

DESARROLLO DE UN ESPECTRÓMETRO DE BAJO COSTO

Ortega Tamayo, David Fernando (1), Andrade Lucio, José Amparo (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [df.ortegatamayo@ugto.mx]

2 [Departamento de Electrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [andrade@ugto.mx]

Resumen

Se muestra el diseño de un espectrómetro de bajo coste mediante el uso de una cámara CCD y una rejilla de difracción en el rango de UV, visible e IR para el análisis de fuentes de luz. Los resultados obtenidos con ese espectrómetro resultaron satisfactorios.

Abstract

We show the desing of a low-cost spectrometer through the use of a CCD camera and a diffraction grating in the range of UV, visible and IR for the analysis of light sources. The results obtained with that spectrometer resulting satisfactory.

Palabras Clave

Cámara CCD; Rejilla de difracción; Theremino System

INTRODUCCIÓN

Difracción

El trabajo de Francesco Grimaldi en el siglo XVII fue el primer estudio detallado que se publicó sobre la desviación de la luz de su propagación rectilínea, a la que denominó <<diffractio>>.

El efecto es una característica general de los fenómenos ondulatorios que ocurren donde quiera que una parte de un frente de onda ya sea sonido, onda material, o luz, este obstruida de alguna manera. Si al encontrar un objeto transparente u opaco se altera la amplitud o la fase de una región del frente de onda, esto producirá la difracción.

Los varios segmentos del frente de onda que se propagan más allá del obstáculo interfieren, produciendo aquella distribución de densidad de energía particular denominada figura de difracción.

- *La rejilla de difracción*

Una rejilla de difracción es un conjunto repetitivo de elementos difractores de una onda emergente, bien sean aberturas u obstáculos, que tienen el efecto de producir alteraciones periódicas en la fase, amplitud o ambas. Parece que fue inventada por el astrónomo americano David Rittenhouse hacia 1785[1]. Primeramente, surgieron las rejillas de transmisión de amplitud. Posteriormente las rejillas de transmisión en fase.

En la actualidad la mayoría de las rejillas modernas tienen una forma característica (dientes de sierra) y se denominan rejillas de variedad de brillo. Estas son rejillas de transmisión en fase que se optimizan para obtener la máxima eficiencia de la rejilla en un determinado orden de difracción deseado mientras que la potencia residual en los otros ordenes (particularmente en el orden cero) es minimizado.

La ecuación general de estas rejillas puede ser escrita como:

$$m \lambda = d(\sin \alpha + \sin \beta) \quad (1)$$

Donde: m es el orden de difracción, λ es la longitud de la luz incidente, d el espaciamiento entre líneas, α es el ángulo de incidencia, β es el ángulo de difracción.

La configuración de Littrow es una geometría especial en la cual el ángulo resplandeciente de una rejilla de variedad de brillo es elegido de tal manera que el ángulo de difracción y el ángulo de incidencia son iguales.

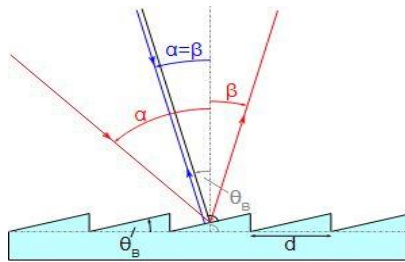


IMAGEN 1: Difracción en una rejilla de variedad de brillo. El caso general es mostrado con los rayos en rojo; La configuración Littrow es mostrada con los rayos azules [2].

Por lo tanto:

$$\alpha = \beta = \theta_B$$

De esta manera (1) queda como:

$$m \lambda = 2d \sin \theta_B \quad (2)$$

Donde: m es el orden de difracción, λ es la longitud de la luz incidente, d el espaciamiento entre líneas, θ_B es el ángulo resplandeciente.

- *Espectrómetro óptico*

El espectrómetro óptico es un instrumento óptico que nos ayuda a determinar la porción de espectro electromagnético al cual pertenece una determinada fuente de luz graficándonos longitud de onda versus irradiancia relativa.

