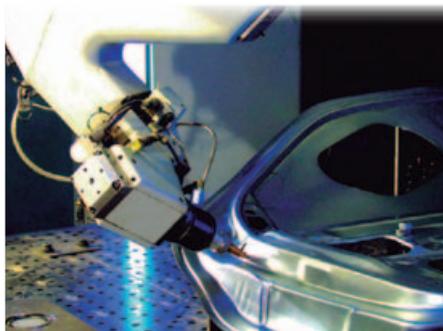


# RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES. FACTORES RELACIONADOS CON LA FUENTE Y LAS MEDIDAS DE CONTROL

Guía práctica





# RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES. FACTORES RELACIONADOS CON LA FUENTE Y LAS MEDIDAS DE CONTROL

---

**Guía práctica**



Con la colaboración del Instituto Regional de Seguridad y  
Salud en el Trabajo





CONSEJERÍA DE EMPLEO, TURISMO Y CULTURA  
**Comunidad de Madrid**

Esta versión digital forma parte de la Biblioteca Virtual de la Consejería de Empleo, Turismo y Cultura de la Comunidad de Madrid y las condiciones de su distribución y difusión se encuentran amparadas por el marco legal de la misma

[www.madrid.org/publicamadrid](http://www.madrid.org/publicamadrid)  
[culpubli@madrid.org](mailto:culpubli@madrid.org)



No está permitida la reproducción total o parcial de los contenidos de esta guía sin el consentimiento previo y por escrito de su editor, como entidad ejecutante de este proyecto.

El Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo no es responsable de los contenidos recogidos en este documento, ni del uso que pueda hacerse de las informaciones contenidas en el mismo.

**Título:** Radiaciones ópticas artificiales. Factores relacionados con la fuente y las medidas de control.

Autor: IDEARA, SL

Edita: IDEARA, SL

Co-edita: Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo

© 2013. Impreso en España.

Depósito Legal: VG 875-2013

## ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>1. OBJETO Y ALCANCE DE LA GUÍA .....</b>	<b>7</b>
<b>2. RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES .....</b>	<b>9</b>
2.1. DESCRIPCIÓN	9
2.2. FUENTES DE RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES. APLICACIONES	11
2.3. FACTORES RELACIONADOS CON LA FUENTE	16
<b>3. FACTORES ASOCIADOS A LOS EQUIPOS EMISORES DE RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES ANALIZADOS POR CATEGORÍA.....</b>	<b>25</b>
3.1. EQUIPOS DE ILUMINACIÓN	26
3.2. EQUIPOS DE SOLDADURA POR ARCO Y CORTE POR PLASMA	32
3.3. LÁMPARAS DE DESCARGA UV	35
3.4. EQUIPOS DE LÁSER INDUSTRIAL	39
3.5. EQUIPOS PARA APLICACIÓN MÉDICO-ESTÉTICA	42
3.6. HORNOS	44
3.7. EMISORES DE INFRARROJOS	47
<b>4. EFECTOS SOBRE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES .....</b>	<b>51</b>
4.1. PROCESOS PATOLÓGICOS EN EL APARATO OCULAR	52
4.2. PROCESOS PATOLÓGICOS A NIVEL DERMATOLÓGICO	56
4.3. OTROS PROCESOS PATOLÓGICOS RELACIONADOS CON LAS RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES	58
4.4. PROCESOS PATOLÓGICOS EN TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES	59
4.5. SUSTANCIAS FOTOSENSIBILIZANTES	61
4.6. EFECTOS INDIRECTOS DE LA RADIACIÓN	63
<b>5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....</b>	<b>65</b>
5.1. LA EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES	65
5.2. MEDICIÓN DE LAS RADIACIONES ÓPTICAS	71
5.3. USO DE LOS VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN	72
5.4. USO DE LOS DATOS DEL FABRICANTE	73
<b>6. MEDIDAS PREVENTIVAS RECOMENDADAS PARA EVITAR POSIBLES DAÑOS A LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES .....</b>	<b>79</b>

6.1. MEDIDAS TÉCNICAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN	79
6.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	90
6.3. MEDIDAS DE PROTECCIÓN POR RANGO DE RADIACIÓN	101
<b>7. VIGILANCIA DE LA SALUD.....</b>	<b>103</b>
<b>8. NORMATIVA E INFORMACIÓN CIENTIFICO-TÉCNICA DE REFERENCIA.....</b>	<b>105</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>113</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>123</b>
ANEXO I. GLOSARIO DE TÉRMINOS	123
ANEXO 2. CHECKLIST	131
ANEXO 3. EJEMPLOS PRÁCTICOS	137

## PRESENTACIÓN

Analizando las radiaciones ópticas generadas por medios artificiales, nos damos cuenta que en nuestra vida diaria estamos expuestos en mayor o menor medida a algunas de estas fuentes. Así, por ejemplo, estamos rodeados de pantallas de ordenador, iluminación artificial, proyectores, televisores, etc.

En el ámbito laboral, además de estas aplicaciones comunes, estas radiaciones también están presentes en diferentes dispositivos e instrumentos que actualmente se encuentran en las empresas, industria, campos de investigación, tratamientos médico-estéticos, hospitales, y otro tipo de actividades. En este caso, las radiaciones ópticas artificiales pueden ser producidas de forma intencionada para su uso como parte de un proceso, es decir, forman parte intrínseca del proceso (fototerapia, curado de materiales), o de forma fortuita, es decir, como un subproducto no deseado de un proceso determinado (soldadura de metales).

Aunque las radiaciones ópticas artificiales no poseen suficiente energía para provocar la ionización de la materia sobre la que inciden, la exposición a este tipo de radiaciones puede provocar otros efectos sobre la salud de las personas, produciendo lesiones en los ojos y/o en la piel. Es por ello que controlar la exposición a este tipo de radiaciones es fundamental para salvaguardar la seguridad y salud de los trabajadores expuestos a este tipo de riesgos.

Conscientes de la importancia de conocer estos factores para la adecuada gestión de los riesgos laborales asociados a la exposición a radiaciones ópticas artificiales, se presenta esta Guía.

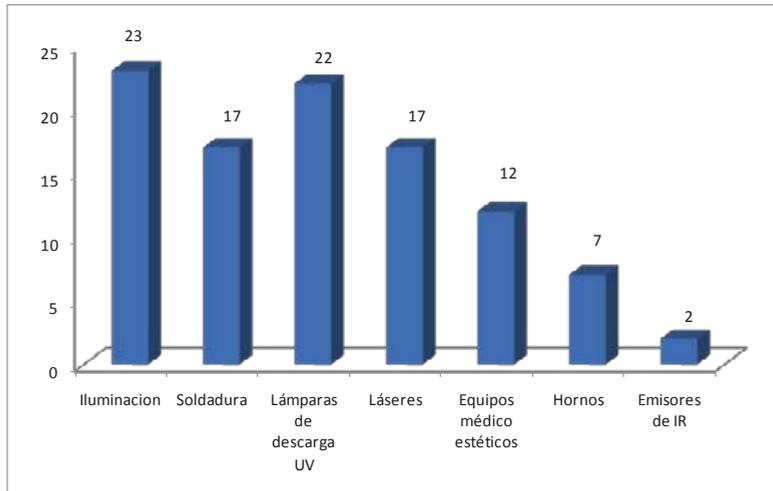
En ella se recogen un conjunto de descripciones para conocer mejor las fuentes emisoras de radiaciones ópticas artificiales, los riesgos asociados a su exposición y una serie de recomendaciones y medidas preventivas a aplicar tanto a los dispositivos, como a los trabajadores que los manipulan, con la finalidad de salvaguardar su seguridad y salud.

Estos contenidos han sido extraídos principalmente de las conclusiones obtenidas del estudio previo realizado para la elaboración de esta herramienta. Para ello se han analizado 100 equipos de trabajo que emiten radiaciones ópticas artificiales mediante el estudio de los manuales de instrucciones, especificaciones técnicas u otra documentación de estos equipos disponibles por parte de los fabricantes y/o casas comerciales. La finalidad de este estudio ha sido evaluar la seguridad de estos equipos e identificar la información técnica disponible en esta documentación, así como recoger las medidas de protección adecuadas para los trabajadores que manejen o estén en presencia de estos aparatos.

Este estudio ha servido como base de contextualización general de las radiaciones ópticas artificiales. Considerando el rango espectral de estudio, éste ha analizado gran parte de los equipos productores de radiaciones ópticas artificiales (ver gráfica

1). No queremos terminar la presentación de esta guía sin hacer hincapié en el enorme ámbito de estudio que envuelve a las radiaciones ópticas y a sus fuentes de emisión (muchas), por lo que siendo imposible abarcarlos a todos en este documento queda pendiente para futuros trabajos, estudios y guías.

**Gráfica 1. Número de equipos analizados en el estudio previo a la guía según categoría**



Fuente: IDEARA, SL. fruto del estudio de investigación previo

Esta información se ha complementado con la consulta de otras fuentes documentales, como normativa, notas técnicas de prevención y otras publicaciones en el ámbito de las radiaciones ópticas.

A lo largo de los contenidos de la guía se recogen referencias a los resultados de este estudio en relación a los equipos de trabajo analizados, de modo que el lector puede obtener información de primera mano sobre la realidad y riesgos que este tipo de fuentes de emisión presentan en el ámbito laboral.

**Nota:** En el anexo 1 se recoge un glosario de términos con las principales definiciones entorno al ámbito de las radiaciones ópticas artificiales, que ayudará a comprender los distintos conceptos utilizados a lo largo de estos capítulos.

## 1. OBJETO Y ALCANCE DE LA GUÍA

### Objeto:

Elevar los niveles de protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a las radiaciones ópticas artificiales que emiten los diferentes dispositivos e instrumentos que actualmente se encuentran en el ámbito laboral, así como proponer las medidas preventivas más adecuadas a cualquier exposición laboral.

### Alcance:

La guía se enfoca en la descripción y análisis, desde el punto de vista de la seguridad y salud laboral, de las radiaciones ópticas generadas por equipos e instrumentos de trabajo en distintos campos de actividad. Se abarca los distintos rangos de radiaciones ópticas, desde ultravioleta, luz visible e infrarrojo a radiaciones láser.

El motivo de esta guía es dar a conocer los factores relacionados con las fuentes de emisión de radiaciones ópticas artificiales y los efectos sobre la seguridad y salud de los trabajadores como consecuencia de su exposición, así como las medidas preventivas y recomendaciones a tener en cuenta para reducirlos o evitarlos.

Esta publicación está dirigida a:

- Empresas cuyos trabajadores puedan quedar expuestos a este tipo de radiaciones (empresarios, delegados de prevención y personas trabajadoras).
- Técnicos de prevención de riesgos laborales y otros profesionales del ámbito de la seguridad y salud en el trabajo.
- Agentes económicos y sociales.
- Población en general.



## 2. RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES

### 2.1. DESCRIPCIÓN

La radiación electromagnética está formada por la combinación de campos eléctricos y magnéticos, que se propagan a través del espacio en forma de ondas portadoras de energía, que se pueden producir de forma natural (principalmente radiación solar) o artificial. El conjunto de estas ondas forma el denominado espectro electromagnético, en donde las radiaciones ópticas ocupan la zona comprendida entre los rayos X y las microondas.

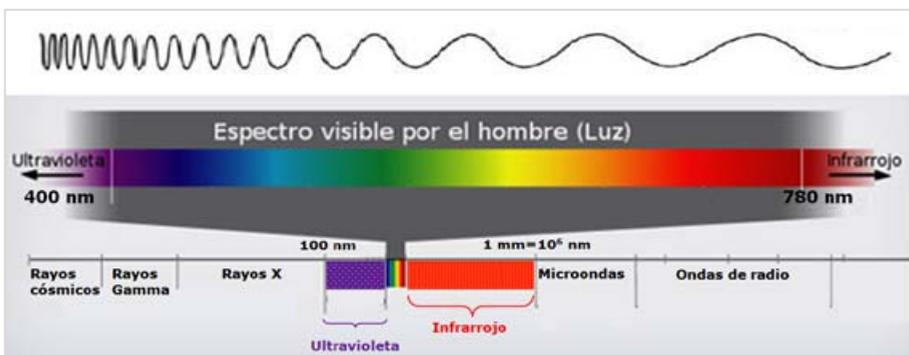
**Por radiación óptica se entiende toda radiación electromagnética cuya longitud de onda ( $\lambda$ ) esté comprendida entre 100 nm y 1 mm.**

El espectro electromagnético de las radiaciones ópticas se divide en tres zonas o bandas de radiación:

- **Radiación ultravioleta (UV):** Radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 100 y 400 nm.
- **Radiación visible o luz:** Radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 400 nm y 780 nm.
- **Radiación infrarroja (UV):** Radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 780 nm y 1 mm.

Según la Comisión Internacional de la Luz (International Commission on Illumination - CIE 2011) no se puede definir claramente una frontera precisa entre la radiación UV y la radiación visible y entre la radiación visible e IR porque la sensación visual a longitudes de onda más corta que 400 nm en el primer caso, y mayor de 780 nm en el segundo, se observa para fuentes muy luminosas. Es decir, la sensibilidad del ojo decrece progresivamente en los límites, no se produce una pérdida de sensibilidad abrupta a determinada longitud de onda. Es por ello, que unos autores fijan unas fronteras y otros autores otras.

Ilustración 1. Espectro electromagnético de las radiaciones ópticas



Las radiaciones ultravioleta e infrarrojo se dividen a su vez en tres bandas denominadas A, B y C. La radiación visible es aquella que podemos observar a través de nuestros ojos, los cuales nos hacen percibir diferentes colores dependiendo de la longitud de onda que forme la luz visible. Estos colores van desde el rojo al violeta, razón por la que las longitudes de onda por encima del rojo (> 780 nm) se denominan infrarrojo y las que se encuentran por debajo (< 400 nm) se denominan ultravioleta.

**Tabla 1. Bandas de radiaciones ópticas artificiales**

Radiación		Longitud de onda ( $\lambda$ )
<b>Ultravioleta 100-400 nm</b>	Ultravioleta C (UVC)	100 nm – 280 nm
	Ultravioleta B (UVB)	280 nm – 315 nm
	Ultravioleta A (UVA)	315 nm – 400 nm
<b>Visible 400-780 nm</b>	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
<b>Infrarroja 780nm-1mm</b>	Infrarrojo A (IRA)	780 nm – 1.400 nm
	Infrarrojo B (IRB)	1.400 nm – 3.000 nm
	Infrarrojo C (IRC)	3.000 nm – 1 mm

Las radiaciones ópticas no poseen suficiente energía para provocar la ionización de la materia biológica sobre la que inciden, por lo que están clasificadas dentro del espectro electromagnético en el grupo de las radiaciones no ionizantes. Sin embargo, la exposición a radiaciones ultravioleta y visible puede dar lugar a reacciones fotoquímicas, con lesiones en la córnea y retina del ojo, y la absorción de radiación infrarroja origina efectos térmicos o quemaduras sobre la piel, como se describe en mayor profundidad en el capítulo 4.



Las radiaciones ópticas están presentes en numerosos puestos de trabajo, pero básicamente la exposición prolongada o la exposición a fuentes de elevada intensidad sin protección pueden significar un riesgo laboral no tolerable.

## 2.2. FUENTES DE RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES. APLICACIONES

Teniendo en cuenta los rangos de radiación a los que hace referencia esta guía (infrarrojo, visible y ultravioleta), las fuentes de emisión de las radiaciones ópticas artificiales que podemos encontrar en el ámbito laboral se clasifican en dos tipos:

- **Fuentes de radiación incoherentes:** Este tipo de radiaciones emiten en un rango amplio de longitudes de onda, que normalmente involucra a más de una banda espectral. Del conjunto de ondas emitidas ninguna de ellas presenta relación con las otras, es decir, no existe orden interna. La mayoría de las fuentes ópticas artificiales son de este tipo.
- **Fuentes de radiación láser:** Todo dispositivo que emite radiación mediante el proceso de emisión por amplificación estimulada. Esta radiación tiene solo una banda muy estrecha de longitudes de onda y una muy pequeña divergencia.

La mayoría de las fuentes ópticas artificiales utilizadas en el ámbito laboral emiten radiación incoherente, es decir, cualquier radiación óptica distinta del láser.



De los equipos analizados en el estudio previo de trabajo, el 76 % emiten radiación incoherente y el resto radiación láser.

Este tipo de radiaciones pueden ser producidas de forma intencionada para su uso como parte de un proceso (fototerapia, bronceado cosmético), o de forma fortuita, es decir, como un subproducto no deseado, no necesario para un proceso determinado (soldadura, fotocopiado). En ambos casos hay que controlar la exposición a este tipo de radiaciones.

Otro rasgo a tener en cuenta en este tipo de equipos o instrumentos de trabajo es que la mayor parte de ellos se consideran equipos completos (íntegros), mientras que en otros casos se trata de elementos independientes que forman parte o se integran dentro de otros dispositivos o equipos. Por ejemplo, las lámparas que forman parte de las cabinas de secado en los talleres de chapa y pintura de automóviles. En este caso, son estos elementos, las lámparas, las que emiten radiaciones ópticas artificiales, formando parte o integrándose en un equipo mayor, la cabina. Son precisamente estos elementos independientes los que hay que tener en cuenta a la hora de evaluar las radiaciones ópticas artificiales emitidas por los equipos que las integran. En nuestro ejemplo, las cabinas de secado.



El 80% de los dispositivos analizados en el estudio previo son equipos completos. El resto de instrumentos estudiados son elementos independientes que se integran dentro de otros equipos.

Antes de adquirir y utilizar uno de estos equipos o instrumentos que emiten radiaciones ópticas es fundamental el conocimiento del equipo, tanto de la radiación que emite, como comprobar que cumple con las normas vigentes de fabricación, etiquetado y seguridad. El manual del equipo, o en su defecto, sus especificaciones técnicas y catálogos, deben recoger esta información.



En el estudio previo de trabajo, el 80% de los equipos analizados estaban correctamente etiquetados.

### ➤ Equipos de radiación ultravioleta (UV)

La radiación ultravioleta es una forma de radiación óptica de longitudes de onda corta más corta que la luz visible y fotones (partículas de radiación) más energéticos que los de esta. En el espectro electromagnético se sitúa entre los rayos X y la luz visible.



La radiación ultravioleta al incidir en el organismo puede ser reflejada, transmitida o absorbida, y producir reacciones fotoquímicas, debido a cambios en la configuración de la materia viva, y la fluorescencia de ciertas sustancias. Estas radiaciones están presentes en la luz del sol, y también son emitidas por un gran número de equipos e instrumentos de trabajo utilizados para distintas aplicaciones.

Aplicaciones:

- Operaciones de soldadura y corte.
- Lámparas de UV industriales (curado fotoquímico de tintas, pinturas y plásticos; degradación de polímeros, etc.).
- Lámparas de luz negra y actínicas (autenticación de billetes o pasaportes; detección de sangre, semen, etc. en análisis forenses; efectos especiales en escenarios o discotecas, entre otras aplicaciones)
- Lámparas de UV para artes gráficas (fotocopiadoras, escáner, secado de tinta, fotograbado).
- Lámparas de UV germicidas en el tratamiento de agua (de acuarios, piscinas, invernaderos, residuales), desinfección de instrumentos y esterilización de aire.
- Lámparas de UV en fototerapia y tratamientos médicos de diagnóstico y terapéuticos.
- Lámparas de bronceado cosmético (camas solares) o para el tratamiento de las uñas.
- Lámparas atrapa insectos.

- Lámparas fluorescentes para iluminación y alumbrado general.



Lámparas de luz negra

### ➤ Equipos de radiación visible e infrarroja (IR)

La radiación visible procede fundamentalmente de la luz solar, pero también existe radiación visible de origen artificial procedente de elementos incandescentes como lámparas, fuego, tubos de neón y los fluorescentes.

En cuanto a las radiaciones infrarrojas, estas son casi invisibles para el ojo humano pero aportan gran poder calorífico. Dentro del espectro electromagnético se ubican entre las microondas y la luz visible. Al igual que la radiación visible, este tipo es moderadamente peligroso, en la mayoría de los casos, produciendo exclusivamente efectos térmicos, es por ello que a este tipo de radiación también se le conoce como radiación térmica.

Como fuentes de exposición a este tipo de radiación se pueden citar la luz solar, cuerpos incandescentes o superficies muy calientes, lámparas incandescentes de filamento de tungsteno o de tungsteno halogenado, diodos fotoemisores (como por ejemplo, diodo de GaAs), lámparas de xenón, cualquier metal en fusión, lámparas de infrarrojos, hornos de secado y de fusión...



Aplicaciones:

- Operaciones de soldadura y corte (la soldadura no solo produce radiación UV, sino también una intensa radiación visible e IR emitida por el proceso).
- Hornos de acerías y fundiciones (la superficie del metal fundido emite principalmente en el rango visible e IR debido a la alta temperatura del metal).
- Lámparas de arco para curado de tintas, resinas, pinturas y plásticos (talleres de chapa y pintura, termofijación de plásticos, laminado de vidrio).

Muchas lámparas de curado fotoquímico emiten intensa luz visible de onda corta (azul), así como radiación UV e IR.

- Lámparas de IR para calentamiento y secado industriales.
- Lámparas germicidas en el tratamiento de agua, desinfección de instrumentos y esterilización de aire (este tipo de lámparas además de generar radiación UV, también generan visible e IR).
- Lámparas IR con aplicaciones en fisioterapia.
- Lámparas de luz pulsada (IPL) con aplicaciones en medicina y dermoestética (fisioterapia, eliminación de vello, eliminación de varices, rejuvenecimiento capilar, rejuvenecimiento de la piel, eliminación de arrugas, eliminación de acné, etc.)
- Lámparas para proyectores y otros dispositivos ópticos.
- Lámparas de IR en hospitales (incubadoras).
- Iluminación de escenarios, aeropuertos, iluminación quirúrgica, iluminación y alumbrado general.



