

CARACTERIZACIÓN DEL NUEVO ESPECTRORADIÓMETRO PARA EVALUAR RIESGO FOTBIOLÓGICO DE DIFERENTES FUENTES LUMINOSAS

A. Zinzallari², J. Babaro¹, E. Scatena, J.C. Mollo, E.D. Yasan
INTI, Física y Metrología, U. T. Luminotecnia, Laboratorio de Radiometría y Fotometría

[1jbabaro@inti.gob.ar](mailto:jbabaro@inti.gob.ar) ; 2az@inti.gob.ar

Introducción

En este artículo se describen los diferentes pasos realizados para la caracterización del espectroradiómetro de doble monocromador que forma parte del Sistema de Monitoreo de Radiación Óptica Everfine OST-300 de reciente adquisición por parte del laboratorio. El objetivo principal de este sistema es la evaluación del riesgo fotobiológico que presentan distintas fuentes luminosas, partiendo de la medición espectral de las mismas y evaluándolas con distintas curvas de ponderación de fototoxicidad.

Este trabajo refiere a las discrepancias encontradas entre las verdaderas capacidades del dispositivo y las informadas por el fabricante. Los resultados de este estudio permitieron que la empresa proveedora reconociera los defectos de fabricación del doble monocromador y el reemplazo de la unidad.

Objetivo

Con el desarrollo de nuevas fuentes luminosas de alto rendimiento, y en particular aquellas basadas en tecnología LED, se hizo necesaria la evaluación espectral de las fuentes radiantes.

Para realizar este tipo de mediciones se requiere de equipamiento adecuado, que permite descomponer la luz emitida por las luminarias que se emplean para las más variadas actividades.

Debido a que dichas actividades se realizan cada vez más bajo iluminación artificial, se establecieron normas para la utilización fotobiológicamente segura de la misma. Estas condiciones se basan en el efecto de la potencial toxicidad producida por la exposición ocular o dérmica a radiaciones en el espectro visible y en el inmediato cercano, ya sea en el ultravioleta y en el infrarrojo.

Para dar respuesta a este requerimiento, la unidad técnica Luminotecnia, del centro de Física y Metrología de INTI adquirió recientemente un espectroradiómetro que efectúa las mediciones espectrales de fuentes luminosas en el rango UV-VIS-NIR, y realiza su ponderación de acuerdo a las funciones de

fototoxicidad debida a la radiación UV, Luz azul e IR.

Por último, el resultado de esta evaluación permite clasificar las fuentes según 4 grupos de riesgo: Exento, Bajo, Moderado y Alto.

Descripción

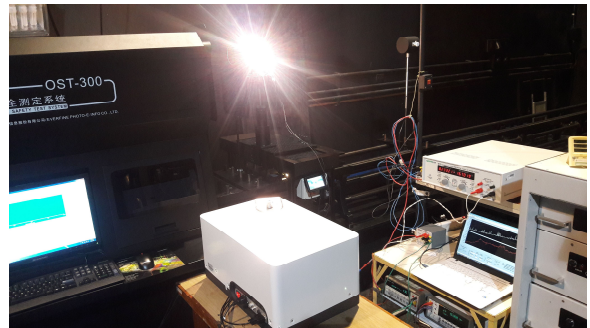


Figura 1- Espectroradiómetro Everfine OST300, con el control de parámetros eléctricos de la fuente de irradiancia.

Este equipo cuenta con dos espectroradiómetros: el primero de doble monocromador (PMS 2000) cuyo rango espectral se encuentra entre 200 y 800nm, el segundo de array (HAAS 2000) entre 780 y 1650nm. Además posee dos detectores adicionales: un detector de respuesta plana entre 1500 y 3000nm y un fotodetector cuya respuesta se corresponde con la del ojo humano $V(\lambda)$, este último utilizado para definir la distancia adecuada desde la fuente a los detectores, fijando un dado nivel de iluminancia, en general 500 lux (nivel normal en ámbitos laborales). Para completar el análisis fotobiológico, el sistema posee un dispositivo que simula el efecto de la radiación en el ojo, utilizando una cámara CCD y una óptica adecuada "Pupil Imaging Radiance Meter" (PIRM).

A partir de la instalación del equipo en el laboratorio se realizaron los trabajos de caracterización y calibración de las escalas de longitud de onda, partiendo de lámparas espectrales de Cd, Ar y Hg, y de amplitud de ambos monocromadores, utilizando lámparas patrones de irradiancia espectral de tungsteno halógeno y deuterio.

