\omega')}{tg(\omega)}$$

**Fórmula 1.1:** aumentos de un telescopio en base a los ángulos de rayos de luz de entrada y salida.

$\omega'$ : ángulo de salida de los rayos del sistema.

$\omega$ : ángulo de entrada de los rayos al sistema.

Sin embargo, es difícil de medir experimentalmente dichas situaciones, por lo que se aplica la Fórmula 1.2 que permite el cálculo de la magnificación en función de las distancias focales de las lentes de los telescopios.

$$\Gamma = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$$

**Fórmula 1.2:** aumentos de un telescopio en base a las focales de las lentes.

$f'_{ob}$ : distancia focal imagen de la lente objetivo.

$f'_{oc}$ : distancia focal imagen de la lente ocular.

Si el resultado de los aumentos da un valor negativo implica que la imagen está invertida. Estos telescopios no presentan un sistema de inversión de imagen, al contrario que otros telescopios modernos que presentan lentes inversoras de la imagen o incluso los prismáticos, que contienen prismas que producen este cambio.

La elección de las potencias (P) de las lentes se tiene que llevar a cabo con cautela ya que, en función de sus valores, se presentarán distintas longitudes de telescopios. De esta manera, cuanto más alta sea la potencia, la distancia focal será menor y la longitud del instrumento menor (Fórmula 2).

$$P = \frac{1}{f'}$$

**Fórmula 2:** relación entre la potencia y la distancia focal de las lentes ópticas.

El telescopio de Galileo y de Kepler emplearán como lente ocular un doblete de lentes anexionadas por alguna de sus caras, posición que permite simular una única lente con otras características. Para saber la distancia focal de la lente resultante y poder construir los instrumentos, se debe aplicar la Fórmula 3.

$$\frac{1}{f'_{oc}} = \frac{1}{f'_{L1}} + \frac{1}{f'_{L2}} - \frac{d}{f'_{L1}f'_{L2}}$$

**Fórmula 3:** fórmula del cálculo de la focal del ocular siendo un doblete de lentes.

$f'_{L1}$ : distancia focal de la lente del ocular más lejana al ojo del observador.

$f'_{L2}$ : distancia focal de la lente del ocular más cercana al ojo del observador.

$d$ : distancia entre los centros ópticos de las lentes.

Por otro lado, el cálculo de la longitud del telescopio no es aleatorio. Se basa en las distancias que existen entre la lente ocular y la lente objetivo. Como se mencionó anteriormente, los focos de ambas lentes deben ser coincidentes, teniendo en cuenta la relación entre distancia focal objeto y distancia focal imagen (Fórmula 4), por lo que la distancia entre ellas será su resta (Fórmula 5). Se deben tener en cuenta los signos de las focales, aplicándose bajo las normas DIN especificadas en libros como *Óptica geométrica: teoría y cuestiones* de C. Hernández.

$$f' = -f$$

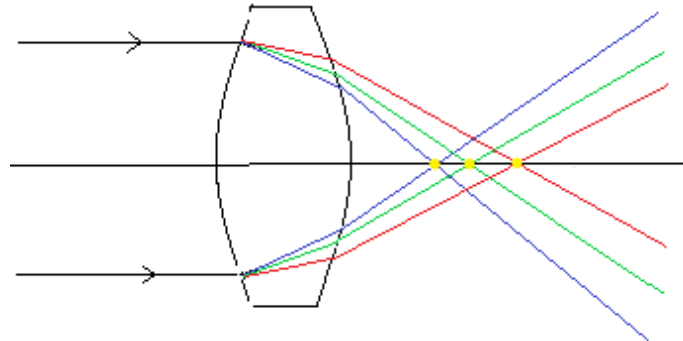
**Fórmula 4:** relación entre el valor de la distancia focal imagen de una lente, que es el mismo, pero de signo contrario que la distancia focal objeto.

$$L = f'_{ob} - f_{oc}$$

**Fórmula 5:** longitud entre las lentes de los telescopios de Galileo y Kepler que se aproxima a la distancia total del telescopio.  $L$ : longitud.  $f'$ : distancia focal imagen.  $f$ : distancia focal objeto.

En estas prácticas se emplean a modo de lente ocular, un doblete de lentes divergentes en el caso del telescopio de Galileo y en el caso del telescopio de Kepler, un doblete de lentes convergentes, cuyas posiciones se detallan en los siguientes apartados. Se utilizan dos lentes en vez de una para reducir las aberraciones cromáticas (Figura 2) que existen en ellas, definidas como defectos de la imagen producidas por la descomposición de la luz blanca en distintas

longitudes de onda tras el paso por una lente, a causa de la dependencia del índice de refracción de la lente con las longitudes de onda (Hernández, 2010).



**Figura 2:** Representación de las aberraciones cromáticas longitudinales a través de una lente delgada. (Fuente propia). Los puntos amarillos representan los focos de las longitudes de onda de los colores azul, verde y rojo.

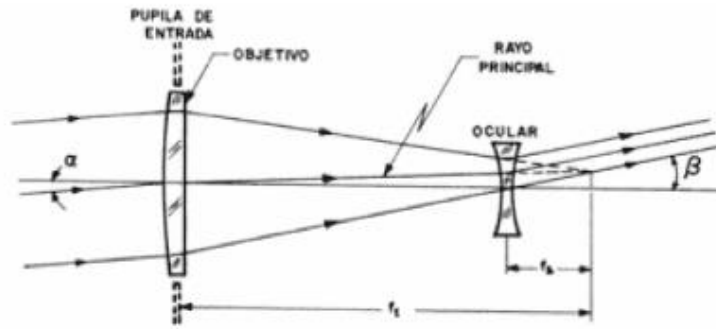
#### 4.1.3 Telescopio refractor terrestre

El telescopio refractor terrestre o también llamado telescopio de Galileo, está conformado por dos sistemas: objetivo y ocular.

- **Objetivo:** *lente convergente* de potencia moderada, situada en el extremo más distante del tubo telescópico respecto al ojo del observador.
- **Ocular:** *lente divergente* de alta potencia, situada en el extremo más próximo del tubo telescópico respecto al ojo del observador.

En este caso se empleará un doblete, es decir, dos lentes bicóncavas confrontadas y acopladas, de esta manera se crea una potencia mucho más negativa.

La *imagen* que se observará con el telescopio de Galileo será *derecha*, es decir, conserva la misma posición que el objeto. Esto se refleja a través de la fórmula del *aumento*, que tendrá un signo *positivo* y en el trazado de rayos (Figura 3).



**Figura 3:** trazado de rayos simplificado del telescopio de Galileo. Fuente: (Zamorano et al., 2012).

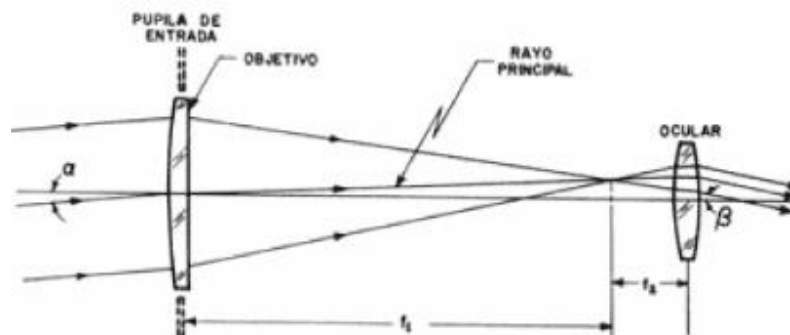
#### 4.1.4 Telescopio refractor astronómico

El telescopio refractor astronómico o también llamado telescopio de Kepler, está conformado por dos sistemas: objetivo y ocular.

- **Objetivo:** *lente convergente* de potencia moderada, situada en el extremo más distante del tubo telescópico respecto al ojo del observador.
- **Ocular:** *lente convergente* de alta potencia, situada en el extremo más próximo del tubo telescópico respecto al ojo del observador.

En este caso se empleará un doblete, es decir, dos lentes plano-convexas confrontadas y acopladas por su lado curvo o convexo, de esta manera se crea una potencia positiva alta.

La *imagen* que se observará con el telescopio de Kepler será *invertida*, es decir, presenta una variación de la posición por el efecto de refracción de las lentes. Esto se refleja a través de la fórmula del *aumento*, que tendrá un signo *negativo* y en el trazado de rayos (Figura 3).



**Figura 4:** trazado de rayos simplificado del telescopio de Kepler. Fuente: (Zamorano et al., 2012).

## 4.2 Construcción de los telescopios

Todos los elementos empleados (exceptuando las lentes) son de PVC. Esta selección se ha hecho ya que son materiales rígidos, opacos, de fácil manipulación y baratos. Además, se pueden localizar y comprar en tiendas de fontanería con facilidad.

En cuanto a las lentes, los oculares se encargaron en una óptica. El diámetro mínimo superaba los 50mm necesarios, por lo que tallaron la lente en el propio taller para que se adaptase a nuestro encargo. Las lentes oculares, encargadas por internet para que se adaptasen en la medida de lo posible a las medidas calculadas, se realizó un desbaste de la lente para reducir su diámetro 2mm (de 42mm iniciales a 40mm necesarios), proceso también encargado en la propia óptica.

El método de construcción del telescopio se ha inspirado en un vídeo realizado por un astrofísico e ingeniero óptico (Tapia, 2008).

En los siguientes apartados se detallan las guías de elaboración para los docentes, sin embargo, los guiones para el alumnado, así como las resoluciones a los ejercicios planteados se exponen en el apartado [Anexos II. Guiones para el alumnado](#) y [Anexo III. Resolución de los guiones](#).

### 4.2.1 Telescopio refractor terrestre

A continuación, se presentan las operaciones realizadas para el cálculo de las medidas de los tubos del telescopio de Galileo, además de la guía indicada para el profesor. Estos cálculos se deberían realizar de nuevo en caso de cambio de potencias de las lentes.