Lámpara IR secado pintura



Luz pulsada intensa (IPL)

### ➤ Equipos de radiación láser

Un láser es un dispositivo que produce energía radiante electromagnética coherente dentro del espectro óptico comprendido entre la zona final del ultravioleta y el infrarrojo lejano (submilimétrico).

La radiación láser se caracterizan por emitir en una única longitud de onda o en bandas muy estrechas. Esta particularidad hace que para la evaluación de sus riesgos se siga un procedimiento y valores límite de exposición propios diferentes a los empleados en el caso de las radiaciones ópticas artificiales incoherentes, como recoge el RD 486/2010, de 23 de abril.



El término láser es en realidad un acrónimo de light amplification by stimulated emission of radiation (amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación).

En los últimos años, los láseres han encontrado múltiples aplicaciones, desde el entorno industrial, médico y de oficinas (por ej. impresoras láser), así como en obras de construcción e incluso en el ámbito doméstico. En numerosas aplicaciones, como por ejemplo en los reproductores de videodiscos y sistemas de comunicación por fibra óptica, la salida de energía radiante del láser está confinada, no existe ningún riesgo para la salud del usuario y éste puede no advertir siquiera la presencia de un láser incorporado en el producto.

Sin embargo, en algunas aplicaciones médicas, industriales o en investigación, la energía radiante emitida por el láser es accesible y puede suponer un riesgo potencial para los ojos y la piel. Puede producir energía radiante ultravioleta, visible o infrarroja.

Un láser, al contrario que en la mayoría de los riesgos que se presentan en el lugar de trabajo, puede suponer un riesgo a considerable distancia. Esta característica es una de las que más preocupa a trabajadores y expertos en salud y seguridad en el trabajo. No obstante, los láseres pueden utilizarse sin peligro si se adoptan medidas apropiadas para controlar el riesgo.

Existen normas UNE y de ámbito internacional para la utilización segura de los láseres, la mayoría de ellas “armonizadas” entre sí. En todas estas normas se utiliza un sistema de clasificación de riesgos que agrupa los productos láser en cuatro amplias categorías según la potencia de radiación o energía de salida del láser y su capacidad para producir daño (ver punto 5.4 de la guía para la clasificación de los láseres). Después se aplican medidas de seguridad acordes con la clasificación de riesgo, que se expondrá más adelante.

Los láseres operan a longitudes de onda discretas y aunque la mayoría son monocromáticos, es decir, emiten una sola longitud de onda o un solo color, no es infrecuente encontrar que un láser emita en varias longitudes de onda discretas.

Aplicaciones:

- Equipos láser para soldadura y corte de precisión (automoción, industria aeroespacial, joyería...)
- Equipos láser para marcado (de metales, plásticos, semiconductores, LED, tarjetas, ID-Card, láminas, etc.).
- Equipos láser de estructuración (ablación con láser, láser de recocido, láser de grabado, decapado, perforación láser, endurecimiento por láser, ...)
- Equipos láser con aplicaciones en investigación.
- Equipos láser o equipos combinados láser e IPL con aplicaciones en dermoestética (eliminación de vello, rejuvenecimiento capilar, **eliminación**

de tatuajes y manchas, eliminación de arrugas, eliminación de varices, etc.)

- Equipos láser en cirugía.
- Identificación por láser.



Láser industrial



Depilación láser

### 2.3. FACTORES RELACIONADOS CON LA FUENTE



Los efectos nocivos que pueden sufrir los trabajadores que manejan estos equipos o dispositivos son causados por la exposición a las radiaciones ópticas procedentes de estas fuentes de emisión. Conocer los aspectos o factores que caracterizan a estas fuentes es fundamental para evaluar los niveles de radiación y peligrosidad de estos equipos, de manera que puedan definirse y ponerse en práctica las medidas preventivas necesarias.

Los principales factores asociados a las fuentes a tener en cuenta para el análisis de estos equipos son los siguientes (en el capítulo 3 se describen de forma más detallada para cada categoría de equipo analizado en el estudio previo a la guía):

- Nivel, el intervalo de longitudes de onda y duración de la exposición.
- Los valores límite de exposición establecidos en los anexos del RD 486/2010, de 23 de abril, según las características de los equipos y según los diferentes efectos que pueden producir en la salud de los trabajadores dependiendo del órgano al que afecten.
- Los posibles efectos para la salud y seguridad de los trabajadores de grupos de riesgo particularmente sensibles.
- Los posibles efectos para la salud y seguridad de los trabajadores resultantes de las interacciones, en el lugar de trabajo, de las radiaciones ópticas y las sustancias químicas fotosensibilizantes.

- Los posibles efectos indirectos de la exposición, como deslumbramiento temporal, explosión o incendio.
- La existencia de equipos sustitutivos existentes para reducir los niveles de exposición a radiaciones ópticas artificiales.
- La información derivada de la vigilancia de la salud, así como la información científico-técnica de referencia publicada.
- La existencia de exposición a múltiples fuentes de radiaciones ópticas artificiales.
- La clasificación de los láseres y cualquier otra clasificación análoga en relación a cualquier otra fuente de radiación óptica artificial susceptible de ocasionar lesiones similares a las provocadas por un láser de clase 3B o 4.
- Información facilitada por fabricantes de fuentes de radiación óptica y equipos de trabajo, de conformidad con las directivas comunitarias aplicables.



Para los 100 equipos emisores de radiaciones ópticas examinados en el estudio previo a la guía se han analizado los factores que se presentan a continuación. Esta información ha sido recopilada y calculada a través de una herramienta diseñada para el estudio y que se recoge en el anexo II de la guía. Esta herramienta está disponible en la web del IRSST a disposición de los usuarios.

- **Nivel de intervalo de la radiación**

Los equipos analizados emiten radiación en todo el rango de radiaciones ópticas, desde el ultravioleta hasta el infrarrojo. Muchos equipos no emiten solo en un rango concreto, sino que sus emisiones se extienden al rango o rangos colindantes.

- **Irradiancia y Valor Límite de Exposición (VLE)**

En función de las características de la fuente emisora, la exposición a las radiaciones ópticas se expresa en forma de irradiancia (E) o exposición radiante (H). Ambas magnitudes están relacionadas por el tiempo de exposición.

A partir de los datos extraídos de los equipos a través del análisis de sus manuales o especificaciones técnicas se puede estimar la exposición a través de la irradiancia ( $E = W/m^2$ ) de cada fuente analizada. El resultado estimado es el que se compara con los VLE recogidos en los anexos I y II del RD 486/2010, de 23 de abril, con la finalidad de determinar si el equipo tiene asociado un riesgo aceptable o no.



Puesto que la misma energía radiante administrada en forma de distintas longitudes de onda ( $\lambda$ ) da lugar a distinto daño, hay que corregir los valores de la irradiancia en cada rango del espectro óptico a través de los coeficientes de ponderación (S, B, R) (ver concepto en Glosario de términos en el anexo I).

Si conocemos las distintas longitudes de onda de los equipos y sus potencias espectrales, es decir, cuanta energía se emite en cada longitud de onda, se pueden buscar dichos factores en las tablas del Anexo I y II del RD 486/2010, de 23 de abril.

La ponderación consiste en multiplicar la irradiancia espectral de la fuente por el coeficiente de ponderación (S, R o B) y por el ancho de banda ( $\Delta\lambda$ ). La irradiancia efectiva total es la suma de la contribución de todas las bandas espectrales analizadas.

Para estimar la exposición de los equipos analizados siempre se toma como referencia las condiciones más desfavorables para el trabajador, con la finalidad de asegurar su máxima protección.

En otros casos conocemos directamente la irradiancia ponderada proporcionada por el fabricante, a través de la documentación técnica del equipo, o la directamente medida en las situaciones en donde no es posible determinarla teóricamente.

En algunas fuentes es importante registrar también el ángulo subtendido por la fuente ( $\alpha$ ). En la práctica tendremos solo dos casos: fuentes extensas y fuentes láser y puntuales. Una fuente extensa se convertirá en puntual a grandes distancias y viceversa. Esto da cuenta del hecho de que nuestro ojo proyecta una imagen muy pequeña sobre la retina (concentrada), causando un daño potencial mucho mayor para objetos puntuales o láseres. Cuando no se pueda conocer el ángulo subtendido se registrará si se considera que es pequeño o no. Para ángulos subtendidos grandes, el valor límite se define como radiancia ponderada (L).

$$E_{\text{eff}} = \sum_{180}^{400} E_{\lambda} \cdot S_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad (\text{W/m}^2) \text{ (irradiancia ponderada para radiaciones UV)}$$

$$E_B = \sum_{300}^{700} E_{\lambda} \cdot B_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad (\text{W/m}^2) \text{ } (\alpha < 11 \text{ mrad}) \text{ (irradiancia ponderada para riesgo de luz azul)}$$

$$L_B = \sum_{300}^{700} L_{\lambda} \cdot B_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{sr}) \text{ } (\alpha \geq 11 \text{ mrad}) \text{ (radiancia ponderada para riesgo de luz azul)}$$

$$L_R = \sum_{380}^{1400} L_{\lambda} \cdot R_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad (\text{W/m}^2 \cdot \text{sr}) \text{ (radiancia ponderada para riesgo térmico)}$$

En los anexos del RD 486/2010, de 23 de abril, se encuentran una serie de límites para los distintos tipos de radiación (longitudes de onda, duración de la exposición y ángulos subtendidos). Estos límites se expresan en la forma de exposición H.

Con datos de la irradiancia (E), el tiempo máximo que se puede estar expuesto a la irradiancia (E) sin superar una exposición radiante (H) será:

$$T_{\max} = H/E \text{ (s)}$$

Estos límites H requieren (en algunas situaciones) que conozcamos el valor del ángulo subtendido  $\alpha$ . Como se dijo previamente, en la mayoría de casos podemos suponer casos límite  $\alpha \ll$  (ángulo muy pequeño) o  $\alpha \gg$  (ángulo grande).

Cabe mencionar que los equipos de mayor riesgo para el trabajador, como pueden ser láseres de alta potencia (láseres de CO<sub>2</sub>) o lámparas de emisión ultravioleta lejano UVC (por ej. lámparas de descarga de Kriptón), los tiempos máximos recomendados según el anexo I del RD 486/2010, de 23 de abril, son tan bajos que pueden considerarse nulos.

El tiempo máximo de exposición puede superarse por muchos motivos: uso o falta de uso de los EPI, que estos estén en mal estado o que no sean los adecuados para la irradiancia que se está recibiendo, la falta de información y formación del trabajador a la hora de tomar estas medidas preventivas, jornadas laborales intensas, despistes por fatiga, cansancio, incomodidad para el trabajador, entre otras.

Tanto de los manuales de equipos estudiados como de la normativa vigente se obtiene que los tiempos máximos de exposición con EPI pueden ser el tiempo de una jornada laboral (8 h).



En muchos de los equipos analizados no es posible determinar teóricamente los valores de irradiancia y por lo tanto el tiempo de exposición, por lo que es necesaria una medición de la radiación emitida por el equipo en el lugar de trabajo (como sería el caso de radiación emitida por metales fundidos, vidrio, resinas en hornos, soldaduras por arco de distintos materiales, etc). Es decir, además de que a partir de

algunos manuales o especificaciones técnicas no es posible calcular el tiempo de exposición por la falta de datos para calcular la irradiancia, en otros ese cálculo no puede hacerse, tal y como ya se ha comentado, porque el proceso de emisión de la radiación no es intrínseco del equipo, sino que es producto de su fundición. Por ejemplo, de un horno de fundición sabemos la temperatura de operación pero el material fundido, que es el que está emitiendo radiación en el espectro óptico, no. Solamente podremos saber esa medida "in situ", realizando mediciones con instrumentación adecuada a cada proceso en el lugar donde queremos conocer el nivel de irradiancia.



En el estudio realizado por IDEARA, SL, en un 20% de los equipos analizados sería necesario la medida “in situ” para tener información del tiempo de exposición máximo al que el trabajador puede estar expuesto sin que suponga un riesgo para su salud.

Se recogen en el anexo III de la guía dos ejemplos prácticos de los cálculos de irradiancia y tiempo de exposición de las fuentes a partir de los datos facilitados por los fabricantes en los manuales de los equipos emisores de radiaciones ópticas artificiales.

#### Para más información consultar

- “NTP 903. Radiaciones ópticas artificiales: criterios de evaluación”. INSHT.
- Capítulo 5 de Criterios de evaluación.

#### • Peligrosidad de los equipos. Posibles efectos sobre la salud

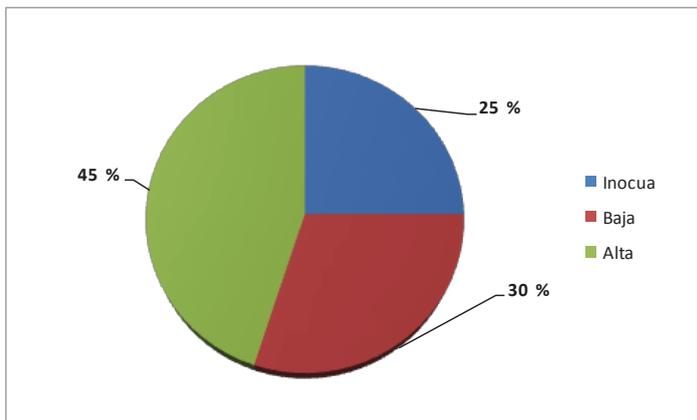
A partir de la normativa vigente y otra documentación recomendada en el capítulo 8 de esta guía, hemos clasificado los equipos analizados en el estudio previo en tres grandes grupos de peligrosidad: inocua, baja y alta. Para esta división nos hemos basado en la clasificación de las radiaciones incoherentes y los láseres según sus riesgos (ver punto 5.4.).

En el análisis se ha metido en el grupo de peligrosidad alta tanto los láseres de clase 3B y 4, como los grupos de riesgo 2 y 3 de radiaciones incoherentes.



El 45 % de los equipos analizados en el estudio previo a la guía presentan una peligrosidad alta, mientras que un 25 % presentan peligrosidad inocua.

Gráfica 2. Porcentaje de equipos analizados según su peligrosidad



Fuente: IDEARA, SL. fruto del estudio de investigación previo

## Principales efectos sobre la salud

La exposición a radiaciones ópticas artificiales pueden producir efectos térmicos (quemaduras sobre la piel) y fotoquímicos (lesiones en la córnea y retina del ojo) sobre el trabajador, como se recoge en mayor profundidad en el capítulo 4.



De los 100 equipos de trabajo analizados en el estudio previo, el 46% suponen un riesgo potencial en ojos y piel, mientras que un 15% y un 3% lo son en ojos o en piel respectivamente.

Los grupos de riesgo, particularmente trabajadores menores y embarazadas, pueden estar expuestos a este tipo de radiaciones. Por eso es necesario en estos grupos de personas un mayor seguimiento y control.

## Efectos indirectos

Los equipos de iluminación pueden suponer problemas no directamente relacionados con el daño por radiación, como por ejemplo, fatiga por iluminación insuficiente, por reflejos molestos o por luces que parpadean. Este tipo de riesgos se analizan en el ámbito de la ergonomía y la higiene industrial. Estos efectos, sin tener consecuencias permanentes para la salud, pueden ocasionar que se desatienda el puesto de trabajo o existan distracciones poniendo en peligro al trabajador o a otras personas colindantes.

Además de los deslumbramientos se pueden producir otros riesgos indirectos, como riesgos eléctricos, por incendio o explosión. Estos riesgos son especialmente importantes en equipos de alta potencia óptica, que son los que consumen altas potencias de energía, a la vez que pueden generar altas temperaturas. Es el caso, por ejemplo, de los láseres y de los equipos de incandescencia y arco. Hay que realizar una mención especial de los láseres, ya que su coherencia espacial hace que se atenúen poco con la distancia, pudiendo suponer un riesgo a mucha mayor distancia que el resto de equipos.

En la mayoría de casos, la evaluación de estos riesgos debe realizarse sobre el terreno, analizando los riesgos de cada equipo en el entorno laboral donde se instala.

## Interacciones con sustancias fotosensibilizantes

El concepto de reacciones de fotosensibilidad engloba a todas aquellas lesiones cutáneas debidas a la presencia de sustancias químicas de origen exógeno que necesitan de la interacción de la radiación lumínica para ejercer su acción.

En función de la vía de administración por la que el agente exógeno contacta con el organismo, se divide en reacciones por contacto (por vía tópica), como pueden ser aceites esenciales o antihistamínicos, y reacciones sistémicas (medicamentos por vía oral o parenteral), como pueden ser antibióticos o antiepilépticos. En el capítulo 4.5. se enumeran de forma más exhaustiva estas sustancias.



Todos los equipos analizados en el estudio previo pueden desencadenar reacciones fotosensibilizantes si el trabajador expuesto a la radiación es fotosensible.

Hay que tener un grado muy alto de fotosensibilidad para que las fuentes de iluminación hagan desencadenar estos síntomas. Los equipos que generan mayor fotosensibilidad son los emisores de radiación ultravioleta, como pueden ser lámparas de descarga o lámparas germicidas, entre otros.

### Riesgo para el resto de personal

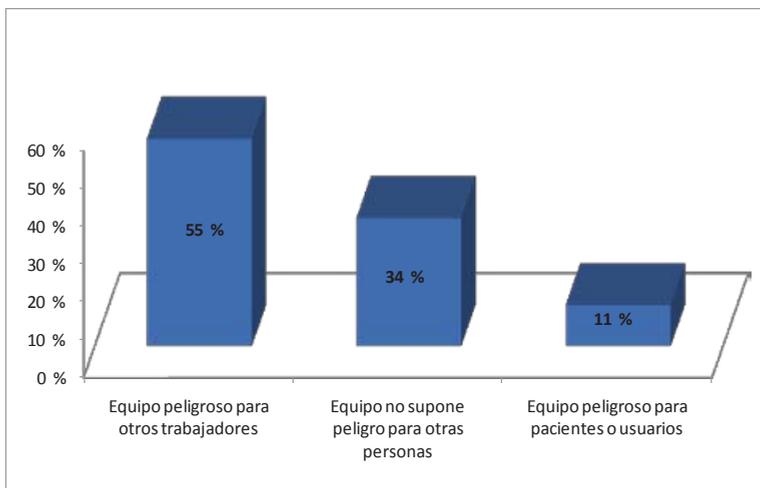
En la evaluación de riesgos se debe detectar cuando un equipo supone un riesgo para el trabajador y cuando también lo puede suponer para el resto del personal. En muchos casos el equipo puede suponer un riesgo para personal distinto del que se encuentra manipulando el equipo, especialmente auxiliares o ayudantes cuya formación en materia de seguridad y salud laboral y de manejo de estos equipos puede ser menor a la del operario principal.

En ocasiones el riesgo es despreciable si se siguen unas normas de seguridad básicas, como por ejemplo, requerir que el trabajador haya recibido formación de prevención de riesgos laborales.



El 55 % de los equipos analizados suponen un riesgo para otros trabajadores distintos del operario que maneja el equipo. Se registra además, que el 11 % de los equipos estudiados representan un riesgo para personas ajenas a la actividad o empresa, como pueden ser los pacientes o usuarios en el ámbito médico-estéticos. Este dato también hay que tenerlo en cuenta.

Gráfica 3. Distribución porcentual de los equipos analizados según el riesgo que supone para otras personas



Fuente: IDEARA, SL. fruto del estudio de investigación previo

## Exposiciones múltiples

El trabajador que manipula un equipo que emite radiaciones ópticas artificiales puede encontrarse que, además de estar recibiendo esa radiación, puede estar expuesto a otras fuentes de riesgos en el lugar de trabajo. Esta situación hay que tenerla siempre en consideración a la hora de evaluar los riesgos en ese puesto de trabajo.

- **Medios técnicos de protección y equipos de protección individual (EPI)**

En los manuales de instrucciones de los equipos se recogen los dispositivos de protección y los EPI recomendados por el fabricante para el tipo de radiación que emite esa fuente. En otra documentación del equipo, como especificaciones técnicas, se hace referencia a la fabricación de los equipos bajo normativa comunitaria, por lo que para completar esta información se puede revisar esta normativa.



**IDEARA SL ha revisado para el estudio previo, tanto manuales y especificaciones técnicas, como normativa general y específica en materia de seguridad y salud laboral. Los manuales de instrucciones analizados son los documentos que más información recogen sobre los elementos de protección y EPI recomendados para el uso de los equipos.**

El mecanismo de prevención preferible en todos los casos es el estructural, ya sea del propio equipo o de la instalación. Las radiaciones ópticas, en la mayoría de casos, se detienen fácilmente interponiendo elementos de protección, ya que su capacidad de penetración no es muy alta. En muchas situaciones estas barreras impiden el paso de la radiación IR o UV pero no de la radiación visible, por lo que no impiden trabajar con comodidad.

Habrá que valorar la percepción del riesgo y la incomodidad de los mecanismos de protección individual antes de tomar una decisión, ya que una baja percepción del riesgo unida a un EPI incomodo darán lugar a que este no se emplee.

En el caso de los equipos que emiten en visible e infrarrojo cercano, como pueden ser lámparas de iluminación en general o emisores infrarrojos de una estufa, tomando las medidas adecuadas no debería ser necesario usar equipos de protección. Basta ser consciente del peligro que acarrea un comportamiento inadecuado (mirar a una lámpara fijamente o acercarse demasiado a una estufa, por ejemplo).