Entre las aplicaciones para este instrumento óptico están: caracterización de fuentes de luz, caracterización de moléculas orgánicas e

inorgánicas, así como la identificación de materiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como material se utilizó: Cámara Web CCD LifeCam Microsoft VX-800, Rejilla holográfica de difracción de transmisión de fase simple de 1000 líneas/mm, así como una caja de cartón para elaborar una rendija.

Se probó la funcionalidad del software Thremino Spectrometer-V2.3[3]. Cuya licencia GNU GPL nos permite incluso acceder al código fuente del programa.

Se procedió primeramente a tratar de desmontar la Cámara Web para eliminar el micrófono (de nula utilidad en nuestro caso) y el diodo LED de verificación de encendido de la cámara para evitar que el destello del mismo nos afecte en nuestras mediciones. También se eliminó el filtro IR para que de esta manera nos permita observar la cámara el espectro en dicha región.

Se comprobó la funcionalidad de la cámara web sin el filtro IR, micrófono y LED de verificación, antes de proceder con el experimento.



IMAGEN 2: Filtro IR de la Cámara Web.

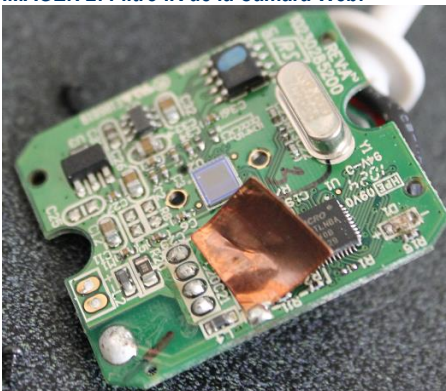


IMAGEN 3: Vista del CCD de la cámara web (cuadro azul).



IMAGEN 4: Cámara web armada nuevamente sin el filtro IR.

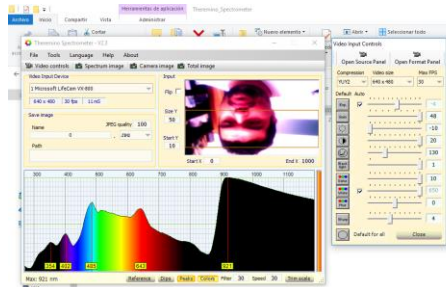


IMAGEN 5: Prueba de funcionalidad de la cámara web sin el filtro IR.

Se procedió al montaje del experimento utilizando el siguiente esquema de arreglo óptico:

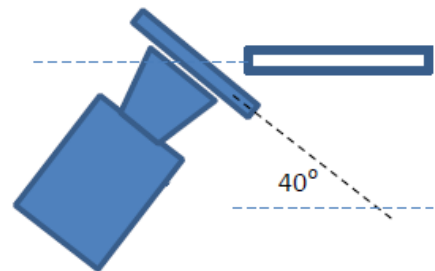


IMAGEN 6: Esquema del arreglo óptico empleado.

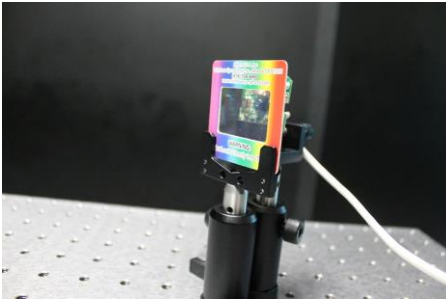


IMAGEN 7: Fotografía de la rejilla de difracción y la cámara web.

Se verificaron diferentes fuentes de luz entre ellas: un lámpara incandescente, una lámpara fluorescente compacta, una lámpara de luz UV, un diodo LED IR (control remoto de TV), un diodo LED rojo y un puntero láser rojo.

Para las lámparas y foco incandescente se utilizó la caja de cartón para crear una rendija sobre ella y de esta manera limitar el ancho del cono de la fuente de luz a ser analizada con el espectrómetro.

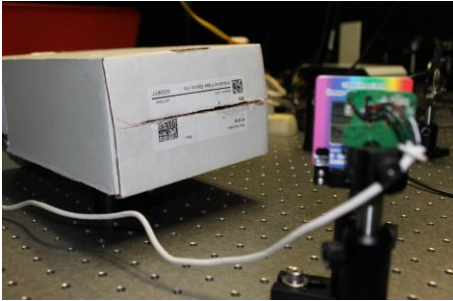


IMAGEN 8: Fotografía de la rendija hecha a la caja de cartón.

