

**RADIACIONES  
OPTICAS  
ARTIFICIALES:  
RADIACIONES  
OPTICAS  
INCOHERENTES**

Adrián González  
Pérez

1º prevención de  
riesgos laborales

26/05/2020



Índice:

1-introduccion.....	páginas 4/5
2-clasificacion y caracterización de l radiación. Conceptos y definiciones previas.....	páginas 6/10
3-marco normativo (ámbito de aplicación especifico) .....	páginas 10/11
4-valores límite de exposición.....	páginas 11/14
5-evaluacion de los riesgos de exposición.....	páginas 15/19
6-vigilancia de la salud.....	páginas 19/21
7-formacion e información.....	páginas 21/22
8-medidas de protección colectiva y protección individual.....	páginas 22/25
9-conclusiones.....	página 26
10-bibliografia.....	página 26

## 1- Introducción

La radiación es una de las tres formas de transmisión de energía en la naturaleza (condición, convección y radiación) siendo la única que se transmite sin contacto material entre el emisor y el receptor. La energía se expresa en Julios (J), por tanto, la transferencia o flujo de energía se expresa por unidad de área ( $J/m^2$ ), por unidad de tiempo ( $J/s = W$ ) o por unidad de tiempo y área ( $W/m^2$ ). La naturaleza de la radiación electromagnética puede ser explicada a partir de dos modelos aparentemente contradictorios y en el fondo complementarios: el modelo de onda y el de partícula.

### -Modelo de onda:

Desarrollado por Huygens y Maxwell entre otros. Se asume que la radiación se produce como resultado

de oscilaciones en los campos eléctrico y magnético en las inmediaciones de los objetos. Estas oscilaciones generan ondas que contienen 2 campos de fuerzas ortogonales entre sí, eléctrico y magnético, y transmiten la energía. Al ser ondas pueden definirse por una serie de parámetros:

- Longitud  $\lambda$  o distancia entre dos picos de onda (se mide en  $\mu m$ , es decir  $10^{-6}$  metros)
- Frecuencia  $\nu$  o tiempo transcurrido entre el paso de dos picos de onda, se mide en  $s^{-1}$  o hercios

El producto de ambos es la velocidad de la luz  $c = \lambda\nu = 3 \times 10^8 m/s$  que es constante, por tanto, si aumenta  $\lambda$  debe disminuir  $\nu$  y viceversa.

### -Modelo de partícula:

Desarrollado por Planck y Einstein entre otros. Se asume que la energía viaja como un flujo de partículas,

los fotones. La energía transportada por cada fotón ( $Q$ ) depende del objeto que emite la radiación.

Ambos modelos se relacionan mediante la ecuación:

$$Q = \frac{hc}{\lambda}$$

donde  $h$  es la constante de Planck ( $6.626 \times 10^{-34} Js$ ). La ecuación implica que a menor longitud de onda mayor es la energía transportada por la radiación y, por tanto, más peligrosa.

El conjunto de las longitudes de onda que puede adoptar la radiación se denomina espectro electromagnético. Por razones prácticas se suele dividir en una serie de regiones debido a que las longitudes de onda dentro de esas regiones presentan cierta homogeneidad en determinados aspectos. Los límites de que se han fijado a esas regiones son aproximados y varían de unos autores a otros, existiendo además superposiciones entre regiones contiguas. Cada una de estas regiones se divide además en categorías adicionales. La luz visible suele dividirse en azul ( $0.4-0.5\mu$ ), verde ( $0.5-0.6\mu$ ) y rojo ( $0.6-0.7\mu$ ) aunque en la realidad se presenta un continuo de colores. La radiación infrarroja se divide en infrarrojo próximo ( $0.7-1.3\mu$ ), infrarrojo medio ( $1.3-8\mu$ ) e infrarrojo térmico ( $8-14\mu$ ). El primero es aquel en el que la radiación solar tiene más importancia que la terrestre; el último aquel en el que la radiación terrestre debida al calor de la Tierra,

de ahí el nombre, tiene más importancia que la solar; finalmente el infrarrojo térmico corresponde a una zona de solapamiento.

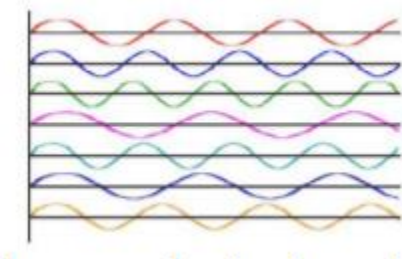
Otra manera de exponerlo más simplificada es la siguiente las radiaciones ópticas por definición son aquellas cuya longitud de onda está comprendida entre 100 nm y 1mm. Existen 3 tipos de radiaciones ópticas: la radiación ultravioleta, visible e infrarroja.

Radiación	Longitud de onda $\lambda$	
Ultravioleta 100-400 nm	ultravioleta C	100 nm – 280 nm
	ultravioleta B	280 nm – 315 nm
	ultravioleta A	315 nm – 400 nm
Visible 400-780 nm	violeta	400 nm – 455 nm
	azul	455 nm – 490 nm
	verde	490 nm – 570 nm
	amarillo	570 nm – 590 nm
	anaranjado	590 nm – 620 nm
	rojo	620 nm – 780 nm
Infrarroja 780nm-1mm	infrarroja A	780 nm – 1400 nm
	infrarroja B	1400 nm – 3000 nm
	infrarroja C	3000 nm – 1 mm

Cuando hablamos de radiaciones ópticas incoherentes nos referimos a toda radiación óptica distinta del láser que se define como: (light amplification by stimulated emission of radiation, amplificación de luz por emisión estimulada de radiación) todo dispositivo susceptible de producir o amplificar la radiación electromagnética en el intervalo de longitud de onda de la radiación óptica.

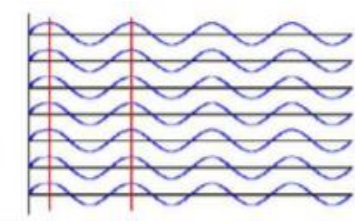
Existen dos tipos de radiaciones ópticas, aunque más adelante nos centraremos en una de ellas:

Radiación incoherente: cuando tenemos un conjunto Radiación incoherente: de ondas y ninguna de ellas presenta relación con las otras ondas dentro del haz, se dice que esta radiación es incoherente, es decir, carece de orden interno este tipo de radiación será desarrollado en profundidad más adelante.



f.1. representación gráfica de las ondas incoherentes

Radiación coherente: Radiación coherente: si todas las ondas que forman un haz se encuentran en fase una con otra en cada punto, tenemos una radiación óptica coherente o un haz láser altamente colimado.



f.2. representación gráfica de las ondas coherentes

## 2- clasificación y caracterización de la radiación. Conceptos y definiciones previas.

Definiciones se entenderá por:

a) Radiación óptica: Toda radiación electromagnética cuya longitud de onda esté comprendida entre 100 nm y 1 mm. El espectro de la radiación óptica se divide en radiación ultravioleta, radiación visible y radiación infrarroja:

1.º Radiación ultravioleta: La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 100 y 400 nm. La región ultravioleta se divide en UVA (315 - 400 nm), UVB (280 - 315 nm) y UVC (100 - 280 nm).

2.º Radiación visible: La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 380 nm y 780 nm.