En el capítulo 6 de la guía se recogen los distintos tipos de medios técnicos y EPI recomendados para la prevención y protección contra la exposición a este tipo de radiaciones.

- **Formación necesaria en prevención de riesgos laborales**

En todos los casos en los que el riesgo no se considere nulo se deberá garantizar que todos los trabajadores dispongan de formación específica sobre los efectos para la seguridad y salud de las radiaciones de los equipos que manipulan.



En el estudio se ha analizado la necesidad de formación específica para la manipulación de los equipos examinados. Ninguno de los dispositivos estudiados expone con claridad esta necesidad, por lo que ha sido evaluada cualitativamente por los técnicos de PRL que han analizado los equipos. Es importante señalar la posible necesidad de esta formación en el caso del personal que no manipula el equipo (auxiliares o ayudantes) pero que pueden verse expuestos a este tipo de radiación.



Según las características y peligrosidad de los equipos analizados en el estudio previo, se considera que el 72 % de los equipos requieren que el personal que los manipula cuente con formación específica de seguridad y salud laboral para su manejo.

- **Equipos sustitutivos**

En la mayoría de los casos analizados no se han encontrado equipos sustitutivos que puedan reducir el riesgo a un coste razonable. Hay que tener en cuenta que las radiaciones ópticas son muy fácilmente atenuables, a diferencia de las ondas de radio o radiaciones ionizantes, por ejemplo, por lo que suele ser más barato aplicar sistemas de apantallamiento o EPI, que sustituir el proceso completamente.

Muchos de los equipos estudiados cuentan con barreras estructurales que los hacen prácticamente inocuos para el trabajador.

- **Vigilancia de la salud e información científico-técnica de referencia**

Los trabajadores deberán ser objeto de un examen médico si se sospecha o si se sabe que han sido expuestos a radiaciones ópticas superiores a los VLE.

Para tener una información adecuada de cualquier equipo de trabajo siempre hay que tener en cuenta la amplia normativa vigente y las guías y recomendaciones disponibles. En el capítulo 8 se recoge normativa e información científico-técnica de referencia en relación a este tipo de radiaciones.

### 3. FACTORES ASOCIADOS A LOS EQUIPOS EMISORES DE RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES ANALIZADOS POR CATEGORÍA

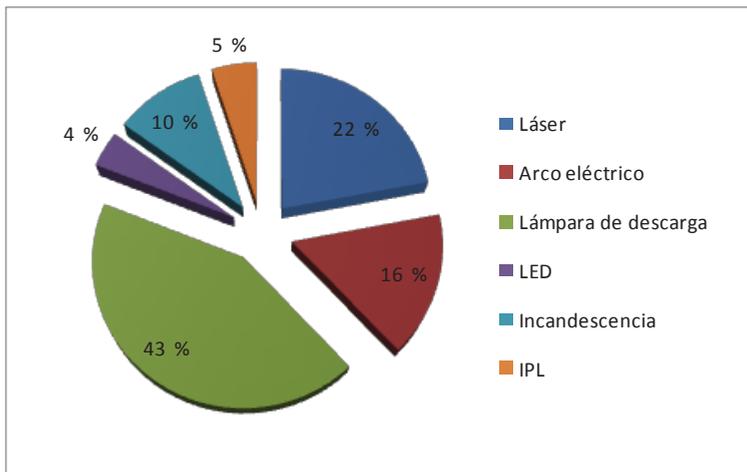
Entre los principales mecanismos o métodos de generación de la radiación, estos equipos pueden utilizar alguno de los siguientes:

- Lámparas de descarga.
- Láseres.
- Arco eléctrico.
- Incandescencia.
- LED.
- IPL.
- Etc.



Entre los equipos analizados en el estudio previo de trabajo, las lámparas de descarga es el método de generación de radiación predominante entre las fuentes estudiadas (43%), seguido del láser (22%) y el arco eléctrico (16%) (ver gráfica 4).

**Gráfica 4. Distribución porcentual de los equipos analizados en el estudio previo a la guía según el método de generación de la radiación**



Fuente: IDEARA, SL. fruto del estudio de investigación previo

Los equipos que emiten radiaciones ópticas artificiales con mayor aplicación en el ámbito laboral se pueden clasificar en:

- Equipos de iluminación.
- Equipos de soldadura y corte.
- Lámparas de descarga UV.

- Equipos láser con aplicaciones en industria.
- Equipos láser y otros equipos empleados en tratamientos médico-estéticos y para aplicaciones científicas y de investigación.
- Hornos usados en fundiciones o en la industria de acero, aluminio y vidrio.
- Emisores de infrarrojos.

A continuación se realiza una descripción de los principales factores asociados a la categoría de equipos analizados en el estudio previo en el que se fundamenta principalmente los contenidos de esta guía. Estos factores fueron examinados en función de los aspectos que el art. 6 el RD 486/2010, de 23 de abril aconseja tener en cuenta en la evaluación de los riesgos derivados de la exposición a estas fuentes de radiación (ver capítulo 2.3.).

Los equipos emisores de radiaciones ópticas representan un abanico muy amplio. En esta guía se representa solo una pequeña muestra de los mismos, a modo de contextualización de este tipo de fuentes. Abarcar cada uno de los equipos existentes en el mercado requiere un estudio más profundo y exhaustivo de cada categoría y no constituye el objetivo de este documento.

### 3.1. EQUIPOS DE ILUMINACIÓN



Lámpara de quirófano



Lámpara de iluminación exterior general

En esta categoría se incluyen los equipos destinados a iluminación o alumbrado en general de oficinas, naves, espacios comerciales, hospitales, etc. Estos equipos se dividen fundamentalmente en tres tipos:

- *Lámparas de incandescencia:* Su método de generación de radiación se basa en un filamento, habitualmente de tungsteno, que se calienta al hacer pasar por él una corriente eléctrica. Las altas temperaturas alcanzadas hacen necesario introducir el filamento en una ampolla en la que se ha hecho el vacío o se ha introducido una atmósfera neutra. Es el filamento incandescente el que emite la radiación. Solo el 15% de la energía consumida se convierte en radiación visible, el 60% se convierte en radiación IR y UV

(la porción de UV es mínima) y el 25% se convierte en calor (pero no en radiación).

Dentro de este tipo de lámparas encontramos las lámparas halógenas, que emplean un gas halógeno (como yodo o bromo) para aumentar la temperatura del filamento, sin quemarlo, y mejorar el rendimiento energético.

Hay una tendencia a abandonar las lámparas de incandescencia por ser poco eficientes energéticamente.

- *Lámparas de descarga:* Estas lámparas consisten en dos electrodos que producen una descarga eléctrica en una ampolla llena de un gas. Usualmente es mercurio, pero a veces también sodio u otros gases. La descarga sobre dicho gas emite radiación UV. Este proceso se realiza en la ampolla de gas que estará recubierta, por su cara interior, de un material fluorescente que convertirá la radiación UV en visible, y en menor medida en IR. La ampolla de vidrio deberá ofrecer protección para que la fracción de radiación UV sea mínima.

Los tubos fluorescentes y las bombillas de bajo consumo entran dentro de este grupo.



Lámparas de descarga

Las lámparas de vapor de sodio no necesitan un elemento fluorescente, ya que emiten directamente luz visible (roja amarillenta) y se emplean en luminarias públicas.

- *Lámparas LED:* Son dispositivos emisores de luz basados en semiconductores. Se construye una “unión PN” que convierte energía eléctrica en luz de una determinada longitud de onda (color) aunque dicha luz no es coherente. Con el descubrimiento o invención de los LED azules a finales de los años 90, se pudieron crear lámparas blancas de alta eficiencia (LED azul recubierto de varias capas de fósforo). Suelen aplicarse a dispositivos de baja potencia óptica por su bajo consumo o a lámparas de alta intensidad, tanto en el campo de la iluminación ambiente como en dispositivos de uso personal y doméstico como el smartphone, pantallas de ordenador, electrodomésticos, etc.

Los casos de lámparas de alta intensidad, como luminarias públicas o iluminación de grandes recintos, pueden no ser inocuas pero no se prevé que alguna persona pueda estar en su proximidad durante largos períodos de exposición cuando están encendidas.

El principal problema que plantean las LED que emiten luz blanca radica en su alto contenido de radiaciones en la banda del azul, que son dañinas para los ojos, tal y como se recoge en el estudio “Daño ocular causado por dispositivos LED” realizado por varios investigadores en 2012 (ver bibliografía).

Según esta investigación, la exposición a luz LED durante ciclos de luz/oscuridad (12 horas/12 horas), sobre todo las bandas de luz de menores longitudes de onda, produce daños en células del epitelio pigmentario de la retina.

Según otros autores, un LED azul con una intensidad superior a 15 W pertenece al grupo de riesgo 3, en función de la clasificación establecida en la norma “UNE-EN 62471:2009. Seguridad fotobiológica de lámparas y de los aparatos que utilizan lámparas”<sup>1</sup>, y si la intensidad de la luz es 0,07 W pertenece al grupo 1. Mientras, las fuentes de iluminación LED de uso cotidiano para público general están clasificadas como grupo de riesgo 2 (las fuentes de iluminación convencionales pertenecen al grupo 0 o 1).

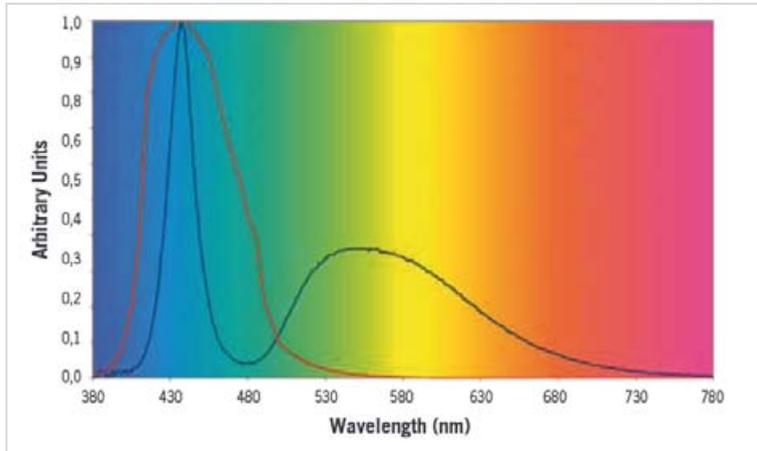
Como se recoge en la ilustración 2, la curva azul representa el espectro de emisión típica de un diodo LED blanco. El pico azul alcanza su valor máximo a aproximadamente 435 nm y corresponde a la luz primaria generada por el LED. El segundo pico alcanza un valor máximo a 550 nm (color amarillo) y es la luz secundaria emitida por luminóforos excitados por la luz azul (fluorescente). La combinación directa de la luz azul y la luz secundaria amarillo/rojo produce el color blanco. La curva roja es un gráfico de la función de fototoxicidad retiniana a la luz azul. Se alcanza un valor máximo en longitudes de onda correspondiente al pico de luz azul emitida por los LED.

---

<sup>1</sup> La norma UNE-EN 62471 clasifica las fuentes de iluminación según el riesgo fototóxico (en el espectro óptico) y de acuerdo al máximo tiempo de exposición permitido, en cuatro grupos de riesgo:

- Riesgo 0 (sin riesgo). Cuando el límite máximo de exposición es superior a 10.000 segundos.
- Riesgo 1 (bajo riesgo). Cuando el límite máximo de exposición está entre 100 y 10.000 segundos.
- Riesgo 2 (riesgo moderado). Cuando el límite máximo de exposición está entre 0,25 y 100 segundos.
- Riesgo 3 (alto riesgo). Cuando el límite máximo de exposición es menor a 0,25 segundos.

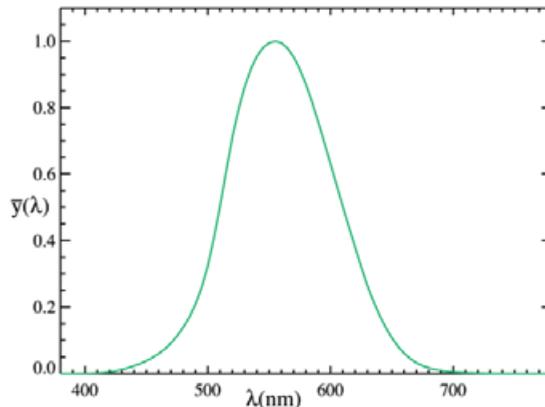
Ilustración 2. Espectro de emisión de un LED blanco



Fuente: "Light Emitting Diodes (LEDs) and the Blue Light Risk". Martinsons, C. (2013)

En el contexto de la radiación óptica, para iluminación no se emplean las unidades de irradiancia habituales  $W/m^2$ . En este caso se emplea el flujo luminoso (lumen lm) y la iluminancia (cuya unidad es el lux que equivale a  $1 \text{ lm}/m^2$ ). Estas magnitudes miden la potencia luminosa ponderando cada longitud de onda por la curva de sensibilidad del ojo (función de luminosidad). Así dos fuentes ópticas de la misma intensidad (en W) se percibirán distintas por el ojo (por lo tanto tendrán distinta iluminancia lux) en función de su color.

Gráfica 3. Respuesta de un ojo humano tipo a la luz, según estandarización de la CIE en 1924



Es importante destacar que las bandas espectrales que suponen mayor riesgo para el ojo humano, este no presenta tanta sensibilidad a ellas.

El color de las lámparas de iluminación se suele dar en la forma de temperatura de color. Este concepto se refiere al color que mostraría un objeto incandescente a esa temperatura (siendo esta siempre en el entorno de los miles de grados).



En el estudio previo de trabajo a esta guía se han analizado 23 equipos destinados a iluminación. Todas las lámparas estudiadas disponen de una completa información técnica relativa a los parámetros descritos anteriormente (iluminancia, temperatura de color, etc).

**Nota:** En esta guía se representa una pequeña muestra de los dispositivos existentes en el campo de la iluminación. Este ámbito es muy amplio y sus efectos sobre la salud de las personas de todos los tipos de dispositivos que existen en el mercado requieren un estudio más extenso y riguroso que deja abiertas futuras propuestas.

#### Nivel, intervalo y duración:

Las lámparas de iluminación emitirán (por definición) en el rango visible. Cualquier emisión en el rango UV deberá ser despreciable frente a la radiación visible emitida. En algunos casos (lámparas de incandescencia) la irradiancia debida a radiación IR puede ser incluso mayor que la debida a radiación visible pero ello no suele ser un elemento importante en la seguridad.

No es probable que un trabajador desarrolle su trabajo en un ambiente en el que la cantidad de luz (como iluminación) sea excesiva, salvo en el caso de personal de mantenimiento que no debería manipular las luminarias cuando estas se hallan encendidas, al contrario sí que es previsible que en algunos casos la iluminación sea insuficiente.

La iluminación se considerará que está encendida durante la jornada laboral completa.

#### Límites de exposición:

No se prevén límites de exposición a luz destinada a iluminación. Mucho antes de resultar perjudiciales dichas fuentes de luz resultarán molestas, por lo que deberían ser reducidas.

La iluminación se deberá adaptar de forma que sea suficiente (no excesiva) y que no produzca brillos ni destellos peligrosos.

#### Efectos para la salud:

Una fuente de luz muy intensa podría dar lugar a daños oculares y/o quemaduras.

Las condiciones inadecuadas de iluminación podrán además producir fatiga o dificultad para concentrarse. El experto en prevención de riesgos laborales deberá evaluar la ergonomía de los puestos de trabajo.

Todos los trabajadores están en mayor o menor medida expuestos a esta fuente.

Interacción con sustancias fotosensibilizantes:

Aunque no se considera probable, sí que es posible que algunos medicamentos o sustancias produzcan fenómenos de fototoxia o fotoalergia. Se consultarán las especificaciones de los productos empleados y se tendrá en cuenta el consejo del profesional facultativo.

Otros peligros y efectos indirectos:

Prácticamente todas las fuentes de iluminación son eléctricas por lo que el riesgo eléctrico estará presente en todas ellas, especialmente teniendo en cuenta que estarán encendidas (y no vigiladas) por largos periodos de tiempo.

Entre los riesgos indirectos habrá que considerar los de la iluminación inadecuada: luz insuficiente, parpadeos, brillos o reflejos, ruidos (con frecuencia asociados a los “tubos fluorescentes”), etc.

Las lámparas están fabricadas con elementos tóxicos por lo que se recomienda desecharlas en un punto limpio y no emplear el aspirador en caso de rotura.

Exposición múltiple:

Aun cuando (prácticamente) todos los trabajadores estén expuestos a múltiples fuentes de este tipo, no se espera que se produzcan interacciones o sinergias entre las distintas fuentes.

Equipos sustitutos:

Cuando las condiciones de iluminación no sean óptimas (o energéticamente eficientes) se podrán tener en cuenta otras opciones de iluminación, probablemente de este mismo grupo.

Vigilancia de la salud:

Durante las revisiones periódicas, el médico de trabajo deberá prestar atención especial a este punto y prever, cuando sea posible, los efectos fotosensibilizadores.

Información y normativa

La norma internacional IEC 60598-1 de la Comisión Internacional de Iluminación da los test y requerimientos generales de las luminarias. También hay que tener en cuenta toda la normativa vigente sobre radiaciones ópticas artificiales (ver capítulo 8)

Formación:

Estos dispositivos pueden ser empleados por personal que no cuenta con ninguna formación específica en la materia.

EPI:

No se consideran necesarios.

### 3.2. EQUIPOS DE SOLDADURA POR ARCO Y CORTE POR PLASMA

Se incluyen aquí los equipos que emplean un arco eléctrico para producir altas temperaturas que luego se emplean para realizar soldaduras o cortes. No solo el propio arco eléctrico emite radiación, sino que las altas temperaturas alcanzadas emiten radiación por incandescencia del material soldado.

Con frecuencia se generan gases y humos que pueden ser tóxicos.



*Soldadura de corte*



**En el estudio previo de trabajo a esta guía se han analizado 17 equipos en esta categoría: 15 de soldadura de arco y 2 de corte por plasma.**

La elección para el estudio previo a la guía de estos equipos ha sido porque en el campo de la soldadura industrial, la soldadura eléctrica manual al arco es bastante utilizada, tal y como recoge la “NTP 494. Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad” del INSHT.

Esta elección ha dejado fuera de esta guía a otras categorías de dispositivos de soldadura y corte muy utilizados por los profesionales de este ámbito, como por ejemplo la soldadura oxiacetilénica y oxicorte, que aprovecha el gran poder calorífico de la llama obtenida con oxígeno y acetileno. En estos equipos el riesgo principal es también el asociado al empleo de gases inflamables y la generación de vapores tóxicos, además del riesgo óptico. Las medidas de prevención y EPI asociados a este tipo de equipos de soldadura vienen recogidas en la “NTP 495. Soldadura oxiacetilénica y oxicorte: normas de seguridad”.

*Nivel, intervalo y duración:*

Este grupo de equipos producen radiaciones en todo el rango de radiaciones ópticas: UV, visible e IR. Son radiaciones muy intensas y concentradas en puntos muy pequeños. Suelen producirse a intervalos breves que se repiten dando lugar a duraciones muy amplias al final de la jornada de trabajo.

No es simple realizar cálculos de la irradiancia por la gran variedad de aplicaciones de soldadura. Un mismo equipo puede trabajar en distintas condiciones, lo que dará lugar a distintos niveles de irradiación.

Límites de exposición:

La NTP 494 del INSHT realiza un estudio de los límites de exposición para las distintas técnicas. Dichos límites, para el caso de los ojos, van desde 0,5 hasta pocos segundos. Esto evidencia que no es aceptable trabajar sin mecanismos de protección ocular. La misma nota técnica ayuda a la elección de filtros de protección. La protección debe escogerse de forma que no exista riesgo por sobreexposición, es decir, que el límite sea superior a la jornada laboral completa.

Efectos para la salud:

Las radiaciones emitidas por estos equipos pueden causar daños en ojos y quemaduras en la piel. Habrá de prestarse especial atención a la protección ocular. Las lesiones ópticas pueden manifestarse con cierto retraso, cuando ya se han producido.

Interacción con sustancias fotosensibilizantes:

Dado que la intensidad de la radiación es tan alta y existe riesgo de chispas, no se debería permitir la exposición directa de la piel ni mucho menos de los ojos. Por este motivo no se debería producir interacción entre la radiación y sustancias fotosensibilizantes.

Otros peligros y efectos indirectos:

Además del peligro asociado directamente a las radiaciones ópticas en estos equipos, se añaden otros riesgos:

- Riesgo eléctrico: estos equipos tienen alta potencia eléctrica (aprox. entre 2 – 15 kW) y alta intensidad, por lo que son potencialmente peligrosos.
- Gases y vapores tóxicos: es habitual el uso de gases que afectan a la calidad de la soldadura o conforman el plasma. Además se producirán vapores de metales pesados (muy tóxicos). Se debe garantizar una ventilación adecuada.
- Riesgo de chispas o esquirlas: Durante el proceso se pueden producir chispas o esquirlas incandescentes que pueden llegar a producir un incendio.
- Se evitará la presencia de sustancias inflamables en la proximidad.

Exposición múltiple:

Es muy probable que se realicen labores de soldadura cerca de otras actividades que impliquen la exposición a radiaciones, ya sean de otras soldaduras u otras actividades, como secado-curado de pinturas, etc.

Dado que estas radiaciones se atenúan con la distancia, el mayor riesgo se producirá en personas que observen la soldadura sin emplear la protección ocular adecuada.

### Equipos sustitutivos:

Esta categoría de equipos tienen una amplia implantación en la industria y no hay una alternativa, en general, que disminuya los riesgos. Más simple que sustituir el equipo suele ser el aplicar todas las medidas de seguridad, con lo que el riesgo queda reducido hasta niveles aceptables.