#### Objetivo

Potencia objetivo= +3,25D

$$P = \frac{1}{f'} \rightarrow f'_{ob} = \frac{1}{P} \longrightarrow f'_{ob} = \frac{1}{+3,25D} = 0,3076m \approx 30,80cm$$

#### Ocular

Focal imagen = -100mm

Distancia entre centros ópticos = 5,4mm

$$\frac{1}{f'_{oc}} = \frac{1}{f'_{L1}} + \frac{1}{f'_{L2}} - \frac{d}{f'_{L1}f'_{L2}} \longrightarrow \frac{1}{f'_{oc}} = \frac{1}{-0,1m} + \frac{1}{-0,1m} - \frac{0,0054m}{(-0,1m) \times (-0,1m)}$$

$$\frac{1}{f'_{oc}} = (-10) + (-10) - (+0,54) = -20,54D$$

$$f'_{oc} = \frac{1}{-20,54D} = -0,0486m \approx -4,86cm$$

$$f'_{oc} = -f_{oc} \longrightarrow f_{oc} = +4,86cm$$

*Aclaración: el resultado tiene signo negativo ya que ambas lentes son biconcavas y están en contacto, simulando una lente divergente más potente, con una focal imagen de signo negativo.*

#### Distancia entre lentes

$$L = f'_{ob} - f_{oc} \longrightarrow L = 30,80cm - 4,86cm = 25,94cm$$

### 4.2.1.1 Guía para el profesor

#### Materiales

Componentes del telescopio	Otros elementos
Tubo Ø50mm	Sierra
Tubo Ø40mm	Regla métrica
Casquillo reductor Ø50-40mm	Lija
Casquillo reductor Ø63-50mm	Lapicero
Reducción cónica Ø50-40mm	Gafas de protección
Lente convergente Ø50mm P=+3,25D	Guantes de protección
<b>2 lentes cóncavas Ø40mm</b> <b>f'=-100mm</b>	

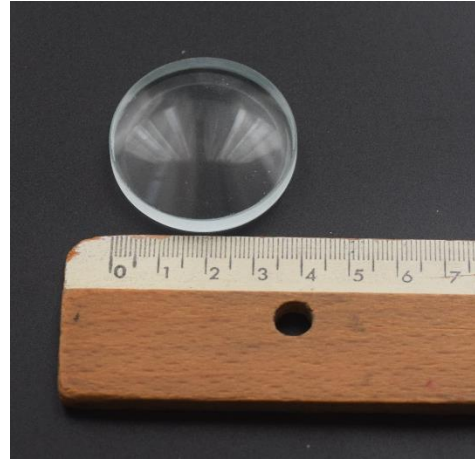
#### Procedimiento experimental

- 1) Se comprueba que las lentes encargadas cumplan con los diámetros pedidos. La comprobación de las potencias no es necesario ya que en la óptica tienen instrumental para medirlo. Además, suelen venir de fábrica con errores muy pequeños ( $\ll 0,15D$ ).





*Imagen 1: Lente objetivo  $\text{Ø}\approx 50\text{mm}$ .*



*Imagen 2: lente del ocular  $\text{Ø}\approx 40\text{mm}$ .*

Aclaración: La otra lente del ocular presenta el mismo diámetro.

- 2) Se colocan todos los materiales que se van a utilizar encima de la mesa de trabajo.



- 3) Utilizando los guantes y las gafas de protección, se recorta con la sierra 1m de cada uno de los 2 tubos de PVC de 3 metros de longitud. Este paso se indica para tener materiales más manejables.
- 4) En los siguientes pasos, las medidas de los tubos se pueden variar, siempre y cuando la distancia entre las lentes sea la calculada en el [apartado 4.2.1](#). Se han escogido 15cm de tubo de  $\text{Ø}=50\text{mm}$  y 10cm de tubo de  $\text{Ø}=40\text{mm}$ . Los 0,95cm restantes (el total son 25,94cm) pertenecen al desnivel presente en el reductor cónico que se empleará para anexionar estas piezas.

- a. Se selecciona el tubo de 1 metro PVC de 50mm de diámetro ( $\text{Ø}=50\text{mm}$ ). Se miden 15cm desde uno de los extremos y se realiza una marca alrededor con un lapicero o rotulador.



- b. Ahora se escoge el tubo de 1 metro de PVC de 40mm de diámetro ( $\text{Ø}=40\text{mm}$ ). Se miden aproximadamente 10cm desde un extremo del tubo y se hace un marcaje por todo el perímetro.



- 5) Utilizando de nuevo la sierra, se cortarán las piezas del paso anterior por las marcas realizadas, intentando que queden lo más rectos posibles los cortes. Se deberá utilizar los guantes, las gafas de protección y la sierra.
  - a. Se corta el tubo de 50mm de diámetro.



b. Se recorta el tubo de 40mm de diámetro.



6) A continuación, se debe lijar el extremo del tubo para que presente la mayor regularidad posible, de tal manera que mida lo mismo en cada parte del tupo. Además, al realizar esta acción, no aseguramos de no rayar las lentes.

a. Lijado del tubo de 50mm de diámetro.



***Antes del lijado.***



*Durante el lijado.*



*Después del lijado.*

b. Lijado del tubo de 40mm de diámetro.



*Antes del lijado.*



*Durante el lijado.*



***Después del lijado.***

- 7) Se insertan las lentes en los respectivos casquillos, que irán dispuestos en los extremos del telescopio. En caso de quedar muy sueltos se puede colocar hilo de cirex (material de ópticas), arandelas, juntas de tuberías o cualquier material que no selle de manera definitiva la lente al casquillo.
  - a. Proceso con la lente objetivo (+3,25D).



- b. Proceso con las lentes del ocular (2 lentes de -10D).



- 8) Se introducen los tubos dentro de sus respectivos casquillos. Las lentes quedarán sujetas sin posibilidad de que se caigan.
  - a. Acoplamiento de las piezas de 50mm de diámetro.



b. Acoplamiento de las piezas de 40mm de diámetro.



9) Se finaliza el montaje con la inserción de ambos tubos por su extremo libre en el reductor cónico de 50mm a 40mm. De esta manera quedan unidas ambas partes creando el telescopio.



Finalmente, el telescopio refractor terrestre o de Galileo se presenta de la siguiente manera (Fotografía 1).



**Fotografía 1:** construcción final del telescopio terrestre de Galileo.

**Avisos:** si la imagen del telescopio no se ve nítida debido al enfoque tras realizar el montaje completo, se deberá comprobar si se necesita una distancia menor entre lentes o mayor.

- En el primer caso, se podrían recortar los tubos o lijar los extremos de estos hasta conseguir la nitidez.
- En el segundo caso, se pueden sacar ligeramente los tubos del reductor cónico central hasta conseguir la nitidez.

Este error se puede deber a la ligera variación en la focal de las lentes o las medidas de los materiales.

## 4.2.2 Telescopio refractor astronómico

A continuación, se presentan las operaciones realizadas para el cálculo de las medidas de los tubos del telescopio de Kepler y la guía elaborada para el profesorado. Estos cálculos se deberían realizar de nuevo en caso de cambio de potencias de las lentes.

### Objetivo

Potencia objetivo= +3,25D

$$P = \frac{1}{f'} \rightarrow f'_{ob} = \frac{1}{P} \longrightarrow f'_{ob} = \frac{1}{+3,25D} = 0,3076m \approx 30,80cm$$

### Ocular

Focal imagen = 65mm.

Distancia entre centros ópticos=8,2mm

$$\frac{1}{f'_{oc}} = \frac{1}{f'_{L1}} + \frac{1}{f'_{L2}} - \frac{d}{f'_{L1}f'_{L2}} \longrightarrow \frac{1}{f'_{oc}} = \frac{1}{0,065m} + \frac{1}{0,065m} - \frac{0,0082m}{0,065m \times 0,065m}$$

$$\frac{1}{f'_{oc}} = 15,384 + 15,384 - 1,941 = 28,827D$$

$$f'_{oc} = \frac{1}{28,827D} = 0,0347m \approx 3,47cm$$

$$f'_{oc} = -f_{oc} \longrightarrow f_{oc} = -3,47cm$$

*Aclaración: el resultado tiene signo positivo ya que son lentes plano-convexas confrontadas por sus caras planas, simulan una lente convergente de mayor potencia, con focal imagen de signo positivo.*

### Distancia entre lentes

$$L = f'_{ob} - f_{oc} \longrightarrow L = 30,80cm - (-3,47cm) = 34,27cm$$

### 4.2.2.1 Guía para el profesor

#### Materiales

Componentes del telescopio	Otros elementos
Tubo Ø50mm	Sierra
Tubo Ø40mm	Regla métrica
Casquillo reductor Ø50-40mm	Lija



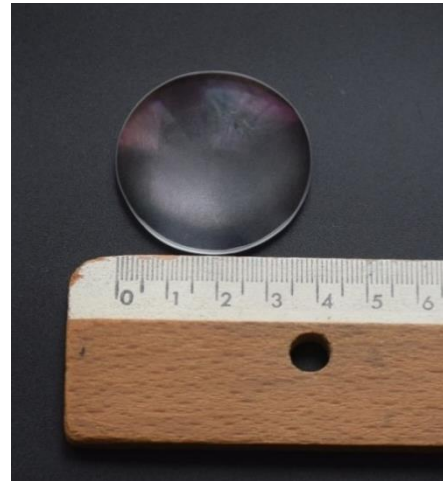
Casquillo reductor $\varnothing 63-50\text{mm}$	Lapicero
Reducción cónica $\varnothing 50-40\text{mm}$	Gafas de protección
Lente convergente $\varnothing 50\text{mm}$ $P=+3,25\text{D}$	Guantes de protección
<b>2 lentes plano-convexas <math>\varnothing 42\text{mm}</math> <math>f'=65\text{mm}</math></b>	

### Procedimiento experimental

- 1) Se comprueba que las lentes encargadas cumplan con los diámetros pedidos. La comprobación de las potencias no es necesario ya que en la óptica tienen instrumental para medirlo. Suelen venir de fábrica con errores muy pequeños ( $\ll 0,15\text{D}$ ).



