

# Valores límite de exposición a radiaciones ópticas de fuentes incoherentes

**María Sánchez Fuentes**

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSST

*Los valores límite de exposición (VLE) a radiaciones ópticas establecidos en la Tabla A.1 del Anexo I del Real Decreto 486/2010, que se aplican para fuentes incoherentes (no láser), a primera vista pueden resultar complejos y generar dudas sobre cuándo aplicarlos o si no superarlos será suficiente para trabajar de forma segura.*

*Este artículo pretende aclarar conceptos relativos a la exposición a radiaciones ópticas, con el fin de una mejor aplicación del Real Decreto 486/2010 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [1], proporcionando información adicional a la que puede obtenerse en su guía técnica elaborada por el INSST [2], facilitando al técnico higienista la comprensión del alcance, las limitaciones y la justificación técnica de los diferentes VLE.*

## INTRODUCCIÓN

Las radiaciones ópticas (RO) abarcan la parte del espectro electromagnético comprendido entre 100 nm y 1 mm (100 000 nm).

El Real Decreto 486/2010, como indica en su título, tiene por objeto proteger a los trabajadores de los riesgos derivados de la exposición a radiaciones ópticas artificiales (ROA). Sólo abarca el caso de exposición a radiaciones ópticas artificiales y no contempla la exposición a fuentes naturales, como es el sol, por lo que los valores límite de exposición (VLE) que establece solo son de aplicación a

radiaciones provenientes de fuentes artificiales, como lámparas, hornos, procesos de soldadura o láseres.

Las radiaciones tienen diferente capacidad de penetración según su frecuencia, y en las frecuencias de las radiaciones ópticas la penetración solamente puede llegar hasta la epidermis o los ojos, por lo que los VLE para proteger frente a ROA se establecen para proteger específica y únicamente la piel o los ojos, quedando excluido, por ejemplo, el posible estrés térmico que puedan originar las radiaciones al aplicar solamente los VLE para evaluar un puesto de trabajo en el que hay exposición a ROA. En caso de que el

puesto de trabajo tenga riesgo de estrés térmico deberían considerarse otros factores, como la carga de trabajo o la temperatura ambiente, y aplicar un método de evaluación apropiado, como puede ser el método [WBGT](#).

También es preciso considerar, a la hora de hacer una evaluación de riesgos, que el uso de radiaciones también puede originar riesgos indirectos, por ejemplo:

- Generación de ozono y óxidos de nitrógeno en el empleo de equipos que generen radiación ultravioleta C (UVC), bien para el desarrollo de la actividad (lámparas germicidas, impresión...),

bien de forma indeseada (procesos de soldadura), que puede hacer necesario emplear medidas adicionales para proteger a los trabajadores, como puede ser instalar las fotocopiadoras/ impresoras en locales ventilados, o incluso instalar ventilación localizada en equipos que utilizan estas radiaciones.

- Deslumbramientos o discomfort que causan reducción temporal de la visión debido a la intensidad de la fuente a la que está expuesto el trabajador o un reflejo, hecho que debe tenerse en cuenta para proteger de otros problemas de seguridad que pueden surgir.

