

Calibración de sensores UV en entornos controlados de laboratorio para astrobiología

Integrante: Sebastián Núñez

Profesores guía: Claudia Trejo
Raphaël Gobat

10 Diciembre/2025

Índice

Introducción:

- Motivación.
- Objetivo del experimento.
- Fundamentos Físicos y caracterización de sensores.
- Características Técnicas: Sensores ML8511 y GUVA-S12SD.

Metodología:

- Sensores y fuentes de radiación
- Montaje experimental.
- Medidas de seguridad.
- Aproximación utilizada para el cálculo de irradiancia.
- Calibración de fotodiodos.

Resultados:

- Sensor ML8511.

Conclusión:

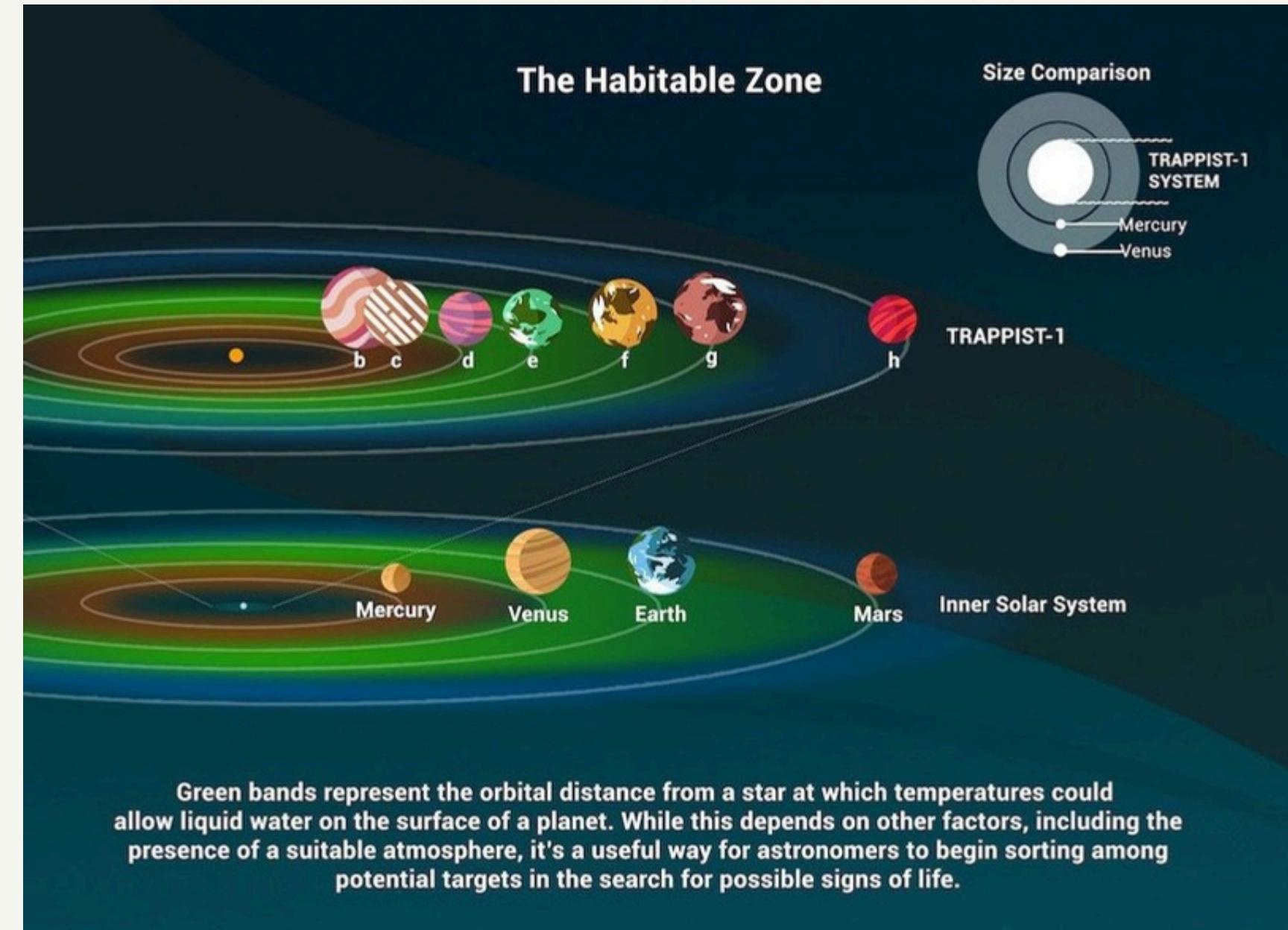
- Resumen de resultados.

Introducción

— PARTE 1

Motivación

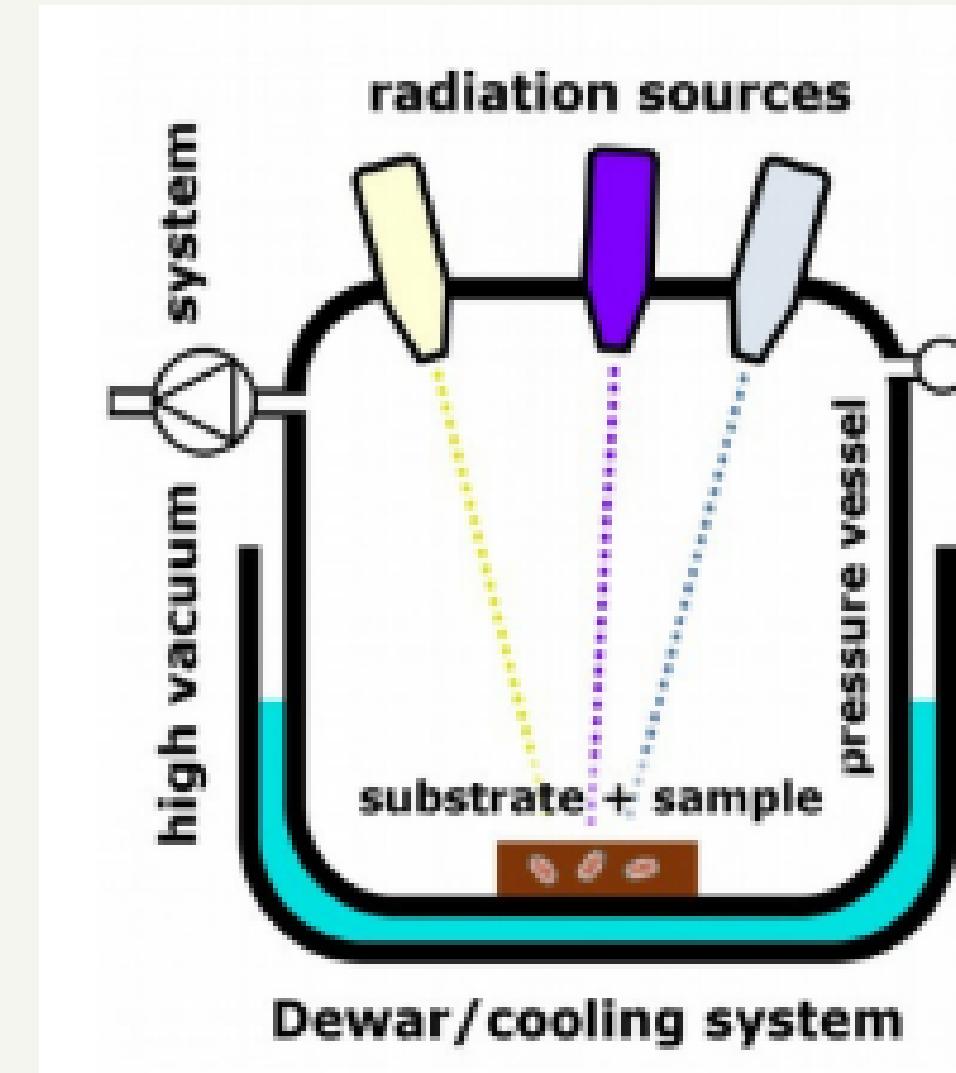
- La zona de habitabilidad convencionalmente se define por la distancia a la estrella en la cual es posible la existencia del agua **líquida** en la superficie planetaria.
- No obstante, la supervivencia de microorganismos depende de factores como la protección atmosférica y la radiación incidente.
- Por lo tanto, para evaluar la viabilidad biológica, es necesario estudiar los microorganismos en un ambiente controlado, y caracterizar la radiación recibida.



Fuente: NASA Science – What Is the Habitable Zone?

Motivación: Propuesta

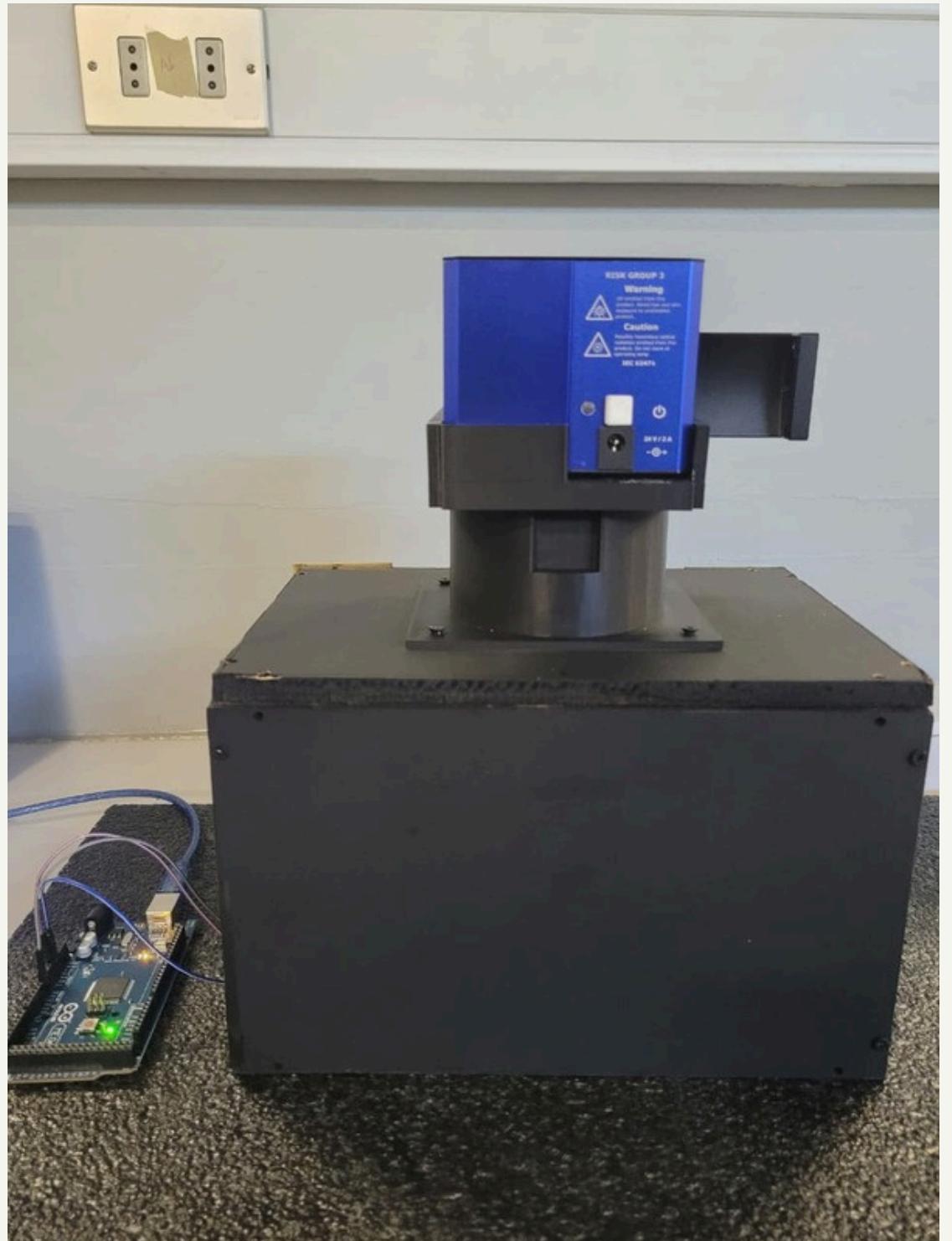
- Caja de simulación de astrobiología, en la cual se controla el **vacío** y la **radiación** incidente sobre la muestra.
- El confinamiento de las muestras microbiológicas en dispositivos microfluídicos (por ejemplo, canales de **PDMS** sellado con **vidrio**) implica que la irradiancia debe atravesar estos materiales, planteando la incógnita de cómo modifican la irradiancia, cuestión que se aborda en este estudio.
- Para la viabilidad biológica en estos entornos es fundamental **calibrar sensores UV**, considerando la disminución de radiación por materiales como el PDMS y vidrio para cuantificar la radiación sobre la muestra, simulando la dosis real de radiación que experimentan los microorganismos.



