

Espectrómetro de bajo costo para aplicaciones biomédicas

Versión 2.0.0

1 de diciembre del 2024

Contenidos

1	Sobre el desarrollo del prototipo	2
2	Introducción	2
3	Lista de materiales y equipo	3
4	Creación del prototipo	4
4.1	Diseño 3D	4
4.1.1	Edición de los modelos 3D	5
5	Preparación de la impresión	5
5.1	Impresión en PLA	5
5.2	Impresión en fibra de carbono	6
6	Ensamble del espectrómetro	8
6.1	Ensamble de la cámara	8
6.2	Ensamble de la rejilla	8
6.3	Uso de los soportes móviles	9
6.4	Montaje de todas las partes del diseño	10
7	Software Theremino	11
8	Calibración del espectrómetro	12
9	Recomendaciones	12
10	Dimensiones del dispositivo	13
10.1	Base	13
10.2	Tapa	13
10.3	Soporte para la cámara	14
10.4	Soporte para rejilla de difracción	14
10.5	Soporte móvil	15

1 Sobre el desarrollo del prototipo

El presente prototipo es la segunda versión realizada en el contexto del curso IE-0499 de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica.

Bajo la supervisión y guía del profesor Jaime Cascante Vindas Phd, el documento y el diseño del prototipo actual fue realizado, por:

- Dylan Agüero Carrillo - B90083

La versión inicial del prototipo en ciclos anteriores fue desarrollada por los estudiantes:

- Laisa Solís Díaz - B97655
- José Pablo Porras Quirós - B86113

2 Introducción

Un espectrómetro es un instrumento óptico utilizado para analizar las propiedades de la luz. En ese sentido, también se puede medir cómo los diferentes materiales absorben, emiten o reflejan luz en diversas longitudes de onda dentro del espectro electromagnético. Esta información se utiliza para determinar la composición y propiedades de una muestra.

Su funcionamiento se basa en la difracción de la luz mediante una rejilla de transmisión y el análisis de los patrones generados en un detector, como un sensor. Esto permite desarrollar aplicaciones biomédicas que permitan el mejor diagnóstico de enfermedades y análisis de muestras particulares.¹

Para el desarrollo de este prototipo se investigaron artículos sobre el tema, en donde la opción llevada a cabo por GaudiLabs fue la elegida.²

¹Michael da Silva et al. "Design and Implementation of Low Cost Optical Spectrometer". In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT 2018)*. Vashi, Navi Mumbai, India: IEEE, 2018, pp. 1904–1908. ISBN: 978-1-5386-1974-2. DOI: [10.1109/ICICCT.2018](https://doi.org/10.1109/ICICCT.2018). URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8561598>.

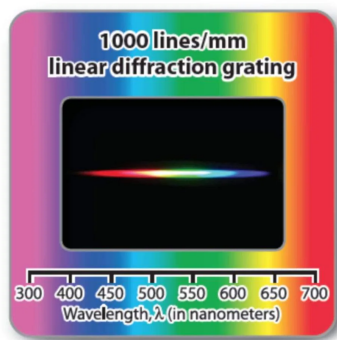
²GaudiLabs. *Open Source Spectrometer*. https://www.gaudi.ch/GaudiLabs/?page_id=1124. Accessed: 2024-11-25.

3 Lista de materiales y equipo

Para el desarrollo del prototipo, se requiere de lo siguiente:

- Cámara económica
- Impresora 3D con filamento PLA, o bien filamento de fibra de carbono
- Rejilla de difracción
- Tornillos
- Software Theremino

Por otra parte es necesario el uso de una computadora con especificaciones que permitan el uso de software necesario para poder realizar diseños en 3D y el procesamiento para obtener el archivo que recibe la impresora.