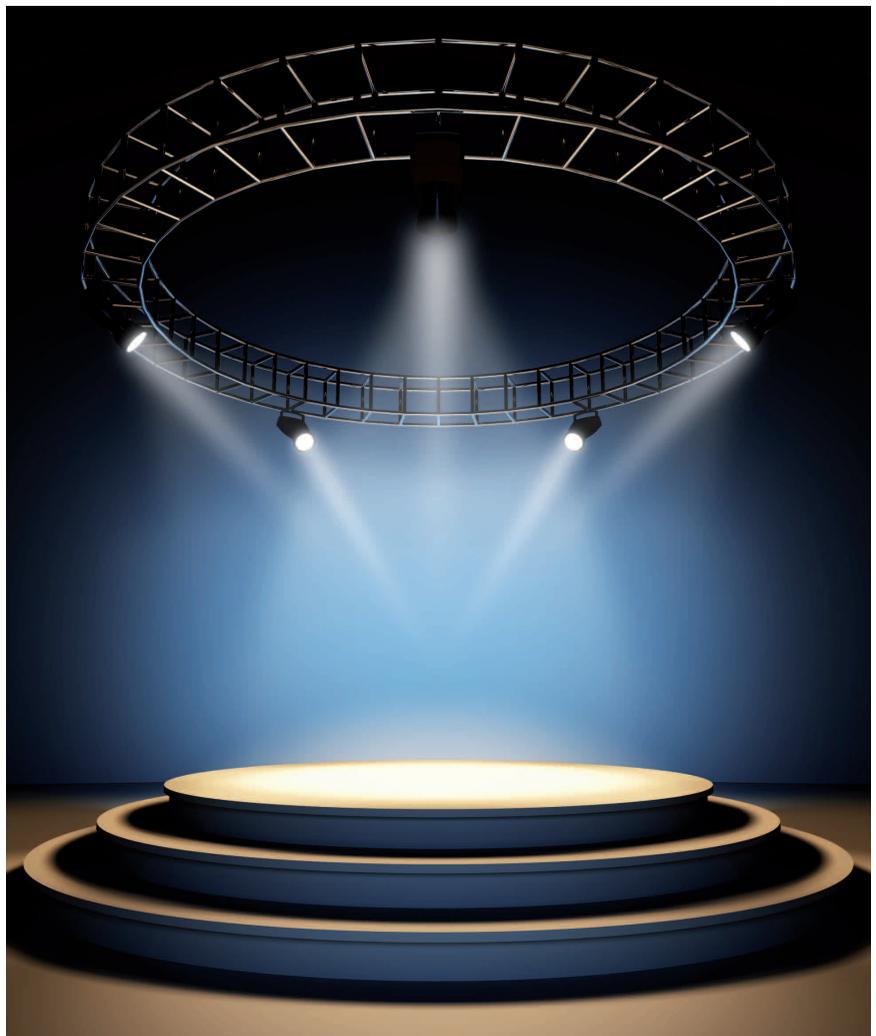
Igualmente debe tenerse en cuenta que los VLE están calculados y establecidos para proteger a un trabajador sano en condiciones normales, con margen de seguridad para seguir protegiéndolo en el caso de que esté fotosensibilizado por el consumo de medicinas u otras sustancias. No obstante, algún individuo extremadamente fotosensible podría experimentar una reacción.

EL Real Decreto 486/2010 establece en la Tabla A.1 de su Anexo I los VLE adecuados en función de la longitud de onda que tenga la radiación emitida.

Estos VLE son los que indica la Directiva 2006/25/EC [3], sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales).

La mencionada directiva se basa en las líneas directrices publicadas por la *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) para fuentes incoherentes:

-“Líneas directrices sobre límites de exposición a radiaciones ultravioleta de



**Tabla A.1** Valores límite para las radiaciones ópticas incoherentes y sus efectos sobre la salud

Nº orden	Longitud de onda $\lambda$ (nm)	Valor límite (unidades)	Parte del cuerpo/Riesgo
1	180-400 (UV A-B-C)	$H_{\text{eff}}=30$ ( $J/m^2$ ) <i>valor referido a 8 horas</i>	<b>Ojos:</b> Córnea----fotoqueratitis Ojuntiva----conjuntivitis Cristalino----cataratas <b>Piel:</b> Eritema, elastosis, cáncer de piel
2	315-400 (UVA)	$H_{\text{UVA}}=10^4$ ( $J/m^2$ ) <i>valor referido a 8 horas</i>	<b>Ojos:</b> Cristalino-----cataractogénesis
3 a	$(\alpha \geq 11 \text{ mrad})$ 300-700 (luz azul) <sup>(1)</sup>	Para $t \leq 10.000 \text{ s}$ $L_B=10^6/t$ ( $W/m^2 \cdot \text{sr}$ ) Para $t > 10.000 \text{ s}$ $L_B=100$ ( $W/m^2 \cdot \text{sr}$ )	<b>Ojos:</b> Retina----fotoretinitis
3 b	$(\alpha < 11 \text{ mrad})$ <sup>(2)</sup> 300-700 (luz azul) <sup>(1)</sup>	Para $t \leq 10.000 \text{ s}$ $E_B=100/t$ ( $W/m^2$ ) Para $t > 10.000 \text{ s}$ $E_B=0,01$ ( $W/m^2$ )	
4	380 – 1400 (visible e IRA)	Para $t > 10 \text{ s}$ $L_R=(2,8 \cdot 10^7)/C_a$ ( $W/m^2 \cdot \text{sr}$ ) Para $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$ $L_R=(5 \cdot 10^7)/(C_a \cdot t^{0,25})$ ( $W/m^2 \cdot \text{sr}$ ) Para $t < 10 \mu\text{s}$ $L_R=(8,89 \cdot 10^8)/C_a$ ( $W/m^2 \cdot \text{sr}$ )	Para: $\alpha \leq 1,7 \text{ mrad}$ $C_a=1,7$ $1,7 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_a=\alpha$ $\alpha > 100 \text{ mrad}$ $C_a=100$ <b>Ojos:</b> Retina----quemaduras
5	780 – 1400 (IRA)	Para $t > 10 \text{ s}$ $L_R=(6 \cdot 10^6)/C_a$ ( $W/m^2 \cdot \text{sr}$ ) Para $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$ $L_R=(5 \cdot 10^7)/(C_a \cdot t^{0,25})$ ( $W/m^2 \cdot \text{sr}$ ) Para $t < 10 \mu\text{s}$ $L_R=(8,89 \cdot 10^8)/C_a$ ( $W/m^2 \cdot \text{sr}$ )	Para: $\alpha \leq 11 \text{ mrad}$ $C_a=11$ $11 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_a=\alpha$ $\alpha > 100 \text{ mrad}$ $C_a=100$ <b>Ojos:</b> Retina----quemaduras
6	780-3000 (IRA e IRB)	Para $t \leq 1.000 \text{ s}$ $E_{\text{IR}}=18.000 \cdot t^{-0,75}$ ( $W/m^2$ ) Para $t > 1.000 \text{ s}$ $E_{\text{IR}}=100$ ( $W/m^2$ )	<b>Ojos:</b> Córnea----Quemaduras Cristalino----cataratas
7	380-3000 (visible, IRA e IRB)	Para $t < 10 \text{ s}$ $H_{\text{piel}}=20.000 \cdot t^{0,25}$ ( $J/m^2$ )	<b>Piel</b> ----Quemaduras