### Vigilancia de la salud:

En la vigilancia de la salud periódica el especialista en salud laboral deberá prestar atención a la presencia de quemaduras y muy especialmente deberá revisar la visión del trabajador. La exposición no aguda a radiación puede producir un progresivo deterioro de la visión que pasa inadvertida al trabajador hasta que es demasiado tarde.

### Información y normativa:

Dado lo extendido de esta técnica, hay un amplio cuerpo de normas que se deben cumplir. Los fabricantes de los equipos recogen las normativas aplicables centrándose en las que afectan a la producción del equipo (marcado CE). La normativa aplicable va desde la general, que afecta a los equipos que emiten radiaciones ópticas artificiales, a la normativa específica sobre soldadura (ver capítulo 8).

### Formación:

Esta categoría de equipos necesita un nivel de formación mínimo para poder emplearlos. Se deberá garantizar que esta formación cubre los aspectos de prevención de riesgos laborales.

Es aconsejable que no solo el trabajador encargado cuente con la formación, sino que esta se extienda a todos los trabajadores que desempeñan sus funciones en dicha área (incluyendo a personal en formación práctica o ayudantes).

### EPI:

Es absolutamente imprescindible el empleo de equipos de protección individual.

- *Protección ocular:* Se emplearán pantallas o gafas que ofrezcan protección suficiente para la aplicación concreta. La NTP 494 del INSHT recoge datos sobre la elección de filtros ópticos en función de la aplicación. No se debe sobredimensionar la protección, ya que dificultaría la observación del proceso a realizar, con el riesgo de que este no se realice en condiciones de seguridad o se realice sin protección.

Serán preferibles las pantallas, ya que ofrecen protección al resto de la cara (frente a radiaciones o chispas). Aunque no es factible que se emplee un soldador de arco sin protección, si es posible que un ayudante u otro

operario no la tenga. Todo el personal presente deberá usar protección ocular.

- *Protección de la piel:* Se empleará ropa que cubra toda la piel (que no sea inflamable) incluyendo guantes y botas adecuadas. Se deberá proteger la cara mediante una pantalla o casco de soldadura.
- *Protección del resto del personal:* Se emplearán pantallas para acotar la zona de soldadura (estas no deben impedir la correcta ventilación de la zona). Además se deberá señalar con un cartel: "PELIGRO ZONA DE SOLDADURA".

### 3.3. LÁMPARAS DE DESCARGA UV

Las lámparas de descarga UV son lámparas similares a las lámparas de descarga usadas en iluminación (descarga en vapor de mercurio, deuterio, kriptón y xenón) pero sin el elemento fluorescente que transforma la radiación ultravioleta en visible.

Estas lámparas abarcan todo el rango del espectro UV.



Lámpara de Xenón

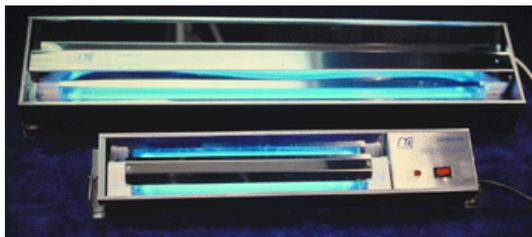
Las aplicaciones de este tipo de lámparas son muy diversas como son:

- Desinfección (aguas, instrumentos de corte, etc.)
- Trampa para insectos.
- Terapia (tratamientos medico estéticos, ictericia en neonatos,...).
- Procesos fotoquímicos y oxidación.

Bajo el último epígrafe se encuentran un amplio rango de procesos industriales (como p.ej. curados, secado de tintas...), en los que la radiación aporta la energía suficiente para permitir que se desarrolle una reacción química.



Lámpara para curado



Lámpara germicida



En el estudio previo de trabajo a esta guía se han analizado 22 lámparas en esta categoría.

El 27% de las lámparas estudiadas forman parte de equipos completos (equipos íntegros), mientras que el 73% restante son lámparas que se integran dentro de otro equipo. En muchos casos estas lámparas se dotarán de medidas de seguridad que las harán más seguras de lo que indica esta guía, puesto que se ha analizado la lámpara aisladamente.

#### Límites de exposición:

Para el cálculo de los límites de exposición será necesario tomar la potencia óptica de las especificaciones de la lámpara (en W) y dividir las por la superficie irradiada para obtener la irradiancia ( $W/m^2$ ). Habrá que multiplicar la irradiancia por la función de ponderación espectral  $S(\lambda)$  para tener en cuenta el distinto daño producido por la distintas longitudes de onda.

La NTP 903 del INSHT contiene explicaciones detalladas de cómo realizar los cálculos y los límites a considerar (extraídos del RD 486/2010, de 23 de abril, que traspone la norma europea). Dichos límites para una jornada laboral son:

$H_{\text{eff}} = 30 \text{ J/m}^2$  cuando se considera la ponderación espectral o

$H_{\text{uva}} = 10000 \text{ J/m}^2$  cuando no se considera la ponderación espectral y nos encontramos en el rango de UV cercano (UVA).

Estos límites son tales que no se deberían producir daños de ningún tipo, salvo sensibilidad específica de un individuo (endógena o inducida).

En los casos en los que la lámpara forma parte de un equipo, o bien la lámpara no es accesible o el acceso se realizará solo para labores de mantenimiento (cuando deberá estar apagado), no será necesario realizar cálculos de irradiancia.

Las lámparas estudiadas arrojan unos límites de exposición (tras realizar los cálculos descritos) que van desde los pocos segundos hasta tiempos tan largos que las hacen inocuas, suponiendo en todos los casos que el trabajador se encontrará a 1 m. Un análisis real deberá tener en cuenta la distancia a la que el trabajador se encuentra efectivamente.

Los tiempos límite obtenidos de las lámparas de desinfección (7 lámparas) son muy diversos dependiendo de la potencia de radiación de las lámparas. Las lámparas de desinfección suponen un riesgo en todos los casos, salvo que no sean accesibles, ya que si tienen potencia suficiente para realizar la desinfección también la tienen para causar daños. Se deberá intentar que no haya trabajadores presentes durante la desinfección.

Las lámparas para terapia analizadas (3) ofrecen tiempos límite de varias horas diarias (hasta prácticamente inocuas para el caso de la lámpara de neonatos). En las lámparas de reprografía (2) se obtienen tiempos límite de 1 a 4 h, dependiendo de la potencia óptica.

La trampa para insectos estudiada cuenta con una lámpara de UV de tan baja potencia que no es previsible que se puedan superar los límites de exposición. Además, un uso razonable implica no mirar a la lámpara directamente ni permanecer cerca de ella.

Para el caso de las lámparas misceláneas examinadas (9), 7 de ellas son lámparas de propósito general que emiten radiación UV y sus tiempos límite (sin protección) van de pocos segundos a toda la jornada laboral.

Si un trabajador se encuentra a una distancia cualquiera recibirá una cierta exposición. Si dicha distancia se reduce a la mitad dicha exposición se multiplicará por cuatro, según la ley del cuadrado de la distancia. A mayor distancia mayor tiempo de exposición límite.

#### Efectos para la salud:

La exposición a radiaciones UV puede producir fotoqueratitis, conjuntivitis, quemaduras en la retina, cataratas, eritema y en último caso, cáncer de piel.

#### Interacción con sustancias fotosensibilizantes:

Es previsible, sobre todo en los casos en los que los límites de exposición son más bajos, que se produzcan fenómenos de interacción entre la radiación UV y sustancias químicas o fotosensibilizadoras (tanto las que provienen del ámbito profesional como personal), como se recoge en el capítulo 4.5.

#### Otros peligros y efectos indirectos:

Estos equipos contienen materiales tóxicos, mayormente vapores de metales pesados, que deberán ser desechados en el punto limpio.

Muchas de estas lámparas son dispositivos de baja potencia que no ofrecen gran riesgo eléctrico.

#### Exposición múltiple:

Se deberá prestar atención a las distintas fuentes para evitar que un mismo trabajador este expuesto a muchas de ellas, dando lugar a una exposición acumulada que supere los límites.

#### Equipos sustitutos:

Las protecciones frente a radiaciones UV son simples y baratas, por lo que en general no será necesario buscar procesos sustitutos.

En el caso de procesos fotoquímicos no es probable encontrar un proceso sustitutivo que disminuya el riesgo, ya que la radiación UV es una forma muy eficiente de entregar la energía que permita la reacción química. Un proceso sustitutivo probablemente empleara más energía y constituyera un riesgo mayor.

Las aplicaciones germicidas son fácilmente sustituibles por otros procesos pero la aplicación de estos no tiene por qué ser factible. Más simple y barato suele ser sustituir el dispositivo germicida abierto por otro cerrado (que ofrezca blindaje completo) empleando también radiación UV. Muchas de las lámparas analizadas en el estudio previo se pueden incorporar en dispositivos de este tipo.

Las lámparas de terapia ofrecen un buen resultado clínico con un riesgo muy pequeño. La medicina es un campo muy conservador, por lo que no se prevén equipos sustitutivos.

Las trampas para insectos serían fácilmente sustituibles pero su riesgo es mínimo cuando se emplean adecuadamente.

#### Vigilancia de la salud:

En la revisión del médico especialista en el trabajo se prestará atención a la vista y a los signos de exposición crónica de la piel: eritema, bronceado y envejecimiento prematuro de la piel. En caso de encontrarse dichos efectos se deberá tomar las medidas oportunas.

#### Información y normativa:

La normativa aplicable es toda aquella que afecta a los equipos que emiten radiaciones ópticas artificiales (ver capítulo 8 de esta guía).

#### Formación:

Dado el simple manejo de estos equipos es probable que quien los utilice no cuente con ninguna formación específica para su uso.

Sin embargo, las lámparas de reprografía y otras aplicaciones fotoquímicas exigen un mínimo conocimiento de los procesos, por lo que el responsable de ellos deberá conocerlos para poder verificar las condiciones de seguridad.

#### EPI y protección:

Muchos de los equipos estudiados formarán parte de otros más complejos. Cuando sea posible se incorporarán mamparas o filtros que hagan que la radiación se interrumpa cuando se accede a su interior.

En todos los casos se recomienda el empleo de gafas cuando exista el más mínimo riesgo de exposición ocular. Dado que la radiación UV no se puede ver, el filtrarla no debería suponer ningún impedimento para el trabajador.

En el caso en el que la exposición de la piel pueda superar los límites, se recomienda el empleo de ropa de protección. Si los equipos tienen baja potencia de radiación, no exponer la piel desnuda será medida de protección suficiente. Cuando sea imprescindible la exposición de la piel desnuda se aplicarán cremas de protección (cremas solares) adecuadas.

### 3.4. EQUIPOS DE LÁSER INDUSTRIAL



Láser de soldadura

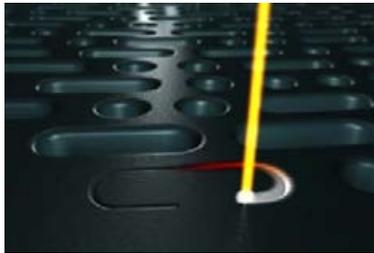
En este apartado se describen los equipos láser con aplicaciones industriales.

Los equipos de producción o amplificación láser son equipos capaces de producir radiación coherente por el método de amplificación estimulada. Su principal característica es que su radiación es coherente (“no se abre”), así su potencia óptica no se atenúa con el cuadrado de la distancia como hace la radiación incoherente.

En muchos casos cuentan con elementos ópticos que hacen que toda la potencia de radiación se concentre en un pequeño punto (spot) donde la densidad de potencia ( $W/m^2$ ) sea enorme. Un láser de 1 W con un spot de  $1\text{ mm}^2$  tendrá una potencia óptica de  $1\text{ MW}/m^2$ .

Esta capacidad para concentrar la energía óptica hace que los láseres industriales se empleen en corte, soldadura, marcado... sobre todo en metales y piedra.

Un dispositivo láser industrial es siempre peligroso para la vista y casi siempre lo es para la piel. Sus dispositivos de seguridad hacen que en muchos casos no se permita el acceso directo al haz, por lo que su peligrosidad no se estima por su potencia de radiación si no por su límite de exposición accesible (LEA) (ver clasificación de los láseres en capítulo 5.4.).



Láser de marcado



Láser de soldadura de precisión



En el estudio previo de trabajo a esta guía se han analizado 18 equipos en esta categoría.

#### Nivel, intervalo y duración:

De los 18 láseres estudiados, 16 emiten en el rango infrarrojo, 2 en el visible y 1 puede trabajar en los rangos visible, infrarrojo y ultravioleta.

Las potencias ópticas de los equipos analizados van de unos pocos vatios (11 equipos < 50W) a los 8 KW. Nótese que si se concentra un haz de 8 KW en 1 mm<sup>2</sup> se obtendrá una intensidad de 8 GW/m<sup>2</sup>.

11 equipos estudiados emiten radiación continua, mientras que los 7 restantes emiten pulsos cuya duración es del orden de ns, ps o fs.

Existen muchas aplicaciones industriales que se aprovechan de la alta potencia de radiación instantánea derivada de los equipos de pulsos ultracortos (femtosegundo), por lo que es previsible que su uso aumente en el futuro.

Se puede predecir que todos los equipos estudiados se encuentran en las categorías 3B (los 11 de menor potencia óptica) y categoría 4. La clasificación de los láseres no siempre se encuentra detallada en las especificaciones técnicas. Esto es debido a que la clasificación suele cambiar cuando se instalan con pantallas y blindajes estructurales.

#### Límites de exposición:

Todos los láseres estudiados tienen potencias de radiación que hacen que el límite de exposición efectivo sea cero para la vista. Los mecanismos de aversión no son muy útiles en el caso de los láseres, ya que los daños son casi instantáneos. Para los láseres no visibles (16 analizados) dichos mecanismos ni siquiera existen.

Para la piel, la radiación dispersa no será peligrosa, pues está muy atenuada.

#### Efectos para la salud:

El haz directo causará quemaduras irreversibles en la retina y lesiones en cornea y cristalino (cataratas).

El haz disperso puede causar los mismos efectos en el caso de una exposición crónica a radiación dispersa, por eso es necesaria la protección ocular (ver EPI en capítulo 6.2).

En el caso de la piel, el haz directo causará desde quemaduras (para los equipos de menor potencia óptica) hasta amputaciones. Destacar que el haz corta y cauteriza los vasos.

#### Interacción con sustancias fotosensibilizantes:

No es previsible que haya interacción con sustancias fotosensibilizantes, ya que la radiación directa no es aceptable y la radiación dispersa debería estar muy atenuada.

#### Otros peligros y efectos indirectos:

Los equipos de mayor potencia de radiación tienen efectos indirectos, como pueden ser los incendios (clase 4).

Se evitará que haya sustancias inflamables en la proximidad de equipos de alta potencia eléctrica que puedan calentarse por efecto de la radiación óptica o de su propio funcionamiento eléctrico.

Exposición múltiple:

El técnico de PRL deberá hacer una estimación de la interacción entre las distintas fuentes de radiación cuando la exposición no sea efectivamente nula.

Equipos sustitutos:

Si se siguen las medidas de seguridad adecuadas los láseres son equipos “razonablemente” seguros. Dado lo concentrado de su energía, las alternativas probablemente requirieran procesos más peligrosos.

Vigilancia de la salud:

La exposición directa a la radiación láser casi siempre será evidente por sí misma. Se deberá prestar atención a los daños ópticos por radiación difusa.

Información y normativa:

La normativa aplicable es toda aquella que afecta a los equipos que emiten radiaciones ópticas artificiales, así como la específica para láseres (ver capítulo 8 de esta guía).

Formación:

Todo el personal que debe manipular radiaciones láser debe tener una formación específica al respecto. Se deberá exigir no solo formación en el uso del equipo, sino también en seguridad relativa a este tipo de radiaciones.

EPI y protecciones:

Dada la alta intensidad de la radiación, en general no será posible el empleo de EPI que protejan frente a la radiación directa. Por este motivo se introducirán las barreras y pantallas estructurales que impidan el acceso al haz directo. Se deberán introducir bloqueos que impidan el funcionamiento cuando las seguridades se hayan retirado.

Los equipos de alta potencia óptica cuentan con un láser piloto de muy baja potencia de radiación, aproximadamente 1 mW, de color rojo o verde (este último es más caro pero es preferible pues se dispersa en el aire permitiendo una mejor visualización) para señalar el haz de potencia.

Se exigirá siempre una protección ocular adecuada frente a radiación dispersa (reflejos). Esta protección no deberá apantallar en exceso la luz visible para conseguir que no se abra la pupila, lo que aumentaría el riesgo por radiación IR. Por el mismo motivo se deberá trabajar en ambientes bien iluminados.

### 3.4. EQUIPOS PARA APLICACIÓN MÉDICO-ESTÉTICA

En esta categoría se han analizado 12 equipos que se emplean para tratamientos médico-estéticos.

Se trata de fuentes de alta intensidad basadas en tecnología láser, IPL (flash), descarga de Xe o técnicas combinadas, como por ejemplo, IPL y láser. Se emplean para distintas aplicaciones, como fotodepilación, eliminación de manchas y tatuajes, eliminación de varices, rejuvenecimiento capilar, rejuvenecimiento de la piel, eliminación de arrugas, eliminación de acné, etc.



Láseres de aplicación estética

El procedimiento consiste en una fuente de luz tan intensa que puede eliminar los folículos pilosos, los pigmentos de la piel, etc. Es decir, que muchas de sus aplicaciones son potencialmente dañinas (por definición).



En el estudio previo se han analizado 12 equipos que se emplean para tratamientos médico-estéticos. Se han examinado equipos basados en tecnología láser (4), descarga de Xe (2), IPL (flash) (5) o técnicas combinadas ((IPL y láser) (1).

#### Nivel, intervalo y duración:

8 de los equipos estudiados emiten luz visible, mientras que el resto emiten luz infrarroja, aunque la mayoría cuentan con un amplio espectro que excede del rango principal.

Su funcionamiento se basa en pulsos de corta duración y alcanzan altas intensidades (desde 0,1 MW – 36 MW/m<sup>2</sup>).

Por su diseño se encuentran focalizados en un punto muy próximo a la fuente de luz, por lo que su intensidad disminuirá rápidamente cuando nos alejamos del aplicador (incluso al tratarse de láseres).

#### Límites de exposición:

Estos equipos están diseñados para actuar en la piel para conseguir el efecto deseado. No es previsible que se apliquen sobre la piel, ni mucho menos sobre

los ojos, de otra persona que no sea el paciente o usuario. Se considerará que una exposición de este tipo no sería accidental sino deliberada.

Efectos para la salud:

Una exposición directa causaría daños irreversibles en los ojos.

Para la piel el daño no será mayor que el producido sobre la piel del paciente o usuario. Una exposición prolongada o crónica producirá quemaduras.

Interacción con sustancias fotosensibilizantes:

Los tratamientos médico-estéticos a los que se dedican estos equipos con frecuencia emplean cremas o sustancias fotosensibilizantes para potenciar sus efectos. El trabajador deberá prestar gran atención a estas sustancias y evitar que entren en contacto con su piel.

Otros peligros y efectos indirectos:

Al ser equipos cerrados y con una aplicación muy concreta no se espera ningún tipo de peligro o efecto indirecto más allá de los derivados de su instalación eléctrica.

Exposición múltiple:

Se prestará atención a posibles exposiciones a otros dispositivos, por ejemplo, cabinas de bronceado por UV.

Equipos sustitutos:

Estos equipos son seguros si se respetan sus condiciones de funcionamiento, por lo que no sugieren equipos sustitutos.

Vigilancia de la salud:

La única consideración para la salud será observar o revisar la visión de los trabajadores expuestos a radiación dispersa.

Información y normativa:

La normativa aplicable es toda aquella que afecta a los equipos que emiten radiaciones ópticas artificiales, así como la específica para láseres (ver capítulo 8 de esta guía).

Formación:

Sería deseable que todos los trabajadores que manipulan este tipo de dispositivos tuvieran una formación específica al respecto. En muchos casos esto no será así, con lo que no solo asume riesgos el trabajador sino también el paciente o usuario.

EPI:

El mayor riesgo a considerar es la radiación dispersa, por lo que siempre se deberá utilizar la protección ocular recomendada por el fabricante.

En el caso de la piel se deberá trabajar con guantes que protejan de la radiación pero sobre todo que protejan frente a sustancias fotosensibilizantes (además de por razones de higiene).

### 3.6. HORNOS

Los hornos y las masas incandescentes asociadas a ellos son la principal fuente de exposición a radiaciones infrarrojas de gran potencia óptica.



En el estudio previo se han analizado 7 hornos, cuyas potencias nominales van desde los 3,6 hasta los 300 kW.

Los mecanismos por los que generan el calor los equipos estudiados son quemadores de gas o eléctricos. En un caso de los hornos analizados, éste puede funcionar con energía eléctrica o gas.

Los objetos incandescentes emiten radiación siguiendo la ley del cuerpo negro, por lo que la longitud de onda a la que la intensidad de la radiación es mayor es:

$$\lambda_{\max} \text{ (nm)} = 2,898 \cdot 10^6 / T \text{ (ley de Wien)}$$

En todos los hornos estudiados, el mayor riesgo se producirá por radiación infrarroja, ya que sus temperaturas son inferiores a los 3.000 K.



Horno de fusión



Horno de fundición

Nivel, intervalo y duración:

Los hornos estudiados emiten mayoritariamente en el rango IR, con una pequeña parte en el visible y una fracción despreciable en el UV. Permanecen encendidos por largos periodos de tiempo, ya que cuesta mucho encenderlos, pero es probable que la exposición a masas fundentes sea más breve.