(a) Rejilla de difracción



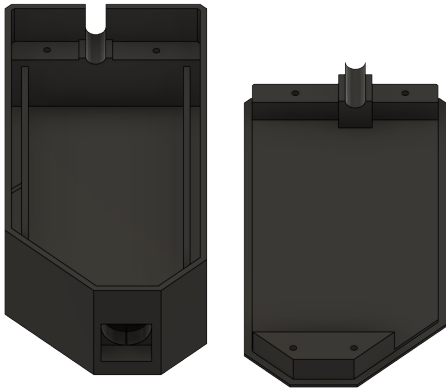
(b) Cámara

4 Creación del prototipo

4.1 Diseño 3D

Los diseños se pueden acceder en el [repositorio de GitHub](https://github.com/dagueroc/Proyecto-Electrico.git)³.

La base y la tapa del espectrómetro se muestran en las siguientes figuras:



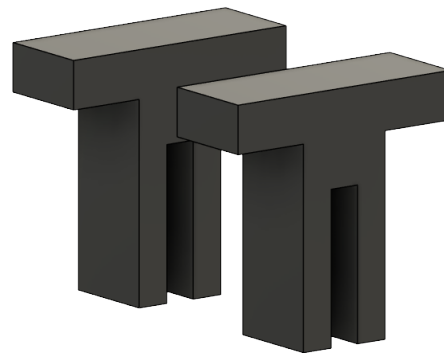
(a) Base y tapa del espectrómetro



(b) Soporte de la rejilla de difracción



(c) Soporte móvil para la cámara y rejilla



(d) Soporte para la cámara

³<https://github.com/dagueroc/Proyecto-Electrico.git>

4.1.1 Edición de los modelos 3D

Para poder editar los diseños en 3D, se debe realizar un proceso para poder convertir los archivos .stl en un formato que permita editarlos.

Un método es mediante el uso de TinkerCad y Fusion, ambos programas desarrollados por Autodesk.

En TinkerCad se importa el archivo .stl, para posteriormente en *Exportar* se elige la opción que envía el archivo a Fusion, de esta manera al abrir el programa se obtiene un modelo que se puede editar.

Si no es posible usar estos programas, se tiene [una guía completa](#)⁴ desarrollada por Creality para poder llevar a cabo este proceso.

5 Preparación de la impresión

Para poder realizar la impresión es necesario el uso de un *slicer*, el cual es una herramienta que permite convertir un archivo STL en un formato .gcode, el cual es permitido en la mayoría de impresoras.

Para este propósito se puede usar el software [Ultimaker Cura](#)⁵ el cual permite realizar este proceso con las configuraciones deseadas.

5.1 Impresión en PLA

El software permite editar una serie de configuraciones diferentes, sin embargo, se recomienda editar los siguientes puntos:

- *Resolution: (Standard Quality - 0.2mm)* Esta opción es usada para
- *Infill Density: 100%*
- *Support:* Esta opción no es necesaria marcarla, pero sí es importante revisar la capacidad de la impresora usada, y evaluar si es necesario el uso de soportes.
- *Adhesion:* Esta opción no es necesaria, sin embargo, para evitar algunos posibles errores en la impresión es posible emplear el uso de adhesiones en los diseños.

⁴<https://www.crealitycloud.com/blog/tutorials/how-to-edit-stl-files>

⁵<https://ultimaker.com/es/software/ultimaker-cura/>

Las demás configuraciones pueden ser usadas para evitar problemas en la impresión. Además, es importante revisar los posibles errores, los cuales se pueden consultar y [llevar a cabo las correcciones necesarias](#)⁶. Adicional a esto, en [el blog de solución de problemas de Creality](#)⁷ se tienen artículos con los casos en específico.