longitudes de onda entre 180 nm y 400 nm (radiaciones ópticas incoherentes)" [4] publicadas en 2004 y

–"Líneas directrices sobre límites de exposición a radiaciones ópticas incoherentes de banda ancha (0,38 a 3  $\mu\text{m}$ )" [5] de 1997.

Estas líneas directrices están basadas en datos científicos y representan las condiciones a las cuales casi todos los trabajadores pueden estar expuestos sin efectos agudos, ni tampoco efectos crónicos.

En el año 2013, la ICNIRP publicó una revisión de las líneas directrices para las RO infrarrojas y visibles incoherentes [6], cuyas particularidades no se detallan en este artículo ya que actualmente no ha sido modificada la legislación, ni a nivel

internacional ni a nivel nacional. Para un mayor detalle sobre los pormenores de esta revisión puede consultarse la propia publicación y también la declaración al respecto [7] elaborada por el grupo de trabajo "Radiaciones no ionizantes" (*Arbeitskreis Nicht-ionisierende Strahlung – AKNIR*) de la Asociación Germano-Suiza para la Protección frente a la Radiación (*Fachverband für Strahlenschutz*).

Si la exposición es variable, repetida o intermitente, se aconseja consultar las nuevas directrices de la ICNIRP de 2013 [6], ya que incluyen una cláusula para esos casos.

De forma orientativa, si el nivel de luminancia que hay es inferior a  $10^4 \text{ cd/m}^2$ , no se superarán los VLE de exposición contemplados en el Real Decreto

486/2010, por lo que no es preciso realizar la medición de las magnitudes radiométricas, que son mediciones complejas de realizar y de interpretar.

Dependiendo de su longitud de onda, las RO pueden interactuar con la materia biológica según un mecanismo fotoquímico o térmico. A continuación se detallan las particularidades de los VLE aplicables a fuentes incoherentes, es decir, fuentes cuyo ángulo de proyección es extenso, no puntual, como sería en el caso de una fuente láser, a la que se aplicarían los VLE recogidos en el Anexo II del Real Decreto 486/2010, en los que no se va a profundizar en este artículo.

## VLE para proteger la piel de daños fotoquímicos

Como primera consideración hay que señalar que los VLE no distinguen entre diferentes fototipos de piel, por lo que, si un trabajador tiene un fototipo de piel I, es aconsejable sobreprotegerlo.

Las radiaciones UV (100-400 nm) y parte del visible (380-780 nm) tienen más energía que las infrarrojas (IR) (780nm-1mm), y pueden interactuar de manera fotoquímica con la piel y los ojos.

En el rango de longitud de onda entre 100 nm y 180 nm no se han establecido VLE, porque en la mayoría de los casos la absorción de estas radiaciones en el aire es suficiente para proteger la piel.

Para proteger frente a lesiones cutáneas y oculares agudas se emplea el VLE con número de orden 1 (VLE 1) en la tabla A.1 del Real Decreto 486/2010,

que comprende longitudes de onda entre 180 y 400 nm.

