

ANÁLISIS DE SEGURIDAD PARA EL USO DEL EQUIPO DE DESINFECCIÓN DE SUELAS DE CALZADO GERMI POR PARTE DEL PÚBLICO EN GENERAL, RELATIVO A LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES NO IONIZANTES ÓPTICAS ARTIFICIALES

1. OBJETO DE ESTE DOCUMENTO.

El presente documento tiene como finalidad analizar los riesgos derivados de la exposición del público a las radiaciones no ionizantes del equipo denominado “**GERMI, Ultraviolet-C antimicrobial**” fabricado por CEPILLOS SACEMA, SL, y definir las condiciones de utilización más seguros para los usuarios del producto.

2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.

El equipo germicida denominado “**GERMI**”, consiste en una carcasa metálica que alberga dos vidrios, los cuales quedan al descubierto a través unas siluetas de huella de zapato para cada pie del usuario. El sistema de control del equipo es capaz de detectar la presencia de un usuario, y tras completar un algoritmo de seguridad para evitar falsos encendidos, se enciende una lámpara de luz UV-C capaz de eliminar la presencia de gérmenes en la suela del calzado, asegurando una desinfección eficaz superior al 99%. Las secuencias se indican por panel luminoso y avisador acústico.

Materiales:

- Chapa superior: acero inox. 304 (latón opcional).
- Bastidor: acero galvanizado.
- Vidrios: vidrio laminado 4+4 de 8 mm espesor.
- Lámpara: lámpara germicida de 11 w de potencia.
- Resto: electrónica de control y tornillería.

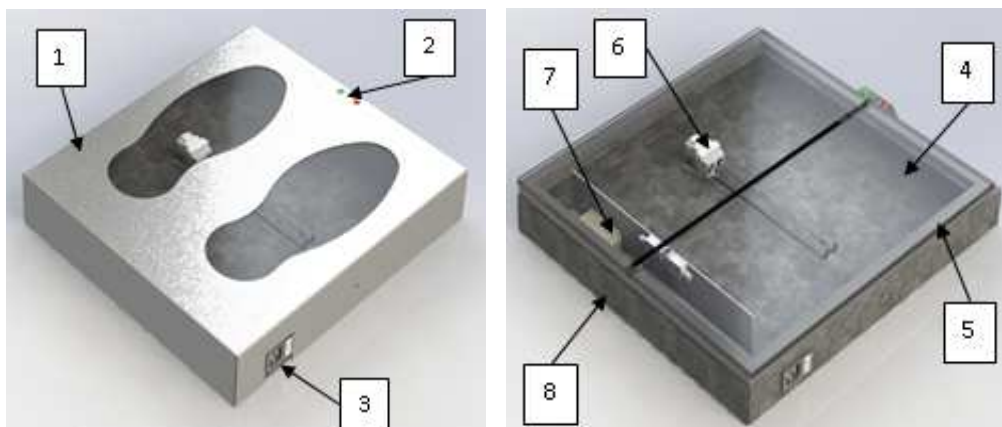
Secuencia de uso:

- a) El usuario se coloca en posición (el equipo está pensado para colocar a la entrada de recintos, edificios, etc.).
- b) El algoritmo de seguridad del sistema de control se activa para dar permiso al encendido de la lámpara (de 2 a 3 segundos) mientras que se mantengan las condiciones de seguridad, impidiendo la exposición directa del usuario a la radiación UV-C.
- c) Periodo de desinfección de suelas (6 segundos) mediante radiación UV-C.
- d) Fin del tratamiento de desinfección. El usuario puede continuar la marcha.

Componentes:

1. Chapa superior con huellas.
2. Panel de luces.
3. Conector AC e interruptor.

4. Vidrios.
5. Junta de vidrios.
6. Lámpara germicida.
7. Electrónica y sensores.
8. Chapa interior.



Figuras 1 y 2. Componentes de GERMI

3. RIESGO DE EXPOSICIÓN A RADIACIONES NO IONIZANTES ÓPTICAS ARTIFICIALES. ESTUDIO DE LOS TIEMPOS LÍMITE DE EXPOSICIÓN FRENTE AL EQUIPO GERMI.