Objetivos

Objetivo general: Implementar y validar un sistema de entorno controlado para la medición de radiación UV en experimentos de astrobiología.

- Caracterizar la **respuesta electro-óptica de los fotodiodos** (ML8511 y GUVA S12SD) y su comportamiento físico.
- Evaluar la transmitancia de materiales ópticos (vidrio vs PDMS)
- Proponer montaje experimental que garantice la transmisión de radiación UV.



Fundamentos Físicos y caracterización de sensores

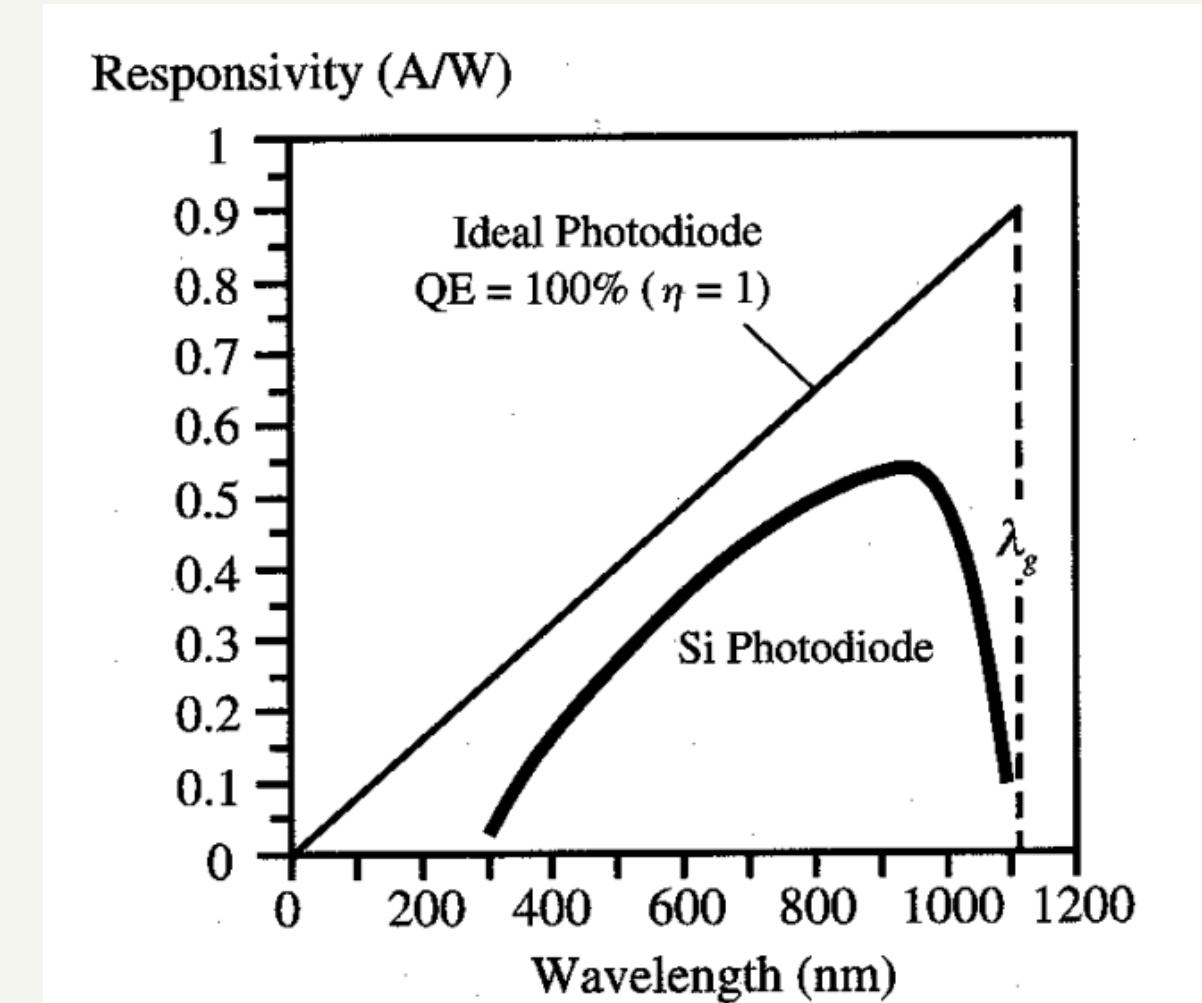
- **Fotodiodo:** Dispositivo semiconductor que convierte la energía de los fotones incidentes en electrones mediante el efecto fotoeléctrico.
- **Responsividad $S(\lambda)$:** Eficiencia de conversión dependiente a la longitud de onda. Se mide en (A/W).

$$S(\lambda) = \eta \frac{q}{h\nu}$$

$$S(\lambda) = \frac{i}{P}$$

- **Voltaje a Irradiancia:** Debido a las lecturas se transforman en voltaje, se puede utilizar la ley de Ohm para obtener la irradiancia. Se mide en (w/m²)

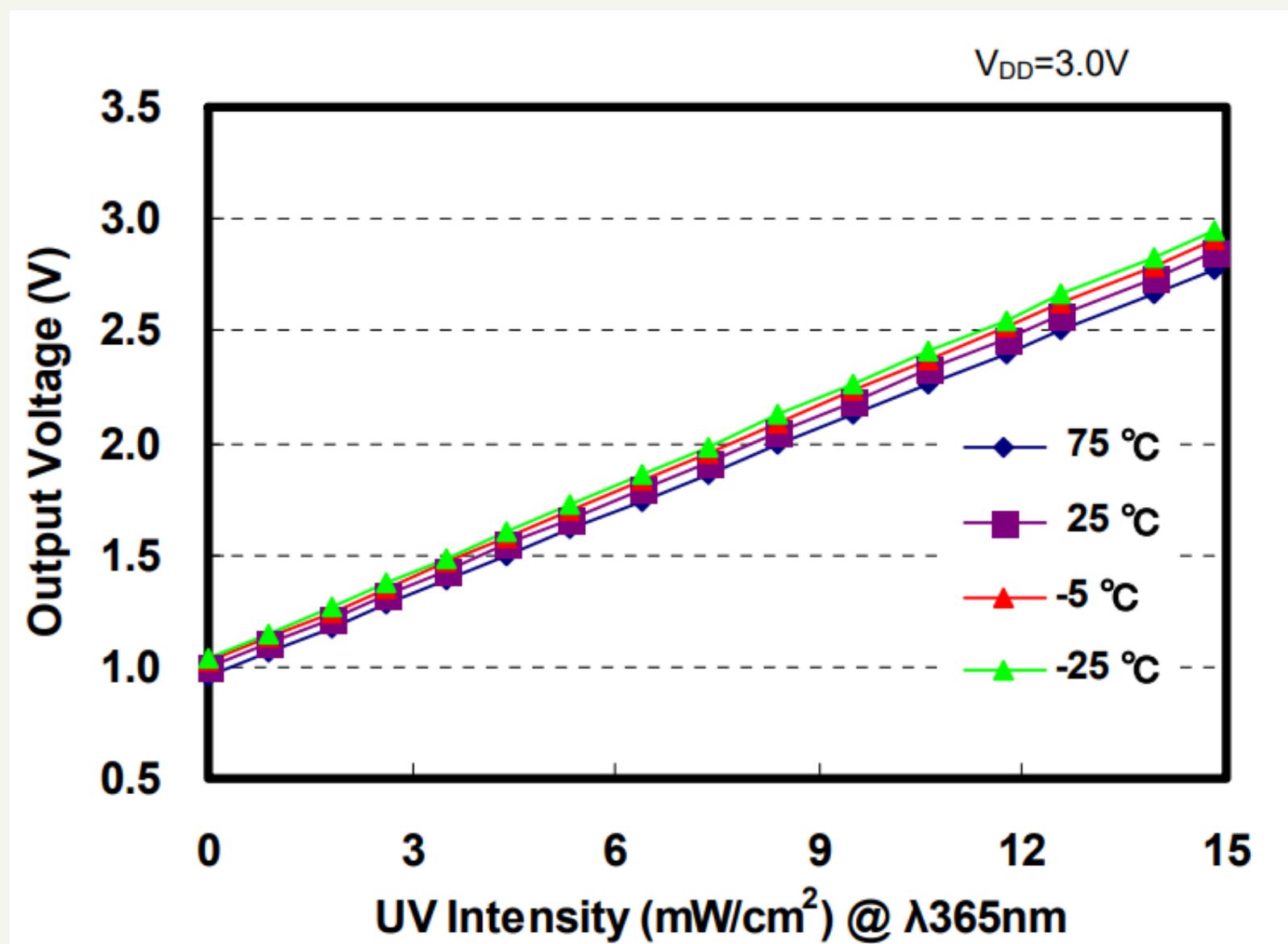
$$I = \frac{V}{A \times R \times S(\lambda)}$$