3.º Radiación infrarroja: La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 780 nm y 1 mm. La región infrarroja se divide en IRA (780 - 1.400 nm), IRB (1.400 - 3.000 nm) e IRC (3.000 nm - 1mm).

b) Láser (light amplification by stimulated emission of radiation; amplificación de luz por emisión estimulada de radiación): Todo dispositivo susceptible de producir o amplificar la radiación electromagnética en el intervalo de la longitud de onda de la radiación óptica, principalmente mediante el proceso de emisión estimulada controlada.

c) Radiación láser: La radiación óptica procedente de un láser.

d) Radiación incoherente: Toda radiación óptica distinta de una radiación láser.

e) Valores límite de exposición: Los límites de la exposición a la radiación óptica basados directamente en los efectos sobre la salud comprobados y en consideraciones biológicas. El cumplimiento de estos límites garantizará que los trabajadores expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica estén protegidos contra todos

los efectos nocivos para la salud que se conocen.

f) Irradiancia (E) o densidad de potencia: La potencia radiante que incide, por unidad de área, sobre una

superficie, expresada en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ).

g) Exposición radiante (H): La irradiancia integrada con respecto al tiempo, expresada en julios por metro cuadrado ( $J/m^2$ ).

h) Radiancia (L): El flujo radiante o la potencia radiante emitida por unidad de ángulo sólido y por unidad

de área, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián ( $W/(m^2 \cdot sr)$ ).

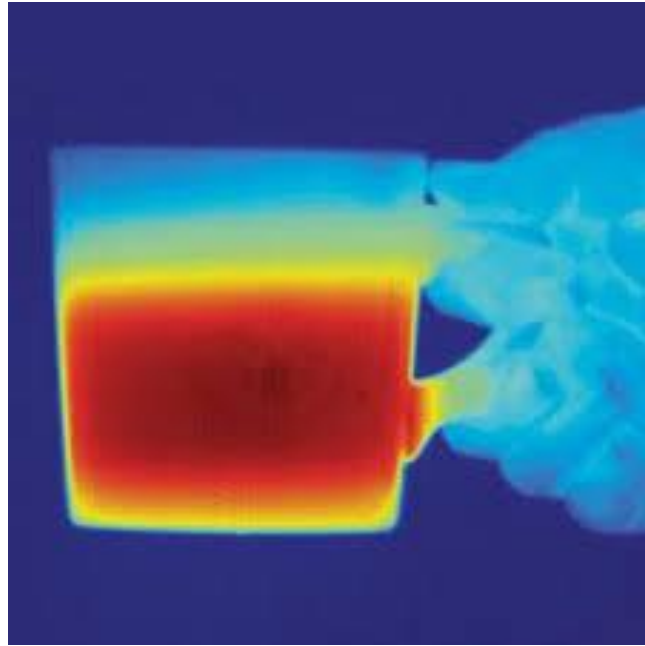
i) Nivel: La combinación de irradiancia, exposición radiante y radiancia a la que esté expuesto un trabajador

### - RADIACIÓN INFRARROJA

Es la radiación que emite cualquier cuerpo por encima del cero absoluto (0 K).

La radiación infrarroja produce cambios en la energía de vibración de las moléculas, cuya longitud de onda no tiene la suficiente energía como para producir saltos electrónicos en las capas externas de los átomos que forman las moléculas (ionización). Por lo tanto,

podemos decir que es la radiación directamente relacionada con la temperatura, y los efectos que producen sobre nuestro cuerpo son efectos térmicos, como por ejemplo quemaduras. Entre las aplicaciones industriales de los infrarrojos se encuentra el secado de pinturas o barnices como ocurre en los talleres de chapa y pintura, la termo fijación de plásticos o el templado y laminado del vidrio. Este tipo de radiación la tenemos también en las fundiciones de metales donde la colada alcanza temperaturas elevadas y la radiación de calor es muy importante y en procesos donde es necesario trabajar el metal en caliente como en el laminado o la fabricación de varilla a partir de palanquilla metálica.



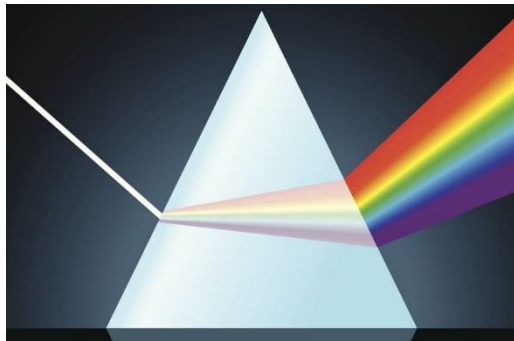
Entre las aplicaciones industriales de los infrarrojos se encuentra el secado de pinturas o barnices como ocurre en los talleres de chapa y pintura, la termo fijación de plásticos o el templado y laminado del vidrio. Este tipo de radiación la tenemos también en las fundiciones de metales donde la colada alcanza temperaturas elevadas y la radiación de calor es muy importante y en procesos donde es necesario trabajar el metal en caliente como en el laminado o la fabricación de varilla a partir de palanquilla metálica.

### - RADIACIÓN VISIBLE

Es la radiación electromagnética que podemos observar a través de los ojos humanos, los cuales permiten percibir diferentes colores dependiendo del tipo de longitud de onda que forma la luz visible, estos abarcan del rojo al violeta, motivo por el que las longitudes de onda por encima del rojo se denominan infrarrojo y las que se encuentran por debajo del azul violeta, ultravioleta.

La exposición laboral a radiación visible artificial, se puede encontrar en:

- Procesos de soldadura y corte: las personas que se encuentran a su alrededor están expuestos no sólo a radiación ultravioleta, sino también, a una gran cantidad de radiación visible que puede provocar lesiones agudas en la retina.



- Metalurgias y fundiciones: el metal fundido emite principalmente en el rango visible e infrarrojo debido a la alta temperatura del metal, esta radiación en el caso de trabajo con

acero puede ser de una tonalidad blanca a rojiza bastante intensa.

- Lámparas de curado de resinas: Estas lámparas de curado de resinas son empleadas para la fotopolimerización de resinas, proceso que se conoce como curado por luz,

como las lámparas empleadas por profesionales de la medicina, emiten sobre todo en el ultravioleta y en la zona azul del espectro visible.

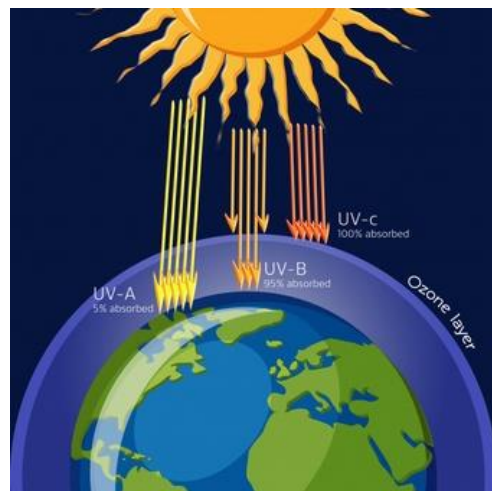
·Lámparas de mercurio de baja presión. Estas Lámparas de mercurio de baja presión se emplean en tratamientos germicidas, como por ejemplo en el tratamiento de agua, desinfección de instrumentos y esterilización de aire, pues generan principalmente luz UV-C letal para la mayor parte de microorganismos, aunque parte de la radiación también es visible e infrarroja.

·Lámparas de fototerapia y tratamientos médicos: En medicina se emplean lámparas en la zona del visible e infrarrojo para diferentes fines tanto diagnósticos como terapéuticos, por ejemplo, en depilación y extracción de varices. Proyectores y otros dispositivos ópticos.

·Proyectores y otros dispositivos ópticos: los proyectores cinematográficos y otros dispositivos colimadores de haces luminosos, utilizan fuentes de luz intensa que ocasiona daños en la retina a distancias cortas.