*Lente objetivo  $\varnothing \approx 50\text{mm}$ .*



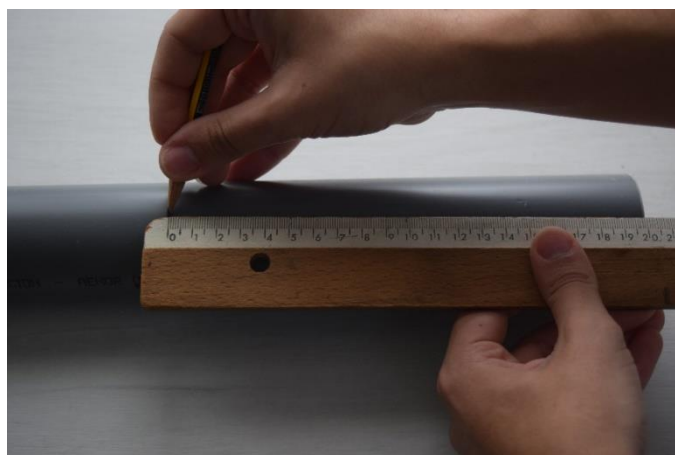
*Lente del ocular  $\varnothing \approx 40\text{mm}$ .*

Aclaración: La otra lente del ocular presenta el mismo diámetro ya que se tallan con una biseladora automática y se introdujeron los mismos datos.

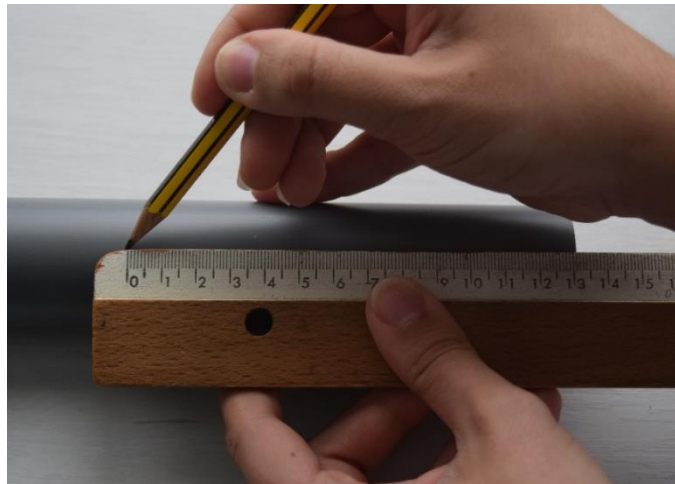
- 2) Se colocan todos los materiales que se van a utilizar encima de la mesa de trabajo.



- 3) Utilizando los guantes y las gafas de protección, se recorta con la sierra 1m de cada uno de los 2 tubos de PVC de 3 metros de longitud. Este paso se indica para tener materiales más manejables.
- 4) En los siguientes pasos, las medidas de los tubos se pueden variar, siempre y cuando la distancia entre las lentes sea la calculada en el [apartado 4.2.2](#). Se han escogido 20cm de tubo de  $\text{Ø}=50\text{mm}$  y 13,32cm de tubo de  $\text{Ø}=40\text{mm}$ . Los 0,95cm restantes (el total son 34,27cm) pertenecen al desnivel presente en el reductor cónico que se empleará para anexionar estas piezas.
  - a. Se selecciona el tubo de 1 metro PVC de 50mm de diámetro ( $\text{Ø}=50\text{mm}$ ). Se miden 20,00cm desde uno de los extremos y se realiza una marca alrededor con un lapicero o rotulador.



- b. Ahora se escoge el tubo de 1 metro de PVC de 40mm de diámetro ( $\text{Ø}=40\text{mm}$ ). Se miden aproximadamente 13,32cm desde un extremo del tubo y se hace un marcaje por todo el perímetro.



5) Utilizando de nuevo la sierra, se cortarán las piezas del paso anterior por las marcas realizadas, intentando que queden lo más rectos posibles los cortes. Se deberá utilizar los guantes, las gafas de protección y la sierra.

a. Se corta el tubo de 50mm de diámetro.



b. Se recorta el tubo de 40mm de diámetro.



6) A continuación, se debe lijar el extremo del tubo para que presente la mayor regularidad posible, de tal manera que mida lo mismo en cada

parte del tupo. Además, al realizar esta acción, no aseguramos de no rayar las lentes.

- a. Lijado del tubo de 50mm de diámetro.



*Antes del lijado.*



*Durante el lijado.*



*Después del lijado.*

- b. Lijado del tubo de 40mm de diámetro.



***Antes del lijado.***



***Durante el lijado.***

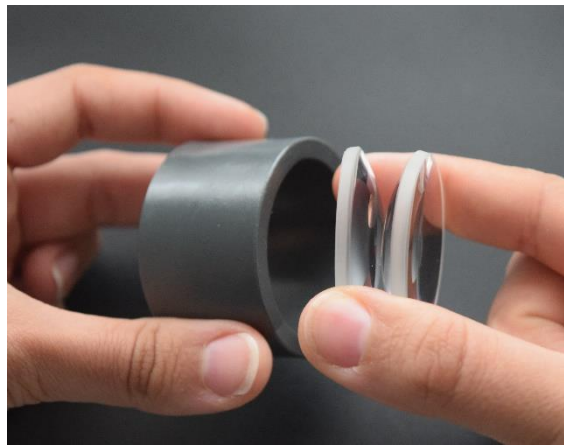


***Después del lijado.***

- 7) Se insertan las lentes en los respectivos casquillos, que irán dispuestos en los extremos del telescopio. En caso de quedar muy sueltos se puede colocar hilo de cirex (material de ópticas), arandelas, juntas de tuberías o cualquier material que no selle de manera definitiva la lente al casquillo.
  - a. Proceso con la lente objetivo (+3,25D).



- b. Proceso con las lentes del ocular (+28,827D en total).



- 8) Se introducen los tubos dentro de sus respectivos casquillos. Las lentes quedarán sujetas sin posibilidad de que se caigan.

- a. Acoplamiento de las piezas de 50mm de diámetro.



- b. Acoplamiento de las piezas de 40mm de diámetro.



- 9) Se finaliza el montaje con la inserción de ambos tubos por su extremo libre en el reductor cónico de 50mm a 40mm. De esta manera quedan unidas ambas partes creando el telescopio.



Finalmente, el telescopio refractor astronómico o de Kepler se presenta de la siguiente manera (Fotografía 2).



**Fotografía 2:** construcción final del telescopio astronómico de Kepler.

**Avisos:** si la imagen del telescopio no se ve nítida debido al enfoque tras realizar el montaje completo, se deberá comprobar si se necesita una distancia menor entre lentes o mayor.

- En el primer caso, se podrían recortar los tubos o lijar los extremos de estos hasta conseguir la nitidez.
- En el segundo caso, se pueden sacar ligeramente los tubos del reductor cónico central hasta conseguir la nitidez.

Este error se puede deber a la ligera variación en la focal de las lentes o las medidas de los materiales.

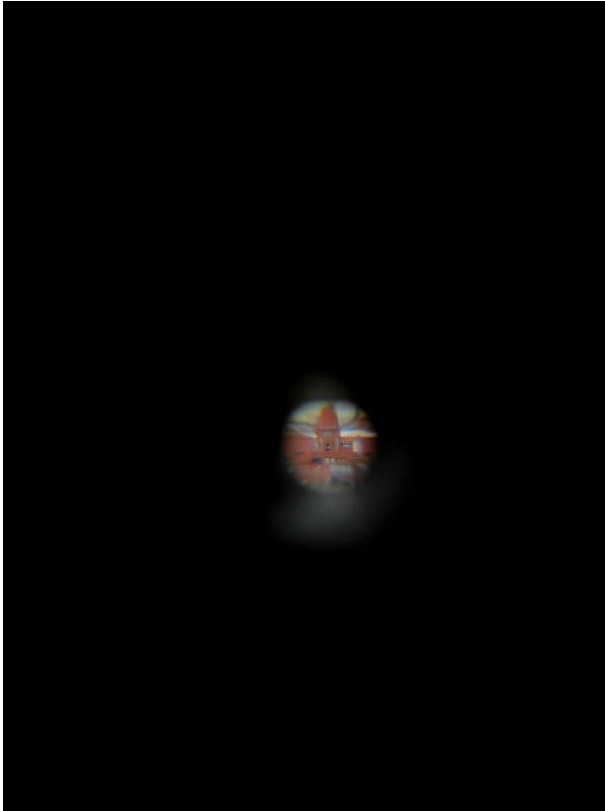


### 4.3 Comprobación de su función

La comprobación de la funcionalidad de ambos telescopios se realiza mediante la realización de fotografías a distintos edificios a diversas distancias. En ambos casos, los telescopios se ubican en la misma posición de tal manera que se pueda comprobar la variación en los aumentos de cada instrumento observando la misma imagen. Para realizar el cálculo y comparación de los aumentos de cada telescopio, se aplica la [Fórmula 1.2](#).

$$\Gamma_{Galileo} = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}} = -\frac{30,8cm}{(-4,86)cm} = +6,34$$

$$\Gamma_{Kepler} = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}} = -\frac{30,8cm}{3,47cm} = -8,88$$

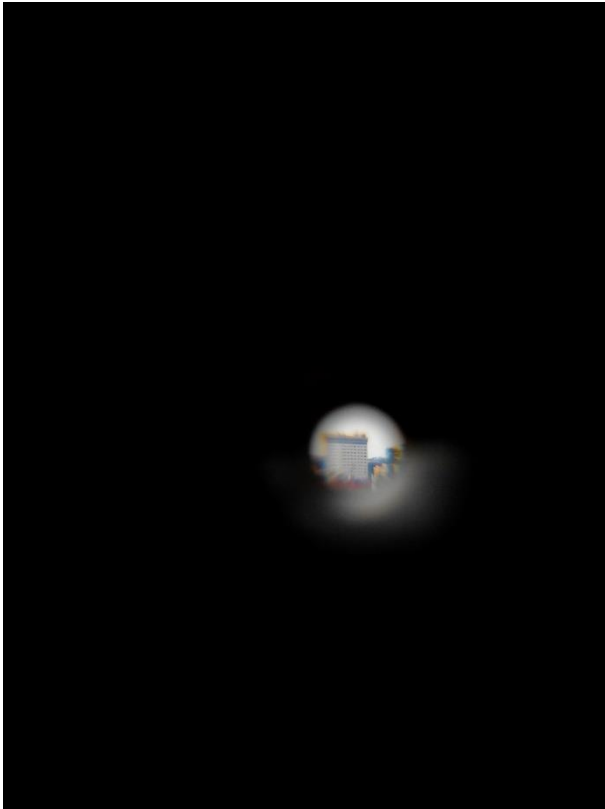


**Imagen 3:** Fotografía de la Iglesia del Carmen con el telescopio Galileo.



**Imagen 4:** Fotografía de la Iglesia del Carmen con el telescopio Kepler.

La distancia entre la posición de los telescopios y la imagen observada en este caso es de 1,60km según la sede oficial del catastro del territorio nacional.