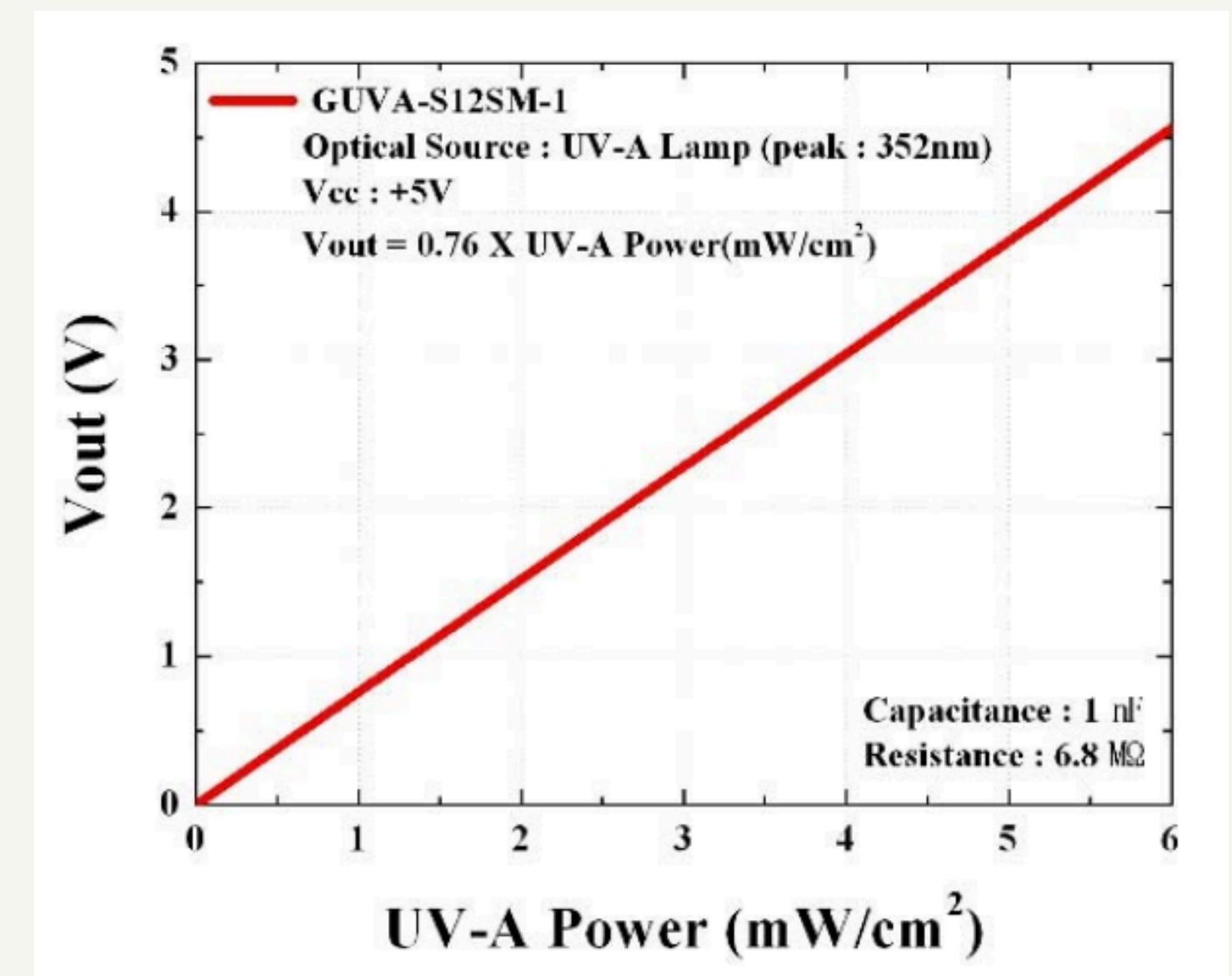
Fuente: Universidad de Valencia – B.4 Detección de luz e imágenes

Características Técnicas: Sensores ML8511 y GUVA-S12SD

ML8511

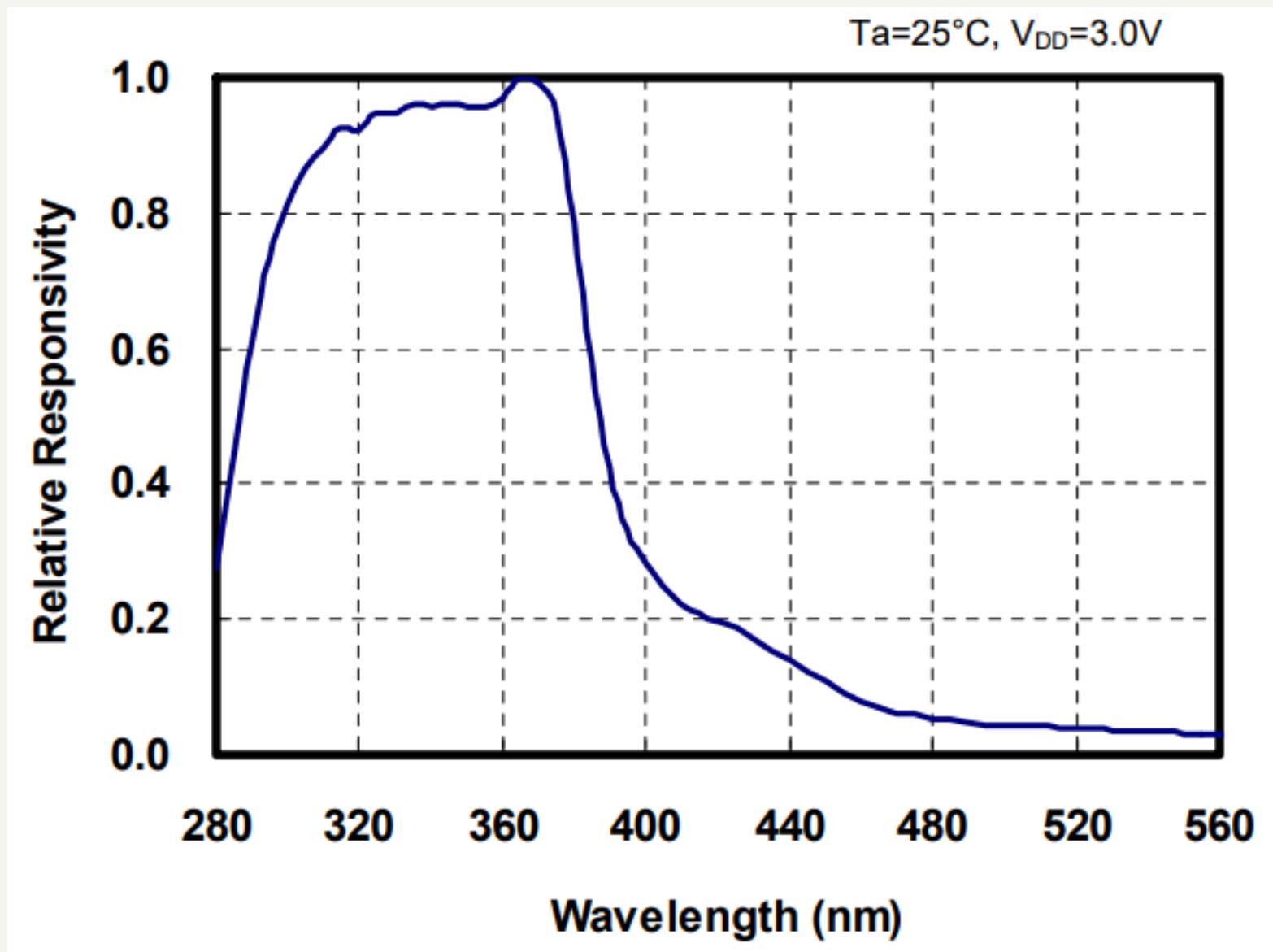


GUVA S12SD

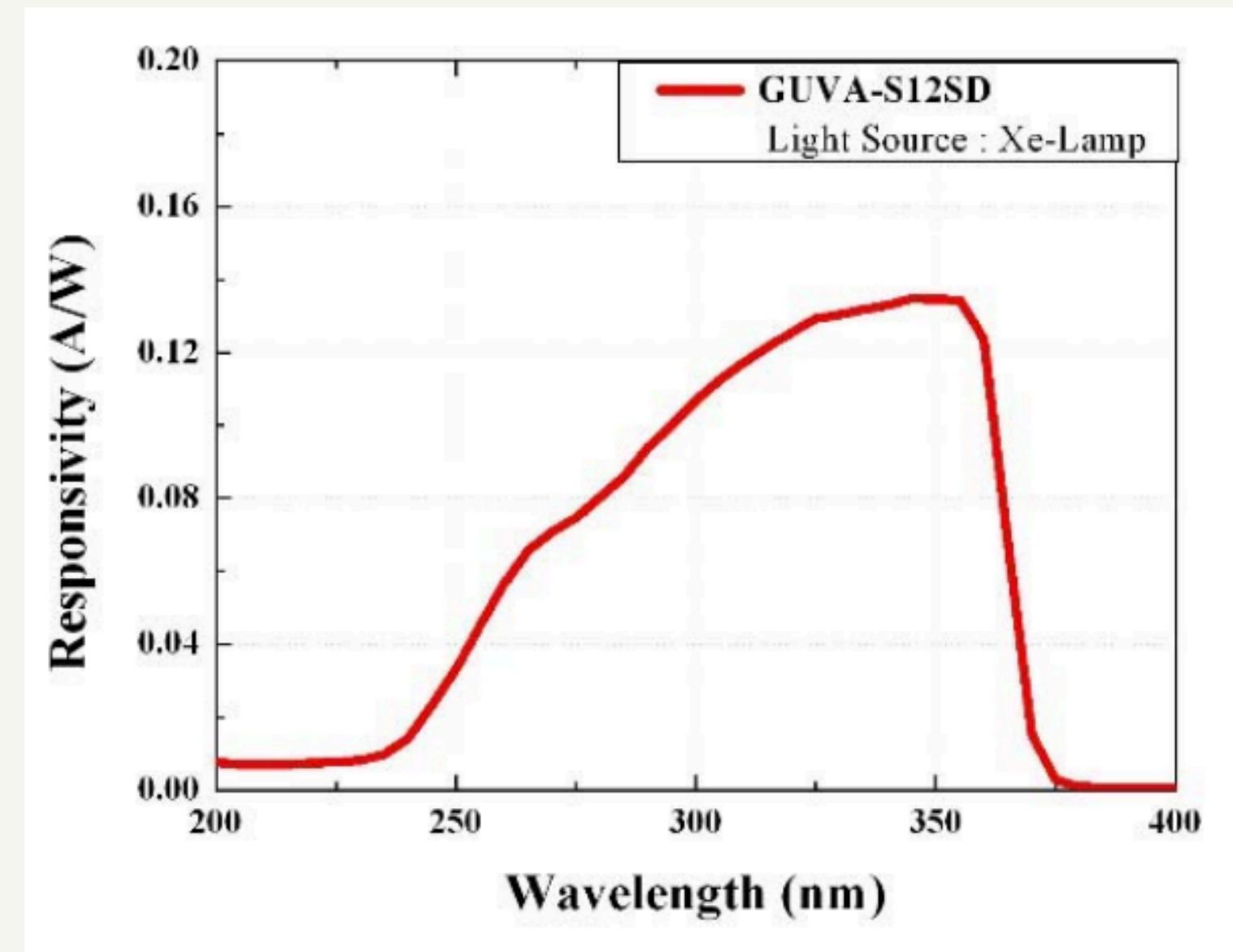


Características Técnicas: Sensores ML8511 y GUVA-S12SD

ML8511



GUVA S12SD



Metodología

— PARTE 2

Sensores y fuentes de radiación

Fuentes de emisión:

Simulador solar Ossila:

- **Rango de longitudes de onda:** 350 nm - 1000 nm.
- **Irradiancia de referencia:** En la configuración de 1 sol posee 1000 W/m² a una distancia de 8.5 cm.