Límites de exposición:

No es factible realizar cálculos realistas a partir de los datos teóricos extraídos de los manuales y especificaciones técnicas de los fabricantes, ya que existe una gran variedad de temperaturas, aplicaciones y distancias posibles. Una determinación exacta exigirá realizar medidas “in situ” de irradiancia.

Se recomienda implantar medidas de prevención que hagan imposible superar los límites de exposición.



Horno de fundición de vidrio

Un caso especial son los hornos utilizados por los vidrieros, cuya vista está especialmente comprometida. Estos profesionales no solo miran a masas de vidrio incandescente, sino que además deben concentrar la vista. Esto hace que la región de la retina expuesta sea siempre la misma, produciendo una elevada exposición acumulada. En muchos casos se realizan piezas con gran detalle que hacen que el trabajador esté muy próximo a la

masa de vidrio fundido y necesite una visión detallada (lo que hace que eviten el uso de EPI). El técnico de PRL deberá prestar atención a esta circunstancia. Dado lo amplio de las condiciones de trabajo posibles con este tipo de equipos (distancia, temperatura, volumen de la masa de vidrio incandescente, etc.) tampoco es factible realizar cálculos teóricos detallados. Se recomienda en todo caso el empleo de protección ocular siguiendo la norma UNE-EN 171: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el infrarrojo. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.

#### Efectos para la salud:

El principal efecto de las radiaciones IR de alta intensidad son las lesiones corneales, cataratas y quemaduras. No es probable que se puedan producir lesiones de este tipo y que pasen desapercibidas, por lo que cuando los EPI sean precisos esto no será discutible.

Las quemaduras en la piel, cuando se deben a exposiciones crónicas que no permiten su cicatrización, se pueden considerar lesiones pre-malignas, es decir, lesiones que pueden dar lugar a cáncer de piel.

#### Interacción con sustancias fotosensibilizantes:

Cuando la exposición sea muy intensa existirá la posibilidad de que las sustancias fotosensibilizantes produzcan reacciones que agraven la exposición.

#### Otros peligros y efectos indirectos:

El principal peligro será la masa u otros objetos incandescentes que pueden producir quemaduras.

También existirá riesgo de incendios, por lo que habrá de evitarse la presencia de sustancias inflamables.

Exposición múltiple:

Es previsible que un mismo trabajador se vea expuesto a otros hornos o fuentes de ultravioleta, lo que dará lugar a exposiciones combinadas cuyos efectos se deberán evaluar con precaución. Existe un límite para cada tipo de radiación pero no para exposiciones combinadas, por lo que en este caso habría que realizar aproximaciones que siempre serían conservadoras.

Equipos sustitutos:

No es probable que se puedan encontrar equipos que realicen la misma función sin radiación infrarroja. Solo la automatización del proceso, permitiendo que el operario se encuentre a mayor distancia, permitirá reducir el riesgo.

Vigilancia de la salud:

La vigilancia periódica de la salud se deberá centrar en evaluar la vista y en detectar quemaduras crónicas.

Información y normativa:

Es de aplicación toda la normativa vigente general para radiaciones ópticas artificiales y la particular de infrarrojo (ver capítulo 8).

Formación:

Estos equipos son de funcionamiento sencillo, por lo que es previsible que por lo menos algunos trabajadores no cuenten con formación específica.

EPI:

En todos los casos se deberá contar con protección ocular, que filtrará las radiaciones infrarrojas (sin limitar excesivamente la visión) y protegerá de las proyecciones incandescentes.

También se deberá ofrecer protección suficiente para no dejar que la piel desnuda se exponga a la radiación.

Esta protección no solo protegerá de la radiación sino que además protegerá de la posibilidad de la proyección de fragmentos incandescentes (o a gran temperatura).

### 3.7. EMISORES DE INFRARROJOS

En esta categoría se describen equipos de radiación IR producida por incandescencia. Su principio de funcionamiento es similar al de las lámparas incandescentes, aunque su filamento es mucho más grande y su temperatura es inferior (no se puede conseguir una temperatura de 2.000 grados sin una atmósfera protectora).



Emisor de IR para aplicaciones de calefacción



En el estudio previo se han analizado 2 equipos emisores de infrarrojos. Uno de ellos se dedica a calefacción y el otro se emplea en procesos en los que se busca calentar por medio de la radiación IR (p.ej. para secado o curado).

#### Nivel, intervalo y duración:

Estos son equipos de funcionamiento continuo de potencias que van desde los 1.500 W (para calefacción) hasta los 6.000 W por elemento en el caso de los procesos industriales, donde es de esperar que se usen varios elementos.

La radiación emitida es fundamentalmente IR, con un pequeño componente de visible, que es por lo que tienen un brillo rojizo.

Se espera que estos equipos estén en funcionamiento por largos periodos de tiempo, por lo que se considera que estarán encendidos durante toda la jornada.

#### Límites de exposición:

En el caso de una estufa no se espera que haya límites de exposición como tal, sino que más bien habrá una distancia mínima.

En el caso de irradiadores industriales habrá que realizar un cálculo de la potencia óptica por metro cuadrado. Esto se realizará dividiendo la potencia por  $2\pi d^2$  (donde  $d$  es la distancia). No se divide por  $4\pi$  ya que la instalación contará con un reflector que hará que la potencia óptica se divida entre la mitad del área, no por la totalidad.

Por último se deberá realizar una ponderación del distinto daño que producen las distintas longitudes de onda mediante la función  $R(\lambda)$ , la llamada función de *riesgo térmico*.

El tiempo límite de permanencia se calculará dividiendo el límite de irradiación entre la potencia óptica por  $m^2$ . Dicho límite tiene por objeto evitar quemaduras por exposiciones de corta duración ( $< 10$  s):  $H = 20000 \cdot t^{0,25}$  ( $J/m^2$ ).

Para lesiones oculares de larga duración el límite a aplicar será de  $100 \text{ W/m}^2$  (exposiciones de gran duración y alto ángulo subtendido), y de  $106 \text{ J/m}^2$  para exposiciones de duración inferior a 10.000 s (2h 45 mins).

Por ejemplo, para dos elementos de 6 KW cada uno el tiempo de permanencia máximo a 1 m será de 2 h (límite para la vista). No habrá límite efectivo para la piel a esa distancia.

#### Efectos para la salud:

La radiación IR puede producir lesiones en cristalino (cataratas) y quemaduras en la córnea. Estas lesiones pueden pasar desapercibidas en sus primeras fases.

En la piel se pueden producir quemaduras, que pueden ser lesiones crónicas que podrían llegar a ser premalignas. Dado que el efecto principal de la radiación IR es el calentamiento deberá prestarse atención a la capacidad del cuerpo para regular su propia temperatura.

#### Interacción con sustancias fotosensibilizantes:

La tolerancia de la piel (y el cuerpo) a sustancias fotosensibilizantes es muy alta pero puede verse afectada gravemente por sustancias fotosensibilizantes.

Otras sustancias o condiciones médicas del trabajador pueden alterar la capacidad de su cuerpo para sentir y regular su propia temperatura, pudiendo llegar a producir un golpe de calor.

#### Otros peligros y efectos indirectos:

Además de los evidentes riesgos eléctricos, estos equipos presentan un elevado riesgo de incendio.

#### Exposición múltiple:

El técnico de PRL buscará posibles exposiciones a otras fuentes, en especial radiaciones UV que podrían sensibilizar la piel y facilitar que se produzcan quemaduras.

#### Equipos sustitutos:

Los equipos que puedan sustituir este tipo de dispositivos previsiblemente presentarán riesgos similares a los presentados por estos.

#### Vigilancia de la salud:

Se deberá prestar especial atención a los posibles daños oculares (en sus fases iniciales) y a las condiciones médicas del trabajador que alteren la capacidad de su cuerpo para regular la temperatura.

Se buscarán quemaduras en las regiones más expuestas que pueden indicar que se están superando los límites de exposición.

Información y normativa:

Es de aplicación toda la normativa vigente general para radiaciones ópticas artificiales y la particular de infrarrojo (ver capítulo 8).

Formación:

Los trabajadores deberían disponer de formación específica frente a los riesgos de la radiación IR. Es previsible, por la simplicidad del equipo, que haya trabajadores sin formación expuestos a este tipo de radiaciones. La “aparente inocuidad” de este equipo puede hacer que el trabajador asuma riesgos innecesarios.

EPI:

Siempre se deberá disponer de protección ocular y evitar exponer la piel. Cualquier ropa de trabajo que no sea inflamable, protegerá de la radiación pero no evitará el calentamiento.



#### 4. EFECTOS SOBRE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES

El daño resultante de la exposición a radiaciones ópticas artificiales dependerá del tipo de radiación, así como de las características de la exposición (superficie del cuerpo irradiada, duración de la exposición, etc.) y de otros factores individuales o del ambiente del lugar de trabajo. Estos aspectos se deben tener en cuenta a la hora de planificar las medidas preventivas.

**La exposición prolongada o la exposición a fuentes de radiaciones ópticas de elevada intensidad sin protección pueden significar un riesgo laboral no tolerable.**

De la exposición a las radiaciones ópticas artificiales se reconocen, en general, efectos térmicos y fotoquímicos. Estos últimos provocan lesiones en el cristalino y en la retina y los primeros provocan elevación de la temperatura corporal de índole parcial y total.

Atendiendo a los principales efectos que este tipo de radiaciones tienen sobre la salud de los trabajadores distinguimos las siguientes:

- **Quemaduras:** Es uno de los riesgos más usuales en la exposición a este tipo de radiaciones y está asociado a equipos incandescentes y ultravioleta. Las quemaduras asociadas a la radiación UV, sobre todo si son exposiciones crónicas, se consideran lesiones pre-malignas, es decir, que pueden dar lugar a cáncer de piel. Una exposición crónica puede ser significativa aunque nunca llegue al extremo de producir quemaduras.

En todos los casos en los que haya riesgo de lesiones en la piel también puede existir riesgo de lesiones oculares si se puede introducir en los ojos.

No todos los tipos de piel son igualmente susceptibles de sufrir daños por quemaduras, sin embargo, los mecanismos de protección deberían estar adaptados a los tipos de piel más sensibles.



- **Lesiones ópticas:** El ojo es un elemento muy sensible. Es capaz de detectar niveles de radiación muy bajos (ver con poca luz) pero a su vez también es fácilmente dañable por la radiación.

El ojo cuenta con mecanismos de protección (cierre de la pupila para disminuir la cantidad de luz) y mecanismos de aversión (parpadeo). El primer fenómeno es muy lento y el segundo es más rápido, aún así existen situaciones, sobre todo con los equipos láser, que pueden producir

daños permanentes en tiempos más cortos que los de actuación de los mecanismos de aversión.

Los mecanismos de protección del ojo se basan en la detección de radiación del propio ojo, por este motivo no serán de utilidad para radiaciones que no somos capaces de detectar, como son las UV y el IR. Se recomienda en estos casos trabajar en ambientes muy bien iluminados para disminuir el tamaño de la pupila. En el caso de láseres de infrarrojos es habitual insertar un láser “piloto” de color rojo para señalar, de forma visible, el haz de infrarrojos (invisible).



Habrà de prestar especial atención a la luz coherente (láseres) o fuentes de bajo ángulo subtendido (puntuales o casi puntuales), ya que el ojo proyecta su imagen en un pequeño punto de la retina amplificando los daños.

#### 4.1. PROCESOS PATOLÓGICOS EN EL APARATO OCULAR

La fotoqueratitis y la fotoconjuntivitis son lesiones oculares caracterizadas por la presencia, con carácter agudo y habitualmente reversible, de lagrimeo, sensación de cuerpo extraño y dolor irritante, que se producen por la absorción de radiación UVB y UVC por la conjuntiva y la córnea.

La exposición a la luz o radiación visible puede dar lugar a pérdida de visión parcial o total por lesión fotoquímica y/o térmica en la retina. Del tiempo de exposición y de la característica de la luz dependerá la reversibilidad o no de las lesiones.

La radiación infrarroja puede provocar catarata de origen térmico si la exposición es de una gran intensidad y extensa en el tiempo. Estos efectos son crónicos e irreversibles y se consideran enfermedad profesional.

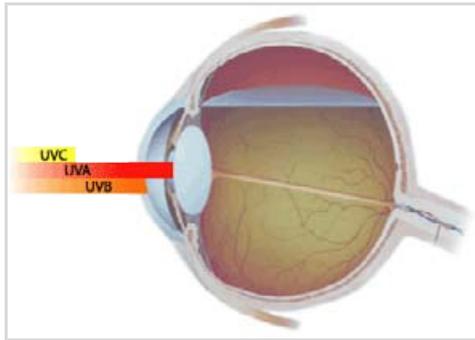
Tabla 2. Lesiones oculares según longitud de onda de la fuente

LONGITUD DE ONDA	LESIÓN
180 - 400 nm (UV)	Queratitis, conjuntivitis
315 - 400 nm (UVA)	Cataratas
300 - 700 nm (UVA, Visible)	Retinitis
380 - 1400 nm (UVA, Visible, IRA)	Quemadura retina
780 -1400 nm (IRA)	Quemadura retina
780 - 3000 nm (IR)	Quemadura córnea. Cataratas

## 1. Alteraciones provocadas por la radiación ultravioleta

- **Lesiones oculares agudas**

Los tejidos contienen cromóforos, moléculas que absorben la luz, por lo tanto, el daño se puede producir en cualquier célula del cuerpo. La formación de radicales libres o la fractura de la unión de las cadenas moleculares provoca el daño celular, daño que puede atenuarse a través de moléculas presentes en el cuerpo con tendencia por los radicales libres y que los destruye. Entre ellos destacan el caroteno, la peroxidasa, el glutatión y las vitaminas B y C.



Efectos de la radiación UV sobre el ojo

Entre las lesiones podemos encontrar las siguientes:

- ✓ *Fotoqueratitis y fotoconjuntivitis*: aparecen pocas horas después de un exceso de exposición a UVB y UVC. Son un proceso inflamatorio agudo que habitualmente desaparece en un par de días. Uno de sus síntomas esenciales es el dolor provocado por la descamación del epitelio corneal.
- ✓ *Pterigio*: es un crecimiento de tejido en la parte blanca del ojo (esclerótica) que se puede extender sobre la córnea transparente y bloquear la visión.
- ✓ *Lesión retiniana por luz brillante*: la respuesta de aversión natural a la luz intensa evita la producción de daños fotoquímicos en la retina, que reducen temporal o permanentemente la visión. La radiación UV afecta poco a la lesión a este nivel porque el cristalino actúa como barrera de defensa.



Fotoconjuntivitis

- **Lesiones oculares crónicas**

Las cataratas de tipo, fundamentalmente, cortical pueden aparecer por una exposición laboral a radiación UV duradera.

La conjuntiva y la córnea absorben fuertemente la radiación actínica (UVB y UVC). Su sobreexposición a este tipo de radiación puede producir queratoconjuntivitis, conocida como “golpe de arco”. Entre 1,5 y 24 horas discurre el período de latencia de la lesión, variando este de forma inversamente proporcional a la intensidad de la exposición, siendo normalmente entre 6 y 12 horas. La remisión de los síntomas suele ser total a las 48 horas. Como efecto más tardío se produce una conjuntivitis y eritema palpebral. Las lesiones oculares permanentes son raras tras la exposición a radiaciones UV.

La córnea, a diferencia de la piel, no aumenta su capacidad de protección frente a radiaciones UV peligrosas por exposición repetida, dando lugar al engrosamiento del estrato corneal y a su pigmentación.



Catarata

RILEY y COLS (1987) consideraron que aunque podían apreciarse daños considerables en todas estas capas, que al parecer aparecían inicialmente en las membranas celulares, al cabo de una semana la recuperación morfológica era completa. No obstante, llegaron también a la conclusión de que la exposición crónica podría acelerar cambios del endotelio relacionados con el envejecimiento de la córnea.

TAYLOR Y COLS. (1988) aportaron pruebas epidemiológicas de que la radiación UVB de la luz solar era un factor etiológico en la catarata senil, pero no mostraron ninguna correlación entre la catarata y la exposición a la radiación UVA.

El patrón del espectro de acción para lesiones fotoquímicas en los tejidos de la córnea y el cristalino sería aplicable también a la retina, lo que supondría un umbral de daño del orden de  $0,1 \text{ J/cm}^2$ .

La UVB es carcinógena y mutágena para la piel pero no así para la conjuntiva y la córnea donde estas situaciones son muy infrecuentes. Aunque en animales sí hay evidencia de relación entre cáncer y la radiación UV, no resulta así con la córnea y la conjuntiva de los humanos. Esto nos hace pensar que el ser humano cuenta con un sistema inmunológico que lo defiende de la exposición a la radiación UV de forma muy eficaz y que lo diferencia de la especie animal, salvo en aquellas personas que tengan una deficiente inmunidad, como los que padecen xeroderma pigmentario, que son más sensibles al crecimiento de tumores malignos en córnea y conjuntiva.

## 2. Alteraciones provocadas por la luz y la radiación infrarroja

Múltiples actividades industriales se ven sometidas a la influencia de niveles elevados de radiación visible e IR. Trabajadores de soldadura con arco, herreros, trabajadores de fundiciones y del sector metalúrgico, panaderos, operarios de hornos de cocción o sopladores de vidrio son un ejemplo de profesionales con riesgo a esta exposición. En la industria pesada se localiza otras fuentes de exposición: sopletes de acetileno, de gas, llamas, baños de metal fundido, etc.



A la radiación infrarroja también se le conoce como radiación térmica o calor radiante, pues está presente en cuerpos calientes e incandescentes. Por ejemplo, motores calientes, superficies

Una elevada temperatura y humedad ambiental, junto con una pobre circulación de aire, pueden producir estrés por calor e incrementar el riesgo de lesiones por calor. Desde un punto de vista ergonómico se puede producir discomfort ambiental térmico cuando las fuentes son incómodas, a pesar de que el ambiente esté fresco.

### • Lesiones oculares

Los arcos de soldadura o la lámpara de arco provocan riesgos profesionales limitados por la aversión natural del ojo a la luz brillante, que limita el tiempo de la tolerancia expositiva a una fracción de segundo. A pesar de ello, cuando se produce una emisión IR fuerte sin estimulación visual intensa, puede entrañar riesgo para el cristalino si la exposición es mantenida en el tiempo. En el ámbito laboral si se tiene luz brillante a baja altura se reduce la eficacia de los mecanismos de protección del ojo, lo que obliga a implantar medidas preventivas.



Existen al menos cuatro tipos distintos de riesgos para el ojo debidos a fuentes de luz intensa y radiación IR:

- ✓ *Lesión térmica de la retina*, consistente en un punto ciego (escotoma) producido por longitudes de onda entre 400 y 1.400 nm. Los láseres o una fuente de arco de xenón intensa son fuentes que suponen un riesgo importante de lesión.
- ✓ *Lesión fotoquímica de la retina por luz azul*, se conoce como fotorretinitis por luz azul.
- ✓ *Riesgos térmicos para el cristalino*, que puede dar lugar a la formación de **catarata por calor industrial**.

- ✓ *Lesión térmica de la córnea y la conjuntiva.* Esta lesión viene provocada casi en exclusividad por la radiación láser con una longitud de onda de 1.400 nm a 1 mm.

### 3. Alteraciones provocadas por el láser

En función del riesgo nos encontramos con láseres de clase 1, que no suponen riesgo para la salud, y los del tipo 2 a 4 (clase 2, 2M, 3R, 3B y 4) que presentan riesgo para la piel y los ojos. Los de clase 2 y 2M emiten una potencia de radiación muy baja y la respuesta de aversión natural del ojo actúa como protección frente a lesiones en la retina.

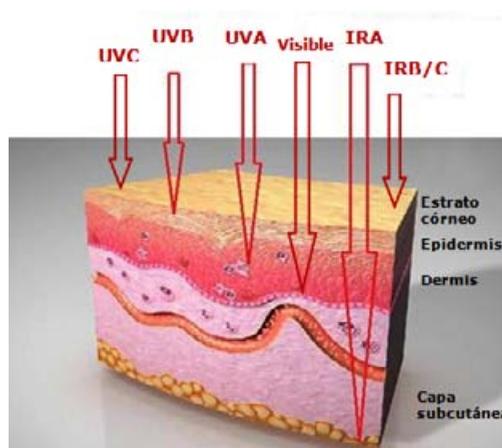
Con los láseres de clase 3, 3B y 4, la respuesta de aversión no es suficiente para proteger la retina, pudiendo, además, producir lesiones en la córnea y el cristalino.

### 4.2. PROCESOS PATOLÓGICOS A NIVEL DERMATOLÓGICO

Las lesiones de piel producidas a consecuencia del trabajo o que empeoran por él se denominan *dermatosis profesionales*. Los productos y la técnica utilizados en el terreno laboral y las circunstancias del mismo condicionan el riesgo de presentar con más frecuencia estas dermatosis. Las manifestaciones dermatológicas están presentes en el 65% de las enfermedades profesionales provocadas por exposición a radiaciones ópticas artificiales.

Tabla 3. Lesiones dermatológicas según longitud de onda de la fuente

LONGITUD DE ONDA	RIESGO
180 - 400 nm UV	Eritemas/Cáncer de piel
380 – 3.000 nm UVA-Visible-IR	Quemaduras



Penetración en la piel en función del rango de radiación

## 1. Alteraciones provocadas por la radiación ultravioleta

La exposición a radiaciones UVB, UVC y UVA, originan a corto plazo, eritemas o quemaduras que se caracterizan por inflamación y enrojecimiento de la piel. La exposición continuada durante toda la vida laboral a radiaciones UV puede originar, por una parte, el envejecimiento de la piel y queratomas o manchas, y por otro lado, un incremento de la probabilidad de desarrollar cáncer de piel.