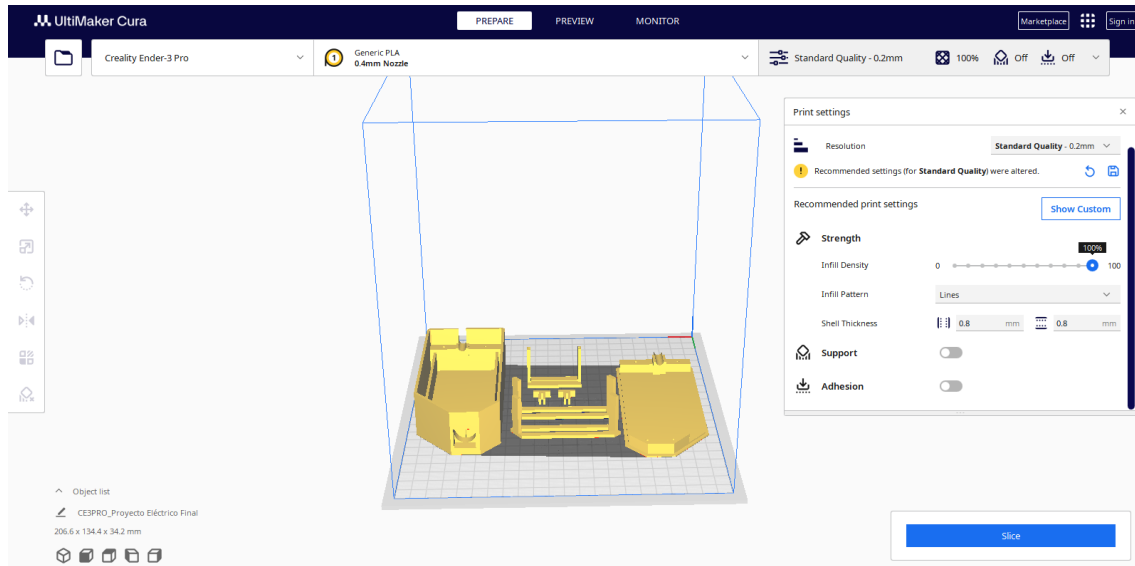


Figura 3: Ejemplo de visualización en software UltimakerCura

5.2 Impresión en fibra de carbono

En dispositivos para aplicaciones biomédicas, el uso de filamento de fibra de carbono, es deseable, por su resistencia y calidad en la impresión.⁸ Por lo que si es posible, es deseable para poder obtener piezas impresas con alta rigidez y estabilidad.

⁶<https://www.crealitycloud.com/es/blog/3d-printing-troubleshooting/common-3d-printing-troubles>

⁷<https://www.crealitycloud.com/es/blog/3d-printing-troubleshooting>

⁸Beatriz Fernández Nicolás et al. "Materiales poliméricos en aplicaciones biomédicas". In: (2023).

Por medio de la impresora de fibra de carbono Markforged Onyx Pro y el software de impresión 3D Eiger, se pueden procesar las piezas e imprimir el diseño realizado con las siguientes configuraciones:

- *Resolution o Layer Height*: 0.2mm Esta opción es usada para
- *Infill Density*: 37%
- *Support*: En este caso sí se puede hacer uso de soportes, se puede evaluar nuevamente, si son imprescindibles.
- *Roof & Floor Layers*: 4 (0.8mm)
- *Wall Layers*: 2 (0.8mm)

Con estas configuraciones en cuenta, se puede ejecutar la impresión del prototipo en fibra de carbono.