### -RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

En el espectro electromagnético, está situada entre la luz visible y los rayos X. En lo que la luz ultravioleta se refiere el aire es opaco para los rayos menores a 200 nm. La atmósfera de la Tierra evita que la mayoría de los rayos UV provenientes del espacio lleguen al suelo. La radiación UV-C es completamente bloqueada a unos 35 km de altitud, por el ozono estratosférico y la mayoría de los rayos UV-A (luz negra) llegan hasta la superficie. Los rayos UV-B son responsables de las quemaduras de Sol y el cáncer de piel, aun cuando la mayoría es absorbida por el ozono justo antes de llegar a la superficie. Los niveles de radiación UV-B existentes en la superficie son particularmente sensibles a los niveles de ozono en la estratosfera, la radiación UV-C se emplea como germicida para eliminar microorganismos en cualquier medio. Las principales fuentes de exposición laboral son:



·Soldadura: En todos los procesos de soldado como el TIG, el MIG y MAG, con electrodo, arco sumergido o plasma, se genera una importante radiación ultravioleta que puede provocar foto conjuntivitis y cataratas.

·Lámparas de curado de resinas: en Lámparas de curado de resinas se utilizan en procesos industriales de foto curado en la industria de los polímeros plásticos de poliéster y acrílicos.

·Lámparas germicidas de mercurio: son empleadas como agentes germicidas en máquinas de envasado y otros procesos, en naves industriales y en sistemas de esterilizado de instrumentos.

·Lámparas actínicas. Se Emplean en la detección de billetes falsos o en acuarios para favorecer el crecimiento de algas.

·Lámparas para artes gráficas: Estas lámparas para artes gráficas son las que se emplean en una fotocopiadora o en un scanner, para el secado de tinta, fotograbado, etc.



## MAGNITUDES Y UNIDADES DE RADIACIÓN ÓPTICA ARTIFICIAL

Las magnitudes con las que se trabajan son aquellas de las que se pueden obtener un resultado práctico como es la comparación con valores límites de exposición las magnitudes que se manejan son las siguientes:

### -IRRADIANCIA O DENSIDAD DE POTENCIA [E]:

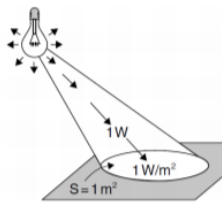
Se entiende como la energía radiante (la que proviene de un foco luminoso) que incide sobre una superficie, por unidad de área. Su unidad es el vatio por metro cuadrado [ $\text{W}/\text{m}^2$ ].

Es decir, la irradiancia nos permite conocer cuánta energía incide sobre un área en un tiempo determinado.

La expresión de la irradiancia es la siguiente:

$$\text{Irradiancia} = P/A$$

Donde: P= potencia medida en Watts (W) y A= área en metros cuadrados ( $\text{m}^2$ ).



Las unidades presentadas son las de irradiancia en el sistema internacional de unidades, sin embargo, para usos prácticos de mediciones de radiación solar diaria y anual se utilizan las unidades  $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$  y  $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{año}$ .

### -EXPOSICIÓN RADIANTE [H]

Se refiere a la cantidad de energía por unidad de superficie que llega a un lugar determinado. Se calcula multiplicando la irradiancia en  $\text{W}/\text{m}^2$  por la duración de la exposición en segundos. Sus unidades son Julios por metro cuadrado [ $\text{J}/\text{m}^2$ ] debido a que si se multiplica potencia por tiempo lo que se obtiene es trabajo, cuya unidad es el julio.

### -RADIANCIA [L]

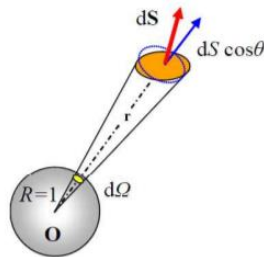
Es el flujo radiante o potencia radiante emitida por unidad de ángulo sólido y por unidad de área. Es un parámetro que nos indica el grado de concentración de un rayo de luz sobre la retina del ojo y se puede calcular dividiendo la irradiancia, en un lugar determinado, entre el ángulo sólido respecto a la fuente. Se expresa en vatios por metro cuadrado y estereorradián [ $\text{W}/\text{m}^2.\text{sr}$ ].

El concepto de radiancia se corresponde con el de brillo. Gran parte de la teledetección tiene que ver con el flujo radiante que abandona determinadas superficies emisoras en dirección al sensor.

### - ÁNGULO SÓLIDO [ $\Omega$ ]

Es la medida de una porción del espacio limitada por la intersección entre la superficie de una esfera y la superficie de un cono cuyo vértice coincide con el vértice de la esfera. Su unidad es el estereorradián [sr].

Cuando hablamos de ángulo sólido subtendido, estamos hablando del ángulo sólido formado por la fuente luminosa y el ojo del observador o punto de medida (detector radiométrico). El área de la fuente debe tomarse como su proyección sobre un plano perpendicular a la dirección de observación, siendo el ángulo plano que forma la dirección de la radiación con la normal a la superficie de la fuente [ $\theta$ ].



$$\Omega = \frac{\text{Área de la fuente}}{\text{distancia al detector}^2} = \frac{S \cdot \cos\theta}{R^2} \text{ sr}$$

Si en lugar de trabajar en el espacio lo hacemos en un plano, tenemos el ángulo subtendido ángulo subtendido o visual plano [ $\alpha$ ], que es aquel formado por la fuente y el ojo de un observador o el punto de medida y se determina como el cociente entre la dimensión mayor de la fuente [d] y la distancia de visión [R]. Como se trata de un ángulo plano se expresa en radianes [rad].

### 3-marco normativo (ámbito de aplicación específico)

1. Las disposiciones del real decreto 486/2010 se aplicarán a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a los riesgos derivados de radiaciones ópticas artificiales durante su trabajo.
2. El real decreto 486/2010 se refiere al riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores debido a los efectos nocivos en los ojos y en la piel causados por la exposición a radiaciones ópticas artificiales.
3. Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el apartado 1 del artículo del real decreto 486/2010, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en el real decreto.

El artículo 3 establece que únicamente están dentro del ámbito de aplicación del real decreto las exposiciones a radiaciones ópticas que cumplan las siguientes características: que sean de origen artificial, que se produzcan durante el trabajo y que sean nocivas para la piel o los ojos.

La exposición laboral a radiaciones ópticas puede deberse a:

- Una exposición funcional: cuando el uso de fuentes de radiación óptica artificial, en un determinado proceso, es imprescindible. Por ejemplo: la desinfección de aguas residuales mediante radiación ultravioleta.

•Una exposición no deliberada: donde la radiación no es imprescindible para la realización de la actividad, aunque, en algunos casos, sí sea necesaria. Por ejemplo: cuando la exposición es consecuencia de un subproducto no deseado de un proceso como en las operaciones de soldadura o la exposición debida a la iluminación artificial.

El artículo 3.2 precisa y delimita que los “daños a la salud” aludidos en el Objeto del real decreto se refieren exclusivamente a los efectos nocivos causados por la radiación óptica artificial en los ojos o en la piel, no siendo competencia del real decreto la evaluación de otros riesgos diferentes a estos.

Consecuentemente, los valores límite de exposición se establecen en los anexos I y II del RD 486/2010 están establecidos para proporcionar el nivel de protección adecuado en función del riesgo (eritemas, cataratas, conjuntivitis, quemaduras...) y de la parte del cuerpo que se quiere proteger.

El real decreto 486/2010 entiende la radiación óptica artificial como aquella energía capaz de originar los daños a la salud establecidos en el anexo I, y no como el concepto de “iluminación necesaria para la realización de la tarea”, regulado en el RD 486/1997 de lugares de trabajo.