Existen otros factores que influyen en la gravedad de las consecuencias de la exposición a radiaciones UV, como son la pigmentación de la piel y la manipulación de sustancias fotosensibilizantes que potencian la sensibilidad hacia la radiación UV de determinados individuos.

- **Lesiones cutáneas agudas**

Entre cuatro y ocho horas después de la exposición a la radiación UV aparece un enrojecimiento en la piel que habitualmente desaparece progresivamente en unos días. Cuando la quemadura es intensa se forman ampollas y se desprende la piel. El eritema aparece más frecuentemente tras exponerse a UVB y UVC pero, sin embargo, la exposición a UVA provoca un enrojecimiento más intenso y duradero, debido a que penetra más profundamente en la epidermis por su mayor longitud de onda.

- **Lesiones cutáneas crónicas**

El envejecimiento prematuro de la piel y el mayor riesgo de padecer cáncer a este nivel son el resultado de la exposición crónica a este tipo de radiación, siendo mayor el riesgo de exposición a UVB.

Los individuos de piel blanca, especialmente los de origen celta, son mucho más susceptibles de presentar cáncer de piel. Aunque no se sabe la relación dosis-respuesta, si se conoce que sin llegar a producir eritema, la exposición crónica persistente puede dar lugar al crecimiento de tumores en modelos animales.

## 2. Alteraciones provocadas por la luz y radiación infrarroja

La velocidad de penetración, en función de la longitud de onda, influye en los efectos que causa sobre la piel. Así con exposiciones extensas, a longitudes de onda más larga, se puede producir un importante aumento de temperatura local y quemadura. El tiempo de exposición es el que marca los valores umbral para esos efectos, ya que depende de las propiedades físicas del transporte térmico en la piel.

Si la exposición se produce durante períodos largos de tiempo, y se incluye a la totalidad de la región corporal, como ocurre delante de acero fundido, el cuerpo humano puede sufrir una elevada carga térmica. Todo ello incluso con valores inferiores al umbral de dolor. La capacidad del sistema de termorregulación y el

metabolismo del trabajador, la temperatura ambiente, el movimiento del aire y la humedad marcan el umbral de tolerancia a semejantes exposiciones.

El dolor producido por la elevación térmica corporal condiciona los riesgos profesionales de las radiaciones. Las fuentes convencionales de luz intensa y radiaciones IR no suelen producir lesión de la piel, aunque se pueden producir en todo el espectro óptico.

### 3. Alteraciones provocadas por el láser

Dentro de los láseres, los de clase de riesgo 4 son los que pueden provocar riesgo considerable para la piel, así como riesgo de reflexión difusa y riesgo de incendio.

Casi todos los láseres quirúrgicos y los de procesado de materiales para soldadura y corte son de clase 4 si no están confinados. Todos los láseres con una potencia óptica media de salida de 0,5 W son de clase 4.

### 4.3. OTROS PROCESOS PATOLÓGICOS RELACIONADOS CON LAS RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES

Las radiaciones ópticas artificiales interactúan con el organismo en función de la longitud de onda y de la energía asociada. El daño resultante dependerá del tipo de radiación, así como de las características de la exposición (superficie del cuerpo irradiada, duración de la exposición...).

- **Tipo de lesiones**

*Hipertermia generalizada:* aumento de la temperatura corporal

*Hipertermia localizada a nivel testicular:* efecto sobre testículo de las radiaciones no ionizantes y del calor extremo, menor producción de espermatozoides y testosterona, impotencia. Es sumamente importante desarrollar campañas informativas y de sensibilización, así como acciones formativas entre los trabajadores sobre el riesgo de daños a la reproducción por exposición a determinadas situaciones laborales.

*Síntomas subjetivos:* dolor de cabeza, vértigo, depresión, pérdida de memoria, malestar, debilidad.

*Alteraciones del sistema nervioso central y periférico:* temblores, contracciones.

*Alteraciones de la sangre y del aparato cardiocirculatorio:* disminución de la frecuencia cardíaca y de la tensión arterial.

*Alteraciones hormonales.*

#### 4.4. PROCESOS PATOLÓGICOS EN TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES

Un aspecto importante a tener en cuenta en la prevención de riesgos laborales son los trabajadores pertenecientes a grupos de riesgo particularmente sensibles.

El personal sanitario del servicio de prevención estudiará y valorará, especialmente, los riesgos que puedan afectar a las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a los menores y a los trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos, y propondrá las medidas preventivas adecuadas, según el art. 37 del *Real decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención*.

- **Trabajadoras embarazadas**

Las mujeres embarazadas que han dado a luz recientemente o que están en período de lactancia constituyen un grupo de trabajadoras especialmente vulnerables a algunos riesgos laborales, que acentúan algunos riesgos presentes en los lugares de trabajo, y a la posibilidad de dañar la salud de niños que van a nacer y la de los recién nacidos.



Las radiaciones ópticas artificiales y su relación con el embarazo se encuentran bajo las disposiciones establecidas por el *RD 486/2010*, de 23 de abril, el art. 26 de la *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales* y el *RD 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios*, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.

Aunque no existen evidencias científicas que demuestren que las radiaciones no ionizantes puedan influir en el desarrollo del feto, tampoco existen evidencias de lo contrario que permitan descartar la posibilidad de que esa exposición pueda aumentar el riesgo para el mismo.

Por otro lado, la trabajadora en lactancia natural se encuentra expuesta a los mismos efectos que la población laboral general con dicho riesgo, siendo a dosis muy elevadas cuando puede incrementarse la temperatura corporal y afectar de este modo a la lactancia.



Pese a la inexistencia de normativa específica que prohíba el trabajo con radiaciones ópticas artificiales en el embarazo, sí existen recomendaciones que aconsejan evitar la exposición en estos casos. Por lo que en la medida de lo posible se reducirá su exposición a las mismas. Se establecerán medidas de control que conlleven una exposición menor, la elección de equipos que generen menos

radiación, la implementación de programas de mantenimiento adecuado de los mismos, etc. y finalmente, a nivel organizativo, se intentará la adaptación del puesto de trabajo, limitando las tareas que supongan exposición; el cambio de puesto de trabajo y si no fuera posible, la suspensión del contrato por riesgos durante el embarazo.

En este orden de cosas cabe destacar el caso concreto y muy común en el ámbito laboral del manejo de máquinas fotocopiadoras. La luz que emiten éstas suele producir radiación UV, por lo que se deberán realizar, siempre, las fotocopias con el portón cerrado. Además, tanto el tambor de la fotocopiadora como el tóner pueden emitir gases de los materiales que contienen cuando están calientes, pudiendo resultar peligroso para el feto.

- **Trabajadores menores de edad**

En el ámbito laboral es posible encontrar trabajadores menores de edad que se encuentran expuestos a este tipo de radiaciones, como aprendices, ayudantes o becarios de operarios que manejan equipos emisores de radiaciones ópticas artificiales. Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, en cualquier actividad que pueda poner en peligro la seguridad o la salud de estos trabajadores.

A tal fin, la evaluación tendrá especialmente en cuenta los riesgos laborales específicos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto. (art. 27, Protección de los menores, de la LPRL).

Los menores de edad no podrán realizar aquellas actividades o puestos de trabajo que el Gobierno, previa consulta con las organizaciones sindicales más representativas, declare insalubres, penosos, nocivos o peligrosos, tanto para su salud como para su formación profesional y humana (art. 6 del texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores).

#### 4.5. SUSTANCIAS FOTOSENSIBILIZANTES

Ante las radiaciones visibles y UV se desencadenan reacciones químicas como un proceso natural de los organismos, que reaccionan ante estas. En condiciones normales estas reacciones no son perjudiciales para el cuerpo y la piel. Pero también se puede aumentar ese efecto por absorción, ingestión o inhalación de sustancias y producir daños reales similares a una quemadura aguda. Son las sustancias *fotosensibilizadoras* o *fotosensibilizantes*. El contacto prolongado con estas sustancias puede derivar en cáncer de piel, o envejecimiento de la piel. La mayoría de estas sustancias absorben en el intervalo UVB y también en visible.

Los médicos especialistas en medicina del trabajo encuentran con frecuencia efectos adversos por exposición de origen profesional a la radiación UV en trabajadores fotosensibilizados. El tratamiento con ciertos medicamentos puede producir un efecto sensibilizante en la exposición a la radiación UVA, lo mismo que la aplicación tópica de determinados productos, como algunos perfumes, lociones corporales, etc. Las reacciones a los agentes sensibilizantes pueden implicar *fotoalergia* (reacción alérgica de la piel), tras la exposición a la radiación UV de la luz solar o de fuentes industriales de UV (también son frecuentes las reacciones de fotosensibilidad durante el empleo de aparatos de bronceado). Esta fotosensibilización cutánea puede estar producida por cremas o pomadas aplicadas a la piel, por medicamentos ingeridos por vía oral o inyectados, o por el uso de inhaladores bajo prescripción médica.



Sustancias fotosensibilizantes

El médico que prescribe un fármaco potencialmente fotosensibilizante debería advertir siempre al paciente que adopte medidas apropiadas para protegerse de los efectos adversos, pero con frecuencia a este se le dice únicamente que evite la luz solar y no las fuentes de radiación UV (dado que no es frecuente su uso por la población general).

Esta sensibilización se puede producir por dos mecanismos: fototoxicidad y fotoalergia. En el primero las lesiones que se producen son como una quemadura y se puede ver afectada el 100% de la población en contacto, en el segundo las lesiones son de tipo eccematoso y solo afecta a las personas previamente sensibilizadas.

Sustancias fotosensibilizantes más frecuentes en el mercado:

- Antiarrítmicos
- Antidepresivos tricíclicos
- Antiepilépticos
- Antifúngicos
- Antihistamínicos
- Antineoplásicos
- Antivíricos
- Blanqueador fluorescente para fibras de celulosa, nailon o lana
- Ciclamato (edulcorante artificial)
- Contraceptivos orales
- Derivados del alquitrán de Hulla:
  - ✓ Acridina
  - ✓ Antraceno
  - ✓ Fenantreno
  - ✓ Colorantes:
    - Antraquinona
    - Eosina
    - Azul de metileno
    - Bengala rosa
- Desodorantes y bacteriostáticos en jabones
- Diuréticos
- Fármacos antiinflamatorios no esteroideos (AINES)
- Fenotiacinas (tranquilizantes mayores, antieméticos)
- Fragancias varias
- IECAS (inhibidores de la enzima convertidora de la angiotensina)
- Ingredientes de filtros solares
  - ✓ 6-Acetoxy-2,4-dimetil-M-dioxano
  - ✓ Benzofenonas
  - ✓ Cinamatos
  - ✓ Oxibenzona
  - ✓ Ácido para aminobenzoico (PABA)
  - ✓ Ésteres de PABA

- Psoralenos
- Quinina
- Salicilanilidas
- Sulfamidas
- Sulfonilureas (hipogluce miantes)
- Tetraciclinas, macrólidos y fluoroquinolonas

Los empresarios tienen la obligación de informar al personal de los riesgos potenciales en su puesto de trabajo y los posibles peligros de las sustancias fotosensibilizadoras, ya que estas pueden no tener que ver con el entorno laboral y sí el personal de cada trabajador. El trabajador si nota un efecto adverso en la piel, deberá acudir al médico y si sospecha que es de origen laboral tendrá que comunicarlo para la adaptación de sus condiciones de trabajo.

#### 4.6. EFECTOS INDIRECTOS DE LA RADIACIÓN

Los efectos de la radiación óptica pueden ser principalmente por deslumbramientos, radiación reflejada o fatiga térmica producida por el calor que produce la radiación. Los equipos como los láseres de gran potencia radiante de clase 4 pueden producir incendios y /o explosiones. En general, cualquier equipo que trabaje en entornos inflamables que emitan radiación óptica puede provocar incendios o explosiones.

Como se ha explicado anteriormente, todo va a depender del equipo utilizado, del rango de radiación en el que se emita y donde está ubicado en el lugar de trabajo.



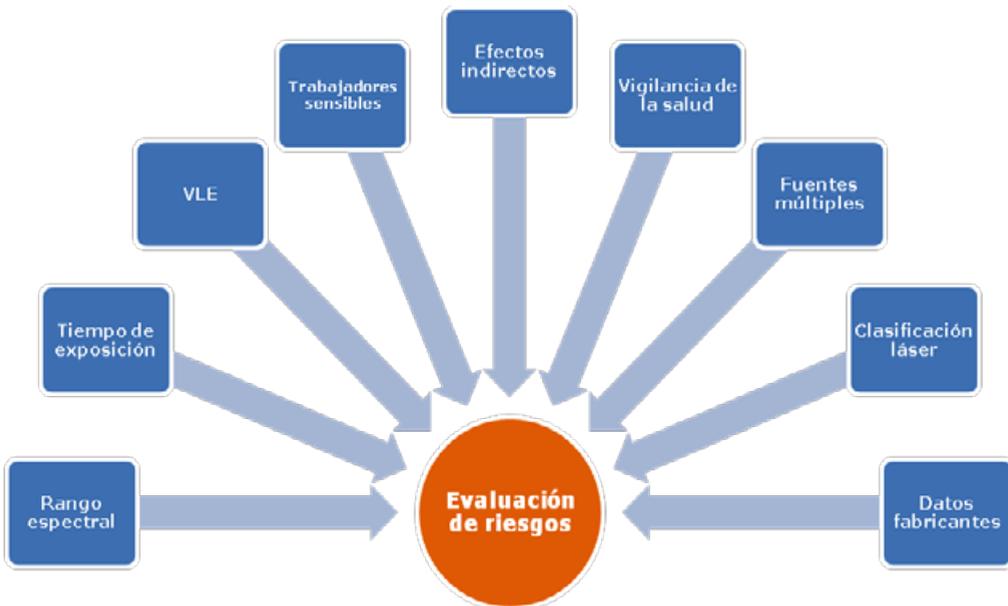
## 5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

### 5.1. LA EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES

El art.6 del RD 486/2010, de 23 de abril, recoge que cuando en un lugar de trabajo haya trabajadores expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica, el empresario deberá evaluar los niveles de radiación, de manera que puedan definirse y ponerse en práctica las medidas necesarias para reducir la exposición a los límites aplicables.

Asimismo recoge que en dicha evaluación se prestará atención a los aspectos o factores analizados en el capítulo 2.3. e identificados en la siguiente ilustración.

**Ilustración 2. Aspectos a tener en cuenta en la evaluación de riesgos**



Además, según el art. 6:

*(...) Para realizar la evaluación, la medición de los niveles de exposición no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma teniendo en cuenta, en su caso, para el cálculo de dichos niveles, los datos facilitados por los fabricantes de los equipos conforme a la normativa de seguridad en el producto que les sea de aplicación.*

Por lo tanto, la evaluación de riesgos se podrá realizar mediante medición, la apreciación profesional directa acreditada o la realización del cálculo teórico o estimado de la exposición, utilizando por ejemplo, los datos facilitados por los fabricantes de los equipos.

No siempre es necesario medir. La evaluación puede basarse en la información técnica suministrada por los fabricantes o en datos de exposición en condiciones similares, publicados en la bibliografía de referencia reconocida.

Asimismo, la norma “UNE-EN 14255-1, 2: 2005. Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente” indica que la dificultad y el tiempo que requieren las mediciones de la exposición a las radiaciones ópticas hace que, siempre y cuando sea posible, se descarte la medición siendo suficiente la evaluación preliminar. Concretamente indica que no se requiere medición cuando el valor de la exposición sea:

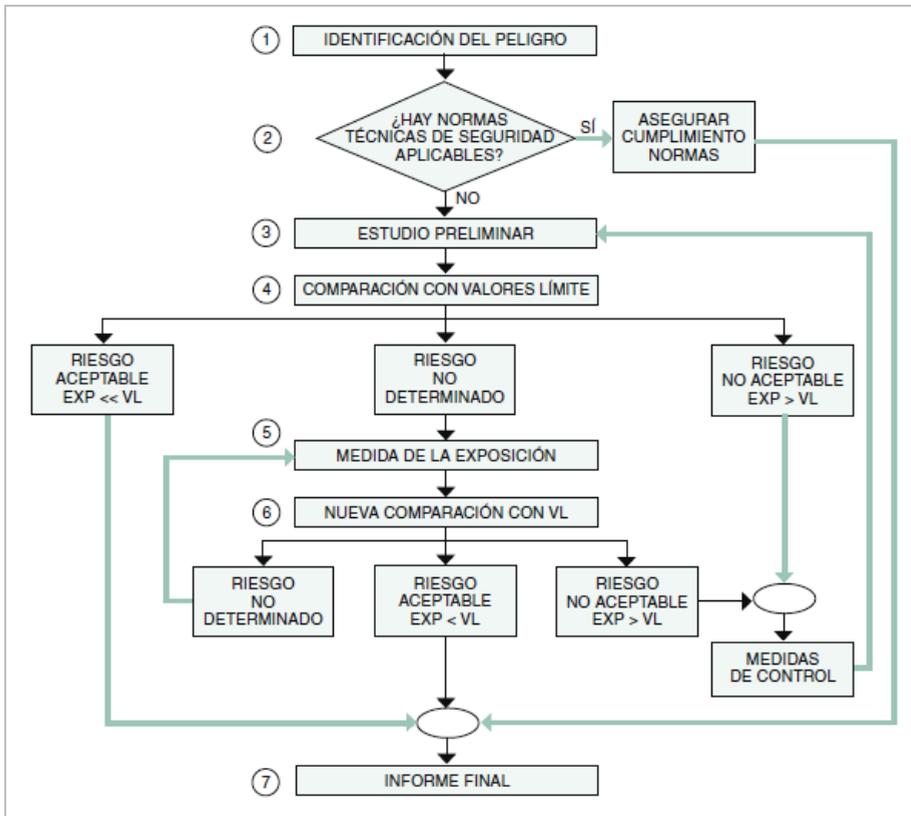
- claramente superior a los límites establecidos donde la evaluación del riesgo carece de importancia, y se deben adoptar directamente las medidas preventivas con el fin de reducir al máximo la exposición a radiaciones ópticas artificiales, o bien;
- claramente inferior a los límites establecidos, donde es evidente que no se requiere adoptar ninguna medida preventiva;
- en aquellos casos que se puede conocer el nivel de exposición mediante una estimación.



Tras los resultados del estudio previo, se concluye que en algunos casos el método basado en cálculos teóricos a partir de los parámetros y datos recogidos en los manuales de los equipos no es práctico por las incertidumbres implicadas, como ocurre con equipos como hornos o cualquier equipo que emita radiación térmica, por lo que sería necesaria la medición “in situ” de la irradiancia.

La “NTP 755. Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral” del INSHT establece una metodología en base a la Directiva 2006/25/CE, desarrollada en forma de flujo, para facilitar la evaluación de la exposición laboral de los puestos de trabajo expuestos a radiaciones ópticas. A continuación se identifican los pasos que componen esta metodología.

Ilustración 3. Diagrama de flujos de la metodología de evaluación recogida en la NTP 755 del INSHT



Fuente: NTP 755 del INSHT.

## PASOS A REALIZAR EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

### 1. Identificación del peligro

Hay que identificar todas las fuentes de radiaciones ópticas que suponen un peligro.

Este paso es fundamental, puesto que las radiaciones ópticas están presentes en todos de puestos de trabajo, pero no todas suponen un riesgo potencial para el trabajador. Solamente bajo ciertas condiciones se puede considerar un riesgo que hay que evaluar. Por ejemplo, algunas fuentes de emisión se encuentran dentro de los equipos, es decir, están encerradas o no son accesibles, de modo que los trabajadores no pueden quedar expuestos a ellas en condiciones normales de uso. Por lo tanto, en este caso no es necesario. No obstante, hay que tener en cuenta si se sobre ellas se realizan operaciones eventuales en las que los trabajadores pueden verse expuestos, como es el caso de operaciones de mantenimiento y limpieza.

También hay que tener en cuenta los trabajadores que pueden estar expuestos a cada fuente de radiación óptica.



Los fabricantes de los equipos facilitan en los manuales, y en algunos casos en las especificaciones técnicas, información adecuada sobre algunos dispositivos y sus aplicaciones, la cual permite identificar si existe un riesgo potencial o no en el equipo.

## 2. Cumplimiento de las normas técnicas

Existen puestos o actividades, que por su complejidad, cuentan con una serie de normas para controlar los riesgos que llevan asociados. Estas pautas facilitan gran parte del trabajo desarrollado por los técnicos de prevención. Se tendrá en cuenta si existen o no normas técnicas de seguridad aplicables a los puestos de trabajo a evaluar y se evaluará si se cumplen o no.

En el capítulo 8 de esta guía se citan algunas de estas normas o criterios de aplicación específica.

### Para más información consultar

- Normas UNE-EN en [www.aenor.es](http://www.aenor.es)

## 3. Estudio preliminar

En esta etapa se trata de realizar un cálculo teórico o estimado de la exposición. Para ello se deberá recoger información detallada sobre:

- ✓ *Los factores relacionados con la fuente.* Factores como el intervalo espectral, potencia o energía que son capaces de emitir en forma de radiación... Dependiendo del tipo de emisión, continua o discontinua (por pulsos), la magnitud a considerar será la energía radiante o la potencia radiante. Para las emisiones continuas se utiliza la potencia radiante expresada en watios (W) y para las fuentes de emisión discontinua se emplea la energía radiante en julios (J).
- ✓ *Los factores del entorno de trabajo.* Se debe considerar si en el lugar de trabajo existen reflexiones, la distancia entre el foco y el trabajador, el tiempo de exposición y la existencia o no de un procedimiento de trabajo, entre otros datos que deben ser analizados.
- ✓ *Los factores asociados al trabajador.* Se tendrán en cuenta los factores personales del trabajador que manipula esa fuente o equipo (parte del cuerpo expuesta), el uso de equipos de protección individual y la formación e información que ha recibido en materia de seguridad y salud laboral.