Este valor límite emplea la magnitud Exposición radiante efectiva  $H_{\text{eff}}=30 \text{ J/m}^2$ , valor referido a 8 horas de exposición.

Se obtiene  $H_{\text{eff}}$  multiplicando la irradiancia efectiva ( $E_{\text{eff}}$ ) por el tiempo de exposición:

$$H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \times t_{\text{exp}}$$

Para obtener  $E_{\text{eff}}$  es preciso:

- Ponderar la medición proporcionada por el espectrorradiómetro según la curva  $S(\lambda)$  o de efectividad espectral para el UV, utilizando la tabla A3 del Anexo 1 del Real Decreto 486/2010. Si hay datos en valores de  $\lambda$  que no vienen en esa tabla, pueden obtenerse interpolando según indican las directrices de la ICNIRP [4]; o bien
- Realizar la medición con un radiómetro que incluya un filtro que asemeje la curva  $S(\lambda)$ ; o bien
- Aplicar la curva  $S(\lambda)$  a los datos proporcionados por el fabricante; esto solo será posible si vienen detallados para cada longitud de onda.

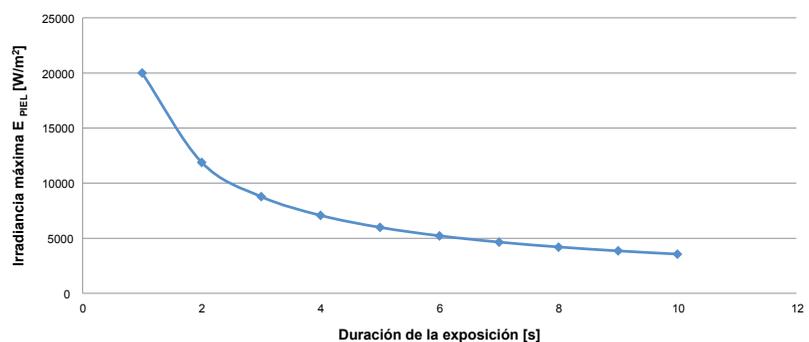
El VLE 1 también puede emplearse para determinar cuál sería el tiempo de exposición máxima posible a la irradiancia efectiva de la fuente que se utilice en el lugar de trabajo ( $E_{\text{eff}}$ ):

$$t_{\text{exp máx}} = \frac{H_{\text{eff máx}} = \text{VLE} = 30 \text{ J/m}^2}{E_{\text{eff}}}$$

Aunque se supone que este VLE también cubre el riesgo de desarrollar cáncer de piel, es preciso considerar cada caso individual, ya que hay múltiples factores que determinan el riesgo de



**Figura 1 ■ VLE 7: Exposición radiante expresada como irradiancia x tiempo de exposición**



causar cáncer de piel, tales como: dosis de UV acumulada, edad, sensibilidad cutánea, etc.

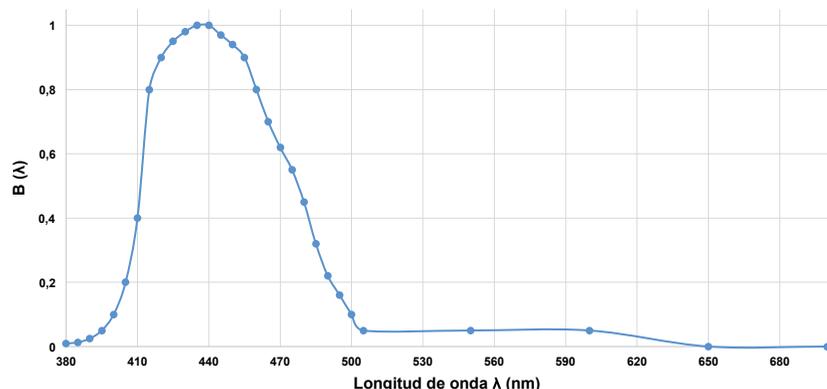
## VLE PARA PROTEGER LA PIEL DE DAÑOS TÉRMICOS

Para proteger frente a quemaduras de la piel (380 nm a 3000 nm) se emplea el VLE 7 (Véase la Figura 1).