Ossila



Fuente UVB (TAOYUAN):

- **Longitud de onda:** 310 nm.
- **Potencia óptica:** 400-500 mW

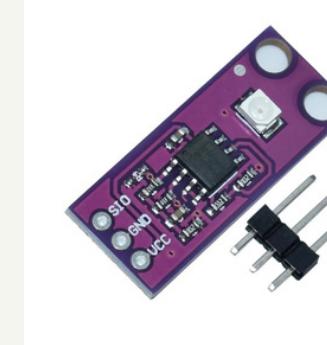
Fuente UVB



Sensores (fotodiodos):

GUVA S12SD y ML8511:

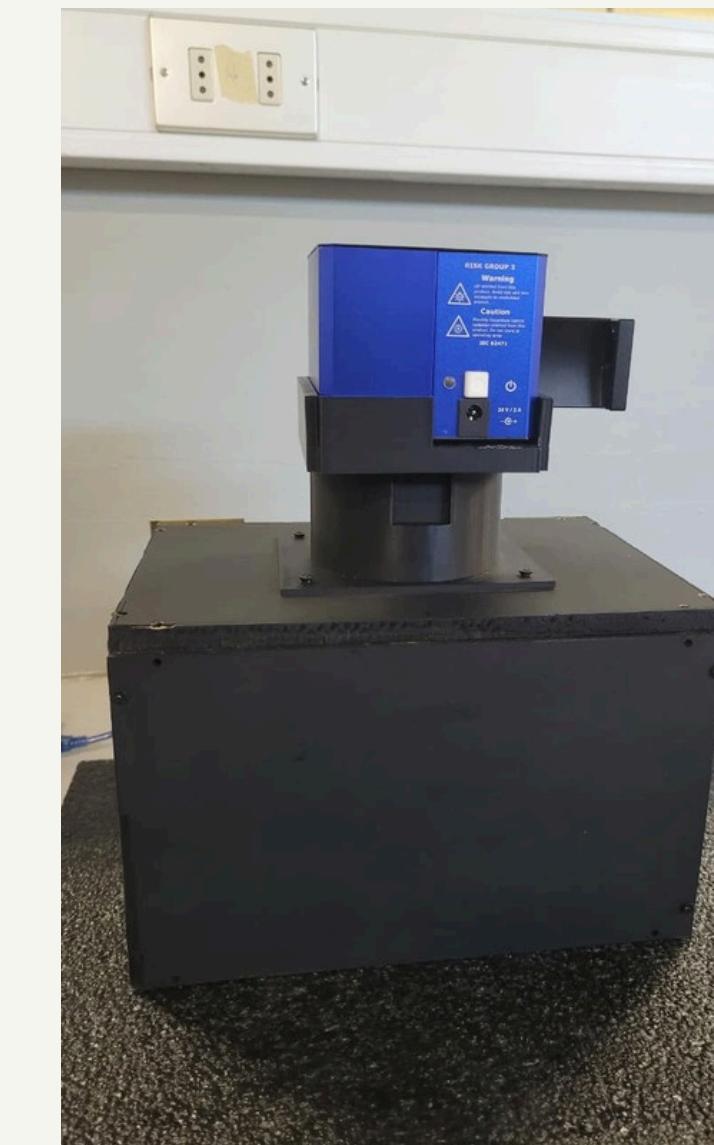
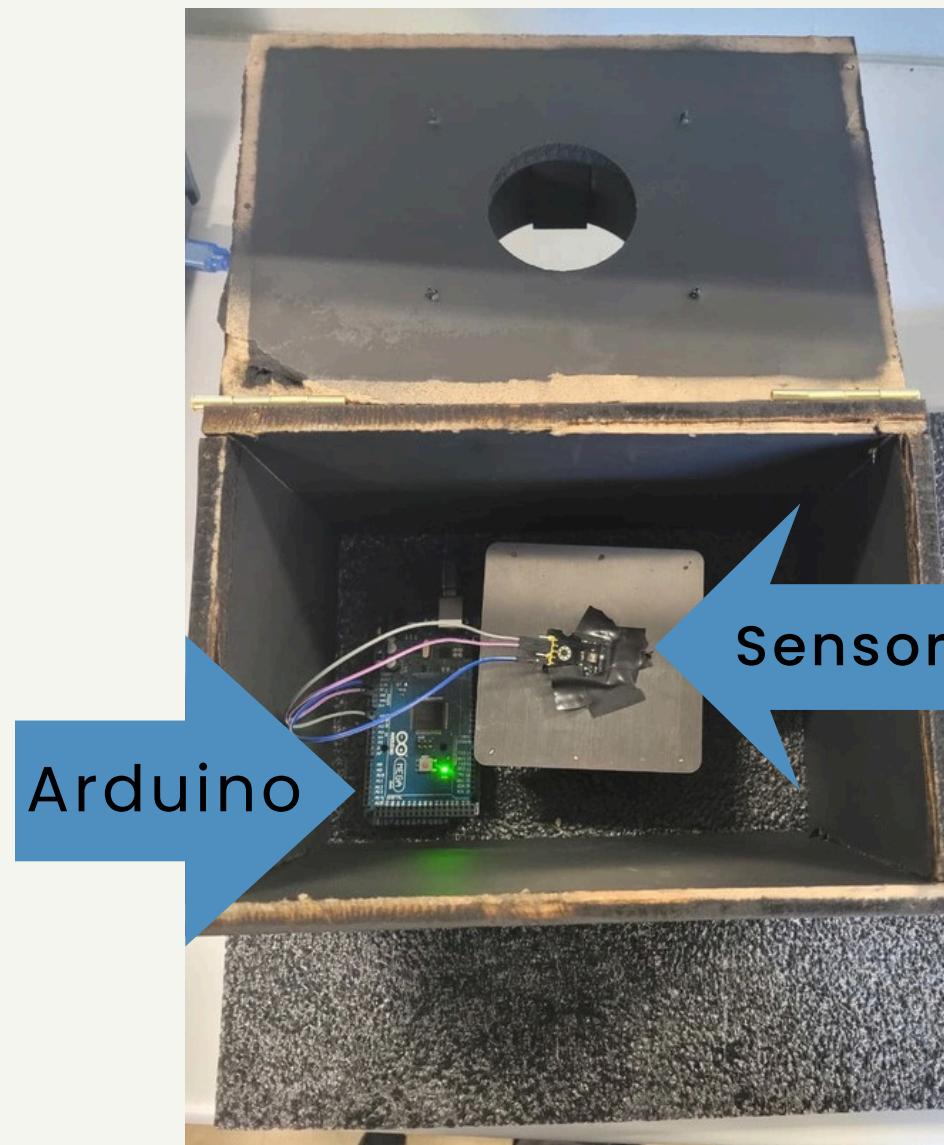
- **Respuesta longitud de onda:** Sensores de fotodiodo con responsividad en el rango UVB (280-315 nm) y UVA (315-400 nm).



ML8511

GUVA S12SD

Montaje experimental



Medidas de seguridad

¿Por qué son necesarias las medidas de seguridad?

Cáncer de piel:

- La exposición a la radiación UVB y en menor medida a UVA producen daños del ADN e interfieren con los mecanismos de reparación del sistema inmunológico.

Envejecimiento de la piel:

- El efecto acumulativo de la radiación UV provoca degeneración en la piel, acelerando su envejecimiento.

Efectos Oculares:

- Principalmente la radiación UVB incrementa las posibilidades de padecer cataratas y otras lesiones oculares.



Aproximación utilizada para el cálculo de irradiancia de las fuentes

Cálculo de irradiancia para fuente la UVB:

- Potencia:** La potencia de la fuente UVB es conocida la cual es:

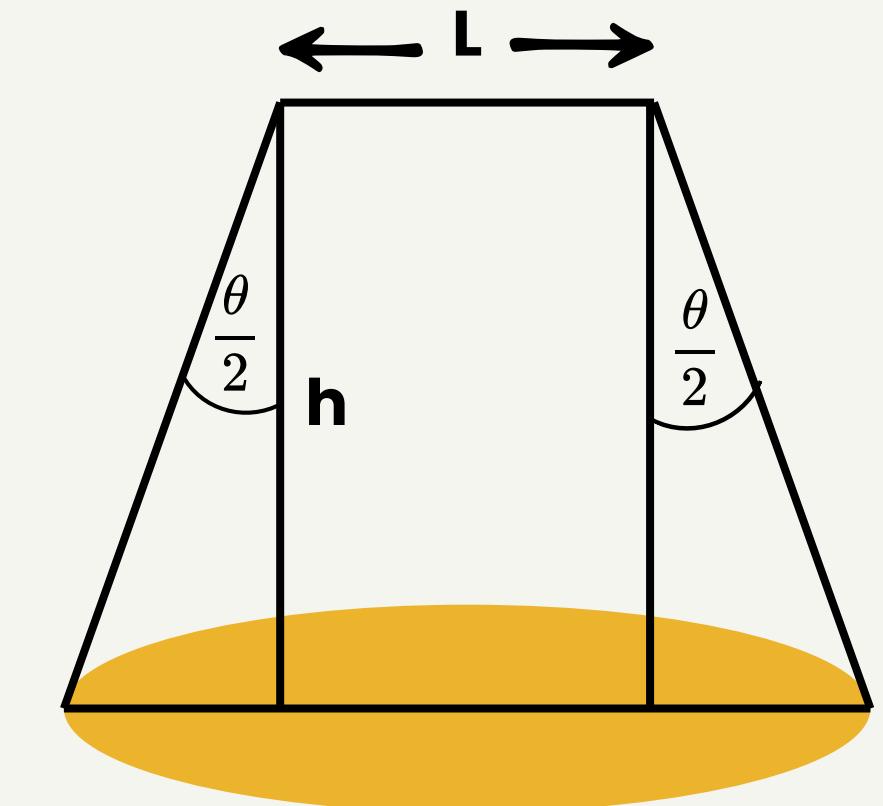
(Potencia óptica)
Optical power

400-500mW

Fuente: UVC LED Light 275/295/310nm @500mW UvTaoYuan

- Ángulo de emisión:** El ángulo de luz emitida es 60°
- Área de radiación:** Aproximando la forma geométrica a una forma circular:

$$A = \pi \left(h \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) + \frac{L}{2} \right)^2$$



$$I = \frac{460}{\pi \left(h \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) + \frac{L}{2} \right)^2} \frac{\text{mW}}{\text{cm}^2}$$

Calibración de fotodiodos

- **Conversión a voltaje:** Se convierte lectura del microcontrolador de 10 bits a voltaje.