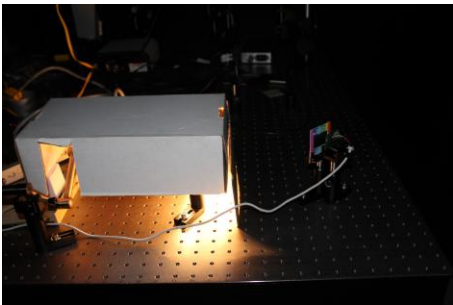


IMAGEN 9: Fotografía del arreglo óptico empleado en el foco incandescente.

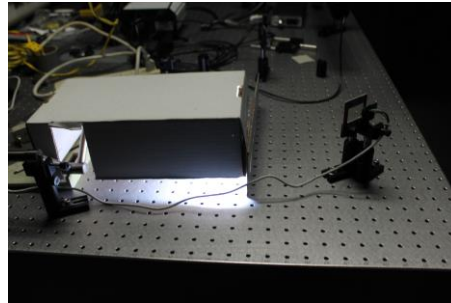


IMAGEN 10: Fotografía del arreglo óptico empleado en la lámpara fluorescente compacta.

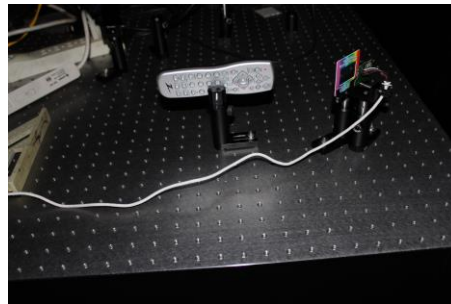


IMAGEN 11: Fotografía del arreglo óptico empleado en el LED IR.

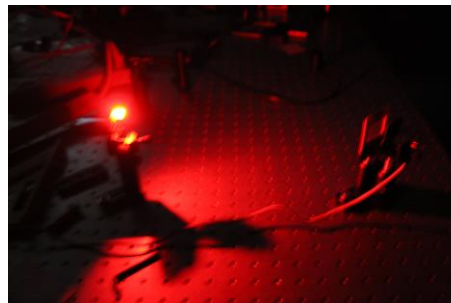


IMAGEN 12: Fotografía del arreglo óptico empleado en el LED rojo.

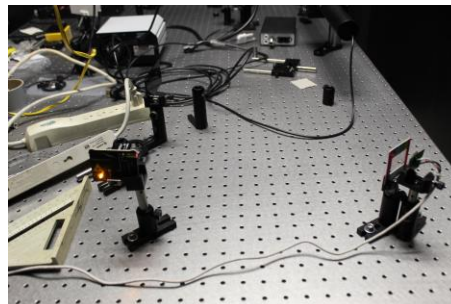


IMAGEN 13: Fotografía del arreglo óptico empleado en el puntero láser rojo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación los espectros obtenidos para las distintas fuentes de luz analizadas:

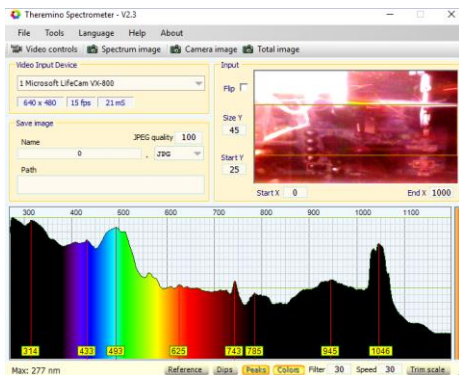


IMAGEN 14: Espectro lámpara incandescente de 100W.

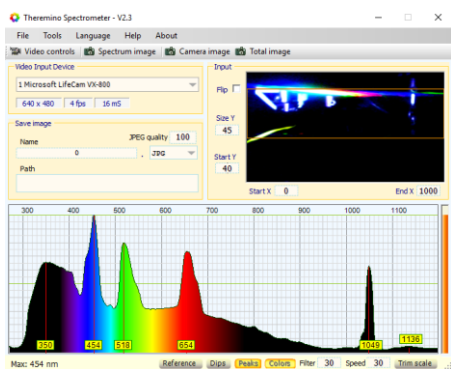


IMAGEN 15: Espectro lámpara fluorescente compacta de 24 W.