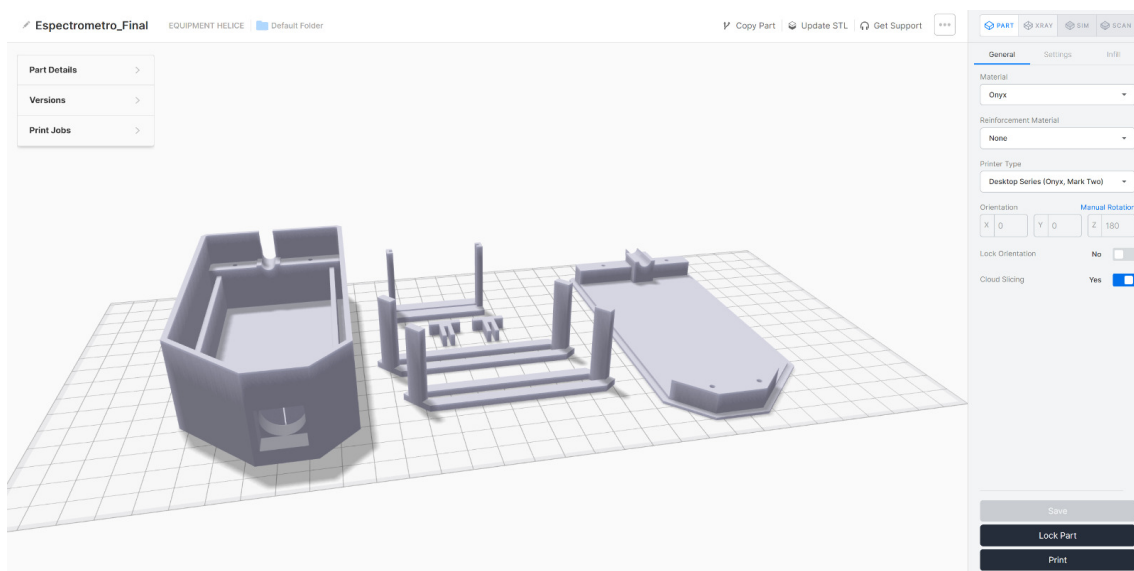


Figura 4: Ejemplo de visualización en Eiger

6 Ensamble del espectrómetro

Para poder ensamblar el dispositivo, se requieren usar los soportes impresos. Los soportes móviles son iguales y se pueden usar para la rejilla o la cámara.

6.1 Ensamble de la cámara

Las cámaras web siempre tienen un diseño de electrónica que puede ser obtenido al remover la carcasa o recubrimiento plástico correspondiente. Es posible usar módulos de cámaras que permitan la conexión por USB a la computadora.



Figura 5: PCB de la cámara

La tarjeta de la cámara se inserta en los soportes respectivos. De ser necesario, se puede ajustar el ancho en el diseño 3D antes de imprimirlo.

Las dimensiones de todas las piezas se pueden consultar en la última página del manual.

6.2 Ensamble de la rejilla

De manera comercial, las rejillas de difracción presentan un marco, el cual tiene que ser recortado de tal manera que se ajuste a las medidas internas de la base del espectrómetro. Una vez realizado esto se puede ajustar la rejilla en el soporte diseñado para ese propósito.

6.3 Uso de los soportes móviles

Los soportes móviles cumplen la función de poder determinar el espacio que cada componente va a usar en el interior del espectrómetro.

Su funcionamiento consiste en introducir los soportes de la rejilla o de la cámara y que éstos se encuentren suspendidos.

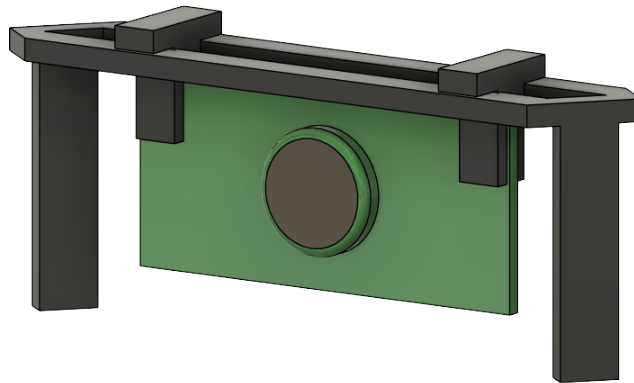


Figura 6: Ejemplo ensamble de la cámara con el soporte móvil

En la figura anterior, se tiene un ejemplo de la cámara con el montaje realizado, en donde la pieza de color verde representa la tarjeta con la cámara web.