#### 4-valores límite de exposición

En el Real Decreto 486/2010, más concretamente en el anexo I se encuentran los valores límite de exposición. Cuando existe una exposición a una radiación óptica en un puesto de trabajo debemos identificar el tipo de radiación que es: ultravioleta, visible o infrarroja, dependiendo del proceso o del equipo del que proceda. A partir de aquí se puede seleccionar el número de orden indicado en la tabla A1 del RD 486/2010. El problema radica en que un rayo de radiación incoherente abarca un abanico amplio de longitudes de onda y los efectos sobre la salud varían dependiendo del tipo de radiación recibida. Así, por ejemplo, la luz ultravioleta afecta a la parte superficial de la piel y en el caso del ojo, a la córnea y el cristalino que absorben esta radiación en su capa superficial, produciendo inflamación de la córnea y el tejido conjuntivo. En el caso de luz visible o infrarroja, penetra a través de la córnea y afecta a la retina o parte interna del ojo produciendo quemaduras internas, puede llegar a penetrar también en capas internas de la piel produciendo quemaduras importantes esto será visto más en profundidad en siguientes apartados. Esto lleva a que en un determinado rango de longitudes de onda se emplean varios valores límite, aunque lo normal es ceñirse a alguno de ellos.

Nº orden	Radiación	Longitud de onda
1	Ultravioleta A,B yC	180-400 nm
2	Ultravioleta A	315-400 nm
3a	Luz azul: ultravioleta A y B y la mayor parte de luz visible. $\alpha \geq 11$ mrad	300-700 nm
3b	Luz azul: ultravioleta A y B y la mayor parte de luz visible. $\alpha < 11$ mrad	300-700 nm
4	Visible e infrarrojo A	380-1400 nm
5	Infrarrojo A	780-1400 nm
6	Infrarrojo A y B	780-3000 nm
7	Visible e infrarrojo A y B	380-3000 nm

**-ULTRAVIOLETA A, B Y C (180-400 nm)**

Este tipo de radiación, sobre todo las longitudes de onda inferiores a 300 nm, es más sensible para la córnea y la radiación que esta no retiene las capta el cristalino, por lo que es un fenómeno a nivel superficial de ahí que el valor límite sea de exposición radiante o energía por unidad de superficie. La exposición radiante se calcula multiplicando para cada longitud de onda la irradiancia por el tiempo de exposición y por una función de ponderación que indica la magnitud del daño producido.

$$H_{\text{eff}} = 30 \text{ J/m}^2 \text{ (8 horas)}$$

$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$

El valor que se toma es de exposición radiante efectiva debido a que se tiene en cuenta una función efectiva de ponderación que indica los efectos perjudiciales de cada longitud de onda para la piel y los ojos. La función es  $S(\lambda)$  y sus valores vienen encontrados en la tabla A3 del RD 486/2010. La cual es mostrada a continuación:

Longitud de onda	$S(\lambda)$
236 nm	0,2510
254 nm	0,5000
270 nm	1,0000

Los datos indican que la longitud de onda de 236 nm produce unos efectos la mitad de dañinos que la longitud de onda de 254 nm y esta a su vez es la mitad de dañina que la de 270 nm que es el máximo que se puede encontrar y el máximo valor de  $S(\lambda)$ .

**-ULTRAVIOLETA A (315-400 nm)**

En estas longitudes de onda el valor de la función de ponderación  $S(\lambda)$  es prácticamente nulo salvando una pequeña diferencia que no se tiene en cuenta por lo que el valor límite se expresa simplemente como exposición radiante promediada a 8 horas de exposición.

$$H_{\text{UVA}} = 10.000 \text{ J/m}^2 \text{ (8 horas)}$$

$$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$

**-LUZ AZUL (300-700 nm)**

El intervalo de radiación de 300 a 700 nm comprende parte de los rayos UVA y la mayor parte de la radiación visible y se denomina riesgo de "luz azul", aunque en difiere de su estudio ya que luz azul corresponde al intervalo entre 400 y 490 nm aproximadamente. Estos rayos penetran a través del cristalino y se reflejan en una superficie muy pequeña de la retina, por lo que la potencia del rayo se concentra con una gran potencia en un espacio muy pequeño, pudiendo aumentar la irradiancia en la retina 500.000 veces con respecto a la que llega al ojo. En casos extremos se puede llegar a un aumento de temperatura en la retina de entre 10º y 20ºC dando lugar a daños irreversibles debidos a la desnaturalización de sus proteínas (por ejemplo, en exposiciones a radiación láser). Debido a esto influye mucho el tamaño de la fuente de luz y la distancia a la misma por parte del observador, de ahí que, como valor límite se emplee la radiancia (L). Cuando la fuente es suficientemente pequeña ( $\alpha < 11$  mrad) entonces se puede sustituir el valor de radiancia por el de irradiancia (E). Los límites vienen marcados si el tiempo de exposición es menor o mayor de aproximadamente 4 horas (10.000 segundos). La función de ponderación que empleamos es la B( $\lambda$ ) que indica las lesiones fotoquímicas debidas a la radiación azul que se puede expresar con las siguientes formulas:

$$I_B = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$

$$E_B = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$

Fuente extensa  
 $\alpha = \frac{d_s}{r} > \alpha_{lim}$

Fuente puntual  
 $\alpha' \leq \alpha_{lim}$

Ahora pues se pueden determinar los valores límite de exposición que serían comprendidos de las siguientes maneras:

**-VISIBLE E INFRARROJO A (380-1400 nm)**

Aquí los rayos penetran hasta la retina, por consiguiente, se emplea la radiancia (L) para marcar los valores límite. La función de ponderación del daño producido es R( $\lambda$ ) la cual indica las lesiones térmicas en los ojos debido a la radiación visible e infrarroja. Los valores límite están indicados en función del tiempo que el observador fija la mirada en el foco y de la distancia al mismo o el ángulo plano de visión  $\alpha$ .

$$L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$$

4	380 – 1400 (visible e IRA)	Para $t > 10$ s	Para:	Ojos: Retina----quemaduras
		$L_R = (2,8 \cdot 10^{17}) / C_a$ (W/ m <sup>2</sup> -sr)	$\alpha \leq 1,7$ mrad	
		Para $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	$C_a = 1,7$	
		$L_R = (5 \cdot 10^{17}) / (C_a \cdot t^{0,25})$ (W/ m <sup>2</sup> -sr)	$1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad	$C_a = \alpha$
		Para $t < 10 \mu s$	$\alpha > 100$ mrad	$C_a = 100$
		$L_R = (8,89 \cdot 10^8) / C_a$ (W/ m <sup>2</sup> -sr)		

**-INFRARROJO CERCANO A (780-1400 nm)**

En este caso la radiación infrarroja A penetra en el ojo hasta la retina, pero a diferencia de la radiación visible, nuestra retina no puede detectar este tipo de radiación y las respuestas naturales del organismo no nos ofrecen protección por lo que esta zona del espectro se denomina “región de riesgo para la retina”. Debido a esto el límite de exposición para puntos cercanos al foco, disminuye al aumentar el valor del ángulo subtendido ( $\alpha$ ), pues la expresión del límite de radiancia está dividida por el coeficiente  $C_a$  que aumenta con dicho ángulo.

5	780 – 1400 (IRA)	Para $t > 10$ s	Para: $\alpha \leq 11$ mrad $C_a = 11$ $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = \alpha$ $\alpha > 100$ mrad $C_a = 100$	Ojos: Retina----quemaduras
		$L_R = (6 \cdot 10^6) / C_a$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)		
		Para $10 \mu s \leq t \leq 10$ s		
		Para $t < 10 \mu s$		
		$L_R = (5 \cdot 10^7) / (C_a \cdot t^{0.25})$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)		
		$L_R = (8,89 \cdot 10^8) / C_a$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)		

**-INFRARROJO CERCANO A Y MEDIO B (780-3000 nm)**

El humor acuoso del ojo puede absorber una radiación de longitud de onda hasta los 1400 nm, las longitudes de onda mayores son atenuadas debido al humor vítreo, de modo que la retina queda protegida. La parte desprotegida se encuentra en el cristalino, ya que no cuenta con vasos sanguíneos, de modo que no puede controlar su temperatura lo que puede producir una catarata, enfermedad típica de los sopladores de vidrio. Por estos motivos no se trabaja con radiancia (L) sino con irradiancia (E). Además, debido a que los valores límite se dan en función del tiempo de exposición no se emplea la exposición radiante (H), la cual ya viene integrada respecto al tiempo.

$$H_{piel} = \int_0^t \int_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$

( $H_{piel}$  es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 380 y 3 000 nm)

7	380-3000 (visible, IRA e IRB)	Para $t < 10$ s	$H_{piel} = 20.000 \cdot t^{0.25}$ (X/ m <sup>2</sup> )	Piel----Quemaduras
---	-------------------------------	-----------------	---	--------------------

Estos son los valores límites de exposición que son mucho más complejos que en otros riesgos físicos y por lo tanto deben ser calculados mediante fórmulas y difieren respecto a la situación.