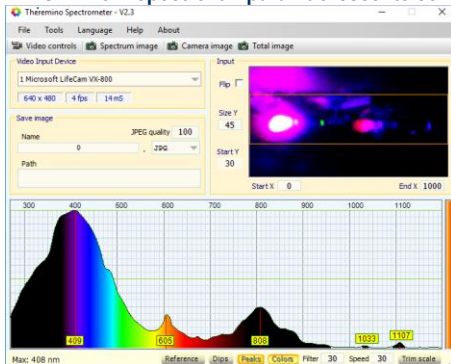


IMAGEN 16: Espectro lámpara de luz UV.

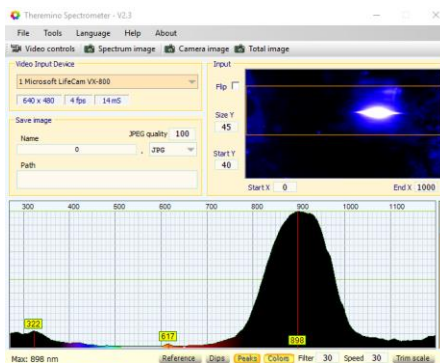


IMAGEN 17: Espectro diodo LED IR.

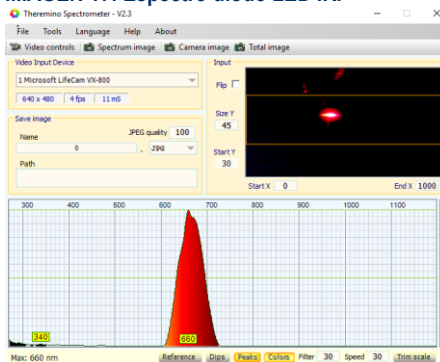


IMAGEN 18: Espectro diodo LED Rojo.

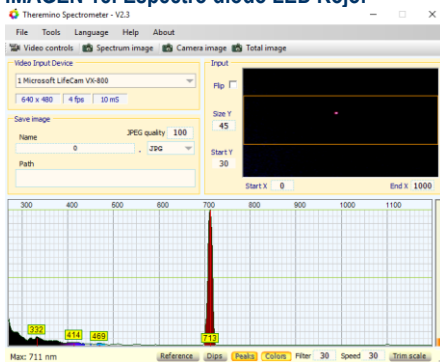


IMAGEN 19: Espectro puntero láser Rojo.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios considerando que se emplearon materiales de bajo costo para la construcción de nuestro espectrómetro. Trabajos futuros incluyen: adaptar el espectrómetro para volverlo portátil mediante una caja de madera, además de que también se puede adaptar para espectroscopia de absorción y espectroscopia de fluorescencia.

CONCLUSIONES

Se pudo diseñar y construir un espectrómetro de bajo costo con la ayuda de una cámara web y una rejilla de difracción, además del empleo de un software de uso libre para la operación del mismo. Los resultados arrojados por dicho espectrómetro fueron satisfactorios.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a mi asesor de esta edición del Verano UG 2017 el Dr. José Amparo Andrade Lucio por haberme brindado la presente oportunidad de mejorar y ampliar mis conocimientos sobre óptica, en este caso sobre la difracción de la luz. De la misma manera al Dr. Oleksiy Shulika por sus útiles consejos y pronta respuesta a las preguntas que le hacía llegar por correo electrónico referentes al presente trabajo.

REFERENCIAS

[1] Hecht, E. (2000). Difracción. En Hecht, E. (Ed.), Óptica (pp. 441-447). Madrid: Addison Wesley Iberoamericana.

[2] Wikipedia(2016). Difracción en una rejilla de variedad de brillo.[Figura].Recuperado de https://en.wikipedia.org/wiki/Blazed_grating

[3] Theremino system (2017). DIY Webcam Diffraction Grating Spectrometer. Recuperado de <http://physicsopenlab.org/>