La capacidad de las radiaciones ópticas para producir daño biológico se ha determinado mediante estudios experimentales con personas y animales, estableciéndose umbrales de daño para cada efecto observado. El efecto crítico es aquel que se produce a un menor nivel de exposición y se toma como base para el establecimiento del valor límite. A través de dichos estudios se ha puesto de manifiesto que no todas las longitudes de onda son igualmente perjudiciales, sino que cada efecto fisiológico tiene unas longitudes de onda críticas en las que el daño es máximo.

Con todo ello, se han obtenido las correspondientes curvas de ponderación biológica, que se utilizan para corregir los valores de exposición de una persona para cada región del espectro óptico.

La evaluación de la exposición a radiaciones ópticas es un tema complejo, que requiere un tratamiento específico para cada región espectral, pues cada una de ellas tiene efectos diferentes sobre los ojos y la piel de las personas. Para evaluar la exposición de una persona a una región espectral, se admite la realización de cálculos para determinar la exposición de una persona frente a dicha región espectral.

El equipo descrito en este documento utiliza una lámpara germicida de 11 vatios de potencia, que es una fuente emisora de luz ultravioleta del tipo C.

Los riesgos para la piel y los ojos, asociados a la exposición a la radiación ultravioleta son: Fotoqueratitis, Fotoconjuntivitis, Cataratas, Eritema, Elastosis y Cáncer de piel

En función de las características de la fuente emisora, la exposición a la radiación ultravioleta se expresa en forma de irradiancia (E), o exposición radiante (H).

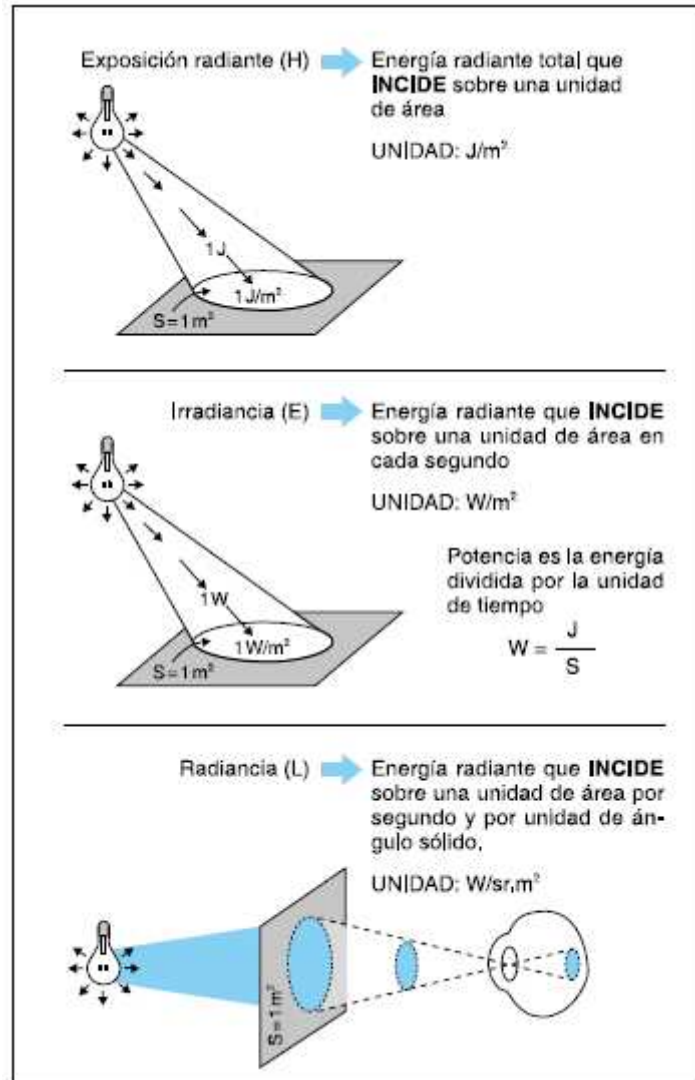


Figura 1. Definición de las magnitudes radiométricas

Fuente: NTP 903. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Año 2011

Ambas magnitudes están relacionadas por el tiempo de exposición, según la expresión siguiente:

$$H(\text{J/m}^2) = E(\text{W/m}^2) \cdot t_{\text{exp}}(\text{s}) \quad [1]$$

En el intervalo de espectro entre 180 y 400 nm, el proceso es más complejo porque puesto que el valor límite está ponderado con la curva de efectividad espectral $S(\lambda)$. La ponderación consiste en multiplicar la irradiancia espectral de la fuente E_λ por cada uno de los factores de corrección ("pesos") adjudicados en la curva $S(\lambda)$ y por la distancia entre una longitud de onda y la siguiente ($\Delta\lambda$).