## 5-evaluación de los riesgos de exposición:

la evaluación debe realizarse en los puestos donde los trabajadores estén o puedan estar expuestos a radiaciones ópticas como consecuencia de su trabajo.

La determinación de la exposición se puede realizar por medición o por estimación. Las medidas de radiaciones ópticas dependen de numerosos factores externos por lo que dificulta las mediciones, especialmente en el rango del visible. Por eso es evaluado por estimación de la exposición.

Las estimaciones se pueden realizar:

-A partir de los datos facilitados por los fabricantes.

-Por apreciación directa; cuando la exposición esté notablemente por debajo o por encima de los valores límite de exposición.

No es necesario cuantificar la exposición cuando es evidente que no se superan los criterios de referencia, Tampoco es necesario en los puestos de trabajo donde haya fuentes muy intensas, ya que se excederán los valores límite de exposición.

Si el resultado de la estimación no es concluyente, existen las siguientes opciones:

-Adoptar directamente medidas de control para reducir la exposición.

-plantear una estrategia de medición.

Para la evaluación de la exposición a radiaciones ópticas de tipo incoherente se utilizan las siguientes normas:

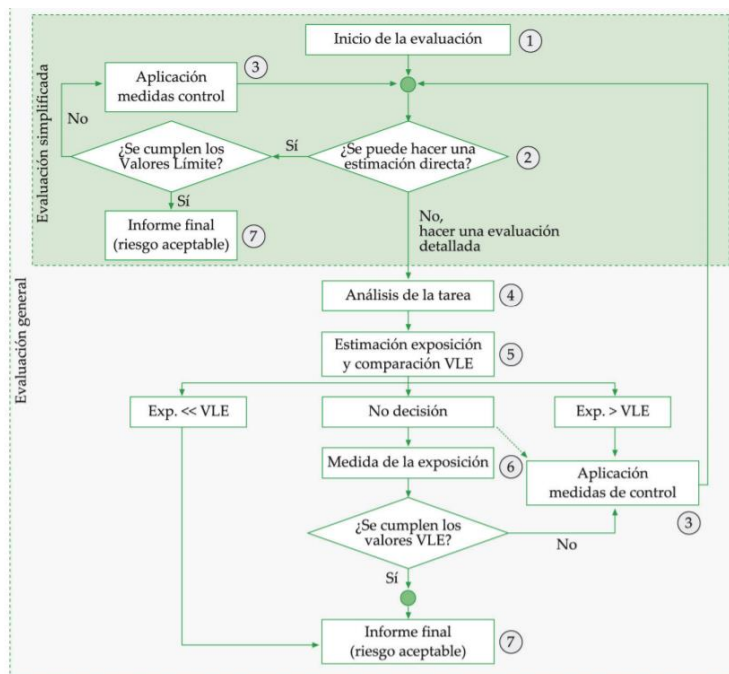
-UNE - EN 14255 – 1: establece la Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente en relación a la radiación ultravioleta emitida por fuentes artificiales en el lugar de trabajo.

-UNE - EN 14255 – 2: establece la medición y evaluación de exposición a radiación visible e infrarroja emitida por fuentes artificiales en el lugar de trabajo.

-UNE - EN 14255 – 4: establece la terminología y magnitudes usadas en mediciones de exposición a radiación ultravioleta, visible e infrarroja.

## FORMA DE DESARROLLAR UNA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Generalmente se propone que se evalúen de forma simplificada aquellos puestos de trabajo en los que se puede hacer una estimación directa del riesgo; y, sólo cuando esto no es posible, se realice una evaluación detallada de la exposición.



### Inicio:

Se identifican las fuentes de emisión. se elabora un listado con las fuentes artificiales de radiaciones ópticas presentes en el lugar de trabajo, indicando de su banda espectral. Se incluyen todas las fuentes procedentes de equipos de trabajo, de procesos productivos o de sistemas de iluminación si es necesario.

### Estimación de manera directa:

Se dan dos situaciones generalmente:

-la emisión es muy pequeña (fuentes con riesgo bajo).

Son fuentes cuyas características de emisión son descritas como triviales o bajas, en cuyo caso será altamente improbable que se excedan los valores límite de exposición.

Es suficiente verificar que los equipos se usan y mantienen según las instrucciones del fabricante.

-la emisión es muy elevada (fuentes con riesgo alto).

La soldadura por arco o los trabajos con masas en fusión son puestos de trabajo en los que la exposición elevada a radiaciones ópticas resulta evidente. Por ello, se deben adoptar directamente medidas de control para reducir la exposición. Entre estas medidas se incluye la utilización de equipos de protección individual.

## APLICACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL

### ANÁLISIS DE LA TAREA

Se realiza un estudio en profundidad de los factores asociados a la fuente, al entorno y al trabajador. El objetivo será tener suficiente información para estimar la exposición y compararla con los valores límite de exposición.



Se debe incluir factores como:

- Número y ubicación de las fuentes de radiaciones ópticas.
- Presencia de elementos reflectores, absorbentes o que dispersen la radiación.
- Intervalo espectral.
- Tipo de emisión.
- Ubicación del trabajador con respecto a la fuente, que determina la geometría de la exposición.
- Espectro de emisión y su posible variación temporal.
- Potencia o energía radiante.
- Tiempo de exposición.
- Parte del cuerpo expuesta.
- Uso de EPI y sus especificaciones técnicas.
- Tipo de medidas de protección.
- Características individuales del trabajador.

### COMPARACIÓN CON LOS VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN

Se puede hacer un cálculo aproximado de la exposición utilizando modelos físicos sencillos o aplicaciones informáticas.

El valor estimado de la exposición será comparado con los valores límite de exposición dando lugar a tres posibles resultados:

- Que la exposición estimada esté notablemente<sup>6</sup> por debajo de los valores límite de exposición
- Que la exposición estimada supere los valores límite de exposición, lo que conducirá a la puesta en marcha de un plan de acción que incluya las medidas de control para reducir la exposición.
- Que la exposición estimada esté próxima a los valores límite de exposición y haya que diseñar una estrategia de medición.

### MEDIDA DE LA EXPOSICIÓN

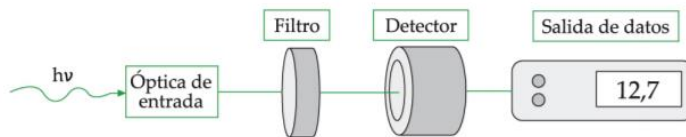
las medidas solo deben realizarse en aquellos casos en los que la estimación no sea posible.

se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las magnitudes a determinar, en función de los valores límite de exposición.
- El espectro de la radiación, en lo referente al rango de longitud de onda y la forma del espectro.
- La variación temporal del espectro, así como de la radiancia o irradiancia.
- El nivel de exposición estimado.
- El tipo de equipo de medida.
- El rango del dispositivo de medición, que se debe adaptar al nivel de exposición.
- La necesidad de utilizar dispositivos auxiliares para medir distancias, tiempos o ángulos.
- La ubicación de los trabajadores y geometría de la exposición.
- Los EPIS que deben utilizar las personas que realizan la medición.