Por otra parte, para la rejilla se tiene la siguiente imagen que representa el montaje correcto con el soporte.



Figura 7: Ejemplo ensamble de la rejilla con el soporte móvil

6.4 Montaje de todas las partes del diseño

Por último, se tiene el montaje final con todas las partes listas:

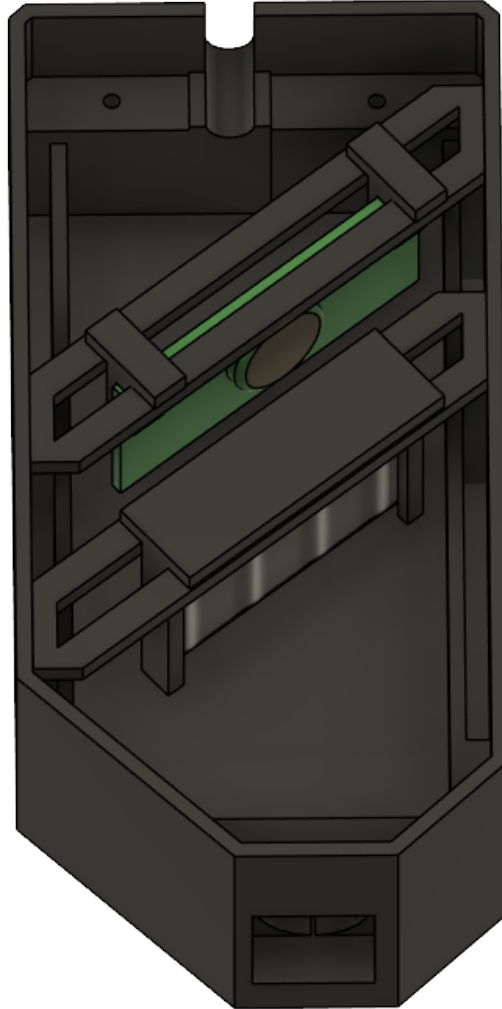


Figura 8: Montaje final del espectrómetro

De manera final se tiene que colocar la tapa y asegurar los espacios con tornillos.

7 Software Theremino

Para el análisis del espectrómetro, se tiene el [software de uso libre de Theremino⁹](https://www.theremino.com/en/downloads/automation#spectrometer). Una vez realizada la descarga y la ejecución del programa, se tiene la siguiente interfaz:

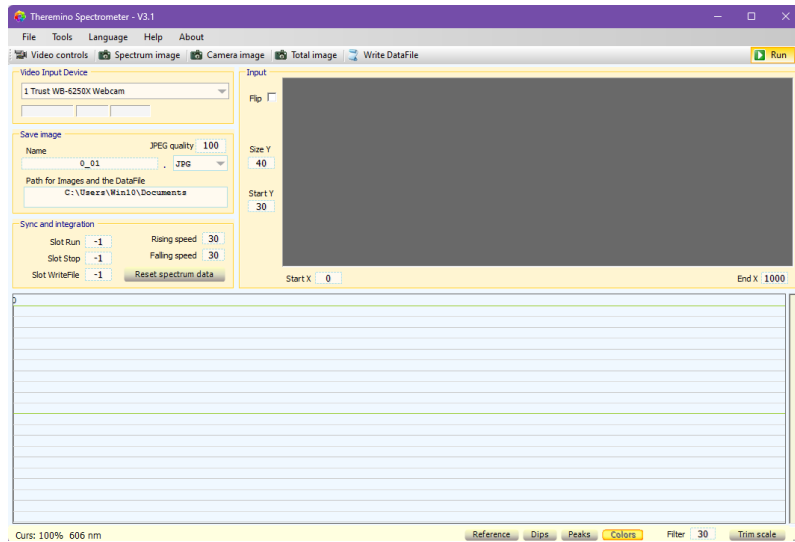


Figura 9: Software Theremino Spectrometer

El programa presenta diferentes parámetros que pueden ser cambiados para poder facilitar la obtención y análisis.