Con esta información ya se puede proceder a estimar la exposición realizando un cálculo aproximado, tomando siempre como referencia las condiciones más desfavorables, de modo que se consigue asegurar la máxima protección del trabajador.

Para calcular la exposición, la fórmula propuesta en la metodología recogida en la NTP 755 es la siguiente. Para aplicarla se deben cumplir dos condiciones: que la fuente sea constante y que la distancia entre la fuente y el puesto de trabajo sea suficientemente grande ( $\text{Distancia}_{\text{PT-fuente}} \geq 10 \cdot \text{Tamaño}_{\text{fuente}}$ ).

$$E(\text{W/m}^2) = \frac{P}{4\pi \cdot d^2}$$

donde P es la potencia radiante, expresada en vatios (W) y d la distancia a la fuente en metros (m).

El resultado es una estimación de la exposición (irradiancia), que se comparará con los valores límite.

La norma “UNE-EN 14255-1, 2” indica que esta evaluación preliminar se podrá realizar en base a la siguiente información:

- Clasificación de riesgo aportada por el fabricante de la fuente.
- Datos de emisión de radiaciones ópticas del dispositivo, que pueden servir para llevar a cabo la estimación de la exposición individual.
- Datos del espectro de emisión, geometría y duración de la exposición con los que podemos hacer un cálculo de la exposición individual.

#### 4. Comparación con los valores límite de exposición (VLE)

La normativa exige que la exposición de los trabajadores a las radiaciones ópticas sea inferior a los VLE que figuran en los anexos I y II del *RD 486/2010, de 23 de abril*.

Comparar el resultado del estudio preliminar (exposición estimada) con los VLE, nos permitirá determinar si el riesgo es aceptable (riesgo exposición  $\leq$  VLE) o no es aceptable (riesgo exposición  $>$  VLE) o si es necesaria una evaluación detallada de la exposición a radiaciones ópticas artificiales basada en la medición.

El límite entre lo que se considera “riesgo aceptable” y “riesgo no aceptable” debe establecerlo el técnico de prevención en función de las características del puesto de trabajo y de su propia experiencia profesional.

A la hora de determinar si una fuente es peligrosa o no, es necesario tener en cuenta el número de fuentes a las que puede estar expuesto el trabajador.

Si el riesgo se considera “no aceptable”, se deberán adoptar directamente las medidas correctoras y volver a realizar el estudio preliminar. Cuando no sea posible clasificar el riesgo como “aceptable” pero tampoco como “no aceptable” habrá que realizar una medición de la exposición en el lugar de trabajo.

## 5. Medida de la exposición

La capacidad de las radiaciones ópticas para producir un daño biológico varía en función de la longitud de onda. Para esto son necesarios distintos coeficientes de ponderación, que se utilizan para corregir los valores de la exposición en cada rango del espectro óptico.

Existen tres curvas de ponderación espectral diferentes recogidas en el anexo I, apartado C, del *RD 486/2010, de 23 de abril*:

- $S(\lambda)$  o efectividad espectral para el UV (180-400 nm).
- $B(\lambda)$  o función de riesgo fotoquímico (luz azul) en la retina (300-700 nm).
- $R(\lambda)$  o función de riesgo térmico en la retina (380-1400 nm).

Los puntos de medida seleccionados deben ser suficientes, tanto en número como en posición, y tienen que reflejar fielmente la posición o posiciones del trabajador a lo largo de toda la jornada laboral.

Para la realización de la medición, en el mercado existen dos tipos de instrumentos de medida:

- **Radiómetros:** Equipos de sencillos y de fácil manejo. Cuentan con una buena calidad de medida. Proporcionan directamente un valor numérico de la radiancia e irradiancia y en el caso de los radiómetros integradores también de la exposición radiante.
- **Espectrorradiómetros:** Equipos más complejos que los anteriores. Recogen la misma información que proporcionan los radiómetros y generan un espectro de la fuente, con el que se puede calcular manualmente, tanto las magnitudes totales como las ponderadas, a partir de unas fórmulas recogidas en la NTP 755.



Radiómetro para UV

## 6. Nueva comparación con los VLE

Realizada la medición, el siguiente paso es realizar una nueva comparación con los VLE (seguir paso 4). Se obtendrá el VLE para el riesgo y longitud de onda adecuados y se comparará con el valor medido.

Si el cociente de los dos valores está próximo a 1, el riesgo sigue calificándose de “no determinado” y habrá que afinar más en la medición. Si por el contrario el riesgo es “aceptable”, se pasará al último paso de la evaluación de riesgos, el informe final.

## 7. Informe final

Finalizada la evaluación de los puestos de trabajo, esta información debe quedar recogida en un informe final que debe estar redactado de forma clara, para que sea comprensible por sus destinatarios.

Es importante comprobar si la evaluación de riesgos ha sido eficaz y si las medidas preventivas son las adecuadas. También es necesario revisar la evaluación de riesgos en caso de que cambien las fuentes de radiaciones ópticas artificiales o si se modifican las prácticas de trabajo.

### Para más información consultar

- “NTP 755. Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral”. INSHT.
- “NTP 903. Radiaciones ópticas artificiales: criterios de evaluación”. INSHT.
- Programa de simulación CatRayon del Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Este programa permite realizar los cálculos de la exposición mediante software informático. Disponible en: [www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/outils.html?refINRS=outil03](http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/outils.html?refINRS=outil03)
- **CHECKLIST de evaluación.** Herramienta diseñada en el estudio previo a la guía, en formato Excel, que permite recoger información en materia de seguridad del equipo emisor y realizar cálculos de la exposición a través de la hoja de cálculo. Esta herramienta está disponible en la web del IRSST a disposición de los usuarios.

## 5.2. MEDICIÓN DE LAS RADIACIONES ÓPTICAS

Como se recoge al inicio de este capítulo 5, en el caso de que los trabajadores estén expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica, el empresario deberá evaluar y, en caso necesario, medir y/o calcular los niveles de exposición a la radiación óptica a que estén expuestos los trabajadores.



Si para realizar la evaluación no es posible obtener datos que permitan clasificar el riesgo como “aceptable” o “no aceptable” a través de cálculos teóricos o estimados, utilizando por ejemplo los datos facilitados por los fabricantes de los equipos, se tienen que efectuar una medición de la exposición en el lugar de trabajo.

El equipo de medición puede ser relativamente costoso, y es posible que solo una persona competente pueda utilizarlo de forma correcta. Si estos equipos de medición son utilizados por personas inexpertas se pueden cometer errores fácilmente y obtener datos imprecisos. A menudo también es necesario combinar los datos de tiempos y movimientos en el lugar de trabajo para la evaluación de riesgos.

Otra opción que tiene el empresario en lugar de adquirir los equipos para medir las radiaciones ópticas y contar con conocimiento técnico para su uso, es pedir asistencia externa. Estos equipos de medición, junto con los conocimientos técnicos sobre este tema, pueden localizarse en organismos del ámbito de la seguridad y salud laboral, tanto nacionales (INSHT), como de carácter autonómico (en nuestro ámbito territorial el Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo – IRSST), en servicios de prevención ajeno, en centros de investigación o en los fabricantes o distribuidores de equipos de medición óptica.

### 5.3. USO DE LOS VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN

En los anexos I y II del *RD 486/2010, de 23 de abril*, se establecen valores límite de exposición (VLE) para las radiaciones ópticas incoherentes y las radiaciones láser, respectivamente. Estos VLE tienen en cuenta la eficacia biológica de las radiaciones ópticas para provocar daños en función de su longitud de onda, duración de la exposición y tejidos que las reciben.

Los VLE para radiación óptica están basados en las recomendaciones de la Comisión Internacional sobre Protección contra las Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP) ([www.icnirp.org](http://www.icnirp.org)).

En el caso de las radiaciones ópticas incoherentes normalmente resulta más complejo determinar los VLE, ya que los trabajadores pueden quedar expuestos a un intervalo de longitudes de onda en lugar de a una única. Esto llevaría a que en un intervalo de longitudes de onda determinado se le pueden aplicar varios VLE. Sin embargo, para las radiaciones láser, por lo general, los VLE son más fáciles de determinar, ya que la emisión se produce a una única longitud de onda. No obstante, cuando los equipos láser emiten radiaciones láser de varias longitudes de onda o existe la exposición a fuentes múltiples, puede ser necesario tener en cuenta los efectos acumulativos.

Se pueden hacer diversos supuestos desfavorables de simplificación para determinar si se necesita una evaluación más detallada.

En ningún caso la exposición del trabajador deberá superar los VLE establecidos. Si a pesar de las medidas adoptadas, se observan exposiciones por encima de los VLE, el empresario deberá tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite, determinar las causas de la sobreexposición, corregir

las medidas de prevención y protección para que no se vuelva a producir e informar a los delegados de prevención de la situación.

En la ilustración 4 se recogen los VLE de forma resumida. Por ejemplo, si se está evaluando el riesgo de exposición de los ojos a la radiación UVA, la magnitud a evaluar será la exposición radiante (H), y el valor límite será 104 J/m<sup>2</sup> para un tiempo de exposición de 8 horas, como se puede ver en la tabla.

En el caso de que la fuente sea de amplio espectro y abarque más de una banda espectral, se deberán cumplir todos los valores límite afectados.

Ilustración 4. Resumen de los valores límite de exposición

LONGITUD DE ONDA	ÓRGANO	RIESGO	TIEMPO	ÁNGULO EXPOSICIÓN	VALOR LÍMITE SUBTENDIDO	UNIDADES
180 - 400 nm UV	PIEL OJOS	Eritemas/Cáncer piel Queratitis/Conjuntivitis	8 horas	-	H <sub>s</sub> = 30	J/m <sup>2</sup>
315- 400 nm UVA	OJOS	Cataratas	8 horas	-	H = 10 <sup>4</sup>	J/m <sup>2</sup>
300 – 700 nm UVA – VISIBLE	OJOS	Retinitis	t ≤ 10 <sup>4</sup> s	α ≥ 11 mrad	L <sub>0</sub> = 10 <sup>6</sup> /t	W/m <sup>2</sup> sr
				α < 11 mrad	L <sub>0</sub> = 100	
			t > 10 <sup>4</sup> s	α ≥ 11 mrad	E <sub>0</sub> = 100/t	W/m <sup>2</sup>
				α < 11 mrad	E <sub>0</sub> = 0,01	
380 – 1400 nm UVA – VISIBLE – IRA	OJOS	Quemadura retina	t > 10 s	C = 1,7 si α ≤ 1,7 mrad C = α si 1,7 ≤ α ≤ 100 mrad C = 100 si α > 100 mrad	L <sub>n</sub> = 2,8 · 10 <sup>7</sup> /C	W/m <sup>2</sup> sr
			10 <sup>6</sup> ≤ t ≤ 10 s		L <sub>n</sub> = 5 · 10 <sup>7</sup> /C t <sup>0,25</sup>	
780 – 1400 nm IRA	OJOS	Quemadura retina	t > 10 s	C = 11 si α ≤ 11 mrad C = α si 11 ≤ α ≤ 100 mrad C = 100 si α > 100 mrad	L <sub>n</sub> = 6 · 10 <sup>9</sup> /C	W/m <sup>2</sup> sr
			10 <sup>6</sup> ≤ t ≤ 10 s		L <sub>n</sub> = 5 · 10 <sup>9</sup> /C t <sup>0,25</sup>	
780 – 3000 nm IR	OJOS	Quemadura córnea Cataratas	t ≤ 10 <sup>3</sup> s	-	E = 18 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,75</sup>	W/m <sup>2</sup>
			t > 10 <sup>3</sup> s		E = 100	
380 – 3000 nm UVA – VISIBLE – IR	PIEL	Quemaduras piel	t < 10 s	-	H = 20 · 10 <sup>3</sup> t <sup>0,75</sup>	J/m <sup>2</sup>

Fuente: NTP 755 del INSHT

#### 5.4. USO DE LOS DATOS DEL FABRICANTE

Como se viene recogiendo a lo largo de la guía, existe una gran variedad de fuentes que emiten radiaciones ópticas, por lo que los riesgos derivados de su uso varían considerablemente. En este caso, la información facilitada por los fabricantes de equipos que emiten radiaciones ópticas, bien a través de los manuales de instrucciones o las especificaciones técnicas, debería ayudar a los usuarios a evaluar los peligros y a determinar las medidas de control necesarias.



Una de las principales conclusiones del estudio previo a la guía es la falta de disponibilidad de los manuales de instrucciones de muchos de los equipos emisores de radiaciones ópticas artificiales por parte de los fabricantes y/o casas comerciales. Salvo en el caso de que una empresa compre un equipo, es difícil poder tener acceso previamente a estos documentos y de este modo poder valorar la seguridad del equipo antes de su adquisición.

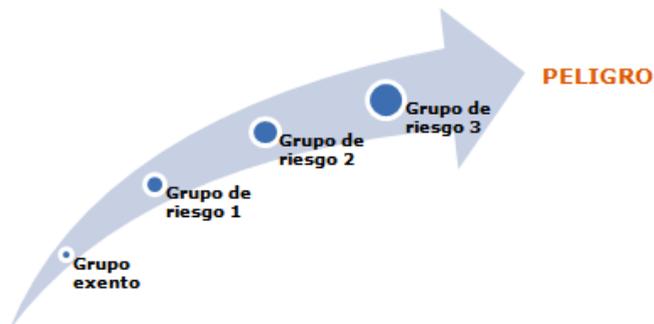
En particular, la clasificación de seguridad de las fuentes de radiaciones incoherentes y láser y de las distancias de peligro podrían resultar útiles para llevar a cabo la evaluación de riesgos. Por ello es fundamental que esta información venga recogida en la documentación técnica adjunta a los equipos.

Los sistemas de clasificación indican el riesgo potencial de efectos perjudiciales para la salud. Estos riesgos pueden dar lugar o no a dichos efectos en función de las condiciones de uso y el tiempo o el entorno de exposición. Con la ayuda de la clasificación, los usuarios pueden seleccionar las medidas de control adecuadas para reducir estos riesgos al mínimo.

En la norma “EN 62471: 2008. Seguridad fotobiológica de las lámparas y de los aparatos que utilizan lámparas”, se define la clasificación de seguridad de las fuentes incoherentes y se basa en la emisión máxima accesible correspondiente a las capacidades totales del producto en funcionamiento en cualquier momento después de su fabricación. Esta clasificación tiene en cuenta la cantidad de radiaciones ópticas, la distribución de las longitudes de onda y el acceso a dichas radiaciones por parte de los seres humanos. La clasificación se divide en cuatro grupos de riesgo, cuanto más alto es el grupo de riesgo, mayor es su potencial de provocar daños.

- *Grupo exento*: sin peligros fotobiológicos en condiciones previsibles.
- *Grupo de riesgo 1*: grupo de bajo riesgo, el riesgo se limita gracias a los comportamientos normales que genera la exposición.
- *Grupo de riesgo 2*: grupo de riesgo moderado, el riesgo se limita debido a la respuesta de aversión a las fuentes luminosas muy brillantes. Sin embargo, no todas las personas tienen estos reflejos.
- *Grupo de riesgo 3*: grupo de alto riesgo, una exposición incluso momentánea o breve puede representar un riesgo.

**Ilustración 5. Grupo de riesgo de las fuentes incoherentes**



En el caso de las radiaciones láser, la clasificación del riesgo se recoge en la “NTP 654. Láseres: nueva clasificación del riesgo” y en la norma “UNE-EN 60825-1: 2007. Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación de los equipos y requisitos”,

en donde se los productos láser se dividen en 7 clases. Cuanto mayor es su número de clasificación, mayor es su potencial para provocar daños. Esta clasificación se basa en el concepto de límite de emisión accesible para cada clase de productos láser. El límite de emisión accesible toma en consideración no solo la energía generada por el producto láser, sino también el acceso humano a la emisión láser.

**Tabla 4. Clasificación del riesgo de los láseres según la “NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo”**

<b>Clase 1</b>	Productos láser que son seguros en todas las condiciones de utilización razonablemente previsibles, incluyendo el uso de instrumentos ópticos en visión directa.
<b>Clase 1M</b>	Láseres que emitiendo en el intervalo de longitudes de onda ( $\lambda$ ) entre 302,5 y 4000 nm son seguros en condiciones de utilización razonablemente previsibles, pero que pueden ser peligrosos si se emplean instrumentos ópticos para visión directa. (Ver 8.2 en la norma).
<b>Clase 2</b>	Láseres que emiten radiación visible en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 y 700 nm. La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo parpebral. Esta reacción puede proporcionar la adecuada protección aunque se usen instrumentos ópticos.
<b>Clase 2M</b>	Láseres que emiten radiación visible (400 y 700 nm). La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo parpebral, pero la visión del haz puede ser peligrosa si se usan instrumentos ópticos. (Ver 8.2 en la norma)
<b>Clase 3R</b>	Láseres que emiten entre 302,5 y 106 nm, cuya visión directa del haz es potencialmente peligrosa pero su riesgo es menor que para los láseres de Clase 3B. Necesitan menos requisitos de fabricación y medidas de control del usuario que los aplicables a láseres de Clase 3B. El límite de emisión accesible es menor que 5 veces el LEA de la Clase 2 en el rango 400-700 nm, y menor de 5 veces el LEA de la Clase 1 para otras longitudes de onda.
<b>Clase 3B</b>	Láseres cuya visión directa del haz es siempre peligrosa (por ej. dentro de la Distancia Nominal de Riesgo Ocular). La visión de reflexiones difusas es normalmente segura (véase también la nota 12.5.2c de la norma).
<b>Clase 4</b>	Láseres que también pueden producir reflexiones difusas peligrosas. Pueden causar daños sobre la piel y pueden también constituir un peligro de incendio. Su utilización precisa extrema precaución.

**Ilustración 6. Clasificación de productos láser**



**Los productos láser de clase 3B y clase 4 no deben utilizarse sin llevar a cabo previamente una evaluación de riesgos para determinar las medidas de control y protección necesarias para garantizar un funcionamiento seguro.**

Estas clasificaciones de seguridad, tanto de las fuentes incoherentes como de los productos láser, se refieren a la radiación óptica accesible, sin tener en cuenta otros peligros, como la electricidad, el ruido, los humos, las radiaciones adyacentes, etc. Además, solo considera un único producto y no tiene en cuenta la exposición acumulativa a fuentes múltiples.

Por otro lado, hace referencia al uso normal del producto, pero podría no ser aplicable al mantenimiento o la inspección, o cuando el dispositivo original forme parte de una instalación más compleja.

En el caso de las fuentes incoherentes, la clasificación recogida en la norma EN 62471: 2008 clasifica los productos a una distancia que produce una iluminancia de 500 lux para sistemas de iluminación general y a 200 mm de la fuente para otras aplicaciones y estos valores puede que no sean representativos para todas las condiciones de uso.

La maquinaria que produce radiaciones ópticas puede clasificarse igualmente según la norma EN 12198-1: 2000. Esta norma se aplica a todas las emisiones, ya sean intencionales o accidentales, excepto a las fuentes utilizadas exclusivamente para iluminación. En esta clasificación, la maquinaria se engloba en una de tres categorías (0, 1 ó 2), por orden de riesgo descendiente, en función de la emisión accesible. Cuanto más alta la categoría, se exigen restricciones especiales y medidas de prevención.

#### Para más información consultar

- EN 62471: 2008. Seguridad fotobiológica de las lámparas y de los aparatos que utilizan lámparas.
- EN 60825-1: 2007. Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación de los equipos y requisitos.
- IEC TR 60825-14: 2004. Seguridad de los productos láser. Parte 14: Guía del usuario.
- EN 12198-1: 2000. Seguridad de las máquinas. Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas. Parte 1: Principios generales.
- EN 12198-2: 2002. Seguridad de las máquinas. Evaluación y reducción de los riesgos (...). Parte 2: Procedimiento de medición de la radiación emitida.
- EN 12198-3: 2000. Seguridad de las máquinas. Evaluación y reducción de los riesgos (...). Parte 3: Reducción de las radiaciones por atenuación y blindaje.

Además de la clasificación de los equipos, en algunos dispositivos o aplicaciones puede resultar útil conocer la distancia a la que se extienden los riesgos derivados de las radiaciones ópticas (distancia de riesgo). Más allá de esta distancia no existe riesgo de sufrir daños.

Si esta información es facilitada por los fabricantes, ayudará en la evaluación de riesgos y garantizará la seguridad del entorno de trabajo.

Se pueden definir distancias de riesgo para la exposición de los ojos o la piel.

Para los equipos que emiten radiaciones incoherentes, los fabricantes pueden ofrecer también en las especificaciones técnicas del producto, no solo las distancias de riesgo, sino también los valores de riesgo (VR). Este dato se obtiene de dividir el nivel de exposición a una distancia determinada por el valor límite de exposición a esa distancia (nivel de exposición/VLE).

Conocer este valor es muy importante, ya que permitirá determinar las medidas preventivas necesarias. Así, si  $VR > 1$  se supera el VLE en el puesto de trabajo y será necesario, por ejemplo, limitar la duración de la exposición o el acceso a la fuente. Si  $VR < 1$ , no será necesario aplicar medidas.

En el caso de los láseres, los fabricantes pueden ofrecer información sobre la distancia nominal de riesgo ocular en las especificaciones del producto, sino se puede calcular utilizando varios parámetros de los facilitados por el fabricante. Esta distancia es aquella en la que a medida que diverge el rayo láser, la irradiancia es igual al VLE para los ojos. El VLE no se supera a distancias mayores y el rayo láser se considera seguro a partir de esta distancia.