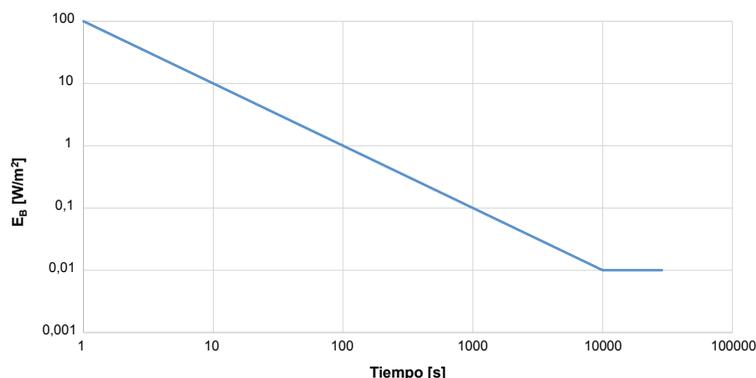
La aparición de la lesión térmica (quemaduras) de la piel expuesta a radiaciones IR y/o visibles, depende de la temperatura de la piel, que es el resultado del equilibrio dinámico del calor recibido y emitido, por eso la magnitud de medida del VLE 7 es  $H_{\text{piel}}$  aunque no incluye ninguna curva de ponderación.

El nivel de irradiancia para la aparición de quemaduras de la piel depende mucho de la duración de la exposición. Se restringe el VLE para la protección frente a quemaduras de la piel a exposiciones inferiores a 10 s, ya que se da por supuesto que la conducta normal de evitación impone límites a la duración de la exposición. Sin embargo, según la naturaleza de su tarea, un trabajador delante o muy cerca de un vidrio o metal fundido, a menudo no podrá permitirse abandonar el lugar y, por lo tanto, estará expuesto más de 10 s. Cierta sensación dolorosa, si es que se da, no siempre es suficiente para prevenir una lesión térmica mediante reacciones de evitación. Así pues, es preciso formar a los trabajadores para que sean conscientes de que deben apartarse antes de llegar a sentir dolor.

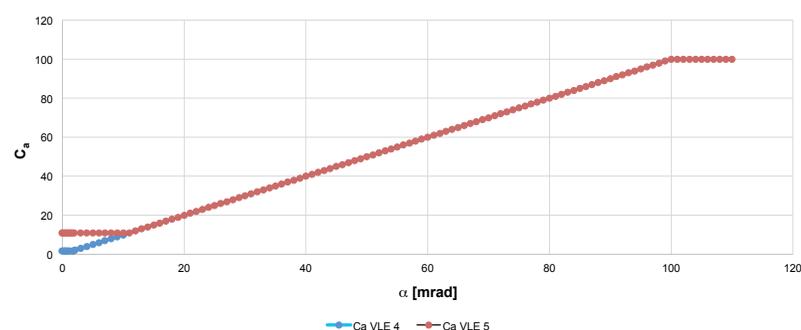
**Figura 2** Curva  $B(\lambda)$



**Figura 3** Evolución del VLE 3b según el tiempo, en escala logarítmica en los dos ejes



**Figura 4** Representación de cómo varía  $C_a$  según  $\alpha$ , para el VLE 4 y el VLE 5



En la gráfica de la figura 1 puede verse que la irradiancia máxima permitida disminuye con el tiempo de exposición, y solo hay VLE para exposiciones de has-

ta 10 s. Además, esos valores de irradiancia sólo los alcanzan fuentes muy potentes, por lo que el VLE 7 es el menos utilizado.

El riesgo dominante para exposiciones a fuentes poco potentes ya no es la quemadura de la piel, sino estrés de calor en todo el cuerpo causado por elevada irradiancia, alta temperatura y humedad. Por lo tanto, a tiempos de exposición > 10 s, debe evaluarse el riesgo de estrés térmico.

EL VLE7 solamente cubre frecuencias hasta 3000 nm, aunque hay lugares de trabajo donde se producen exposiciones a radiación de longitudes de onda superiores. Por ejemplo, un radiador térmico a una temperatura de  $T = 1000^\circ\text{C}$  (metal o vidrio fundido) irradia el 55% de la emisión global a longitudes de onda superiores a 3000 nm. Por lo tanto, estas longitudes de onda superiores pueden contribuir a quemaduras cutáneas.

Para aplicaciones prácticas es suficiente ampliar el rango de longitud de onda hasta 20000 nm. De acuerdo con la Ley de Radiación de Planck, se puede demostrar que son escasas las exposiciones a radiaciones a longitudes de onda superiores a 20000 nm procedentes de radiadores térmicos de uso común y, por lo tanto, no cabe esperar lesiones térmicas de la piel.

## VLE PARA PROTEGER EL OJO DE DAÑOS FOTOQUÍMICOS

Se emplean los VLE con número de orden 1, 2 y 3; el VLE 1 comprende el rango espectral del UV A, B y C, está ponderado según la curva  $S(\lambda)$  o de efectividad espectral para el UV, y considera la protección de córnea, conjuntiva y cristalino, mientras que el VLE 2 es sólo para radiación UVA, y se aplica sin ninguna ponderación en el rango espectral de 315 a 400 nm.