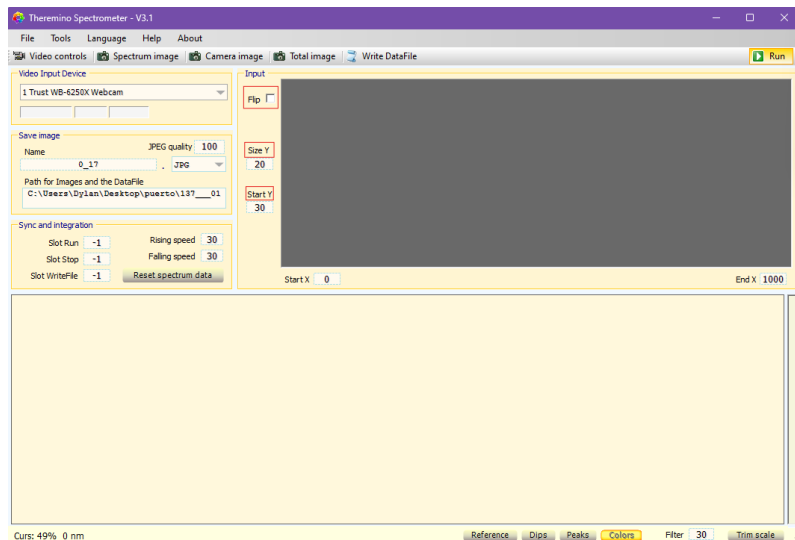


Figura 10: Parámetros configurables del software

⁹<https://www.theremino.com/en/downloads/automation#spectrometer>

- **Flip:** Permite realizar una función de espejo en la cámara.
- **Size Y:** Ajusta el tamaño de la ventana de toma de muestra.
- **Start Y:** Punto de inicio en la pantalla para la toma de muestra.

Se pueden editar los parámetros en el eje x, pero esto puede no resultar necesario, a menos que se quiera recortar para unas longitudes de onda específicas. De lo contrario, se desaconseja limitar la amplitud de la toma de muestras.

8 Calibración del espectrómetro

Para la puesta en funcionamiento correcta del dispositivo, se requiere realizar ajustes en la posición de la cámara o de la rejilla de difracción.

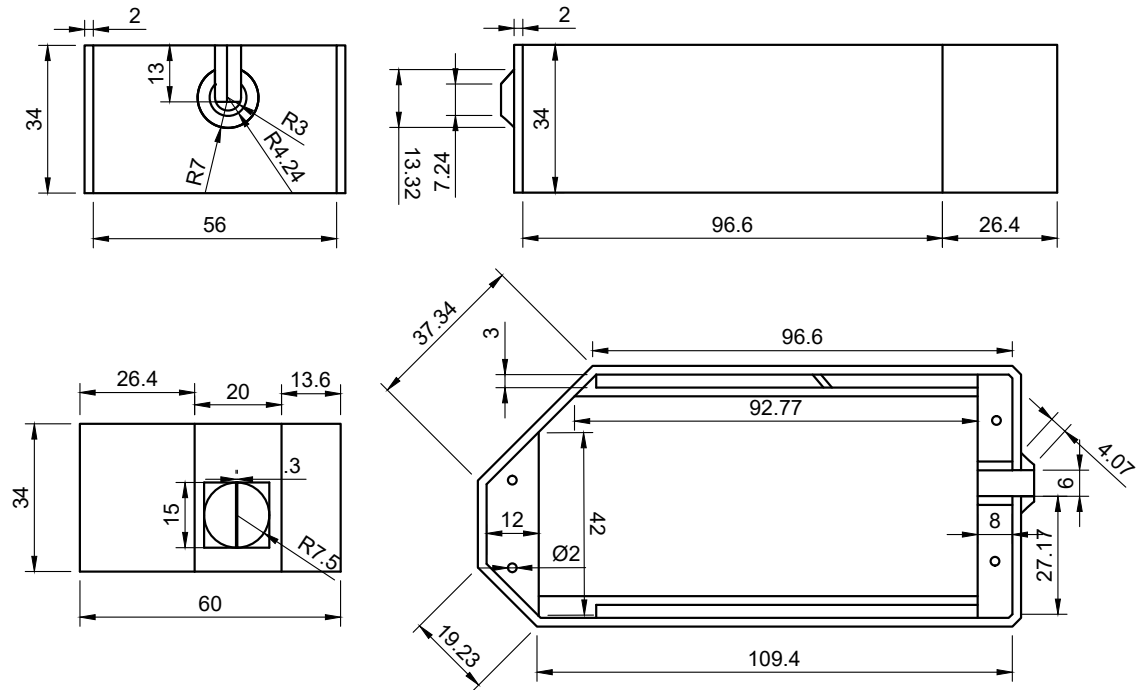
- Ajuste de la distancia entre la cámara y la rejilla. Es necesario desplazar y probar el funcionamiento con el software de análisis.
- Ajuste en las configuraciones del software. Esto con el fin de ajustar la ventana de toma de datos.
- Ajuste en el ancho del slit. El ancho actual corresponde a 0.5mm, el cual se puede reducir aún más por medio de elementos externos que se pueden confeccionar de distintas maneras. Esto se puede realizar desde el diseño 3D, si la impresora empleada puede confeccionar la pieza con una precisión alta.