A través de este estudio se detectó una sensibilidad a la radiación UV del PMS 2000 que no se correspondía con la declarada por el fabricante. De los archivos obtenidos e intercambiados con el proveedor, se logró como solución el reemplazo de dicho doble monocromador.

Se decidió aprovechar el doble monocromador reemplazado para ser utilizado en el espectro visible (entre 380 y 800nm), diseñando y construyendo en INTI, Física y Metrología una esfera integradora para el ingreso de la radiación a dicho equipo.

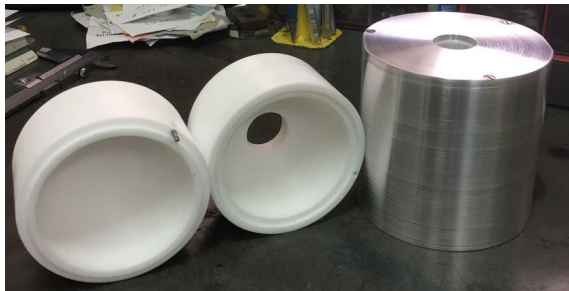


Figura 2 - Esfera integradora en construcción.



Figura 3 - Esfera integradora en calibración.

Esta nueva esfera y el doble monocromador reemplazado, serán usados en el laboratorio de fotometría básica como instrumento portátil, principalmente para determinar temperaturas de distribución y temperaturas de color correlacionado de distintas fuentes, como así también para la calibración de radiómetros de banda ancha, solo en el espectro visible.

Evaluación de los espectros de emisión para la categorización de riesgos fotobiológicos

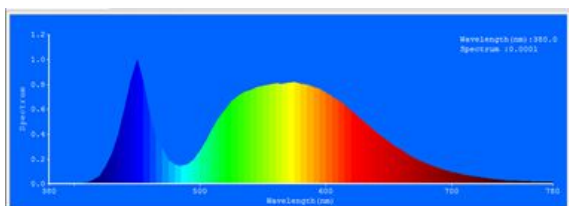


Figura 3 – Espectro de una fuente LED, resultado de la medición del doble monocromador PMS 2000.

A continuación, se muestra una tabla de la norma IEC 62471.

Nombre del riesgo	Ecuación relevante	Intervalo de long. de onda
Actínico UV piel y ojo	$E_U = \sum E_{\lambda} \cdot S_{UV}(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	200 – 400nm
Azul fuente pequeña	$E_D = \sum E_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	300 – 700nm
Térmico para piel	$E_R = \sum E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	380 – 3000nm
UV-A para el ojo	$E_{UVA} = \sum E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	315 – 400nm
IR para el ojo	$E_{IR} = \sum E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	780 – 3000nm
Luz azul	$L_B = \sum L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	300 – 700nm
Térmico retiniano	$L_R = \sum L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 – 1400nm
Térmico retiniano (visual débil)	$L_{IR} = \sum L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	780 – 1400nm

λ : longitud de onda, E_{λ} : irradiancia espectral, L_{λ} : luminancia espectral, S_{UV} : función de riesgo UV, $B(\lambda)$: función de riesgo de la luz azul, $R(\lambda)$: función de riesgo de quemadura

Tabla 1: Definiciones de los riesgos fotobiológicos [1].

Resultados

En base a los trabajos de caracterización y calibración del espectralradiómetro OST300, se reemplazó el doble monocromador PMS 2000 defectuoso y se calibraron las escalas de longitudes de onda utilizando lámparas espectrales y la escala fotométrica con lámparas de irradiancia espectral calibradas en el PTB de Alemania, que permiten evaluar correctamente las fuentes luminosas de uso cotidiano.

Se validaron los algoritmos de cálculo de los distintos riesgos fotobiológicos del sistema.

Se mejoró el método de observación de la distancia entre la fuente de irradiancia y los detectores mediante una cámara de video y un monitor montados sobre el carro móvil.

Conclusiones

Además del reemplazo del doble monocromador defectuoso, se corrigieron distintas fallas en los softwares de fábrica que impedían la correcta calibración del equipo. Estos inconvenientes demoraron la puesta en servicio del equipo que actualmente se encuentra operativo y en correcto funcionamiento.

A partir de los hallazgos encontrados en nuestro laboratorio, el fabricante reconoció los defectos de fabricación. Nuestro laboratorio colaboró en la mejora de este equipo comercializado en todo el mundo.

Bibliografía

- [1] Norma Internacional IEC 62471 Primera edición 2006-07
- Norma Internacional IEC TR 62778 Edición 2.0 / 2014-06
- Norma Internacional IEC 62035 Edición 2.0 / 2014-04
- <https://physics.nist.gov/PhysRefData/Handbook/periodictabl e.htm>