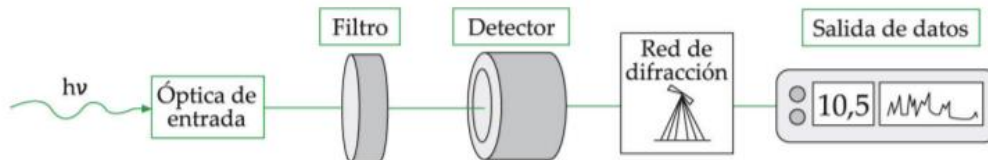
### Equipos de medida

-Radiómetros: recoge un valor numérico de la magnitud medida. Al comprar un radiómetro, se adquiere un sistema de detección completo que consta de: una óptica de entrada, un filtro con o sin ponderación espectral y un detector.



-Espectrorradiómetros: recoge además de información numérica, la distribución espectral de la fuente.

Los espectrorradiómetros incluyen una red de difracción que descompone la radiación incidente en sus distintas longitudes de onda, que a su vez son dirigidas a una matriz de fotodetectores.



-Dosímetros: Son equipos poco utilizados solo usados para radiación ultravioleta ya que, por lo general, los anteriores ofrecen más prestaciones. Los dosímetros se colocan directamente en las partes expuestas del cuerpo. Se muestra la evolución de la irradiancia durante el tiempo de medición.

## INFORME FINAL

Por último, se realiza un informe que recoja los siguientes aspectos:

Objeto del informe.

-Información general (nombre de técnico responsable, trabajadores entrevistados, datos de la empresa...).

-Descripción de las instalaciones y de los puestos de trabajo.

-Descripción de la fuente emisora.

-Metodología de evaluación empleada.

-Descripción de los equipos de medida y la fecha de su última calibración.

-Resultado de las mediciones con sus incertidumbres, así como la comparación con los valores límite de exposición.

-Recomendaciones.

-Conclusiones.

## 6-vigilancia de la salud

Las radiaciones ópticas, debido a su poder de penetración, sólo producen efectos adversos en los ojos y la piel. El cuerpo humano responde de forma diferente en cada una de las regiones del espectro óptico, ya que la energía de la radiación está relacionada con su rango espectral (una única  $\lambda$  para el caso de los láseres o varias longitudes de onda para las fuentes incoherentes). El tipo de lesión o patología dependerá de la absorción de esa energía por los distintos tejidos biológicos. Los efectos adversos se determinan con 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 de los valores límite.

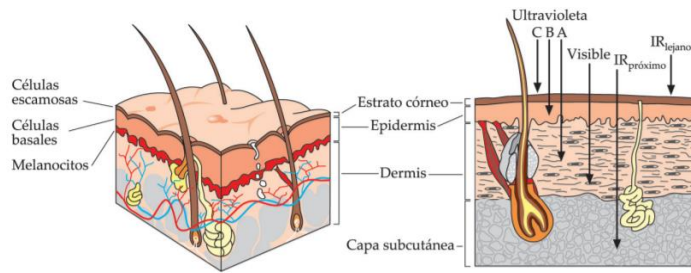
### mecanismos de interacción:

·Mecanismos fotoquímicos: Cuando la radiación óptica tiene energía suficiente para inducir una reacción química. Estos mecanismos siguen el principio de reciprocidades decir que hay una relación entre el daño y la dosis recibida (exposición radiante).

·Mecanismos térmicos: Producen quemaduras por una elevación parcial o total de la temperatura en la zona expuesta. A diferencia de la lesión fotoquímica, la lesión térmica no depende de la relación entre la irradiancia y el tiempo de exposición. El factor determinante para la materialización del efecto adverso es, en este caso, la capacidad del tejido para disipar el calor. La aparición de la quemadura estará en función del tamaño de la zona irradiada y de la temperatura alcanzada por los tejidos circundantes (normalmente superior a 45 °C). Las radiaciones visibles e infrarrojas interaccionan por mecanismos térmicos.

### - EFECTOS SOBRE LA PIEL:

depende de la longitud de onda y de sus propiedades ópticas



#### ·Efectos de la radiación ultravioleta:

La mayor parte de la radiación ultravioleta es absorbida en las capas más externas de la piel. La radiación UVB se absorbe en la epidermis mientras que la radiación UVA

tiene un nivel de penetración mayor. Los efectos adversos por sobreexposición a radiación UV son:

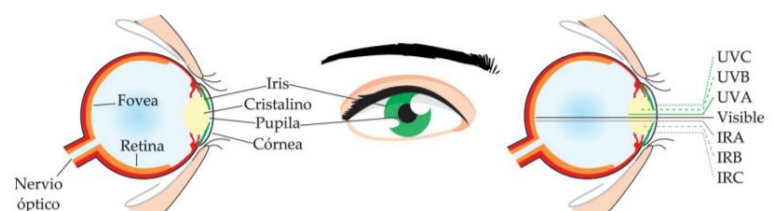
- Eritema: enrojecimiento de la piel producido por la vasodilatación de los capilares, en ocasiones acompañado de hinchazón y dolor.
- Elastosis: degradación de las fibras de colágeno y elastina de la dermis lo que provoca un envejecimiento cutáneo precoz en el que la piel pierde suavidad y firmeza.
- Fotocarcinogénesis: inductor de cánceres primarios de piel. Se distinguen dos tipos de cáncer cutáneo: Melanoma (CCM) y No Melanoma (CCNM).

#### ·Efectos de la radiación visible e infrarroja

la radiación visible penetra en la piel hasta alcanzar la dermis e incluso la capa subcutánea. El infrarrojo b tiene menor penetración (inferior a 1 mm) mientras que el infrarrojo C es totalmente absorbido en el estrato córneo y la epidermis más superficial. Para evitar que se produzcan lesiones térmicas (quemaduras), el organismo dispone de mecanismos de defensa, para disipar el exceso de calor, como, por ejemplo, el aumento del flujo sanguíneo y la transpiración (sudoración). A partir de estudios, se cuantificó en 10 segundos el tiempo medio de respuesta frente a este estímulo. La sensación de calor extremo o discomfort térmico protege de forma natural al trabajador frente a las lesiones térmicas. En exposiciones de larga duración (más de 10 segundos), se puede producir un aumento generalizado de la temperatura corporal, lo que podría suponer un riesgo por estrés térmico. En consecuencia, se deberían considerar en la evaluación otros factores como: las condiciones ambientales o el consumo metabólico de la actividad.

### -EFECTOS SOBRE LOS OJOS

Los ojos detectan y focalizan la luz hasta la retina. Para protegerse frente a fuentes visibles excesivamente brillantes disponen de mecanismos de aversión (constricción de la pupila, parpadeo, lagrimeo, etc.) El tiempo medio de estas respuestas de aversión es de 0,25 segundos. En función de la longitud de onda, la radiación óptica se absorbe en los diferentes tejidos del ojo. La córnea y la conjuntiva absorben la mayoría de las longitudes de onda por debajo de 300 nm, el cristalino absorbe la infrarroja C, ultravioleta A e infrarroja B y la retina el visible y el infrarroja A.



#### · Efectos de la radiación ultravioleta:

El efecto más común son las cataratas de origen fotoquímico. Se trata de un aumento de la opacidad del cristalino originado por la desnaturalización de sus proteínas. La exposición a radiación ultravioleta se considera uno de los principales factores de riesgo inductores de esta patología. Entre los efectos agudos se encuentran la fotoqueratitis y la fotoconjuntivitis (inflamaciones de la córnea y la conjuntiva, respectivamente). Se caracterizan por dolor intenso, irritación, fotofobia, lagrimeo y sensación de arena en los ojos.