EL VLE 2 protege el cristalino de la aparición de cataratas, al igual que el VLE 1. La diferente nomenclatura en el Real Decreto (el VLE 1 hace referencia a "cataratas" y el VLE 2 indica "cataractogénesis") es debida



a la traducción de la Directiva 2006/25/EC del inglés al español, ya que en la versión original de la directiva emplean la misma palabra en inglés (cataractogenesis), en los dos valores.

Si se tiene una fuente que irradia en el intervalo espectral 315-400 nm, para proteger al cristalino de la aparición de cataratas es preciso considerar tanto el VLE 1 como el VLE 2, ya que el VLE 1 incluye la ponderación según  $S(\lambda)$  para las radiaciones UVB y C que pudiera haber.

El VLE 3 lleva una ponderación según la curva  $B(\lambda)$  (B por "blue", azul en inglés), la luz azul (aprox. 427 – 476 nm) es el intervalo espectral más perjudicial para la retina, y aplicar esta ponderación hace que pierdan valor las longitudes de onda que no corresponden a la luz azul, como puede verse en la gráfica de la curva de ponderación  $B(\lambda)$  (véase la figura 2).

El VLE 3 se divide en 3a y 3b; para el valor 3a se utiliza la radiancia ( $L_B$ ), mientras que para el valor 3b se utiliza la irradiancia ( $E_B$ ). El valor 3a es para ángulos  $\alpha \geq 11$  mrad, y el 3b es si  $\alpha < 11$  mrad. Este cambio de radiancia a irradiancia es debido

a que, si el ángulo es muy pequeño, puede despreciarse la componente angular y usarse la radiancia, al considerarse que el haz de luz penetra de forma paralela al ojo.

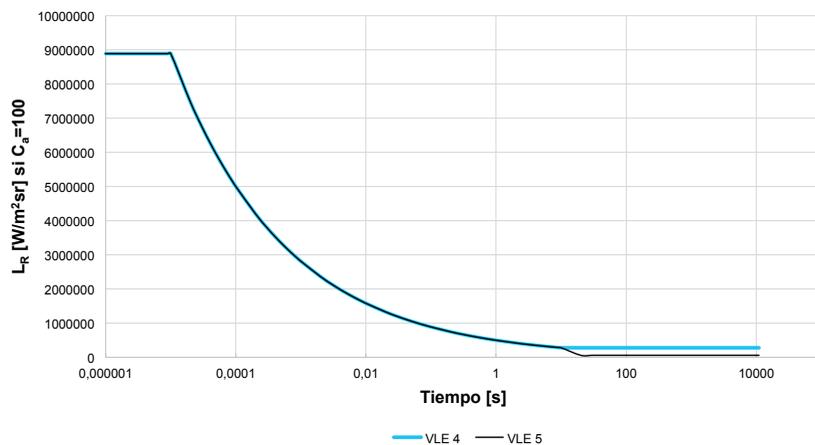
Consideraciones especiales:

- Si se emplea un radiómetro para medir la radiación UV y compararla con los VLE 1 y 2, debe tenerse en cuenta que son necesarias dos sondas diferentes: una que abarque el rango espectral de 180 a 400 nm y lleve filtro de ponderación según la curva  $S(\lambda)$ , para el VLE 1, y otra sonda sin filtro de ponderación y que solo deje pasar la radiación entre 315 y 400 nm, para el VLE 2.
- Respecto al tiempo de exposición al VLE 3b (véase la figura 3), debe tenerse en cuenta que el tiempo máximo de mirada fija es de 100 s, por lo que el VLE 3b para tiempos superiores a 100 s solo es aplicable a casos en los que se estén usando instrumentos oftalmológicos, o el ojo esté estabilizado mediante anestesia. En condiciones normales el ojo realiza movimientos involuntarios que distribuyen la energía en un área mayor de la retina, y tam-

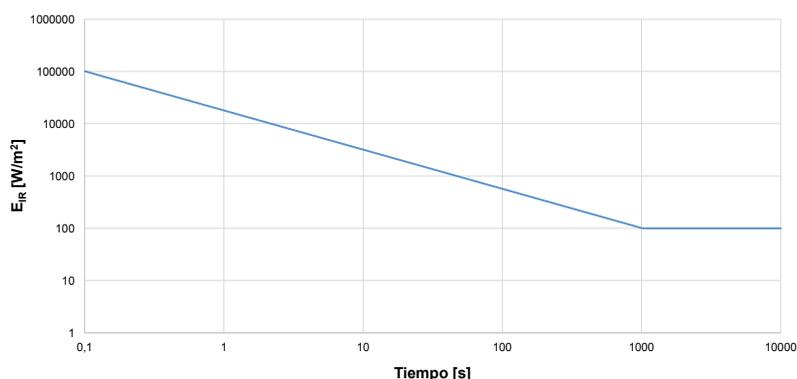
bién hay reacciones de comportamiento, como movimientos de cabeza.