**Imagen 5:** Fotografía del Edificio Duque de Lerma con el telescopio Galileo.



**Imagen 6:** Fotografía del Edificio Duque de Lerma con el telescopio Kepler.

La distancia entre la posición de los telescopios y la imagen observada en este caso es de 3,70km según la sede oficial del catastro del territorio nacional.

## **5 Ejecución en los escenarios propuestos**

En esta sección se detallarán los pasos a seguir en cada una de las modalidades de práctica propuestas, de esta manera el profesor podrá aplicar con un orden lógico y detallado cada una de las instrucciones y actividades. Además, se detallará la metodología que se propone utilizar, la duración de la actividad, así como la evaluación de dichas actividades con la rúbrica correspondiente.

### **5.1 Modalidades de elaboración de las prácticas**

#### **5.1.1 Clase Magistral**

Estas prácticas se podrían desarrollar en una clase magistral en caso de escasa disponibilidad de tiempo a lo largo del curso. El docente debería aplicar los pasos detallados en los apartados [6.2.1.1](#) y [6.2.2.1](#) junto con la explicación y justificación de cada paso a los alumnos, para que consigan comprender el funcionamiento de las lentes y la obtención de unos resultados u otros. La elaboración no debería superar los 15-20 minutos.

En la elaboración de los telescopios aportados en este proyecto, se tardó 20-25 minutos por cada instrumento, debiendo realizar las fotografías y ajustes mencionados. Sin embargo, con toda la documentación adjuntada, se debería poder realizar en los 15-20 minutos mencionados.

#### **5.1.2 Práctica curricular evaluativa**

El desarrollo de las elaboraciones de los telescopios de Galileo y Kepler como práctica evaluativa se detalla a continuación en los puntos de "[Planificación de las prácticas](#)", "[Temporalización](#)" y "[Evaluación](#)", debiendo aportar al alumnado los guiones de prácticas ([10.2.1](#) y [10.2.2](#)).

#### **5.1.3 Práctica extracurricular no evaluativa**

El desarrollo de las prácticas sin formar parte del currículum evaluativo se realizaría de la misma manera que en el apartado anterior. Se aportarían los guiones de elaboración de las prácticas a los alumnos, junto con las preguntas para el análisis de comprensión que serían entregables al profesor y devueltas

con sus correcciones correspondientes, de tal manera que se demuestre una ampliación del conocimiento.

## **5.2 Planificación de las prácticas**

Las prácticas de laboratorio planteadas pretenden desarrollarse mediante una metodología de aprendizaje cooperativo ya que se centra en conseguir un objetivo común para cada grupo, donde el profesorado supervisa y organiza, en cierta medida, en trabajo que deben realizar los estudiantes (Andreu Andrés, MA. 2016). Los alumnos con menos habilidades manuales o prácticas podrán aportar al trabajo en grupo un conocimiento más técnico y viceversa, lo que equilibra la realización de las experiencias de laboratorio intentando asegurar la participación de los integrantes de manera equitativa.

Se propone una realización de los experimentos por parejas y, en caso de la presencia de alumnado impar, creación de grupos de 3 personas. El diseño se ha realizado de esta manera para que todos los alumnos participen activamente con las labores prácticas. Si la ratio de alumnos por aula es muy elevada, se podría aumentar el número de integrantes por grupo, asegurándose de que todos participan en los distintos tipos de tareas.

## **5.3 Temporalización**

En cuanto al desarrollo temporal de la práctica, se estima que la elaboración por parte del profesor de la ejecución de un solo telescopio llevase 15-20 minutos, basado en la comprobación por parte de la autora del trabajo.

Para determinar la temporalización de la práctica respecto al alumnado, se estima que la ejecución práctica de cada experimento asignado a cada pareja se llevase a cabo en máximo 1 sesión (50 minutos). Tras eso, la resolución de las cuestiones se pedirá como tarea autónoma en horario no lectivo ya que la disponibilidad horaria en 2º de Bachillerato es límite por la preparación de la PAU, pudiendo comenzar a realizar su resolución en el laboratorio si la ejecución práctica ha sido rápida. Finalmente, la exposición oral de los resultados se llevaría a cabo en otra sesión o dos sesiones en función del número de alumnos inscritos en la asignatura (5 minutos por exposición).

## 5.4 Evaluación

Para la evaluación en caso de realización de las prácticas por el alumnado en horario lectivo, se propone la aplicación de una rúbrica que permite valorar el nivel de obtención de los objetivos planteados (competencias específicas y claves determinadas inicialmente) (CEDEC, s.f.).

La rúbrica de evaluación se detalla en el apartado [10.4 Anexos IV](#). Está automatizada y se puede descargar desde el siguiente enlace [Rúbrica Telescopios TFM.xlsx](#) (acceso hasta el 5 de junio del 2025, en caso de querer acceder después al material, contactar con el siguiente correo electrónico [andrea.losada@estudiantes.uva.es](mailto:andrea.losada@estudiantes.uva.es)).

En este caso se han evaluado 4 aspectos clave: el trabajo individual del alumno, el trabajo en equipo, la resolución a las preguntas planteadas y finalmente una pequeña exposición oral. A continuación, se detalla las exigencias en cada uno de estos apartados:

- **Trabajo en el laboratorio:** se evalúa el modo de trabajar en el laboratorio, siguiendo las normas pautadas, un orden lógico y cuidado del material. Es un aspecto que se evalúa individualmente ya que cada alumno, dentro de su función y tareas en la actividad, consigue ejecutarlo de diversas maneras.  
El porcentaje de *calificación* respecto al total de la actividad: 30%.  
Criterios de evaluación asociados: 1.2, 2.3, 3.1, 3.2, 5.2, 6.1.
- **Trabajo en equipo:** se evalúa la participación en el proyecto, el reparto de tareas, la asertividad y la capacidad de escuchar. Es esencial evaluar la actividad en grupo ya que deben aprender a trabajar así para un posible futuro laboral.  
El porcentaje de *calificación* respecto al total de la actividad: 20%.  
Criterios de evaluación asociados: 2.2, 2.3, 3.2, 5.2, 6.1.
- **Resolución de las cuestiones:** se evalúa la cantidad de preguntas resueltas, su precisión, el lenguaje empleado y la apariencia en cuanto a la presentación. Estas cuestiones son las aportadas en los "[Guiones para](#)

el alumno". Son aspectos esenciales a la hora de presentar resoluciones e informes a personas de la comunidad científica. Cada alumno presentará sus propias respuestas de manera física (respuestas en papel) o informática (Word, PDF) en función de las especificaciones del profesor.

Las respuestas esperadas se especifican en el apartado "[10.3 Anexo III. Resolución de los guiones](#)".

El porcentaje de *calificación* respecto al total de la actividad: 40%.

Criterios de evaluación asociados: 1.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 5.1, 5.2.

- **Exposición oral:** los alumnos deberán realizar por parejas una pequeña exposición oral ante toda la clase de los resultados obtenidos en la práctica. Deberán comentar, mínimo, los siguientes aspectos:
  - Telescopio realizado
  - Medidas de los tubos
  - Potencias de las lentes empleadas
  - Mostrar el instrumento
  - Descripción de las imágenes observadas con su telescopio
  - Comparaciones más relevantes con el otro tipo de telescopio realizado por otros compañeros

La extensión de la exposición no debe exceder los 5 minutos. No es necesario la realización de una presentación, sin embargo, pueden disponer de la pizarra (digital, de tiza o whiteboard) para anotar los resultados.

El porcentaje de *calificación* respecto al total de la actividad: 10%.

Criterios de evaluación asociados: 2.3, 3.2, 5.1, 5.2.

La asignación de valores para la calificación se distribuye en 4 apartados: 2,5 puntos, 5,0 puntos, 7,5 puntos y 10 puntos. Se asigna de dicha manera para distinguir bien los rangos de las rúbricas ofreciendo un valor fijo a cada apartado, de tal manera que los alumnos tengan claro el modelo de calificación. Además, esto facilita al profesorado la corrección y evaluación de las prácticas.

## 6 Aportación personal

La creación de telescopios caseros es una práctica bastante común de realizar con alumnado de ESO e incluso Educación Primaria a nivel lúdico. Se suele realizar con materiales reutilizados (cilindros de cartón, pegamentos, lupas baratas, cintas aislantes, etc.), que pueden deteriorarse con facilidad con el tiempo. Además, no se suelen enseñar las bases teóricas físicas del funcionamiento de los telescopios, por lo que la comprensión de la actividad del instrumento queda limitada.

Este proyecto está indicado tras la enseñanza del tema de Óptica Geométrica del temario de 2º de Bachillerato, gracias al cual, se podrá sacar rendimiento a las prácticas propuestas. Para elevar el nivel de la práctica, la construcción física del instrumento está basada en el empleo de materiales de PVC más resistentes y fáciles de conseguir, además de utilizar lentes económicas y adaptables a las necesidades del resto de materiales.

