

# Caracterización experimental de un fotomultiplicador aplicado al análisis de radiación electromagnética láser de baja potencia

Rosero Yaren Daniela,<sup>1</sup> Rosero Daniela Alejandra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Física, Universidad de Nariño



## Resumen

Este proyecto estudia la respuesta de un fotomultiplicador (PMT) para detectar radiación láser de baja potencia. Como referencia inicial se utilizan mediciones obtenidas con un espectrómetro compacto, que permiten caracterizar el espectro del láser. Posteriormente se analiza la ganancia, linealidad y sensibilidad del PMT, incluyendo el nivel mínimo detectable. La comparación entre ambos dispositivos muestra la ventaja del PMT para medir señales ópticas muy débiles, destacando su relevancia para aplicaciones en física de altas energías.

## El efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico es la emisión de electrones por un material cuando incide sobre él una radiación electromagnética (como la luz). Este fenómeno ocurre cuando la energía de los fotones de la luz es suficiente para arrancar electrones del material, y no depende de la intensidad de la luz, sino de su frecuencia. La energía de un fotón viene dada por:

$$E = \frac{hc}{\lambda}, \quad (1)$$

donde,  $E$  es la energía de un fotón,  $h$  es la constante de Planck,  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío y  $\lambda$  es la longitud de onda de la radiación electromagnética; esta relación muestra que la energía de un fotón es inversamente proporcional a su longitud de onda. Si la energía del fotón supera la función de trabajo  $W$  del material, el electrón emitido tendrá una energía cinética:

$$E_{e^-} = h\nu - W, \quad (2)$$

donde,  $E_{e^-}$  representa la energía cinética del electrón emitido,  $h$  es la constante de Planck,  $\nu$  es la frecuencia de la radiación incidente responsable de liberar al electrón, y  $W$  es la función de trabajo del material, es decir, la energía mínima necesaria para que el electrón escape de la superficie.

## Objetivos

Caracterizar experimentalmente la respuesta de un fotomultiplicador (PMT) frente a radiación electromagnética láser de baja potencia, evaluando su sensibilidad, su comportamiento lineal ante distintos niveles de intensidad y la magnitud de la señal obtenida. Además, los resultados obtenidos se comparan con las mediciones preliminares realizadas mediante un espectrómetro compacto, con el fin de verificar la consistencia entre ambos métodos de detección y analizar posibles diferencias en la respuesta medida.