#### -Efectos de la radiación visible e infrarroja

Esa radiación da lugar a la fotorretinitis que provoca puntos ciegos que pueden ser reversibles o irreversibles ya que si se localizan en la fóvea pueden evolucionar hacia una pérdida de agudeza visual considerable. El intervalo de longitudes de onda entre 435 y 440 nm es el más perjudicial, se le conoce como riesgo por luz azul. Las quemaduras en la retina se producen por exposición a radiación visible e IRA. Para que se coagule el tejido la intensidad de la radiación deberá ser tal que la temperatura de la retina aumente entre 10 °C y 20 °C. Las quemaduras corticales (córnea) se producen por exposición a radiación infrarroja B e infrarroja C y en menor cantidad por infrarroja A. Cuando la exposición es crónica se pueden llegar a generar cataratas, en este caso de origen térmico.

#### - EXPOSICIÓN A SUSTANCIAS FOTOSENSIBLES

Existen sustancias, comúnmente denominadas “fotosensibilizantes”, que contienen en su composición agentes químicos que se pueden activar ante determinadas longitudes de onda similar a las sustancias ototóxicas y el ruido. Su absorción, ingestión o inhalación puede provocar un efecto de amplificación de las reacciones fotoquímicas, ocasionando efectos adversos. La mayoría de los fotosensibilizantes reaccionan ante la radiación ultravioleta A y en menor cantidad ante el ultravioleta B o el visible. El uso de sustancias fotosensibilizantes están presentes en: perfumes, cosméticos, sustancias protectoras para la madera y las plantas, pesticidas, colorantes, tintas de impresión y también en medicamentos, etc. Los efectos adversos debidos a la presencia de agentes fotosensibilizantes dependen del tipo y la cantidad absorbida, ingerida o inhalada de la sustancia, de la intensidad y la duración de la exposición, así como de la genética de cada individuo. La exposición combinada de radiaciones ópticas y fotosensibilizantes debe suponer una mayor atención y una revisión de las medidas preventivas. En algunos casos puede aumentar el riesgo de padecer enfermedades crónicas. En el caso de tratamientos con fármacos fotosensibilizantes se debería: evitar la exposición durante el periodo de tratamiento y el tiempo de permanencia del fármaco en el organismo, disminuir el tiempo de exposición o recurrir a el uso de EPI adecuados.

## 7-formación e información

-el empresario tiene la obligación de velar porque los trabajadores que estén expuestos en el lugar de trabajo a los riesgos derivados de las radiaciones ópticas artificiales y/o sus representantes reciban la información y formación necesarias sobre el resultado de la evaluación de riesgos prevista en el artículo 6 del real decreto 486.

-los trabajadores deberán conocer cuándo y dónde han sido aplicadas las medidas de prevención, así como su efectividad según las características de radiación óptica y el tipo de exposición. Se incluirá información sobre las medidas de tipo técnico (cerramiento, mantenimiento de equipos, etc.), sobre las de tipo organizativo y sobre el procedimiento de trabajo (reducción del tiempo de exposición, señalización, uso de EPI, etc.) Esta información podrá ser complementada con folletos, carteles y medios audiovisuales en los que se recojan, de forma clara, las medidas adoptadas.

-Los trabajadores deben estar informados de que en ningún caso pueden estar expuestos a valores superiores al límite establecido y de las consecuencias que para su salud tiene la superación de dichos límites.

-Los trabajadores expuestos a las radiaciones ópticas artificiales tienen derecho a conocer el resultado de la evaluación de su puesto de trabajo, el valor de los niveles de radiación, si se ha realizado o no la medición y por qué, así como los efectos que para su salud tiene ese tipo de radiación.

-En base al tipo de radiación a la que esté expuesto, el trabajador debe recibir formación para conocer la forma de detectar los efectos nocivos para su salud y se deben establecer los canales de comunicación necesarios para informar sobre los mismos.

-El trabajador tiene derecho a conocer el contenido del historial médico relativo a su salud, tal y como establece en la Ley 31/1995 y, a acceder a dicho historial y acceder cuando lo solicite. Asimismo, el trabajador tiene derecho a un examen médico cuando se detecte una exposición que supere los valores límite o se establezca que padece una enfermedad o efecto nocivo que, a juicio médico, sea consecuencia de la exposición a radiaciones ópticas artificiales.

-Además de las medidas técnicas, pueden aplicarse medidas organizativas en las que se indicarán determinadas pautas de comportamiento a los trabajadores para reducir el riesgo de exposición, elaborándose procedimientos o, en su caso, instrucciones precisas de trabajo en los que se recoja información tal como:

- Métodos de trabajo que limiten el tiempo de exposición.
- Evitar o limitar la permanencia en las zonas señalizadas de riesgo.
- Establecer una relación de personas autorizadas a acceder a las zonas de riesgo.
- Cualquier otra específica que comporte una disminución del riesgo en casos concretos.

Es destacable que estas instrucciones deben ser conocidas por todos los trabajadores y especialmente por las personas que trabajen o accedan a las zonas de riesgo.

-formación en el uso correcto de los equipos de protección.

## 8-medidas de protección colectiva y protección individual

El artículo 4 del real decreto 486/2010 establece que los riesgos derivados de la exposición a radiaciones ópticas deberán eliminarse en lo posible en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control. Cuando los medios organizativos y técnicos aplicados no puedan eliminar el riesgo de exposición se utilizarán equipos de protección individual (EPI). La utilización de un EPI frente a las radiaciones ópticas no implica la eliminación de la exposición a este riesgo, pero sí su reducción hasta unos niveles que no sean perjudiciales para la seguridad y salud del trabajador, algo similar a la atenuación de ruido con los cascos.

-protección ocular y facial:

·hay que identificar la fuente de las radiaciones ópticas que pueden ser consideradas de las siguientes maneras:

- a) Radiaciones de soldadura y técnicas relacionadas (IR, visible y UV).  
Esta no es relevante para este trabajo por lo que no será tomada en cuenta.
- b) Fuentes de radiación ultravioleta (por ejemplo, lámparas germicidas o fotoquímicas).
- c) Fuentes de radiación infrarroja (por ejemplo, hornos de fundición).
- d) Láser.  
Esta no es relevante para este trabajo por lo que no será tomada en cuenta.
- e) Fuentes no tipificadas que emitan en más de una banda del espectro óptico.

#### - Determinar la protección requerida

Una vez que se identifica la fuente a la que un trabajador está expuesto, se determina el grado de protección que debe ofrecer el ocular filtrante también conocido como las lentes. Estos lentes o filtros irán acoplados en una montura de tipo universal, integral o pantalla facial. Los protectores oculares dotados de filtros, como cualquier otro EPI, deben llevar el marcado CE, que indica que cumplen con las exigencias esenciales de seguridad y salud recogidas en el Real Decreto 1407/1992 que regula la comercialización de los equipos. Para la certificación de los equipos de protección ocular se utiliza habitualmente la UNE - EN 166. Los oculares filtrantes deben ir marcados con la clase de protección: una combinación de 2 números, donde el primero de ellos hace referencia al tipo de radiación frente al que protege (código de protección) y el segundo indica el grado de protección del filtro (a mayor grado de protección, mayor absorción de la radiación incidente y, en general, menor transmisión en el visible). Las monturas de las gafas y pantallas faciales previstas como protección frente a radiaciones ópticas artificiales deben proporcionar al menos un nivel igual de protección frente a la radiación óptica que el de cualquiera de los filtros que el fabricante o suministrador indique que pueden ser usados en ellas.