Como innovación, se expone una guía detallada de los cálculos realizados para la obtención de las potencias de las lentes, así como de las medidas de los materiales y las construcciones finales de los telescopios de Galileo y Kepler. De esta manera, el profesorado puede comprender todo el procedimiento de elaboración y copiar o adaptar las prácticas. Además, se aportan dos guiones específicos para que el alumnado pueda realizar las prácticas, junto a unas preguntas para el análisis de la comprensión de las elaboraciones y conocimientos sobre el tema. Finalmente, se aporta un método de evaluación de las prácticas realizadas por los alumnos, adecuadas al currículum y al tiempo disponible, de manera que tenga una aportación relevante en el currículum del alumnado en caso de elegirse esa modalidad de desarrollo de la práctica, ya que se podrían llevar a cabo en varios escenarios distintos como clases magistrales o como prácticas realizadas por alumnos sin ser evaluables.



## 7 Resultados

El análisis de los resultados obtenidos en estas prácticas proporciona una visión detallada de la eficacia y las limitaciones del método experimental implementado, por lo que, a continuación, se describen y evalúan los hallazgos observados.

Las *imágenes* que se obtienen con el *telescopio refractor terrestre* (Galileo) son directas, con un menor campo de visión y por lo tanto aumentadas, las imágenes presentan menor brillo por el paso de luz a través de un ocular divergente o cóncavo y presentan aberraciones cromáticas más visibles.

Las *imágenes* logradas con el *telescopio refractor astronómico* (Kepler) son inversas, con un campo de visión amplio y, consecuentemente, los objetos se ven de menor tamaño, las imágenes presentan mayor brillo lo que es positivo en observaciones con iluminación tenue y presentan aberraciones cromáticas menos visibles.

En cuando a la apariencia física de ambos telescopios, no existen diferencias ya que se han empleado los mismos materiales, sin embargo, el telescopio de Galileo es aproximadamente unos 10cm más pequeño que el telescopio de Kepler.

Cuando se realiza una observación directa de las imágenes, es decir, con los ojos, se obtienen imágenes con mejor calidad que las capturadas con dispositivos fotográficos. Ocurre gracias a al cerebro humano, que es capaz de corregir ciertos defectos de tal manera que nos resulte fácil la observación. Además, se recomienda que la persona que vaya a realizar una observación lleve su corrección óptica adaptada, en otras palabras, la persona debe portar sus gafas o lentes de contacto correspondientes.

Para poder mejorar la calidad de la imagen de los telescopios construidos, se podrían encargar todas las lentes de material mineral. Para conseguir una disminución de las aberraciones cromáticas se deberían escoger como lentes objetivo y ocular dobletes o tripletes acromáticos (varias lentes unidas con distinto índice de refracción que permiten focalizar las distintas longitudes de ondas en el mismo foco), sin embargo, el precio es mucho más elevado.

En el presente caso no se pretende dar prioridad a una calidad excelente de la imagen, sino al proceso de construcción y comprensión de los principios físicos de la óptica geométrica, tal y como se menciona al comienzo del documento. De esta manera, sí se han obtenido instrumentos que permiten al alumnado experimentar y observar elementos con bastante nitidez.



**Imagen 7:** telescopio refractor astronómico arriba y telescopio refractor terrestre abajo.

## 8 Conclusiones

En este proyecto se han realizado dos experimentos de óptica geométrica, en concreto la construcción de 2 telescopios distintos en el que se han aplicado conocimientos teóricos sobre esta rama de la física, los cuales sólo se tratan en el curso de 2º de bachillerato, por lo que sólo es aplicable en este curso.

La presente investigación ha abordado el desarrollo de dos telescopios históricos, el telescopio de Galileo y el de Kepler, con el objetivo de proporcionar a los alumnos de 2º de bachillerato una experiencia educativa enriquecedora en el ámbito de la astronomía y la óptica geométrica. Este trabajo ha sido concebido con una doble vertiente: por un lado, se ha diseñado una guía de elaboración dirigida al profesorado, y por otro, se han desarrollado guiones prácticos para los alumnos, todo ello con la finalidad de facilitar una comprensión profunda y práctica de los principios ópticos y astronómicos que subyacen en estos instrumentos históricos.

El desarrollo de las guías y guiones se ha estructurado teniendo en cuenta diversos escenarios pedagógicos, ofreciendo así una flexibilidad adaptativa que permite su implementación tanto en clases magistrales como en prácticas curriculares evaluativas y prácticas extracurriculares no evaluativas. Este enfoque multifacético asegura que los materiales puedan ser integrados de manera efectiva en distintos contextos educativos, optimizando así su impacto didáctico.

Uno de los aspectos más innovadores de este proyecto radica en la inclusión de una rúbrica de evaluación detallada y una planificación temporal precisa. La rúbrica de evaluación ha sido elaborada para proporcionar una herramienta objetiva y coherente que permita a los docentes evaluar el desempeño de los estudiantes de manera justa y consistente. Además, la temporalización propuesta garantiza que el proceso de elaboración de los telescopios se pueda llevar a cabo de manera ordenada y efectiva, respetando los tiempos pedagógicos establecidos y asegurando una experiencia de aprendizaje fluida y sin contratiempos.

En términos de impacto educativo, la implementación de este proyecto promueve no solo la comprensión teórica de los principios ópticos, sino también el

desarrollo de habilidades prácticas y manuales. Los estudiantes, al construir los telescopios, experimentan de primera mano el proceso científico, desde la hipótesis y la experimentación hasta la observación y la conclusión. Este enfoque práctico no solo refuerza los conceptos aprendidos en clase, sino que también fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas, habilidades fundamentales en la formación académica de los alumnos de bachillerato.

Asimismo, la incorporación de estos proyectos en las distintas modalidades educativas propuestas (clases magistrales, prácticas curriculares y extracurriculares) permite una mayor versatilidad en la enseñanza. Las clases magistrales proporcionan el contexto teórico necesario, mientras que las prácticas curriculares y extracurriculares ofrecen el espacio para la aplicación y experimentación.

En conclusión, el proyecto de creación de los telescopios de Galileo y Kepler para alumnos de 2º de bachillerato de la asignatura de Física constituye una herramienta pedagógica de gran valor, no solo por su capacidad de transmitir conocimientos específicos de óptica geométrica, sino también por su potencial para desarrollar habilidades prácticas y competencias clave en los estudiantes. La guía de elaboración para el profesorado, los guiones prácticos para los alumnos, junto con la rúbrica de evaluación y la temporalización propuesta, forman una propuesta coherente y consolidada que facilita la implementación de este proyecto en diversas modalidades educativas, asegurando una experiencia de aprendizaje completa, interactiva y significativa para todos los participantes. Este trabajo no solo contribuye a la educación científica de los alumnos, sino que también sienta las bases para la ampliación de futuras iniciativas pedagógicas que integren la teoría y la práctica de manera efectiva en el currículo escolar.

## 9 Referencias bibliográficas

Andreu Andrés, MA. (2016). Aprendizaje cooperativo o colaborativo: ¿hay alguna diferencia en la percepción de los estudiantes universitarios? *Revista Complutense de Educación*. 27(3):1041-1060.

[http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2016.v27.n3.47398](http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n3.47398)

Casas, J. (1994). *Óptica*. Universidad de Zaragoza.

Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Sistemas No Propietarios, Recurso Educativo Abierto. (s.f.). Rúbrica de evaluación del trabajo en equipo.

<https://cedec.intef.es/rubrica/rubrica-de-evaluacion-del-trabajo-en-equipo-3/>

Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Sistemas No Propietarios, Recurso Educativo Abierto. (s.f.). Rúbrica de trabajo en el laboratorio.

<https://cedec.intef.es/rubrica/rubrica-para-evaluar-el-trabajo-en-el-laboratorio/>

Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Sistemas No Propietarios, Recurso Educativo Abierto. (s.f.). Rúbrica para evaluar una exposición oral.

<https://cedec.intef.es/rubrica/rubrica-para-evaluar-una-exposicion-oral-2/>

Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, 190, de 30 de septiembre de 2022. Recuperado de:

<https://www.educa.jcyl.es/es/resumenbocyl/decreto-40-2022-29-septiembre-establece-ordenacion-curricul>

Dunn, R. (2009). *The Telescope. A short history*. London: National Maritime Museum.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>

González Vegas, D. (2019). *Experiencias de cátedra para la docencia en física* [Trabajo fin de máster, Universidad de Valladolid]. UVADoc. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/38556>

Hernández, C. (2010). *Optica geométrica: teoría y cuestiones*. Universidad de Alicante.

NASA Science. (2024, Mayo). *Telescopes* 101. <https://science.nasa.gov/universe/telescopes-101/>

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible, Objetivo 4: Educación*. <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/biblioteca-central/va/blog/2024/febrero/agenda-2030-educacion.html>

Quinn, H., Schweingruber, H., & Keller, T. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>

Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 82,

de 6 de abril de 2022. Recuperado de:

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-5521>

Reyes Aguilera, E. A. (2020). Prácticas de laboratorio: la antesala a la realidad. *Revista Multi-Ensayos*, 6(11), 61–66.

<https://doi.org/10.5377/multiensayos.v6i11.9290>

Rouan, D. (2011). *Telescope*. In: Gargaud, M., et al. Encyclopedia of Astrobiology. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-](https://doi.org/10.1007/978-3-642-11274-4_1565)

[642-11274-4\\_1565](https://doi.org/10.1007/978-3-642-11274-4_1565)

Serna Box, J. (2021). *A través del vidrio óptico. Breve historia del telescopio refractor y de la astronomía moderna en el siglo XVII*. [Trabajo fin de grado, Universidad de Valencia]. ResearchGate.

[https://www.researchgate.net/publication/355034800\\_A\\_traves\\_del\\_vidrio\\_optico\\_Breve\\_historia\\_del\\_telescopio\\_refractor\\_y\\_de\\_la\\_astronomia\\_moderna\\_en\\_el\\_siglo\\_XVII\\_TFG\\_Grado\\_en\\_Historia](https://www.researchgate.net/publication/355034800_A_traves_del_vidrio_optico_Breve_historia_del_telescopio_refractor_y_de_la_astronomia_moderna_en_el_siglo_XVII_TFG_Grado_en_Historia)

Smith, R. (2021) *Telescope*. Encyclopedia of the History of Science.

<https://doi.org/10.34758/8scg-y498>

Tapia, C. [Carlosz22]. (18 de julio de 2008). *Telescopio de Galileo casero*.