A continuación se deben sumar todas las contribuciones parciales para obtener la irradiancia total ponderada de la fuente (E_{eff}) según la expresión que se describe a continuación:

$$E_{eff} = \sum_{180}^{400} E_{\lambda} \cdot S_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad [2]$$

Donde:

- E_{eff} = irradiancia efectiva total de la fuente en W/m^2
- E_{λ} = irradiancia espectral en $W/(m^2 \cdot nm)$
- S_{λ} = eficacia espectral
- $\Delta\lambda$ = ancho de banda en nm

La exposición radiante efectiva se calcula a partir de la irradiancia efectiva (E_{eff}), utilizando la expresión [1]. En el caso de querer calcular el tiempo de exposición máximo permitido basta con dividir el valor límite por la irradiancia efectiva. Para el caso de las radiaciones ultravioletas (180 – 400 nm), cuyo valor límite de irradiancia es de $30 J \cdot m^{-2}$ por cada ocho horas de exposición, el tiempo de exposición se puede calcular con la expresión que se adjunta a continuación:

$$t_{\text{máx, permitido}} (s) = \frac{30 J \cdot m^{-2}}{E_{eff} W \cdot m^{-2}} \quad [3]$$

Para el caso de una lámpara germicida común, y una distancia entre el foco emisor y una persona con su puesto de trabajo en una zona de recepción de 1,5 metros, 2 y 3 metros respectivamente, se puede considerar la siguiente tabla de irradiancias espectrales:

D = 1,5 metros	Longitud de onda (nm)	Irradiancia espectral $W/(m^2 \cdot nm)$
	260	0,0020
	265	0,0090
	270	0,0070
	275	0,0050

D = 2 metros	Longitud de onda (nm)	Irradiancia espectral $W/(m^2 \cdot nm)$
	260	0,0011
	265	0,0050
	270	0,0039
	275	0,0028

D = 3 metros	Longitud de onda (nm)	Irradiancia espectral $W/(m^2 \cdot nm)$
	260	0,0006
	265	0,0028
	270	0,0022
	275	0,0016

Tabla 1. Irradiancias espectrales para lámpara germicida

Fuente: Fuente: NTP 903. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Año 2011

Los datos de la tabla 1 deben ser corregidos, teniendo en cuenta que en la mayoría de usuarios, la planta del calzado atraparé (siendo conservadores del lado de la seguridad) más del 90% de la radiación UV-C de la lámpara germicida. Así las cosas, se adjunta la tabla de irradiaciones con los valores corregidos para el equipo "GERMI".

D = 1,5 metros	Longitud de onda (nm)	Irradiancia espectral W/(m ² ·nm)
	260	0,0002
	265	0,0009
	270	0,0007
	275	0,0005

D = 2 metros	Longitud de onda (nm)	Irradiancia espectral W/(m ² ·nm)
	260	0,0001
	265	0,0005
	270	0,0004
	275	0,0003

D = 3 metros	Longitud de onda (nm)	Irradiancia espectral W/(m ² ·nm)
	260	0,0001
	265	0,0003
	270	0,0002
	275	0,0002

Tabla 2. Irradiancias espectrales para el equipo GERMI

Fuente: datos derivados de la ponderación de valores en la tabla 1.

El valor límite aplicable en estos casos requiere la aplicación de la curva $S(\lambda)$ a través de la expresión [2]. Para simplificar el cálculo se puede construir la tabla 3, en la que se calcula el tiempo máximo de exposición de una persona situada junto al equipo GERMI, así como el número de usos al que correspondería dicho tiempo de exposición, para una distancia entre dicha persona y el equipo germicida.

Para el caso de usuarios puntuales, y al tratarse de un proceso que dura 6 segundos, no procede el cálculo de tiempo máximo de exposición, pues el número de usos diarios que deberían realizarse por un solo usuario no se considera posible para ningún establecimiento o recinto.