$$V = \frac{\text{ADC} \times V_{\text{ref}}}{1023}$$

- **Corriente oscura:** Los fotodiodos pueden estar entregando un voltaje aún sin ser iluminados por una fuente.

$$\Delta V = V_{\text{total}} - V_{\text{oscura}}$$

- **Voltaje a irradiancia:** Un modelo más simplificado para calibrar la irradiancia es:

$$I = \frac{C \Delta V}{S(\lambda)}$$

$$I = \frac{K_{\max} V}{S_{\text{rel}}(\lambda)}$$

Calibración de fotodiodos (ML8511)

- **Obtención de voltaje:**

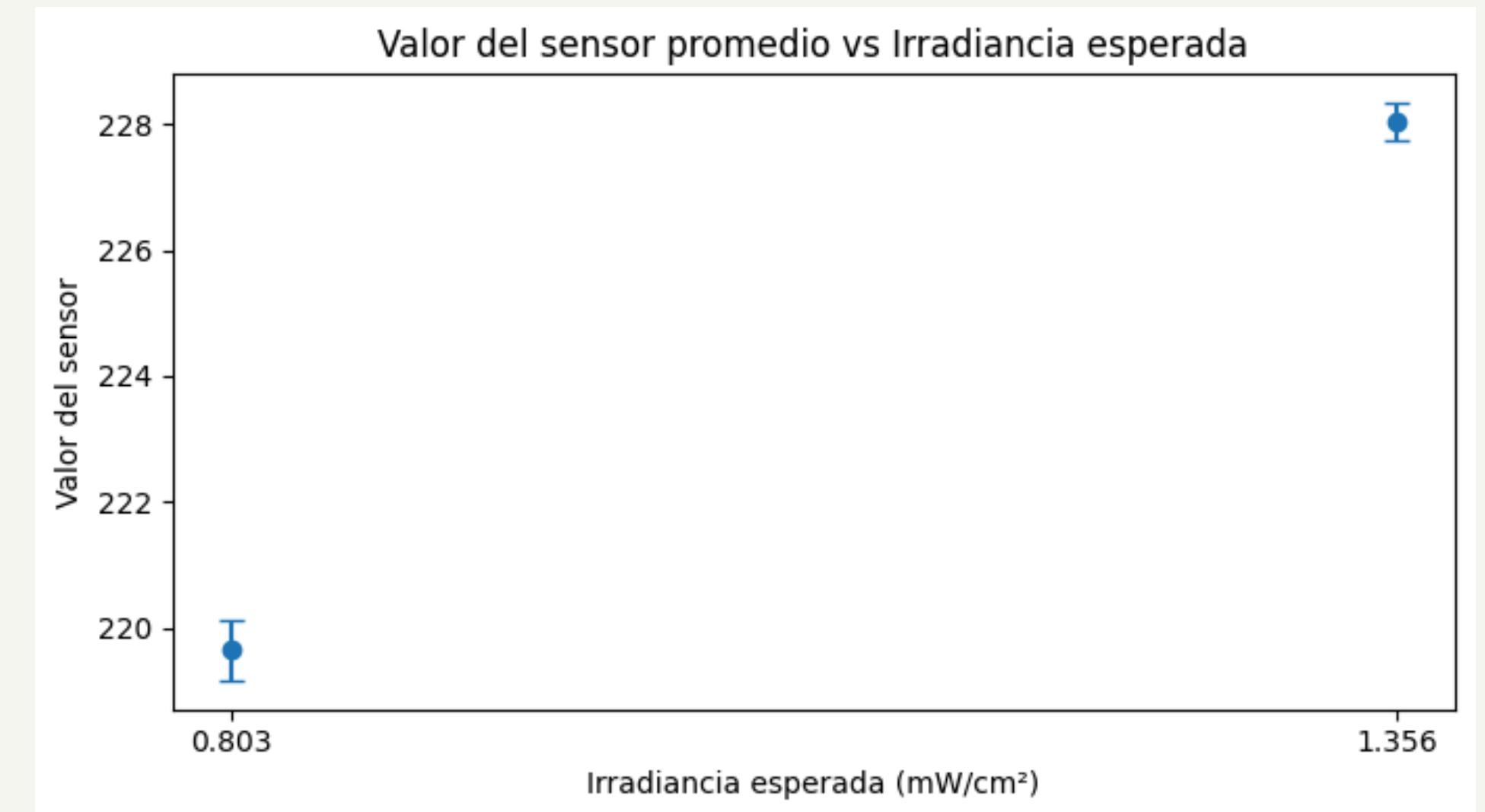
$$V_{total} = \frac{219 \times 5}{1023} = 1.07 \text{ V} \quad V_{oscura} = \frac{204 \times 5}{1023} = 1.00 \text{ V}$$

$$\Delta V = 0.07 \text{ V}$$

- **Calibrando con irradiancia conocida**

$$0.803 = \frac{K \times 0.07}{0.9}$$

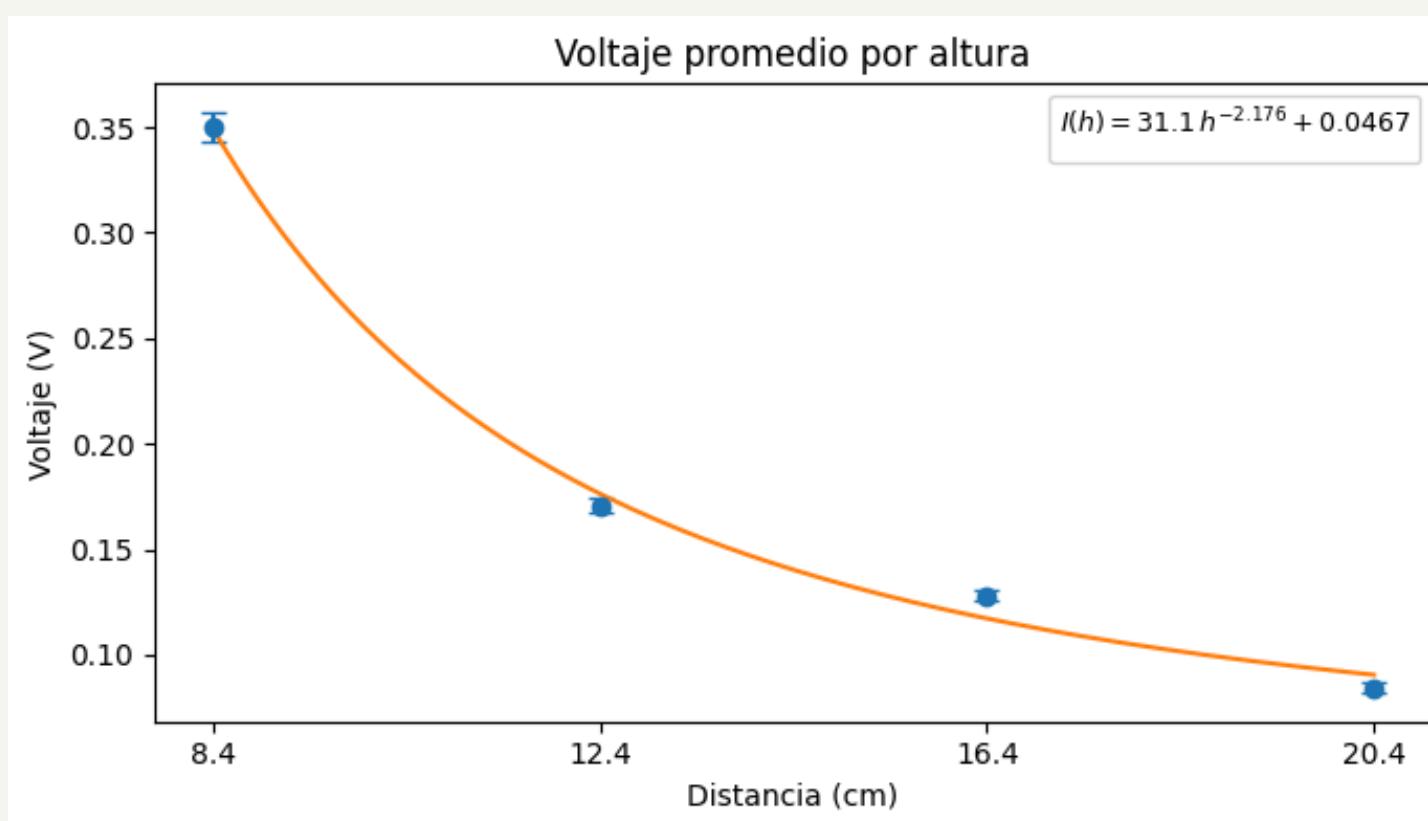
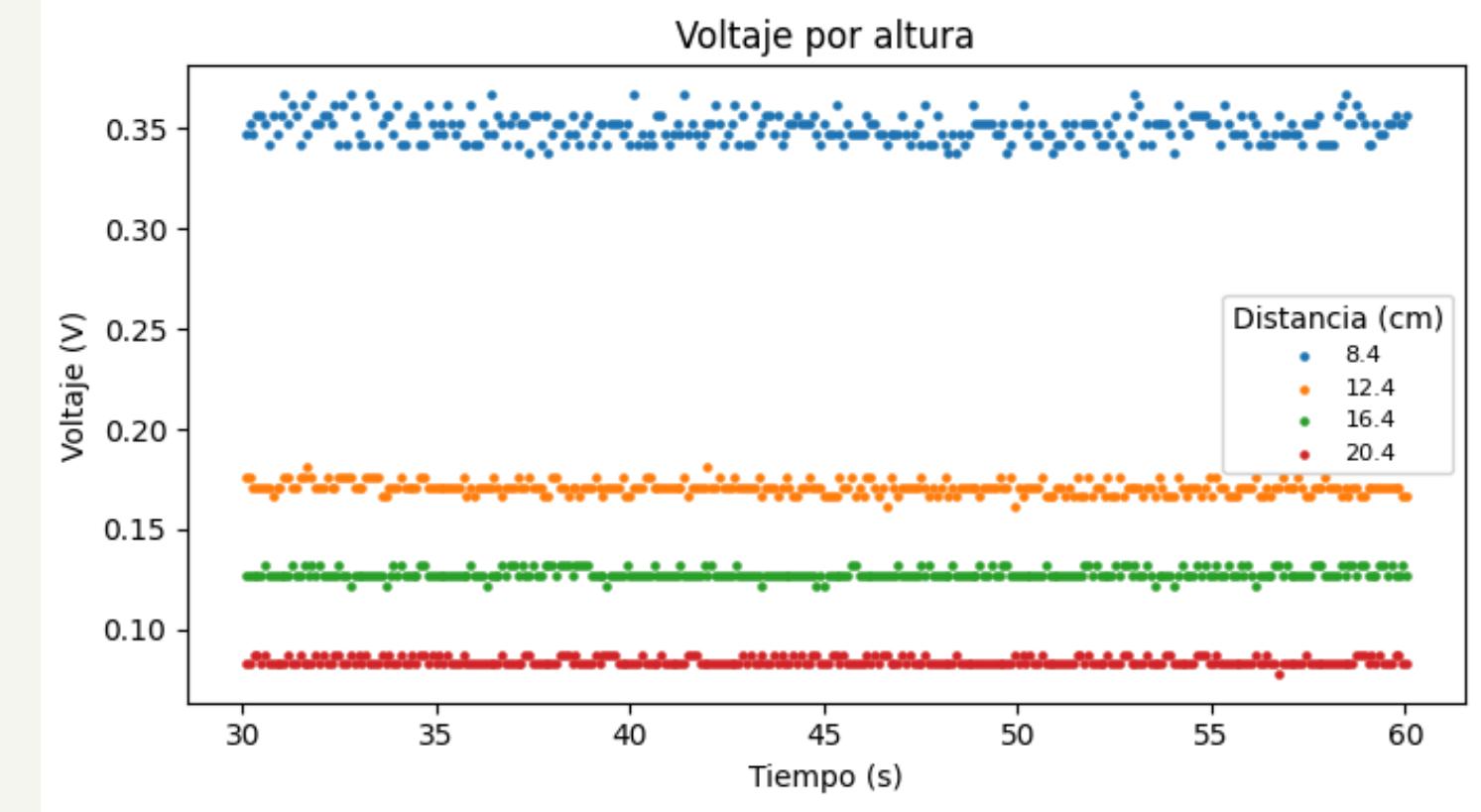
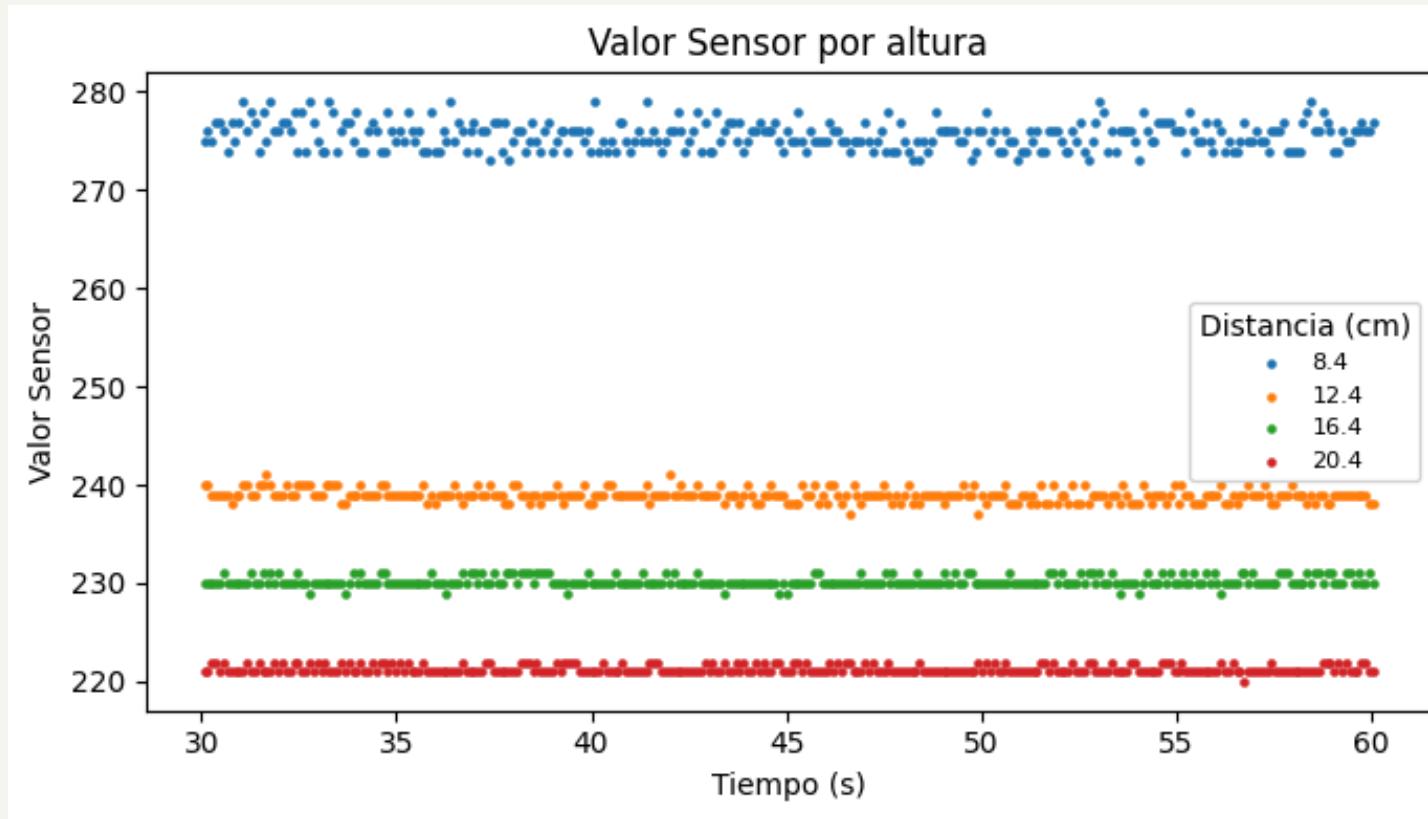
$$K = 10.32 \left[\frac{A}{Vcm^2} \right]$$