[Archivo de vídeo]. Youtube.

<https://www.youtube.com/watch?v=VCBVtlp4MUM>

Zamorano, J., Gallego, J., Pérez-González, P.G. (2012). Telescopio Galileo y Telescopio Kepler. [Fotografía del trazado de rayos de telescopios refractores]. Tema 2a: generalidades sobre telescopios.

[https://quaix.fis.ucm.es/~pgperez/Teaching/Instrumentacion\\_astronomica/instrumentacion\\_astronomica\\_tema2a\\_telescopios\\_opticos\\_1.pdf](https://quaix.fis.ucm.es/~pgperez/Teaching/Instrumentacion_astronomica/instrumentacion_astronomica_tema2a_telescopios_opticos_1.pdf)

## 10 Anexos

### 10.1 Anexo I. Análisis de gastos

<i>Material</i>	<i>Precio por unidad</i>	<i>Unidades empleadas</i>	<i>Total por material</i>
Tubo PVC 3m Ø50mm	3,95€	1	3,95€
Tubo PVC 3m Ø40mm	2,95€	1	2,95€
Casquillo reductor PVC presión Ø50-40mm Hembra	0,60€	2	1,20€
Casquillo reductor PVC presión Ø63-50mm Hembra	0,95€	2	1,90€
Reducción cónica PVC concéntrica Ø50-40mm	2,89€	2	5,78€
Lente convergente Ø50mm P=+3,25D	1,00€	2	2,00€
Lente plano-convexa Ø42mm f=65mm	4,47€	2	8,94€
Lente bicóncava Ø40mm f=-100mm	3,865€	2	7,73€
<i>Precio total invertido: 34,45€</i>			

A continuación, se describe el precio empleado en cada telescopio individual construido:

<i>Telescopio Refractor Terrestre</i>	
<i>Material</i>	<i>Precio por práctica</i>
Tubo Ø50mm Longitud=15	0,197€
Tubo Ø40mm Longitud=10cm	0,098€
Casquillo reductor Ø50-40mm	0,60€



Casquillo reductor Ø63-50mm	0,95€
Reductor cónico Ø50-40mm	2,89€
Lente convergente Ø50mm P=+3,25D	1€
2 lentes bicóncavas Ø40mm f'=-100mm	7,73€
<i>Total: 13,465€</i>	

<b>Telescopio Refractor Astronómico</b>	
<i>Material</i>	<i>Precio por práctica</i>
Tubo Ø50mm Longitud=20cm	0,263€
Tubo Ø40mm Longitud=13,32cm	0,131€
Casquillo reductor Ø50-40mm	0,60€
Casquillo reductor Ø63-50mm	0,95€
Reductor cónico Ø50-40mm	2,89€
Lente convergente Ø50mm P=+3,25D	1,00€
2 lentes plano-convexas Ø42mm f'=65mm	8,94€
<i>Total: 14,774€</i>	

En este caso no se ha contabilizado el precio del material empleado para el recorte de los tubos o las lijas ya que se poseía este material previamente. Además, es muy probable que se disponga de este material en un Instituto de enseñanza ya sea en el propio Departamento de Física o en el Departamento de Tecnología. Igualmente sucede con los dispositivos electrónicos empleados para la captura de imágenes ya que se presupone que todos los alumnos disponen de un dispositivo móvil.

Para abaratar costes, cabe la posibilidad de emplear una sola lente en el ocular de cada instrumento, de tal manera que se produciría una disminución del precio del telescopio de Galileo hasta 9,60€ y una reducción económica del telescopio de Kepler hasta 10,30€. En caso de realizar dichos cambio, los tamaños de los telescopios aumentarían dado que se reducen las potencias de los oculares, además de obtener unos aumentos de 3,8 para el telescopio Kepler y 4,74 aumentos para el Galileo (según se vio en la [Fórmula 1.2](#), no debiendo aplicar la [Fórmula 3](#) en dicho caso).

## 10.2 Anexo II. Guiones para el alumnado

### 10.2.1 Guion del telescopio refractor terrestre o de Galileo

#### *Práctica de Laboratorio*

#### *Fabricación de un telescopio refractor terrestre*

---

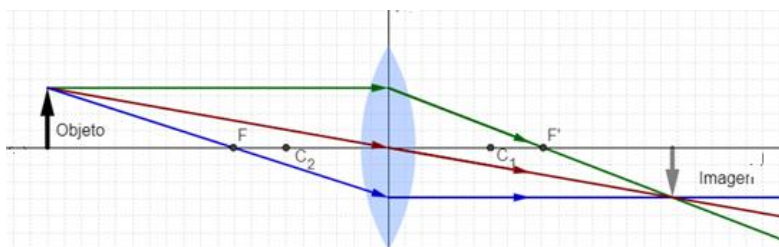
### Objetivos

En esta práctica se pretende elaborar un telescopio de tipo refractor (en el que sólo se emplean lentes y no espejos) con el que se puedan hacer observaciones astronómicas y/o terrestres.

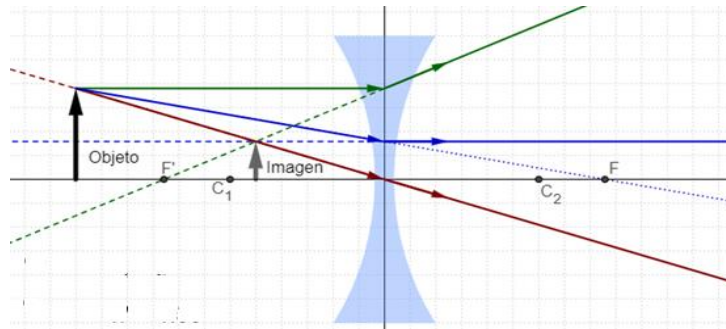
- Se deberá realizar la práctica en parejas intentando ejecutar las acciones de manera conjunta.
- Se realizará la entrega de las cuestiones de manera individual. Para la resolución de algunas de ellas deberás utilizar el otro tipo de telescopio realizado por otra pareja. Poneos de acuerdo y para compartir datos.
- Se realizará una exposición oral que no exceda los 5 minutos por grupo. Se deberá exponer los resultados detallados al final del documento.

### Fundamentos

En esta práctica se emplearán los principios de la óptica geométrica, en concreto el fenómeno de **refracción** que tiene lugar cuando la luz propagada en un medio pasa a propagarse por otro de diferente índice de refracción ( $n$ ). Se empleará en un **sistema de lentes delgadas**, por lo que es importante recordar las características ópticas de las lentes convergentes y divergentes.



**Figura 1.** Representación básica del trazado de rayos de una lente convergente.



**Figura 2.** Representación básica del trazado de rayos de una lente divergente.

Algunas de las fórmulas generales de la óptica geométrica que pueden aplicarse en este caso son las siguientes:

$$\Gamma = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$$

**Fórmula 1.** Cálculo del aumento de un telescopio.

$$P = \frac{1}{f'}$$

**Fórmula 2.** Cálculo de la potencia de una lente.

$$f' = -f$$

**Fórmula 3:** relación entre el valor de la distancia focal imagen de una lente y la distancia focal objeto.

$$L = f'_{ob} - f_{oc}$$

**Fórmula 4:** fórmula para el cálculo de la longitud ente la lente objetivo y ocular de los 2 telescopios.

### **Material**

Los materiales necesarios serán proporcionados al comienzo de la práctica y serán mostrados por el profesor para poder reconocerlos con facilidad:

- Tubo de PVC Ø50mm
- Tubo de PVC Ø40mm
- Casquillo reductor PVC Ø50-40mm
- Casquillo reductor Ø63-50mm
- Reducción cónica Ø50-40mm

- Lente convergente  $\varnothing 50\text{mm}$   $P=+3,25\text{D}$
- 2 lentes biconcavas  $\varnothing 40\text{mm}$   $f'=-100\text{mm}$  ( $f'_{oc}=-4,86\text{cm}$ )
- Sierra
- Lija
- Regla métrica 50cm
- Gafas de protección
- Guantes de protección

### **Procedimiento experimental**

Se deber revisar que se dispone de todo el material de la lista. En caso de no ser así, avisar al profesor.

Una vez identificados todos los materiales se puede comenzar la práctica.

1. Coger el tubo de  $\varnothing=50\text{mm}$  y medir 15cm desde un extremo. Marcar la posición alrededor de todo el tubo con un lapicero.
2. Realizar el mismo paso de marcaje que antes, pero midiendo 10cm del tubo de  $\varnothing=40\text{mm}$ .
3. Utilizando los guantes y las gafas de protección, se cortan con la sierra ambos tubos de PVC por las marcas realizadas, con precaución de que queden lo más rectas posibles.  
¡Atención!: se deben sujetar bien por ambos extremos los tubos para que no haya movimientos durante el corte.
4. Una vez obtenidas las piezas, se procede al lijado de los extremos. Se deberá igualar la inclinación y redondear ligeramente los bordes para que no corten.
5. A continuación, se inserta la lente orgánica de  $\varnothing=50\text{mm}$  en el casquillo de la misma medida.
6. Se repite el paso anterior, pero introduciendo las dos lentes divergentes en el casquillo de  $\varnothing=40\text{mm}$ .
7. Acto seguido se deben acoplar los tubos recortados y lijados a cada casquillo correspondiente con las lentes dentro.
8. Finalmente, se unen ambas partes por el reductor cónico, obteniendo el telescopio final ya conformado.

**Cuestiones**

1. ¿Por qué deben coincidir el foco imagen de objetivo ( $F'_{ob}$ ) y el foco objeto del ocular ( $F_{oc}$ )? ¿Qué distancia existe entre las lentes?
2. Calcula los aumentos del telescopio que has realizado.
3. ¿Se podrían recortar otras longitudes de tubos distintas siempre y cuando la distancia entre las lentes fuese la misma?
4. ¿Se puede observar un objeto cercano sin modificar ninguna pieza ni distancias del telescopio? Justifica tu respuesta dando un razonamiento físico.
5. Realiza un esquema de la disposición de las lentes con sus focales y los rayos más importantes.