Tipo de radiación	Clase de protección	
	Código de protección	Grados de protección
Soldadura	Sin código numérico	De 1,2 a 16
Ultravioleta	2	De 1,2 a 5
Infrarrojo	4	De 1,2 a 10
Solar	5 o 6	De 1,2 a 4,1
Láser	LB	De 1 a 10 (Protección láser)
	RB	De 1 a 5 (Ajuste láser)

### b) Fuentes de radiación ultravioleta

Para los filtros frente a la radiación ultravioleta, los requisitos específicos de transmisión están recogidos en la UNE - EN 170. la norma establece recomendaciones para la selección del grado de protección del filtro en función de la fuente y sus aplicaciones. Estos filtros pueden alterar la percepción de los colores; por lo tanto, si por la naturaleza de la tarea es importante el reconocimiento de los colores, se recomienda el uso de filtros UV que reúnan el requisito de reconocimiento mejorado del color. Los filtros certificados de acuerdo con esta norma no son adecuados para la visión directa de fuentes luminosas brillantes como las lámparas de Xenón de alta presión o los arcos de soldadura, en este caso debería utilizarse un filtro certificado que este establecido con la norma UNE - EN 169 a diferencia de lo anterior.

Filtros protección radiación UV			
Aplicaciones	Clase de protección recomendada	Percepción del color	Fuentes típicas <sup>1</sup>
Para utilizar con fuentes que emiten preferentemente radiación UV en $\lambda < 313$ nm, y sin riesgo de deslumbramiento por radiación intensa en el visible. Estos grados de protección cubren la banda UVC y la mayor parte del UVB.	2 - 1,2 2 - 1,4 2 - 1,7	Puede alterarse, salvo los que van marcados con grado de protección 2C.	Lámparas de mercurio de baja presión tales como las empleadas para estimular la fluorescencia o "lámparas negras", lámparas actínicas y lámparas germicidas.
Para utilizar con fuentes que emiten radiación intensa tanto en la región del UV como en el visible, y que requieren, por tanto, atenuación de la radiación en ambas regiones.	2 - 2 2 - 2,5		Lámparas de mercurio de media presión.
	2 - 3 2 - 4		Lámparas de mercurio de alta presión y lámparas de haluros metálicos tales como las lámparas solares para solariums.
	2 - 5		Sistemas de lámparas pulsadas. Lámparas de mercurio de alta y muy alta presión tales como las lámparas solares para solariums.



### c) Fuentes de radiación infrarroja

Para los filtros frente a la radiación infrarroja los requisitos específicos se encuentran recogidos en la norma UNE - EN 171. la norma establece recomendaciones para la selección del grado de protección del filtro en función de la aplicación típica según la temperatura de la fuente. Cuando el nivel de radiación sea muy elevado, se recomienda el uso de filtros que dispongan de una cara reflectante, es decir, que reúnan el requisito de reflectancia mejorada en el infrarrojo, ya que esto provoca un menor aumento de la temperatura del filtro a título de curiosidad este mismo principio es visto en los cascos de los astronautas para protegerse de los rayos mandados por el sol. En caso de que se desarrollen tareas en las que el reconocimiento de los colores sea importante, se recomienda el uso de filtros con reconocimiento mejorado del color.

Tabla 6. Filtros protección IR	
Filtros protección radiación IR	
Aplicación en función de la T <sup>a</sup> de la fuente en ° C	Clase de protección recomendada
Hasta 1050	4 - 1,2
1070	4 - 1,4
1090	4 - 1,7
1110	4 - 2
1150	4 - 2,5
1190	4 - 3
1290	4 - 4
1390	4 - 5
1510	4 - 6
1650	4 - 7
1810	4 - 8
1990	4 - 9
2220	4 - 10

### e) Fuentes no tipificadas que emitan en más de una banda del espectro óptico.

En aquellos casos en que la exposición a radiaciones ópticas provenga de una fuente o aplicación no tipificada en las recomendaciones referenciadas anteriormente, será necesario determinar el factor de protección del filtro (FPF) más adecuado. El FPF es el factor de atenuación de un filtro, ponderado según el riesgo ocular que se quiera evitar. En función del espectro de emisión de la fuente se calcula la irradiancia o exposición radiante, según corresponda en cada caso, para poder comparar con el VLE. Si el índice de riesgo es mayor de 1, el trabajador tendrá que ser dotado de un filtro que disponga de un factor de protección al menos de la misma intensidad. Para calcular el FPF es necesario conocer la irradiancia espectral de la fuente y la transmitancia espectral del filtro. Este método se utiliza para seleccionar el protector ocular más adecuado frente a las radiaciones ópticas emitidas por un dispositivo con fuente de luz intensa no voy a explicar cómo se calcula el FPF por que supera con creces mi grado de conocimientos.

### - como elegir la protección ocular frente a otros riesgos

Se debe tener en cuenta que además de proteger frente a las radiaciones ópticas, puede que sea necesario que el protector ocular o facial seleccionado proteja frente a otros riesgos, como pueden ser:

- Impactos de partículas.
- Salpicaduras de metales fundidos y sólidos candentes.
- Salpicaduras o gotas de líquidos.
- Partículas de polvo grueso.
- Partículas de polvo fino y gases.

Para informarse en profundidad esta información está establecida en el portal de EPI del INSHT, así como el apéndice 4 de la Guía técnica para la utilización por los trabajadores de EPI.

### - protección de la piel

Las radiaciones ópticas pueden originar también daños en zonas de la piel expuesta, son

- Radiación IR intensa presente en hornos de fundición, acerías, etc.
- Radiaciones UV procedentes de fuentes como lámparas germicidas usadas en diversas industrias como la farmacéutica, la alimentaria, etc.
- También en soldadura y operaciones con láser pero no es relevante.

Estas radiaciones pueden afectar a la piel, bien induciendo una reacción fotoquímica como la radiación ultravioleta con posibles consecuencias graves (como el cáncer cutáneo), bien provocando una elevación de temperatura de la zona de la piel expuesta como la radiación infrarroja con consecuencias de aparición de eritemas y quemaduras.

-radiación ultravioleta.

Un indicativo de que la radiación ultravioleta esta actuando sobre el trabajador y por lo tanto la ropa no es adecuada, es que los trabajadores sufran síntomas similares a las quemaduras solares. En este caso la ropa debería ser sustituida y considerarse la posibilidad de usar prendas de protección adicionales para proporcionar una protección extra en partes específicas del cuerpo más expuestas, como protectores de cuello, capuchas, manguitos, mandiles y polainas, siempre de acuerdo con la norma UNE - EN ISO 11611.

También se aplica el uso de cremas barrera.

-radiación infrarroja.



En el caso de trabajos en las cercanías de hornos de fundición, puede existir una exposición importante a radiación infrarroja además de a otras fuentes de calor y exposición a la llama. La ropa destinada a la protección en estos puestos de trabajo se describe en la UNE - EN ISO 11612. Al igual que en el caso anterior, los trajes de protección deben cubrir completamente la zona superior e inferior del torso, cuello, brazos y piernas, y pueden complementarse, en caso de que se requiera, con prendas adicionales de protección parcial de acuerdo con la norma.



## 9-conclusiones

La investigación y regulación de las radiaciones ópticas artificiales incoherentes tienen las siguientes funciones:

- promover y apoyar la actividad preventiva que debe gestionar y desarrollar la empresa.
- realizar las actividades preventivas que les están reservadas, por su carácter especializado.

Se deberán realizar las evaluaciones de riesgos y las propuestas de planificación de las actividades preventivas teniendo en cuenta:

- Cuando sea posible y con la debida prudencia, utilizar la directa apreciación profesional o los métodos simplificados de evaluación.
- Establecer la periodicidad de revisión de la evaluación en función de la magnitud de la exposición, la naturaleza de los daños potenciales y la posibilidad de que un riesgo pase desapercibido.
- Expresar las conclusiones de la evaluación de tal forma que orienten a la hora de determinar los plazos de adopción de las medidas preventivas. Asimismo, justificar la eventual urgencia de las mismas atendiendo a la naturaleza de los efectos que pueden provocar las radiaciones ópticas.

## 10-bibliografía

Las fuentes consultadas para la realización de este trabajo son las siguientes:

- Real decreto 486/2010 del 23 de abril
- Guía técnica del real decreto 486/2010 del 23 de abril