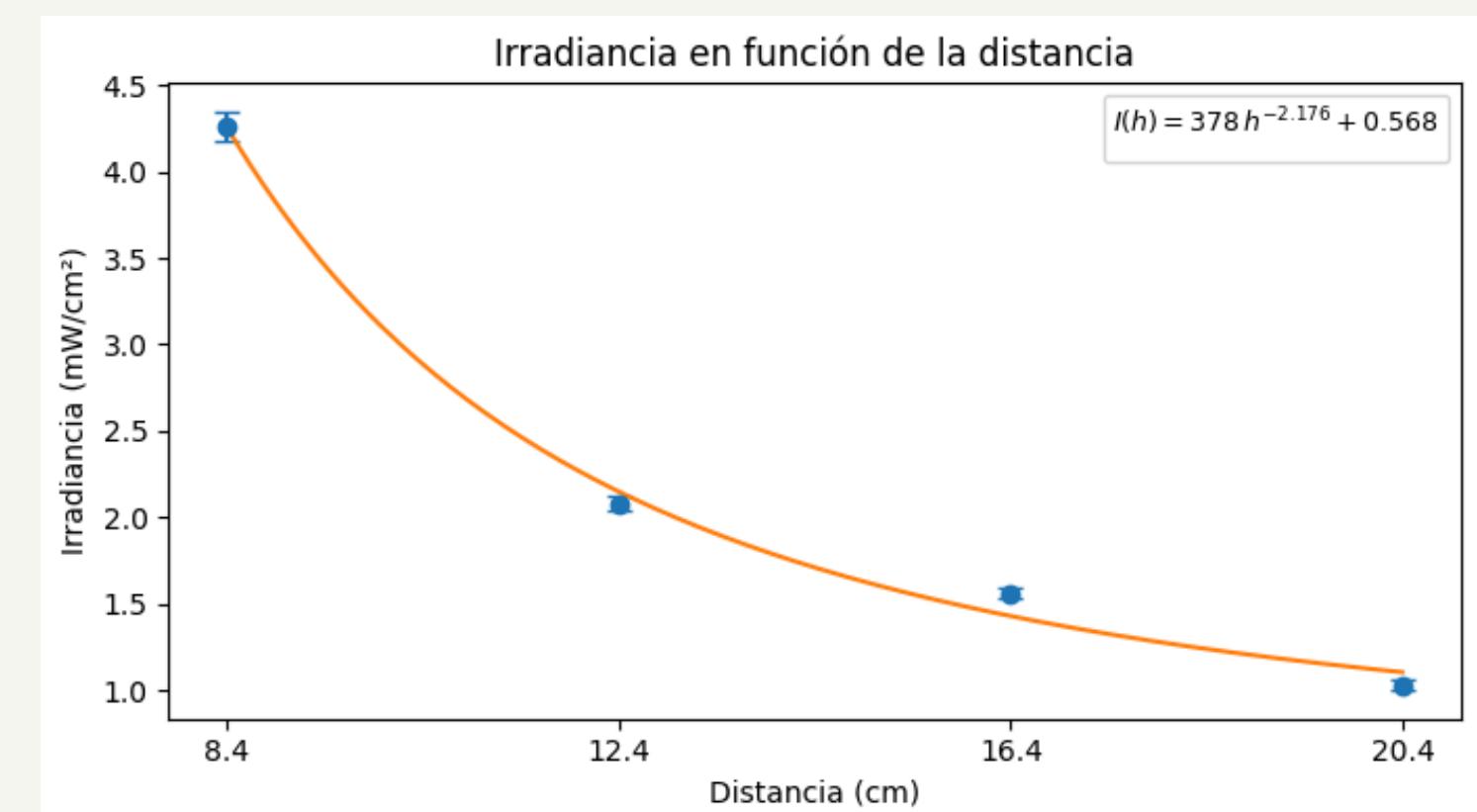
Resultados

— PARTE 3

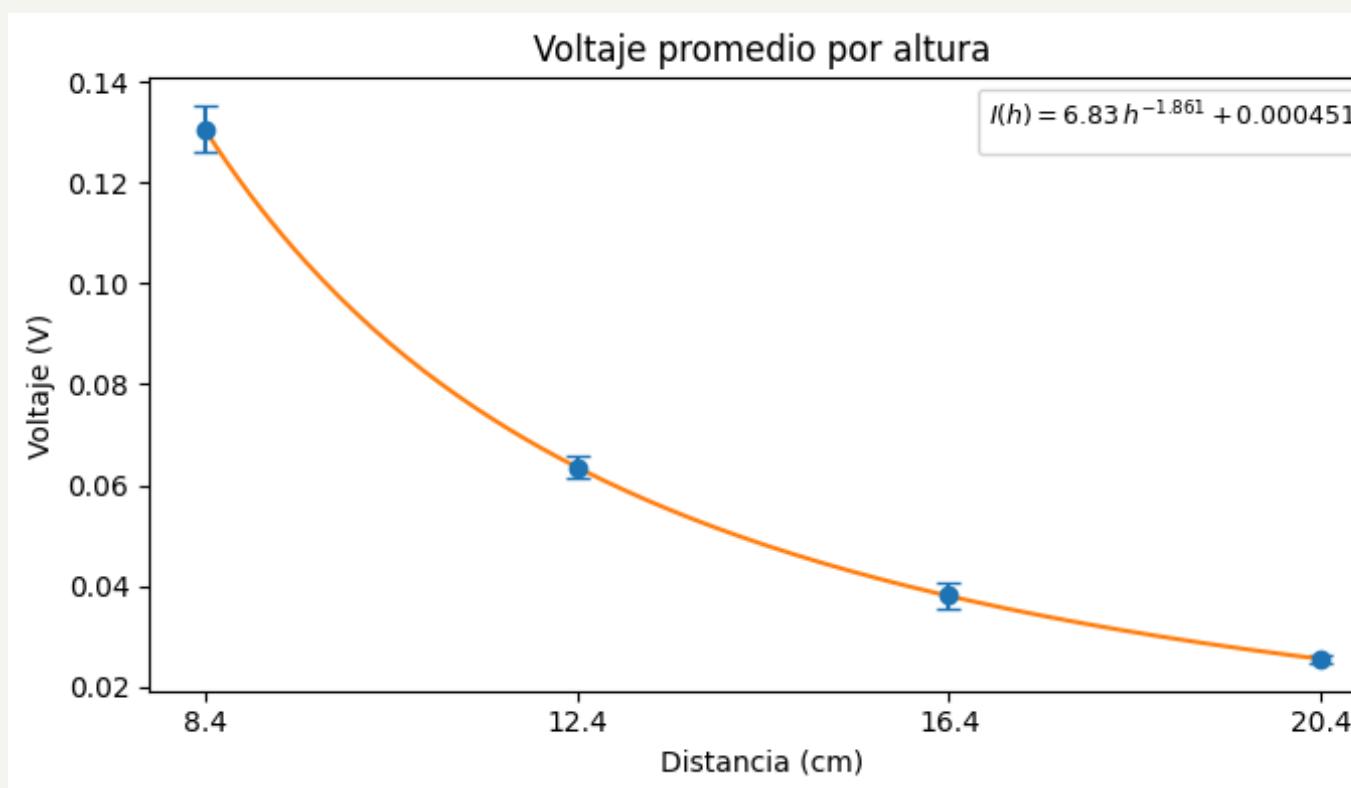
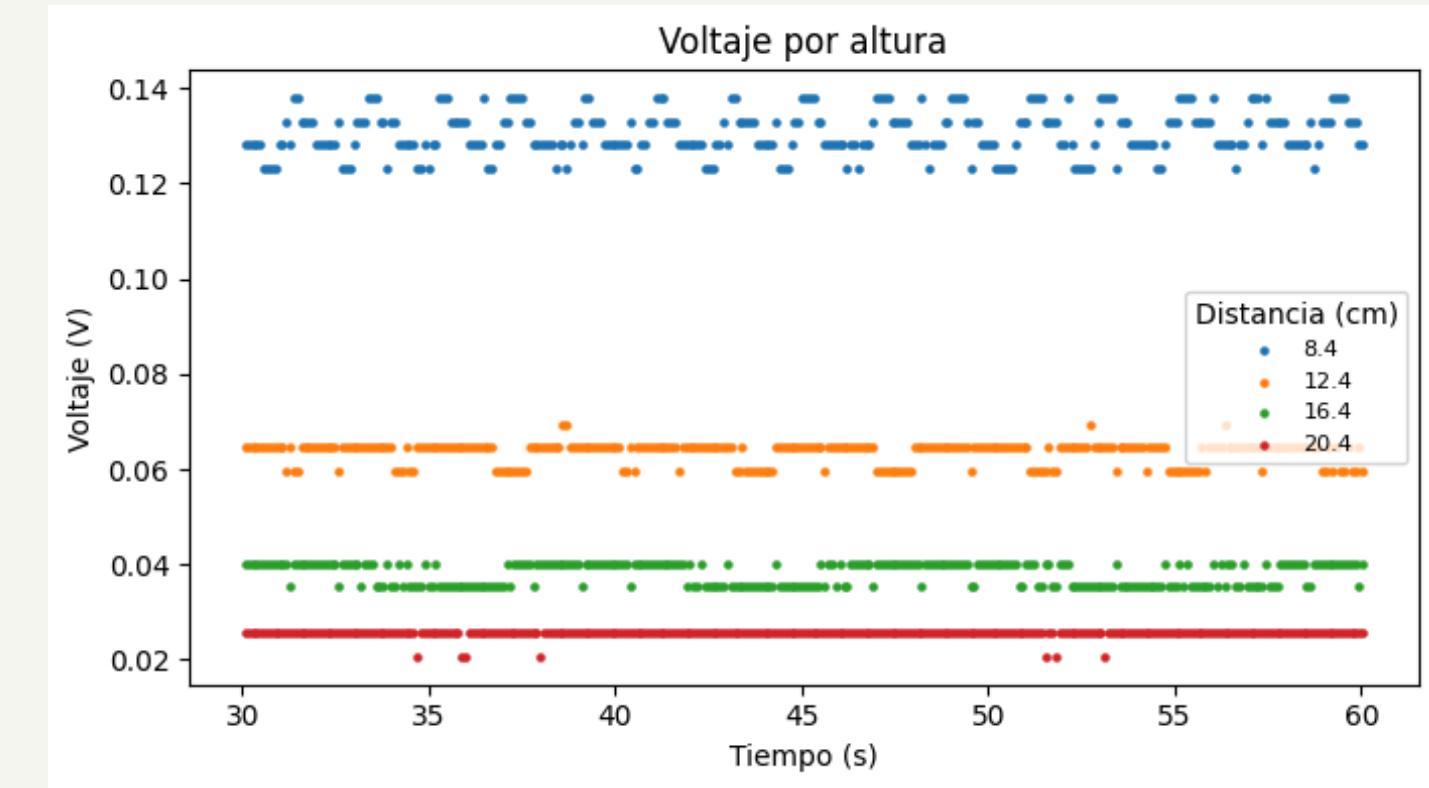
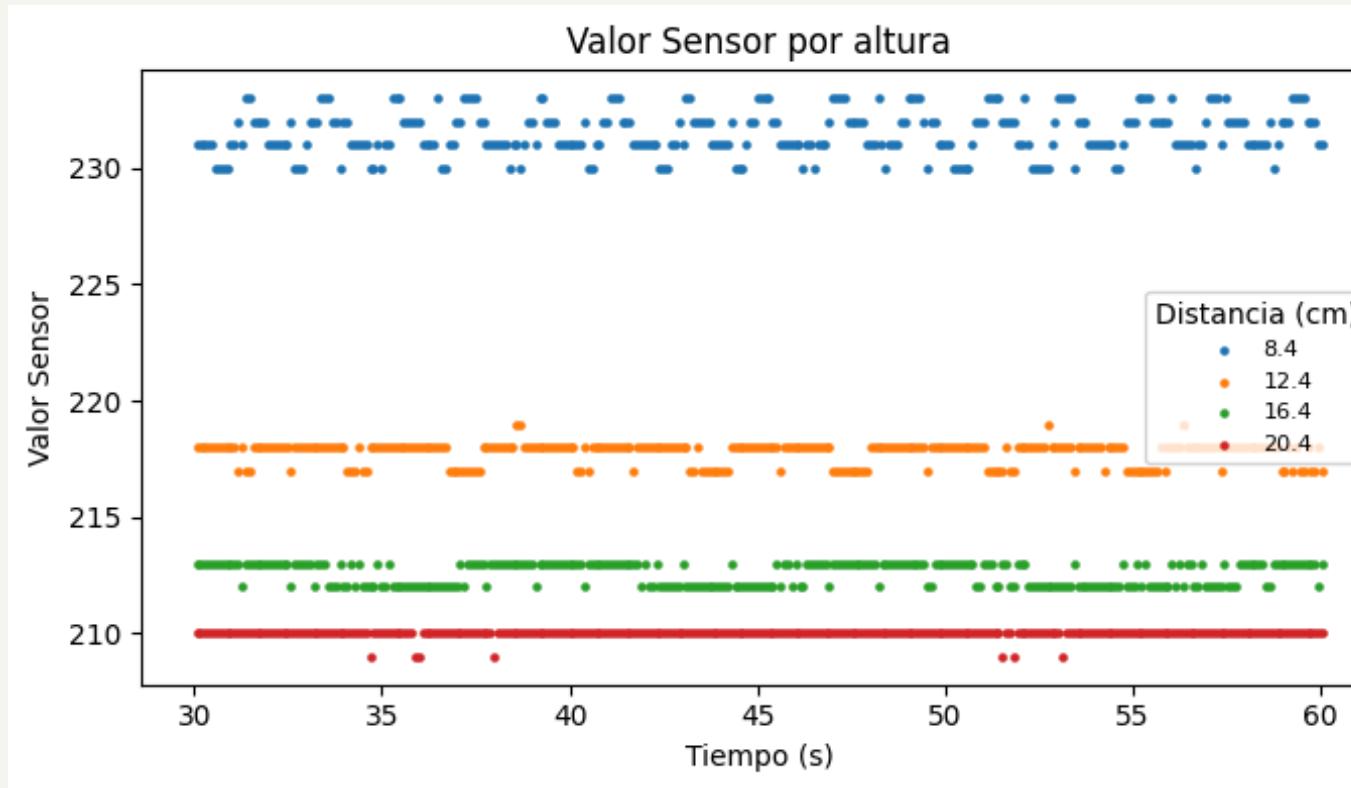
Sensor ML8511