**Exposición oral**

Se deberán tratar los siguientes temas, debiendo intervenir todos los miembros del grupo, mostrando el instrumento realizado para que los observen los compañeros.

- Tipo de telescopio elaborado
- Potencias de las lentes empleadas y disposición de ellas
- Descripción de las imágenes observadas con el telescopio
- Comparaciones más relevantes con el otro tipo de telescopio realizado por otros compañeros.

## 10.2.2 Guion del telescopio refractor astronómico o de Kepler

### *Práctica de Laboratorio*

#### *Fabricación de un telescopio refractor astronómico*

---

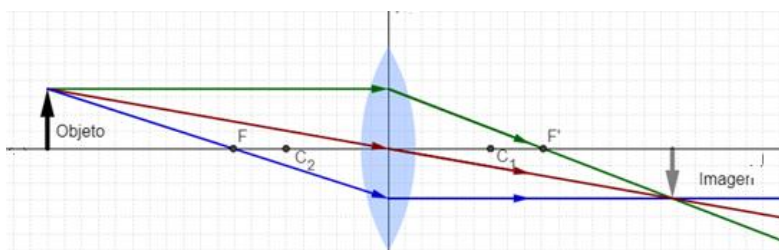
#### **Objetivos**

En esta práctica se pretende elaborar un telescopio de tipo refractor (en el que sólo se emplean lentes y no espejos) con el que se puedan hacer observaciones astronómicas y/o terrestres.

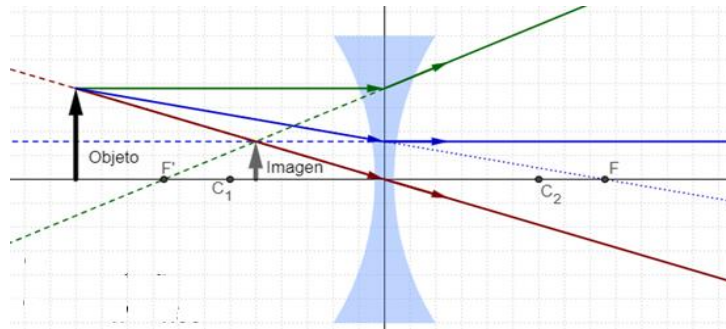
- Se deberá realizar la práctica en parejas intentando ejecutar las acciones de manera conjunta.
- Se realizará la entrega de las cuestiones de manera individual. Para la resolución de algunas de ellas deberás utilizar el otro tipo de telescopio realizado por otra pareja. Poneos de acuerdo y para compartir datos.
- Se realizará una exposición oral que no exceda los 5 minutos por grupo. Se deberá exponer los resultados detallados al final del documento.

#### **Fundamentos**

En esta práctica se emplearán los principios de la óptica geométrica, en concreto el fenómeno de **refracción** que tiene lugar cuando la luz propagada en un medio pasa a propagarse por otro de diferente índice de refracción ( $n$ ). Se empleará en un **sistema de lentes delgadas**, por lo que es importante recordar las características ópticas de las lentes convergentes y divergentes.



**Figura 1.** Representación básica del trazado de rayos de una lente convergente.



**Figura 2.** Representación básica del trazado de rayos de una lente divergente.

Algunas de las fórmulas generales de la óptica geométrica que pueden aplicarse en este caso son las siguientes:

$$\Gamma = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$$

**Fórmula 1.** Cálculo del aumento de un telescopio.

$$P = \frac{1}{f'}$$

**Fórmula 2.** Cálculo de la potencia de una lente.

$$f' = -f$$

**Fórmula 3:** relación entre el valor de la distancia focal imagen de una lente y la distancia focal objeto.

$$L = f'_{ob} - f_{oc}$$

**Fórmula 4:** fórmula para el cálculo de la longitud ente la lente objetivo y ocular de los 2 telescopios.

### **Material**

Los materiales necesarios serán proporcionados al comienzo de la práctica y serán mostrados por el profesor para poder reconocerlos con facilidad:

- Tubo de PVC Ø50mm
- Tubo de PVC Ø40mm
- Casquillo reductor PVC Ø50-40mm
- Casquillo reductor Ø63-50mm
- Reducción cónica Ø50-40mm



- Lente convergente  $\text{Ø}50\text{mm}$   $P=+3,25\text{D}$
- 2 lentes plano-convexas  $\text{Ø}40\text{mm}$   $f'=65\text{mm}$  ( $f'_{oc}=+3,47\text{cm}$ )
- Sierra
- Lija
- Regla métrica 50cm
- Gafas de protección
- Guantes de protección

### **Procedimiento experimental**

Se deber revisar que se dispone de todo el material de la lista. En caso de no ser así, avisar al profesor.

Una vez identificados todos los materiales se puede comenzar la práctica.

1. Coger el tubo de  $\text{Ø}=50\text{mm}$  y medir 20cm desde un extremo. Marcar la posición alrededor de todo el tubo con un lapicero.
2. Realizar el mismo paso de marcaje que antes, pero midiendo 13,32cm del tubo de  $\text{Ø}=40\text{mm}$ .
3. Utilizando los guantes y las gafas de protección, se cortan con la sierra ambos tubos de PVC por las marcas realizadas, con precaución de que queden lo más rectas posibles.  
¡Atención!: se deben sujetar bien por ambos extremos los tubos para que no haya movimientos durante el corte.
4. Una vez obtenidas las piezas, se procede al lijado de los extremos. Se deberá igualar la inclinación y redondear ligeramente los bordes para que no corten.
5. A continuación, se inserta la lente orgánica de  $\text{Ø}=50\text{mm}$  en el casquillo de la misma medida.
6. Se repite el paso anterior, pero introduciendo las dos lentes convergentes unidas por sus caras convexas en el casquillo de  $\text{Ø}=40\text{mm}$ .
7. Acto seguido se deben acoplar los tubos recortados y lijados a cada casquillo correspondiente con las lentes dentro.
8. Finalmente, se unen ambas partes por el reductor cónico, obteniendo el telescopio final ya conformado.

**Cuestiones**

1. ¿Por qué deben coincidir el foco imagen de objetivo ( $F'_{ob}$ ) y el foco objeto del ocular ( $F_{oc}$ )? ¿Qué distancia existe entre las lentes?
2. Calcula los aumentos del telescopio que has realizado.
3. ¿Se podrían recortar otras longitudes de tubos distintas siempre y cuando la distancia entre las lentes fuese la misma?
4. ¿Se puede observar un objeto cercano sin modificar ninguna pieza ni distancias del telescopio? Justifica tu respuesta dando un razonamiento físico.
5. Realiza un esquema de la disposición de las lentes con sus focales y los rayos más importantes.

**Exposición oral**

Se deberán tratar los siguientes temas, debiendo intervenir todos los miembros del grupo, mostrando el instrumento realizado para que los observen los compañeros.

- Tipo de telescopio elaborado
- Potencias de las lentes empleadas y disposición de ellas
- Descripción de las imágenes observadas con el telescopio
- Comparaciones más relevantes con el otro tipo de telescopio realizado por otros compañeros.

### 10.3 Anexo III. Resolución de los quiones

#### 10.3.1 Respuestas de los alumnos sobre el telescopio de Galileo

1. ¿Por qué deben coincidir el foco imagen de objetivo ( $F'_{ob}$ ) y el foco objeto del ocular ( $F_{oc}$ )? ¿Qué distancia existe entre las lentes?

- Los objetos observados a través del telescopio están en el infinito, por lo que la formación de sus imágenes al atravesar la lente objetivo se da en el foco imagen de esta. La imagen del objetivo debe ser el objeto del ocular. De esta manera, para que los rayos de luz de la imagen final se vuelvan a formar en el infinito, el objeto del ocular debe estar en la focal objeto de esta lente.

- Datos  $\rightarrow P_{ob}=+3,25D$ ,  $f'_{oc}=-4,86cm$ .

$$f'_{ob} = \frac{1}{P} = \frac{1}{+3,25D} = 0,308m = 30,8cm$$

$$f_{oc} = -f'_{oc} = +4,86cm$$

$$L = f'_{ob} - f_{oc} = 30,8cm - (+4,86cm) = \mathbf{25,94cm}$$

2. Calcula los aumentos del telescopio que has realizado.

Con la distancia focal imagen del objetivo calculada en el apartado anterior y el dato ya aportado sobre la distancia focal imagen del ocular, se aplica la siguiente fórmula:

$$\Gamma = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}} = -\frac{30,8cm}{(-4,86cm)} = \mathbf{+6,34 \text{ aumentos}}$$

3. ¿Se podrían recortar otras longitudes de tubos distintas siempre y cuando la longitud entre las lentes fuese la misma?

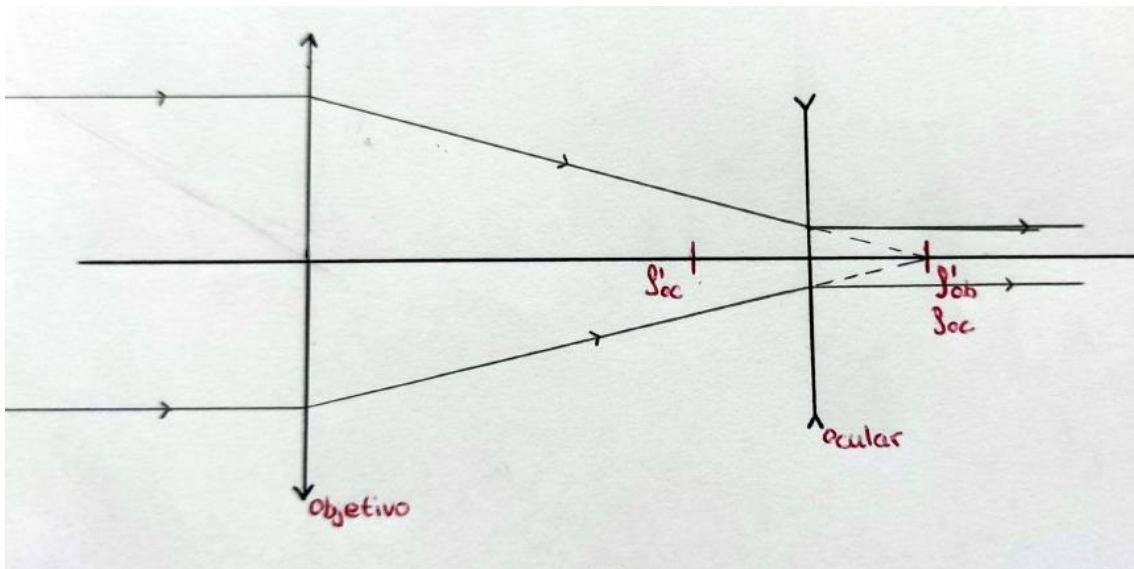
Sí se podrían escoger otras medidas de tubos, lo importante es que los focos de las lentes objetivo y el sistema de lentes ocular coincidan. De no darse ese caso, las imágenes se verían borrosas.