## Instrumentación

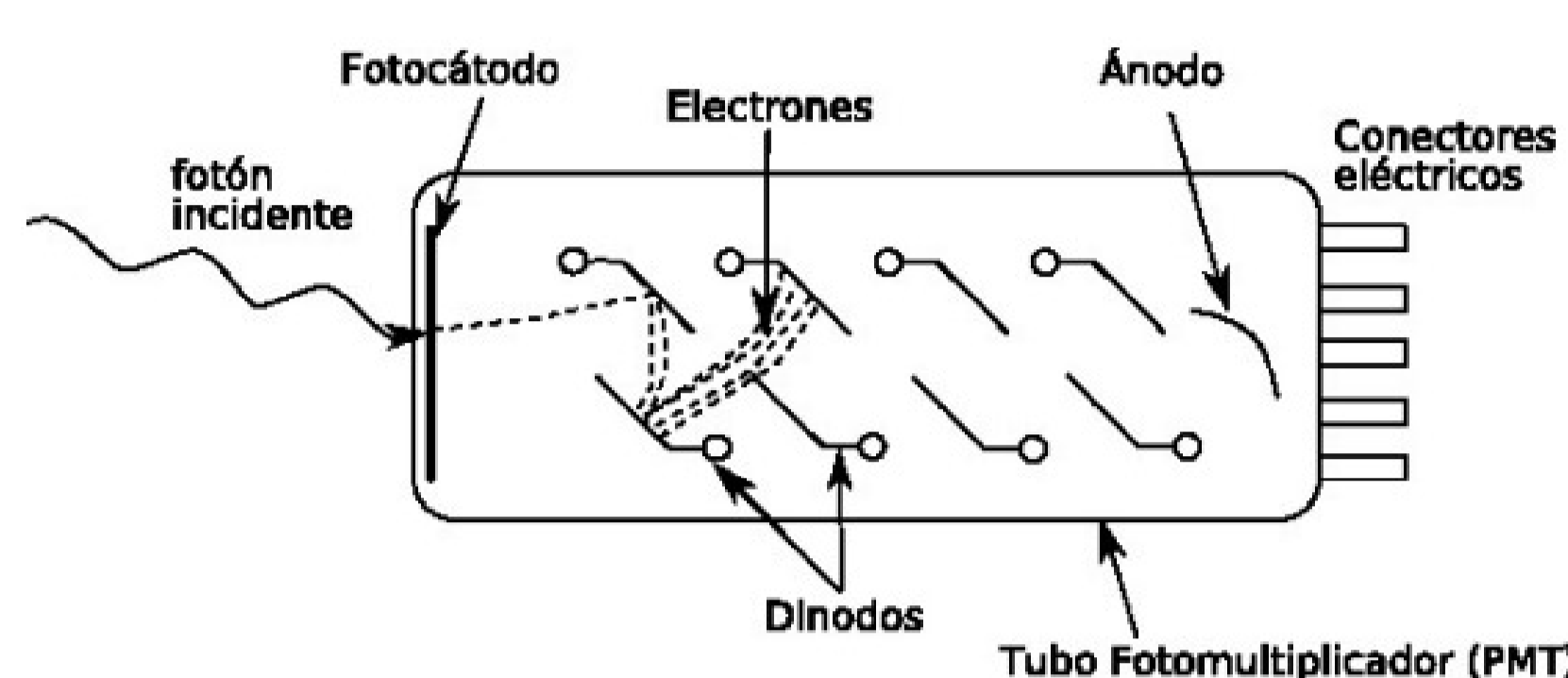


Figure 1: Fotomultiplicador



Figure 2: Espectrómetro Compacto



Figure 3: Apuntadores láser

**Fotomultiplicador** es un dispositivo electrónico capaz de detectar niveles muy bajos de luz y amplificar la señal mediante una cascada de dinodos, lo que los hace ideales para aplicaciones científicas de alta sensibilidad.

**Espectrómetro compacto** es un dispositivo que separa la luz según su longitud de onda mediante una rejilla de difracción lo que permite medir el espectro y obtener parámetros como la longitud de onda pico, la intensidad relativa y la forma del perfil espectral.

**Láser** (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) es un dispositivo que genera un haz de luz coherente, monocromática y altamente direccional. La emisión se basa en la estimulación de electrones en un medio activo.