D = 1,5 metros	λ (nm)	E_λ	Δλ	S(λ)	E_λ·S(λ)·Δλ	
	260	0,0002	5	0,65	0,0007	
	265	0,0009	5	0,81	0,0036	
	270	0,0007	5	1	0,0035	
	275	0,0005	5	0,96	0,0024	
	Total E _{eff} (W/m ²)					0,0102
	tmáx, exposición (segundos)					2.943
tmáx, exposición (minutos)					49	
No. Usos GERMI					490	
D = 2 metros	λ (nm)	E_λ	Δλ	S(λ)	E_λ·S(λ)·Δλ	
	260	0,000112	5	0,65	0,0004	
	265	0,000504	5	0,81	0,0020	
	270	0,000392	5	1	0,0020	
	275	0,00028	5	0,96	0,0013	
	Total E _{eff} (W/m ²)					0,0057
	tmáx, exposición (segundos)					5.255
tmáx, exposición (horas)					1,5	
No. Usos GERMI					876	
D = 3 metros	λ (nm)	E_λ	Δλ	S(λ)	E_λ·S(λ)·Δλ	
	260	0,00006272	5	0,65	0,0002	
	265	0,00028224	5	0,81	0,0011	
	270	0,00021952	5	1	0,0011	
	275	0,0001568	5	0,96	0,0008	
	Total E _{eff} (W/m ²)					0,0032
	tmáx, exposición (segundos)					9.383
tmáx, exposición (horas)					2,6	
No. Usos GERMI					1.564	

Tabla 3. Resultados de cálculo de límites de exposición de personal en función de la distancia al equipo germicida.

Así las cosas, y conforme a los resultados de la tabla 3, se puede inferir lo siguiente:

- Para una distancia de 1,5 metros entre el equipo germicida y un trabajador presente en la zona de recepción, se consideraría superado el tiempo límite de exposición con un funcionamiento superior a los 490 usos del equipo.
- Para una distancia de 2 metros entre el equipo germicida y un trabajador presente en la zona de recepción, se consideraría superado el tiempo límite de exposición con un funcionamiento superior a los 876 usos del equipo.
- Para una distancia de 3 metros entre el equipo germicida y un trabajador presente en la zona de recepción, se consideraría superado el tiempo límite de exposición con un funcionamiento superior a los 1.564 usos del equipo.
- **Para distancia superiores a los 4 metros no se considera peligro destacable para los trabajadores cuyo puesto de trabajo está cerca de las zonas de recepción.**

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A la vista de los resultados del apartado 3 del presente documento, se puede concluir lo siguiente:

- La utilización del equipo germicida “GERMI” no entraña riesgos para los usuarios que acceden a las instalaciones o recintos dotados con dicho equipo a la entrada de las mismas, si bien se recomienda seguir las indicaciones de seguridad dictadas por el fabricante.
- Existe un riesgo de exposición para el personal trabajador presente en las zonas de recepción de los recintos dotados con el equipo “GERMI” en sus accesos. El número de usos del equipo para no superar los límites de exposición diarios se puede obtener mediante los cálculos de la tabla.

Y para que así conste a los efectos oportunos, lo firmo en Gijón, a 25 de junio de 2020, en condición de profesional competente en esta materia.

Fdo:



Dr. José Manuel Suárez Cuesta

*Doctor Ingeniero de Minas por la Universidad de Oviedo
Colegiado No. 2349 NO (COIMNE)
Máster en Prevención de Riesgos Laborales*

5. BIBLIOGRAFÍA

Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales.

Directiva 2006/25/EC Sobre radiación óptica artificial, de 5 de abril de 2006, sobre requerimientos mínimos de seguridad y salud en la exposición a radiaciones ópticas artificiales.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD DE HIGIENE EN EL TRABAJO
NTP: 903. Radiaciones ópticas artificiales: criterios de evaluación.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD DE HIGIENE EN EL TRABAJO
NTP: 755. Radiaciones ópticas: Metodología de evaluación de la exposición laboral.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD DE HIGIENE EN EL TRABAJO
NTP: 654. Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE-EN 60825).

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD DE HIGIENE EN EL TRABAJO
NTP: 261. Láseres: riesgos en su utilización.

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)
Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation).
Health Physics 87 (2): 171 – 186; 2004.