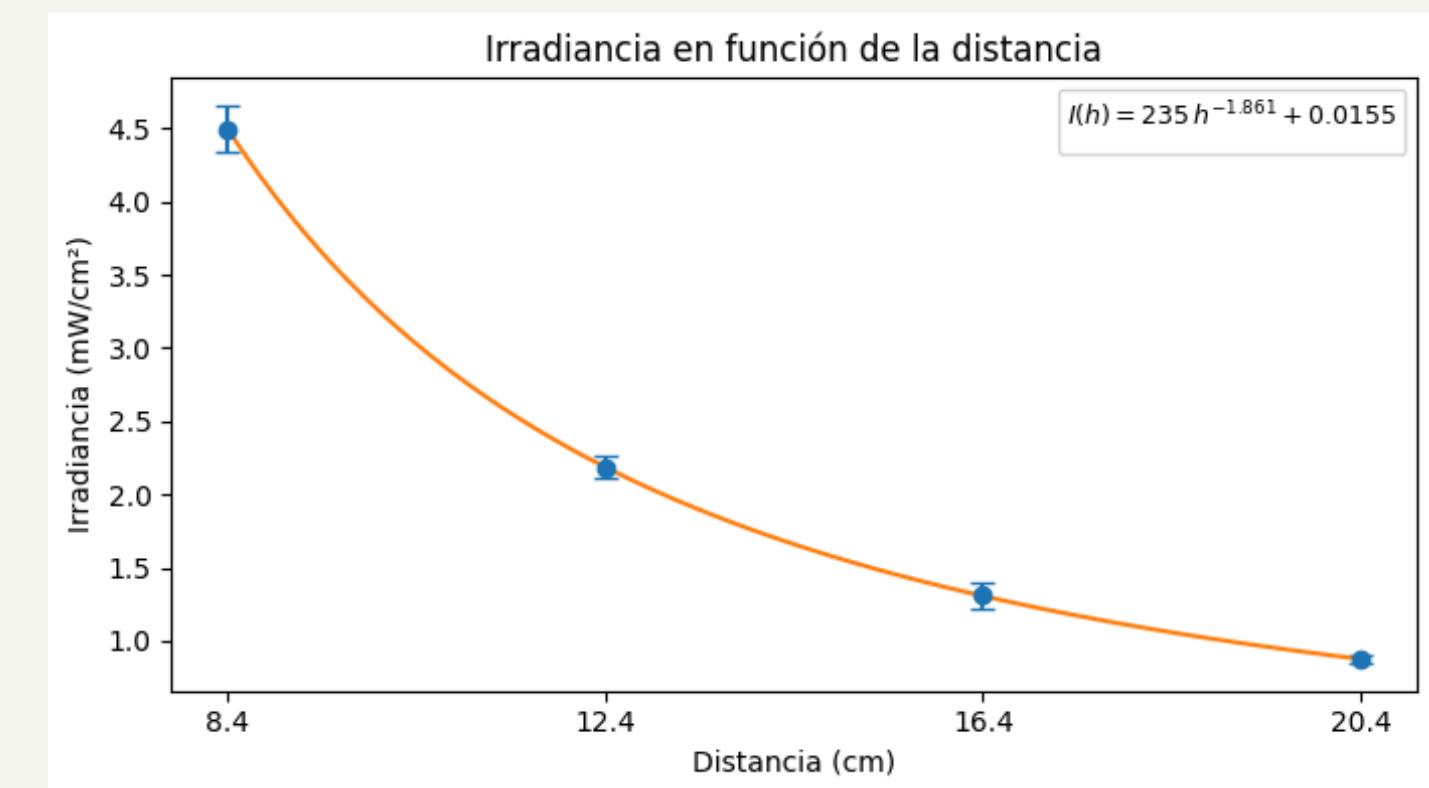
Fuente UVB



Sensor ML8511



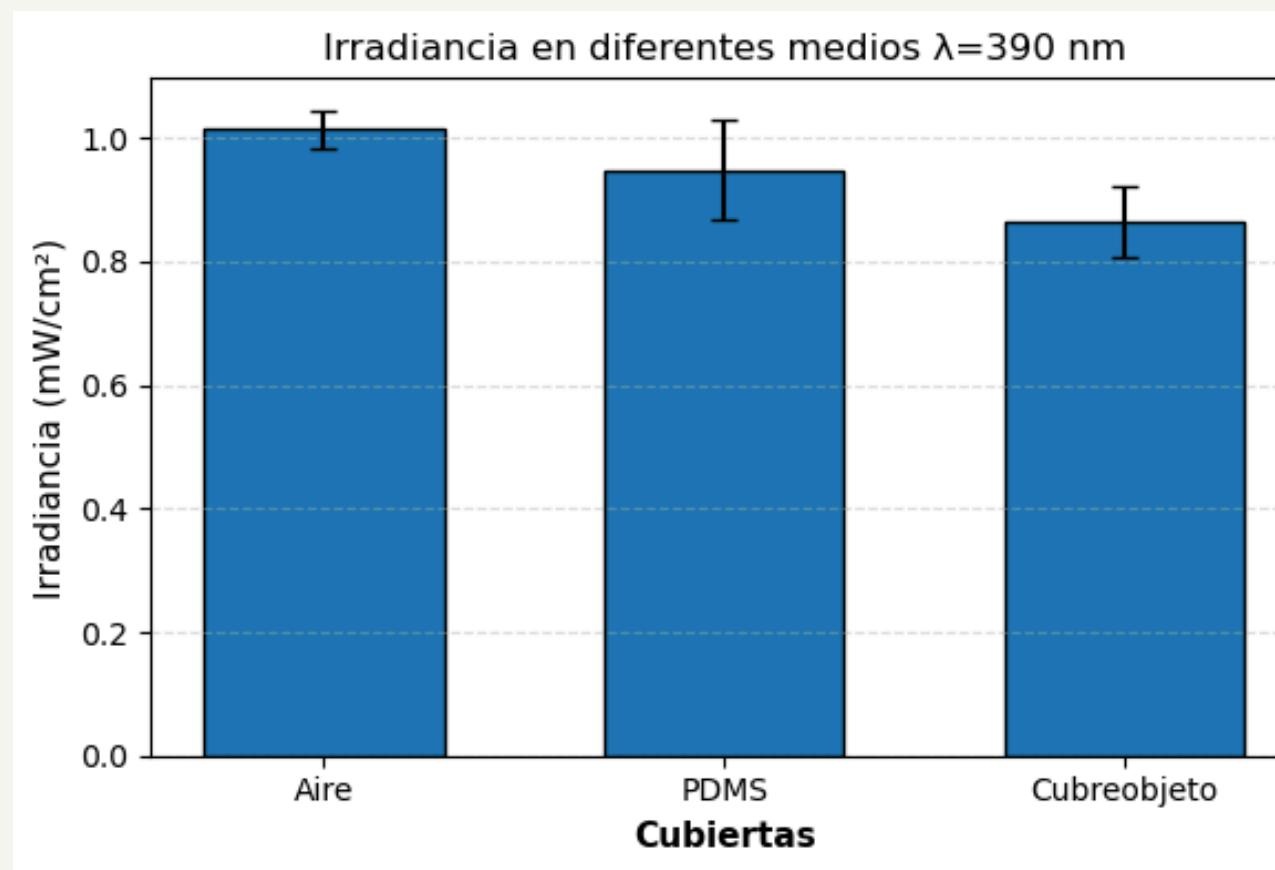
Fuente Ossila



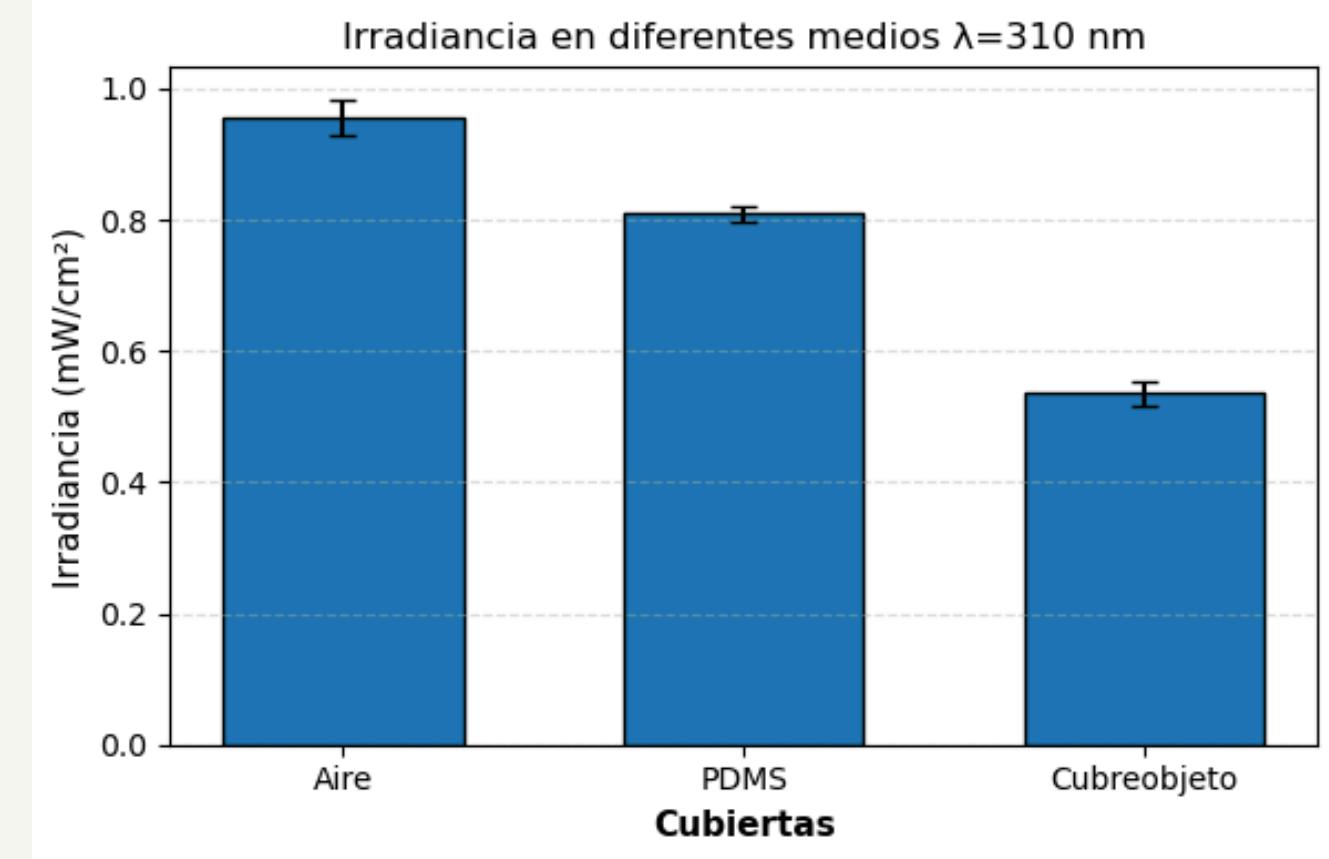
Irradiancia en diferentes medios

- Vidrio y PDMS son prácticamente transparentes a la radiación UVA (390 nm), mientras que, para la fuente UVB (310 nm) el cubreobjeto reduce considerablemente la irradiancia, en cambio, el PDMS tiene una mayor transmitancia para la fuente UVB.

PDMS



Cubreobjetos



Conclusión

— PARTE 3

Resumen de resultados

- Irradiancia es inversamente proporcional a la distancia al cuadrado.
- Se desarrolló un procedimiento de calibración que relaciona el voltaje del sensor con la irradiancia, incluyendo la corrección por corriente oscura.
- Las cubiertas de vidrio y PDMS en 390 nm resultan eficientes en la transmisión de radiación. Sin embargo, para una fuente de 310 nm la transmisión desciende para ambos siendo mas eficiente el PDMS.

Trabajo Futuro:

- Calibrar sensor GUVA S12SD.
- Colocar muestras en canales microfluídicos utilizando PDMS y caracterizar la irradiancia en la muestra según la altura y la capa cubierta por el material.

Referencias

- Hamamatsu Photonics K. K. (2017). Si photodiodes (Technical note KSPD9001E). Hamamatsu Photonics K. K. https://www.hamamatsu.com/content/dam/hamamatsu-photonics/sites/documents/99_SALES_LIBRARY/ssd/si_pd_kspd9001e.pdf
- ROHM Co., Ltd. (2013, marzo 8). ML8511: UV sensor with voltage output (Datasheet FEDL8511-05). ROHM Co., Ltd. https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/ML8511_3-8-13.pdf
- Genicom Co., Ltd. (2011, 7 de febrero). GUVA-S12SD: UV-B sensor – Technical data (Datasheet). Genicom Co., Ltd. <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/1918guva.pdf>
- Ossila Limited. (2023). Solar simulator design, working principles & optics. Ossila. <https://www.ossila.com/pages/solar-simulator-working-principles-and-optics>
- TAOYUAN ELECTRON (HK) LIMITED. (2018, 10 de agosto). UVC LED light 275/295/310nm @500mW [Ficha de producto]. LED TaoYuan. <https://www.ledwv.com/uv/uvc-leds-c-31/uvc-led-light-275295310nm-500mw-p-1236.html>