## Resultados y análisis

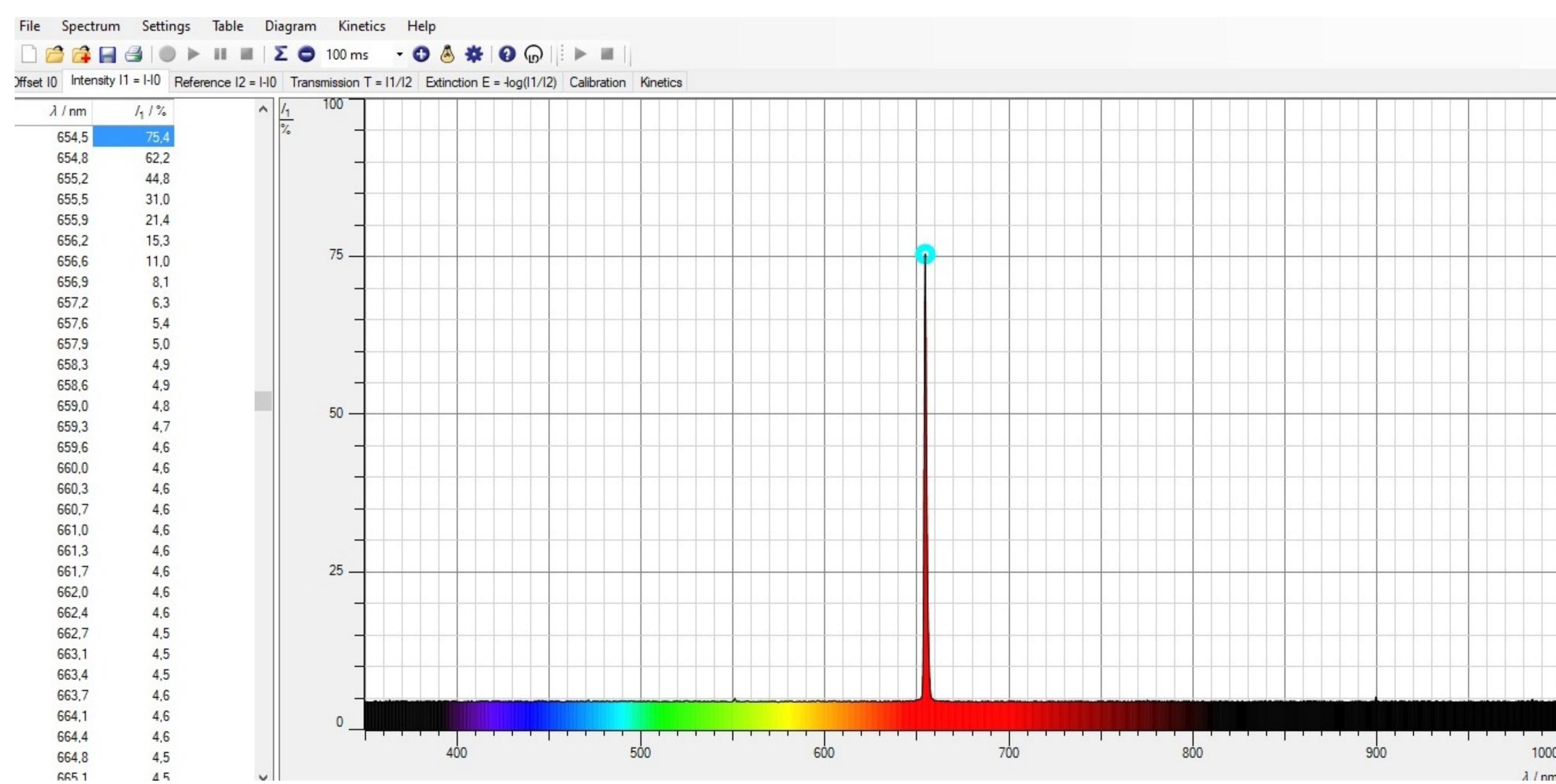


Figure 4: Datos y diagrama de SpectraLab

El espectro registrado muestra un pico dominante claramente definido alrededor de  $(650 \pm 5)$  nm, con una intensidad relativa cercana al 75%, lo que confirma que la fuente corresponde a un láser altamente monocromático.

No se observan picos secundarios relevantes en el rango comprendido entre 400 y 1000 nm, y la intensidad fuera del máximo principal se mantiene aproximadamente en el 5% o menos, esto evidencia que la emisión posee una pureza espectral alta, con muy poca contaminación y prácticamente sin líneas laterales detectables.

La forma angosta del pico indica un ancho espectral reducido, característico de los láseres de diodo rojo, lo que sugiere que la fuente presenta buena coherencia y estabilidad suficiente para su uso en procesos de calibración o caracterización de detectores.

La tabla de intensidades confirma una disminución progresiva de la señal desde el valor máximo hacia niveles mínimos, lo que refuerza la interpretación de que la emisión está concentrada en una longitud de onda principal bien definida dentro de la región del rojo profundo.

## Conclusiones

A partir del espectro obtenido se confirma que la fuente láser presenta un comportamiento claramente monocromático, evidenciado por un pico estrecho y bien definido alrededor de 645-655 nm, sin señales secundarias relevantes en el resto del rango.

La forma del pico principal y la ausencia de fluctuaciones notables en la distribución espectral indican que la fuente láser presenta una buena estabilidad durante la medición. La intensidad máxima se mantiene bien definida y no muestra ensanchamientos, variaciones abruptas ni desplazamientos apreciables, lo cual sugiere que tanto la potencia relativa como la emisión del láser permanecen constantes a lo largo del registro.

Estos resultados preliminares constituyen una base sólida para la continuidad del proyecto. En las siguientes etapas se empleará un fotomultiplicador más completo y específico, con el cual será posible evaluar en mayor detalle la sensibilidad, la linealidad y la respuesta del sistema frente a la misma fuente láser.

## Referencias

- Rosero, D. E. (2023). Diseño de una guía de laboratorio para fotomultiplicadores aplicado a radiación electromagnética [Trabajo de grado, Universidad de Nariño].
- Hamamatsu. *Guía de usuario Fotomultiplicador Hamamatsu MPPC serie S13360-3025CS*. Hamamatsu city, Japan, 2022.
- Fontal, B., Suárez, T., Reyes, M., Bellandi, F., Contreras, R., & Romero, I. (2005). El espectro electromagnético y sus aplicaciones. Escuela de la Ingeniería, 1, 24.
- Londoño Bonilla, D. A. (2024). Implementación de Sistema de Adquisición de Datos para Fotomultiplicadores de Silicio [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]