4. ¿Se puede observar un objeto cercano sin modificar ninguna pieza ni distancias del telescopio? Justifica tu respuesta dando un razonamiento físico.

No es posible observar un objeto cercano con el mismo telescopio que se emplea para observar objetos a grandes distancias (en el infinito óptico). Se debería modificar la longitud de las piezas para que las imágenes se formen en los planos adecuados o las potencias de las lentes.

Al observar un objeto cercano los rayos de luz no entran en el sistema de lentes de manera paralela, por lo que la imagen creada por el objetivo ya no coincide con el foco imagen de esta lente. De esta manera  $f'_{ob}$  no coincidirá con  $f_{oc}$ , pero la imagen formada por el objetivo siempre debe ser el objeto del ocular, para lo cual, deben coincidir la posición de la primera imagen con  $f_{oc}$ .

5. Realiza un esquema de la disposición de las lentes con sus focales y los rayos más importantes.



### 10.3.2 Respuestas de los alumnos sobre el telescopio de Kepler

1. ¿Por qué deben coincidir el foco imagen de objetivo ( $F'_{ob}$ ) y el foco objeto del ocular ( $F_{oc}$ )? ¿Qué distancia existe entre las lentes?

- Los objetos observados a través del telescopio están en el infinito, por lo que la formación de sus imágenes al atravesar la lente objetivo se da en el foco imagen de esta. La imagen del objetivo debe ser el objeto del ocular. De esta manera, para que los rayos de luz de la imagen final se vuelvan a formar en el infinito, el objeto del ocular debe estar en la focal objeto de esta lente.
- Datos  $\rightarrow P_{ob}=+3,25D$ ,  $f'_{oc}=+3,47cm$ .

$$f'_{ob} = \frac{1}{P} = \frac{1}{+3,25D} = 0,308m = 30,8cm$$

$$f_{oc} = -f'_{oc} = -3,47cm$$

$$L = f'_{ob} - f_{oc} = 30,8cm - (-3,47cm) = \mathbf{34,27cm}$$

2. Calcula los aumentos del telescopio que has realizado.

Con la distancia focal imagen del objetivo calculada en el apartado anterior y el dato ya aportado sobre la distancia focal imagen del ocular, se aplica la siguiente fórmula:

$$\Gamma = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}} = -\frac{30,8cm}{(+3,47cm)} = \mathbf{-8,88 \text{ aumentos}}$$

3. ¿Se podrían recortar otras longitudes de tubos distintas siempre y cuando la longitud entre las lentes fuese la misma?

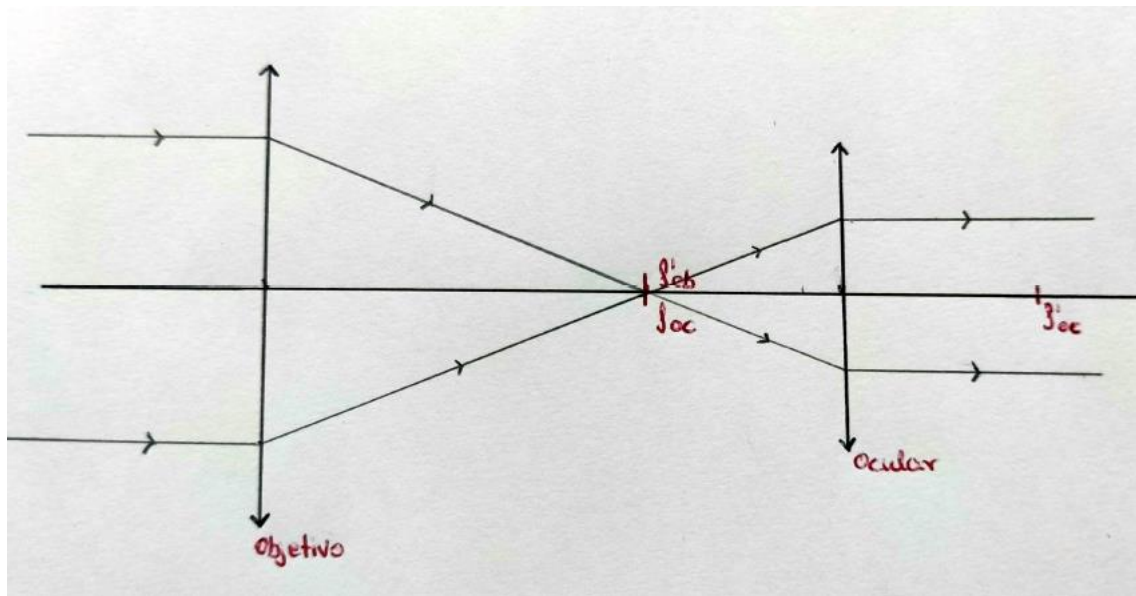
Sí se podrían escoger otras medidas de tubos, lo importante es que los focos de las lentes objetivo y el sistema de lentes ocular coincidan. De no darse ese caso, las imágenes se verían borrosas.

4. ¿Se puede observar un objeto cercano sin modificar ninguna pieza ni distancias del telescopio? Justifica tu respuesta dando un razonamiento físico.

No es posible observar un objeto cercano con el mismo telescopio que se emplea para observar objetos a grandes distancias (en el infinito óptico). Se debería modificar la longitud de las piezas para que las imágenes se formen en los planos adecuados o las potencias de las lentes.

Al observar un objeto cercano los rayos de luz no entran en el sistema de lentes de manera paralela, por lo que la imagen creada por el objetivo ya no coincide con el foco imagen de esta lente. De esta manera  $f'_{ob}$  no coincidirá con  $f_{oc}$ , pero la imagen formada por el objetivo siempre debe ser el objeto del ocular, para lo cual, deben coincidir la posición de la primera imagen con  $f_{oc}$ .

5. Realiza un esquema de la disposición de las lentes con sus focales y los rayos más importantes.



**10.4 Anexo IV. Rúbrica de evaluación de las prácticas realizadas por los alumnos.**

Título de la actividad	Rúbrica de evaluación de la práctica				Selecciona el nivel	Puntuación	Porcentajes
	NIVEL DE LOGRO						
	Nivel Bajo (1)	Nivel Moderado (2)	Nivel Medio (3)	Nivel Alto (4)	Nivel		
<b>Trabajo en el laboratorio</b>	Se muestra desorden en la práctica y despreocupación. No se cumplen las normas de laboratorio ni las pautadas por el profesor.	Se muestra orden en el laboratorio pero despreocupación en el mantenimiento del material. Se incumplen algunas normas de laboratorio.	Se muestra correcto orden en el laboratorio y cuidado del material. Incumplimiento de alguna norma de laboratorio.	Se muestra perfecto orden de laboratorio y cuidado del material. Lleva a cabo todas las normas de laboratorio y del profesor.	<b>Nivel Moderado (2)</b>	<b>5,00</b>	<b>30%</b>
<b>Trabajo en equipo</b>	Su participación ha sido mínima, sin establecer reparto de actividades con sus compañeros ni entablar diálogo sobre la práctica con ellos.	Ha participado en el trabajo pero de forma deficiente y parcial. No ha escuchado activamente a sus compañeros y/o no ha aportado su opinión.	Ha participado activamente en el trabajo, de forma correcta y equitativa. No ha escuchado activamente a sus compañeros y/o no ha aportado su opinión.	Ha participado activamente en el trabajo, de forma correcta y equitativa. Ha escuchado las opiniones de sus compañeros y ha expresado sus opiniones.	<b>Nivel Medio (3)</b>	<b>7,50</b>	<b>20%</b>
<b>Informe</b>	Redacción, lenguaje y presentación deficientes. Se responde a menos del 60% de las cuestiones. Acierto de, menos del 85% de las preguntas.	Redacción, lenguaje y presentación mejorables. Se responde al 60% de las cuestiones. Acierto de, al menos, el 85% de las preguntas.	Redacción, lenguaje y presentación adecuados. Se responde al 80% de las cuestiones. Acierto de, al menos, el 80% de las preguntas.	Redacción, lenguaje y presentación adecuados. Se responde al 100% de las cuestiones. Acierto de, al menos, el 80% de las preguntas.	<b>Nivel Bajo (1)</b>	<b>2,50</b>	<b>40%</b>
<b>Exposición oral</b>	Presenta mucha variación en la dicción y no se comprende la mayor parte del tiempo. Emplea vocabulario vulgar. No comprende el tema. El tono de voz y la expresión corporal son inadecuados.	La dicción varía mucho y cuesta comprenderle. Emplea vocabulario apropiado pero sin tecnicismos. Muestra buena comprensión de algunas partes del tema. El tono de voz y la expresión corporal son parcialmente adecuados.	Habla casi siempre con claridad. Emplea vocabulario técnico y apropiado. Demuestra buena comprensión de la mayor parte del tema. El tono de voz y la expresión corporal son casi siempre adecuados.	Habla siempre con claridad. Emplea vocabulario técnico y apropiado. Demuestra total comprensión del tema. El tono de voz es correcto y la expresión corporal adecuada.	<b>Nivel Alto (4)</b>	<b>10,0</b>	<b>10%</b>
<b>PUNTUACIÓN TOTAL</b>						<b>5,00</b>	