9 Recomendaciones

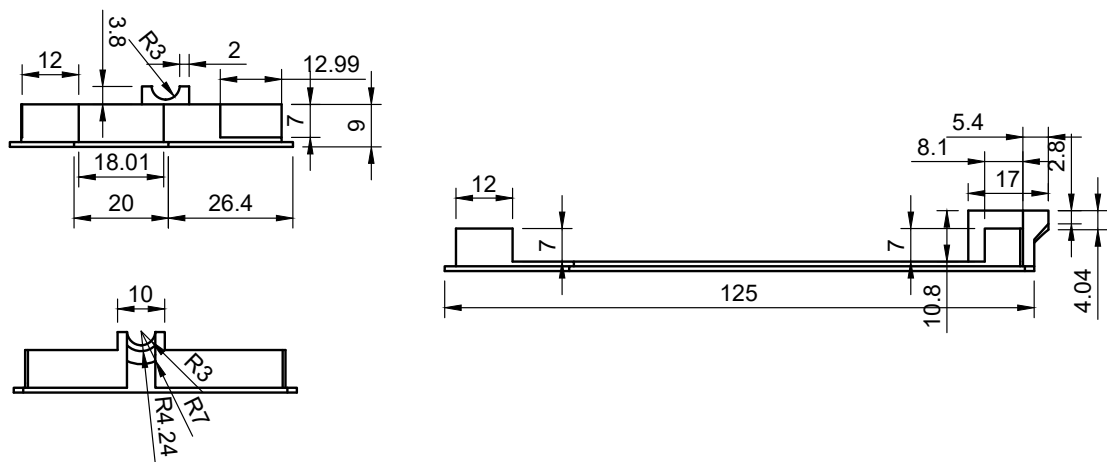
- Es importante verificar el comportamiento del espectrómetro en todo el momento de la calibración, de esta manera se puede validar el correcto funcionamiento.
- Evitar la manipulación directa con la rejilla de difracción. Esto para evitar manchas que se traduzcan en un daño permanente en la rejilla.
- Verificar el tamaño de los componentes a usar. Esto para realizar los ajustes necesarios en el diseño 3D.