- Dentro de los VLE 3a y 3b se distingue entre exposiciones mayores o menores a 10000 s, sin tener en cuenta una duración mínima de la exposición.
- Los trabajadores con el cristalino "no normal", bien porque ya hayan sido operados de cataratas o porque tengan alguna otra consideración, no están protegidos con estos VLE, y la radiación podría penetrar más allá del cristalino y dañar partes del segmento posterior del ojo (posterior al cristalino). Actualmente, al operar de cataratas se instala una lentilla que hace de filtro de las radiaciones, por lo que es raro que se transmita la radiación UV a la retina; en caso de duda o constancia de que el trabajador no tiene cristalino, o para proteger a niños de menos de 2 años que todavía no lo tienen bien formado, se usaría la curva de ponderación  $A(\lambda)$ , que puede encontrarse en la publicación de la ICNIRP [5].
- Hay otras zonas del segmento anterior del ojo como el iris o la pupila que, en

**Figura 5** Evolución del VLE 4 y VLE 5, según el tiempo, para un mismo  $C_a$



**Figura 6** Evolución del VLE 6 según el tiempo, representado en escala logarítmica en los dos ejes



principio, están protegidas por estos VLE, pero, si el trabajador tiene alguna consideración médica especial, debe tenerse en cuenta.

## VLE PARA PROTEGER EL OJO DE DAÑOS TÉRMICOS

Se emplean los VLE 4, 5 y 6. Los VLE 4 y 5 son para proteger la retina, por lo que vienen expresados en radiancia (L), que tiene en cuenta el ángulo de visión  $\alpha$  [mrad], ya que, dependiendo de él, así será el tamaño de la imagen que se forma en la retina.

En estos casos, la radiancia se pondera según la curva  $R(\lambda)$  (R por "red", rojo en inglés, porque se aplica a la parte del espectro de los infrarrojos) y, por otra parte, se utiliza un coeficiente  $C_a$ , según el valor de  $\alpha$  (véase la figura 4).

Si no hay estímulo visual, es decir, radiación visible, no entran en funcionamiento los mecanismos de aversión y, por tanto, el tamaño de la pupila no varía al no variar el tamaño del iris, por lo que la cantidad de radiación que llega a la retina es diferente si hay solo exposición a IR, y se usaría el VLE 5; o si, además, hay exposición al visible, entonces se usaría el VLE 4.

Adicionalmente, el ángulo  $\alpha$  se considera que tiene un tamaño mínimo y uno máximo y, por ello, se establece el coeficiente  $C_a$ . El tamaño máximo siempre es el mismo, 100 mrad; el tamaño mínimo es 1,7 mrad si hay estimulación visual y el iris hace más pequeña la pupila (se aplicaría el VLE 4), u 11 mrad si no hay estímulo visual (se aplicaría el VLE 5).

También los VLE 4 y 5 van variando según el tiempo de exposición. Si el tiempo es inferior a 10  $\mu$ s, sería el caso de una fuente pulsada, entonces hay que considerar adicionalmente que es probable que ocurra repetidas veces, hecho que debe ser tenido en cuenta para gestionarlo apropiadamente, por ejemplo, considerando recomendaciones similares a las de exposición a radiación láser modulada o pulsada de modo repetitivo.

A tiempos inferiores a 10 s los VLE 4 y 5 tienen el mismo valor (para un mismo valor de  $C_a$ , que recordamos es diferente en VLE 4 o 5 para valores de  $\alpha < 11$  mrad), pero a tiempos superiores, si no hay estímulo visual, lógicamente, el VLE 5 es inferior (véase la figura 5).

La magnitud que caracteriza al VLE 6 es  $E_{IR}$ , que es la irradiancia espectral sin ponderar, integrada en todo el rango espectral desde 780 hasta 3000 nm, medida en  $W/m^2$ .