10 Dimensiones del dispositivo

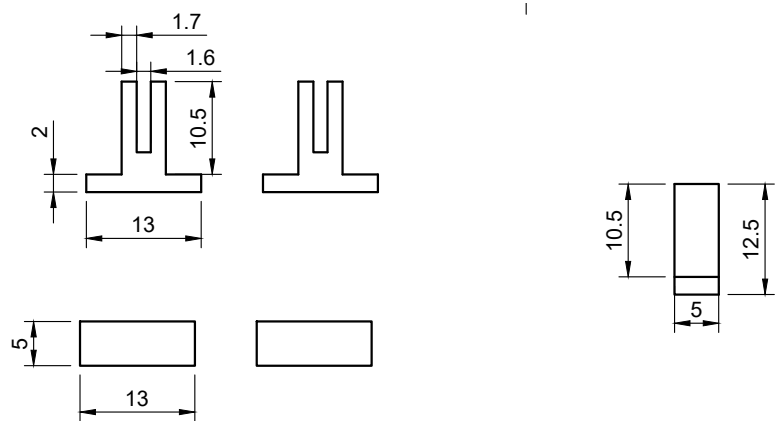
10.1 Base



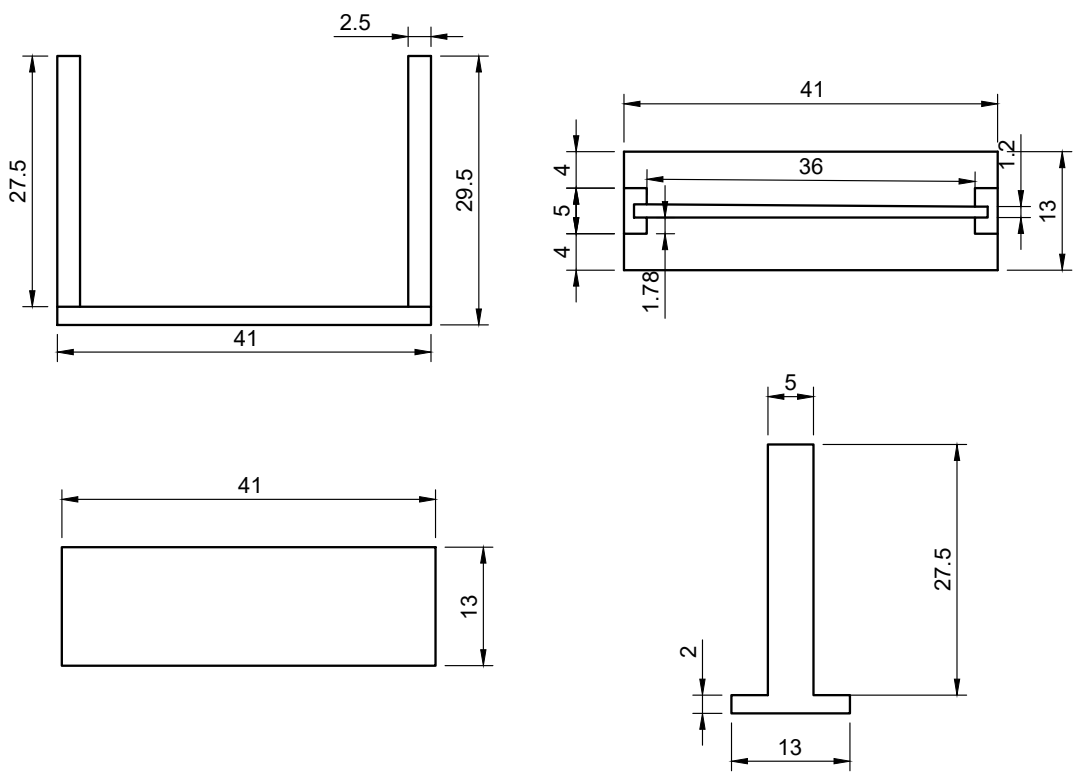
10.2 Tapa



10.3 Soporte para la cámara



10.4 Soporte para rejilla de difracción



10.5 Soporte móvil