El VLE 6 protege segmentos anteriores del ojo: la córnea y el cristalino. La quemadura de la córnea es un efecto agudo, no hace falta mucho tiempo de exposición, mientras que la aparición de cataratas es un efecto crónico debido a exposiciones repetidas en el tiempo, que aparece a largo plazo. Este VLE protege de dos efectos que tienen un rango de tiempo de aparición y un mecanismo biológico de aparición muy diferentes (véase la figura 6).

## RESUMEN

El siguiente cuadro recoge los VLE a aplicar según la parte del espectro en la que emita nuestra fuente:

Denominación espectral	Longitud de onda	VLE a aplicar	Parte del cuerpo protegida	Tipo de daño
UV	100-180	—	Radiación absorbida por el aire	—
	180-300	1 y 2	Piel Ojos: córnea, cristalino y conjuntiva	Fotoquímico
	300-380	1, 2 y 3	Piel Ojos: córnea, cristalino, conjuntiva y retina	
	380-400	1, 2, 3, 4 y 7	Piel Ojos: córnea, cristalino, conjuntiva y retina	
VISIBLE	400-700	3, 4 y 7	Piel Ojos: córnea, cristalino, conjuntiva y retina	Fotoquímico y térmico
	700-780	4 y 7	Piel Ojos: retina	
INFRARROJO	780-1400	5, 6 y 7	Piel Ojos: córnea, cristalino y retina	
	1400-3000	6 y 7	Piel Ojos: córnea y cristalino	
	3000-100000	— (7)	Piel Térmico	

Como se ha señalado a lo largo de este artículo, las ROA son un agente físico con unas características en principio comunes para todas las franjas espectrales, pero también diferentes entre ellas, por lo que es imprescindible conocer la distribución espectral de los equipos a evaluar, ya que de ello va a depender los VLE a emplear y los equipos de medición

necesarios, en caso de tener que realizar mediciones.

La información proporcionada por el fabricante es fundamental para comenzar a analizar la ROA y puede permitir mediante cálculos o simulaciones establecer las medidas preventivas apropiadas sin necesidad de mediciones.

Desde la página web del *Allgemeine Unfallversicherungsanstalt* austriaco (AUVA) [8] se puede acceder a simuladores y calculadores. La herramienta on-line Cat Rayon [9], desarrollada por el *Institut National de Recherche et de Sécurité* francés (INRS), tiene un catálogo muy amplio de lámparas de uso específico o general, equipos de soldadura, hornos y otras fuentes industriales.

Tras haber expuesto todas estas consideraciones y haber dado al técnico higienista conocimientos avanzados para realizar una evaluación detallada, se recuerda que, como las RO son fácilmente apantallables y disminuyen mucho con la distancia a la fuente, técnicamente la opción más apropiada en la mayoría de los casos es aplicar las medidas preventivas antes que hacer una evaluación detallada con mediciones que, además de ser complejas de realizar e interpretar, finalmente pueden llevar a la conclusión de que lo apropiado es aplicar las medidas preventivas, que hubiera sido más rápido y económico instaurar en primer lugar.

Agradecimientos: a Natividad Sánchez Sainz-Trápaga, por su gran trabajo. ●

## Bibliografía

[último acceso: 7 de febrero de 2019]

- [1] Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. BOE n.º 99 24/04/2010. [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2010-6485](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2010-6485)
- [2] INSHT (2015). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las radiaciones ópticas artificiales. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Guias%20Normativa/guia%20radiaciones%20Opticas.pdf>
- [3] Directive 2006/25/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) (19th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006L0025-20140101>
- [4] International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (1997). *Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm)*. Health Phys. 73: 539-554. <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPbroadband.pdf>
- [5] International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (2004). *Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation)*. Health Phys. 87(2): 171-186. <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPUV2004.pdf>
- [6] International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (2013). *Guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation*. Health Phys. 105(1):74-96. <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPvisible-Infrared2013.pdf>
- [7] Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung – AKNIR (2016). *Statement on ICNIRP guidelines on limits of exposure to incoherent optical radiation*. baua:focus20160509. <https://www.baua.de/EN/Service/Publications/Focus/article129.pdf?blob=publicationFile&v=6>
- [8] *Allgemeine Unfallversicherungsanstalt* (AUVA):
  - Modelo para la evaluación de entornos de soldadura: <https://www.eval.at/spezielle-evaluierung-nach-vopst/evaluierung-schwei%C3%9Fumgebung>
  - Modelo para la evaluación de emisores térmicos: <https://www.eval.at/spezielle-evaluierung-nach-vopst/evaluierung-thermische-strahler>
- [9] *Institut National de Recherche et de Sécurité* (INRS) (2018). *CatRayon 5*. <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil03>