En los manuales analizados en el estudio previo (16), se ha recogido de forma detallada información sobre la normativa vigente de fabricación y prevención de riesgos, así como las medidas preventivas para el personal que manipula esos equipos (EPI). El resto de documentación examinada (especificaciones técnicas, catálogos de productos) recogen en muchos casos información que permite realizar el cálculo de radiación en el que emiten los equipos, a partir de las orientaciones de la NTP 755 y consultando las tablas del anexo I y II del RD 486/2010, de 23 de abril.

Se recogen en el anexo III de la guía **dos ejemplos prácticos** de la información suministrada por el fabricante en los manuales de los equipos, que sirven al técnico de PRL para los cálculos de irradiancia y tiempo de exposición de las fuentes y el estudio de las medidas de protección necesarias.



## 6. MEDIDAS PREVENTIVAS RECOMENDADAS PARA EVITAR POSIBLES DAÑOS A LA SALUD Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES

### 6.1. MEDIDAS TÉCNICAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN



Las medidas de prevención frente a las radiaciones ópticas artificiales se deben establecer a partir de la evaluación de riesgos, recopilando toda la información disponible sobre las fuentes de radiaciones ópticas y la posible exposición de los trabajadores. La comparación entre la exposición a las radiaciones obtenida de cálculos teóricos o estimados o los datos medidos en “in situ” y los valores límite de exposición aplicables (VLE) permite evaluar la exposición de los trabajadores a las radiaciones ópticas en el lugar de trabajo. De este resultado se obtendrá información de si existen probabilidades o no de superar el valor o valores límite aplicables y con ello la necesidad o no de aplicar medidas correctivas.

Los riesgos derivados de la exposición a radiaciones ópticas artificiales deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la aplicación de medidas de control y protección del riesgo. Una vez identificados todos los peligros, como resultado de la evaluación de riesgos, estos deben controlarse primero mediante diseño técnico. Cuando no es posible se introducirá una protección alternativa al equipo, y como último recurso, se recurrirá a los equipos de protección individual.

Las medidas de control y protección que se presentan a continuación, a seguir cuando la exposición potencial es superior al VLE, se basan en los principios generales de prevención establecidos en el art. 15 de la LPRL, las disposiciones establecidas en el art. 4 del *RD 486/2010, de 23 de abril* y las prioridades recogidas en la *Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2006/25/CE: Radiaciones ópticas artificiales* de la Comisión Europea:

#### 1. Eliminación del peligro

Evaluar si la fuente de radiaciones ópticas peligrosas es necesaria.

#### 2. Sustitución de un proceso o equipo por otro menos peligroso

Si no es posible eliminar el peligro, se debe evaluar si es indispensable el nivel peligroso de radiaciones ópticas artificiales.

Si es posible, se seleccionarán equipos que generen menores niveles de radiación óptica, teniendo en cuenta el trabajo al que se destinan (ver apartado Medidas técnicas), o se emplearán otros métodos de trabajo que reduzcan el riesgo derivado de la radiación. Si no es posible evitar ese nivel de radiación óptica, se controlará técnicamente.

### 3. Medidas técnicas de control

Siguiendo los principios de la acción preventiva, se ha de anteponer la protección colectiva a la individual, así pues, a la hora de planificar y organizar las actuaciones preventivas en la empresa, se ha de enfocar la protección de los trabajadores, prioritariamente, desde la colectividad, y cuando estas medidas se demuestren insuficientes, se hará preciso recurrir, además, a la protección individual.

**Definimos la medida de protección colectiva como el elemento de seguridad que protege a cualquier trabajador sin necesidad de que realice ninguna operación o esfuerzo.**

En este punto se deberá evaluar el equipo antes de su adquisición, o en caso de ya tenerlo, si se puede modificar el aparato o controlar o reducir las radiaciones ópticas peligrosas en la fuente de emisión.

- **Elección de equipos que no generen, o generen menos, radiación óptica.** Basándose en la información suministrada por el fabricante, el empresario considerará el principio de la acción preventiva “tener en cuenta la evolución de la técnica” y seleccionará de entre los equipos existentes en el mercado que proporcionen los mismos o similares resultados, aquel que suponga menor riesgo de radiación para el trabajador.



Los equipos deben cumplir los requisitos mínimos de seguridad y salud en máquinas y componentes para su comercialización:

- Marcado CE.
- Declaración CE de Conformidad.
- Manual de Instrucciones en castellano, incluyendo requerimientos de instalación del equipo, uso y mantenimiento y reparación del equipo.

Los equipos deben estar dotados con las protecciones estipuladas por la normativa. Por ejemplo, para el caso de equipos láser, NTP 654, basada en la clasificación del riesgo:

Requisitos	Clasificación							
	1	1M	2	2M	3R	3B	4	
Cubierta protectora	--	O	O	O	O	O	O	O
Bloqueo de seguridad	X	X	X	X	X	+	+	+
Control remoto	--	--	--	--	--	O	O	
Control de llave	--	--	--	--	--	O	O	
Aviso de emisión	--	--	--	--	O	O	O	O
Atenuador del haz	--	--	--	--	--	O	O	
Localización de controles	--	--	--	--	+	+	+	
Óptica de observación	--	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Barrido	O	O	O	O	O	O	O	O
Etiqueta de Clase	T	T	F, T	F, T	F, T	F, T	F, T	F, T
Etiqueta de abertura	--	--	--	--	Te	Te	Te	
Etiqueta de entrada en servicio	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Etiqueta de neutralización del bloqueo	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Etiqueta de intervalo de $\lambda$	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Etiqueta de LED	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Manual con instrucciones de seguridad	O	O	O	O	O	O	O	O
Información de compra y servicio técnico	O	O	O	O	O	O	O	O
Productos médicos	+	+	+	+	+	+	+	+

O Obligatorio  
 -- No necesario  
 X Necesario para impedir emisión > 3R  
 + Necesario para impedir emisión > LEA Clase 1 ó 2  
 Te Texto especificado requerido  
 ▲ Correcciones de texto necesarias para productos LED  
 + Se aplica la norma CEI 60601-2-22  
 + Necesario para impedir emisión > 3B  
 T Texto requerido  
 ▼ La emisión debe ser < LEA de la Clase 1  
 F Figuras normalizadas  
 (\*) Obligatoria y específica para cada Clase  
 ▼ Obligatoria para ciertos intervalos de  $\lambda$   
 ⊙ Obligatoria en ocasiones según la Clase

Fuente: NTP 654 del INHST

Entre los elementos de control y protección se incluyen los siguientes:

- **Cubierta protectora.** De material resistente a la radiación, incombustible, en base a los requerimientos de fabricación. Prohibido cubrir el equipo con ningún elemento ajeno a los suministrados por el fabricante.
- **Bloqueo de seguridad.** Los equipos estarán dotados de un sistema que impida el funcionamiento del equipo en caso de retirada de la carcasa protectora (movida o separada), desconectará el equipo y lo dejará fuera de funcionamiento.
- **Control remoto.** Si es posible, la manipulación del equipo se puede realizar desde un punto separado de la zona de localización del equipo, ubicando al trabajador en una cabina o tras una pantalla protectora (en función del nivel de riesgo del equipo).
- **Control de llave:**
  - El dispositivo de control será accionado por una llave de acceso sin la cual no podrá entrar en funcionamiento.
  - La llave deberá poder ser retirada, y la radiación no podrá ser accesible cuando la llave haya sido extraída.
  - La llave puede incluir otro dispositivo (combinaciones en clave, tarjetas magnéticas).
  - Únicamente el personal autorizado dispondrá o tendrá acceso a la llave, según el procedimiento de trabajo establecido.

- **Aviso de emisión.** Cuando se ponga en funcionamiento el equipo o las baterías de condensadores se estén cargando o no hayan sido descargados con total seguridad, se deberá provocar una señal de aviso audible o claramente visible, y cuya observación no requiera la exposición a la radiación.
- **Atenuador del haz.** Elemento capaz de impedir el acceso humano a la radiación, diferente de un interruptor de la fuente de energía, conector de alimentación de la red o control por llave de acceso.
- **Punto de localización de los controles** del equipo fuera de la zona de influencia del haz.
- **Óptica de observación.** El equipo dispondrá de ventanas o pantallas de visualización incorporadas que deben proporcionar la atenuación suficiente para impedir el acceso a la radiación.
- **Indicadores,** claramente visibles e inequívocos, no independientes del equipo:
  - Puesta en marcha/parada.
  - Potencia de operación, indicando cual es la potencia emitida por el equipo.
- **Diseño de la instalación, lugar y puesto de trabajo.** El empresario ubicará el equipo considerando las condiciones del lugar de trabajo:
  - Lugar específicamente dedicado a los trabajos con los equipos con generación de radiación no ionizante. No se realizarán en el habitáculo ninguna otra operación, a excepción de las directamente relacionadas con el equipo durante los trabajos con uso del equipo.
  - Ubicación en lugar aislado. Asegurarse de que la posible radiación no pueda emitirse en el exterior del local en el que se ubique el equipo, cerciorándose de que no alcance áreas ocupadas. Establecer zona de seguridad.



Cuando se pueda lograr, los haces láser deben estar encerrados mediante tubos y/o pantallas deflectoras. Si el camino óptico es abierto, se debe controlar que se encuentren situados fuera del radio de visión de trabajadores y/o usuarios.

La trayectoria del haz del láser debe acabar, al final de su recorrido, sobre un material con reflexión difusa de reflectividad y propiedades técnicas adecuadas o sobre materiales absorbentes.



La intensidad disminuye inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Por ello, la recomendación es el aumento de la distancia entre el foco emisor y el individuo. Se delimitará la zona de influencia estableciendo la señalización de seguridad necesaria en el lugar de trabajo y en el equipo.



- Lugar ventilado. Si es necesario dotar la zona de trabajo con sistemas de ventilación/extracción. Tener en cuenta la temperatura del aire, evitar diferencias elevadas de temperatura o exposición a corrientes de aire frío mientras el torso del trabajador está expuesto a las altas temperaturas de la radiación.

Los puestos fijos se pueden dotar con sistemas de captación/aspiración:

- Campanas móviles: Sistemas de aspiración mediante conductos flexibles que permiten captar el contaminante lo más cerca posible del foco de generación. Funciona hacia arriba, y los gases, vapores y/o humos que se puedan generar alcanzan temperaturas elevadas, lo que hace que tiendan a ascender.
- Mesas con aspiración: Funciona en sentido descendente, trasero o lateral. Se ha de tener especial cuidado con las partículas, residuos, piezas, etc., que pueden obstruir los conductos e impedir su efecto de extracción.
- Dotar con iluminación suficiente el lugar de trabajo para conseguir que la abertura de la pupila del ojo del trabajador sea lo más pequeña posible, evitando así la posible radiación en el interior del ojo.
- La pintura y tratamiento de las paredes y superficies será antirreflectante, mate e incluso absorbente de la radiación para evitar su reflejo.
- Se debe contar con una instalación eléctrica dotada con protección diferencial y magnetotérmica, protegida frente al calor y al deterioro de los materiales por efecto del calentamiento generado por la radiación. Los materiales plásticos han de resistir el efecto térmico. Por ej.: Poliéster, policarbonato, policarbonato con fibra de vidrio, ...

Se tendrá puesta a tierra la instalación.

- Dotar con medidas de actuación en caso de emergencia y evacuación:
  - Zona de trabajo cercana a las salidas de emergencia.
  - Sistemas de apertura anti-pánico de las puertas de emergencia.
  - Iluminación de los puntos de evacuación y de los caminos de evacuación.
  - Dotar con sistemas de extinción de incendios.

- Dotar con botiquín.
  - Dado el efecto térmico de este tipo de radiación y la utilización y posible presencia de gases o vapores, se recomienda la dotación del local con duchas y/o fuentes lavaojos, que permiten refrescar la parte del cuerpo afectada (ojos y/o piel), en una zona a no más de 10 m del punto de trabajo.
- **Encerramiento, pantallas, blindajes del puesto o equipo.** La capacidad de penetración de la radiación depende de la longitud de onda y de las características estructurales del material.
    - Encerramiento de los equipos en cabinas cerradas y limitando su acceso a las personas responsables del uso y mantenimiento del equipo. Las cabinas deberán estar dotadas con sistema de cerramiento por llave o enclavamiento que impida el acceso a la sala de ubicación del equipo durante su funcionamiento. El sistema dispondrá de sistema de liberación del bloqueo y apertura desde el interior, similar al sistema de apertura anti-pánico. Solo el personal autorizado dispondrá de la llave para acceder al recinto.
    - Las zonas de trabajo se pueden equipar con cortinas, pantallas, mamparas o biombos rodeando el puesto que reflejen o reduzcan la transmisión. Su misión es proteger a las personas que se encuentren en el entorno del puesto de trabajo, por realizar otros trabajos o por circular por la zona. El material ha de reflejar o reducir la transmisión (material opaco o translúcido robusto). La parte inferior debe estar al menos a 50 cm del suelo para facilitar la ventilación.

En el caso de la soldadura, las mamparas se pueden fabricar con un soporte metálico articulado, sobre ruedas, con frenos, que se puede desplazar, y láminas de material absorbente de los rayos nocivos, pudiendo ser de distintos colores:

- Verde mate, nivel de protección más elevado. Solo permite ver el punto de soldadura a través de las cortinas.
- Rojo, el de menor nivel de protección (válido para transeúntes que no se detienen a mirar hacia donde se realiza la soldadura).
- El material transparente no protege frente a las radiaciones, tan solo lo haría frente al polvo, chispas, salpicaduras, viento y frío.



Puede utilizarse como material una base de PVC tratado, que filtra las radiaciones nocivas (IR y UV) de acuerdo con la norma EN 1598: 1997. Existen también en policarbonato, sobre soportes rígidos (se utilizan para sectorizar zonas).

Otro material sería la fibra de vidrio recubierta por una capa de poliuretano gris y rellena de aluminio. Es resistente al calor y las llamas y soporta temperaturas de hasta 500°C. Para temperaturas de hasta 1.000°C el material sería de fibra de vidrio y sílice.

- **Blindaje:** Espacio cerrado que contiene la radiación y que proporciona protección a todas aquellas personas que se encuentren en zonas contiguas. Se trataría de una zona controlada que garantiza que nadie quede inadvertidamente bajo la exposición del haz. El tamaño en general es variable en función del equipo y su uso.

La zona estará dotada con dispositivos que impiden el acceso a la zona durante el funcionamiento del equipo, y que en caso de algún fallo, impiden o eliminan el riesgo de radiación. La zona blindada dispondrá de un sistema de parada de emergencia, en un punto en el que no sea necesario atravesar o ponerse en la zona de influencia del haz.

- **Materiales aislantes térmicos:**

- Lana mineral (lana de roca), según la norma EN 13162.
- Poliestireno expandido, según la norma EN 13163.
- Poliestireno extruído, según la norma EN 13164.
- Espuma de poliuretano, de acuerdo con la norma EN 13165.
- Espuma de resina fenólica, de acuerdo con la norma EN 13166.
- Espuma de vidrio (lana de vidrio), según la norma EN 13167.
- Losas de lana de madera, según la norma EN 13168.
- Placas de perlita expandida de acuerdo con la norma EN 13169.
- Corcho expandido según EN 13170.
- Fibras de la madera según la norma EN 13171.

Otros materiales deben obtener una aprobación especial del país en concreto, o de la Organización Europea para las Aprobaciones Técnicas EOTA (European Organization for Technicals Approvals), situada en Bruselas ([www.eota.be](http://www.eota.be)).

- **Dispositivos de enclavamiento.** Existen muchas variantes, depende de la aplicación de que se trate. Estos deben estar bien contruidos, fiables, a prueba de fallos, deben estar indicados claramente (mediante señales en los botones de anulación e indicadores de advertencia en los paneles de control), y deben limitar el funcionamiento del equipo hasta que la barrera o puerta esté bien cerrada.
- Protección mediante **limitación del funcionamiento del equipo** (sensores para detectar la presencia o ausencia del operario y activar la orden de parada de la máquina o dispositivo).

- Utilizar/installar **interruptores de parada de emergencia** cuando exista la posibilidad de que el trabajador se encuentre con un problema en la zona de peligro. Estos interruptores deben reaccionar rápidamente y detener todos los servicios en la zona de peligro. Los de uso habitual son los botones de parada de emergencia de color rojo en forma de hongo. Estos deben estar situados en lugares adecuados alrededor del equipo y en cantidad suficiente para que uno de ellos siempre esté al alcance.
- 
- **Filtros y mirillas.** Algunos procesos industriales pueden confinarse total o parcialmente, siendo posible supervisar el proceso a distancia a través de una mirilla, lentes o una cámara de televisión. La seguridad puede garantizarse mediante el uso de materiales filtrantes para bloquear niveles peligrosos de radiación. Así se evita el peligro para el operario y la necesidad de que use gafas de protección.
  - **Dispositivos auxiliares de alineación.** Cuando es necesario alinear la trayectoria de un haz de radiación óptica, esta nunca debe hacerse con los ojos. Para eso pueden utilizarse láseres visibles de baja potencia de radiación que sigan el eje del rayo de mayor potencia o utilizar máscaras o blancos.
  - **Control preventivo:** Programas de mantenimiento de los equipos.

#### Para más información consultar

- RD 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- RD 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- RD 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- RD 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas.
- EN 953: 1997. Seguridad de las máquinas. Protectores. Prescripciones generales para el diseño y la fabricación de protectores fijos y móviles.
- EN 13857: 2008. Seguridad de las máquinas, distancias de seguridad para evitar que las extremidades superiores e inferiores lleguen a zonas de peligro.
- EN 349: 1993. Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.

- EN 1088: 1995. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos.
- EN 60825-4: 2006. Seguridad de los productos láser.
- Otras normas UNE recogidas en el capítulo 8 de la guía.

#### 4. Controles administrativos u organizativos

Estos serán efectivos siempre y cuando las personas reaccionen ante la información y que sus acciones sean eficaces. La principal medida de control será durante la puesta en servicio y la inspección técnica del equipo. Los controles administrativos dependen del riesgo al que esté expuesto el trabajador. Se deberán establecer disposiciones documentadas para hacer constar en ellas las medidas de seguridad adoptadas y su justificación. Por ejemplo, la declaración de la política de seguridad de la empresa, copia documentada de la evaluación de riesgos, plan de acción, registro de trabajadores autorizados, etc. Una buena práctica sería la revisión periódica de todas las medidas adoptadas.

Entre los controles organizativos encontramos:

- Adopción de **procedimientos de trabajo seguros**, por ejemplo, establecer un reglamento local para regular la forma en que se hacen los trabajos, descripción de la zona de trabajo, personas autorizadas, etc.

El empresario pondrá a disposición del trabajador operario del equipo un procedimiento escrito del correcto uso del equipo y actuaciones en situación de emergencia. Para su elaboración se ha de contar con:

- la información suministrada por el fabricante del equipo (manual de instrucciones, especificaciones técnicas)
- la opinión y colaboración de los trabajadores usuarios o potencialmente usuarios del equipo.
- la información técnica que organismos autorizados puedan haber publicado sobre el equipo (notas técnicas, guías técnicas, ...).

El procedimiento de trabajo debe estar disponible en las zonas a las que hace referencia y dirigido a todas las personas afectadas. Se ubicará en un lugar visible, cerca del puesto de trabajo, para la consulta por parte del trabajador usuario.

La existencia de un procedimiento de trabajo, proporciona:

- Seguridad al trabajador operario del equipo.
- Disminución de los riesgos.
- Eficiencia en el trabajo (conseguir los máximos objetivos con el mínimo esfuerzo).
- Aumento de los beneficios en la realización de los trabajos.
- Fiabilidad en los resultados.

- Establecimiento de programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos.
- Mantener controlada el área de trabajo (donde pueda superarse el VLE), restringiendo el acceso al equipo o área de trabajo, excepto para las personas autorizadas por la dirección (personal evaluado por su idoneidad).
- Limitación del nivel y tiempo de exposición (rotación del personal en el puesto, control del tiempo durante el cual está expuesto el trabajador).
- Aumento de la distancia a la fuente de radiación (la intensidad disminuye inversamente proporcional al cuadrado de la distancia).
- Establecimiento de prácticas de trabajo seguras: medidas de higiene personal (lavar manos y cara al salir de la zona de trabajo), prohibición de comer, beber o fumar en el lugar de trabajo; quitarse todo objeto que pueda producir reflexiones o calentarse: joyas (anillos, pulseras, cadenas, ...), bolígrafos metálicos, ...
- Seguir las instrucciones del fabricante del equipo, cuando esté cubierto por una directiva comunitaria pertinente.
- Señalización apropiada en los lugares de trabajo en que los trabajadores puedan estar expuestos a niveles que superen los VLE y establecimiento de avisos de seguridad. Se señalará si es obligatorio usar equipos de protección individual (EPI). Todas las señales de seguridad deben cumplir lo establecido en el *RD 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo*.



Señales de seguridad de peligro y uso obligatorio EPI

## 5. Designación del responsable del equipo

- Con formación específica en el manejo del equipo.
- Con formación específica en PRL derivados del equipo y el lugar de trabajo.
- Dispondrá de los medios adecuados necesarios para el correcto funcionamiento del equipo.
- Contará con autoridad delegada por el empresario para la adopción de las medidas necesarias. Por ej.: paralización de trabajos, sustitución de equipos, etc.

- Permanecerá en las instalaciones durante el tiempo de utilización del equipo.

## 6. Designación de personas que formen parte del servicio de seguridad y salud de la empresa.

La seguridad ante la exposición de radiaciones ópticas debe gestionarse a través de una estructura de gestión de la salud y la seguridad laboral igual que en otras actividades potencialmente peligrosas. Se deberá contar con personal que pueda ofrecer recomendaciones en soluciones de control técnico, utilización de equipos con seguridad, medidas de seguridad que hay que adoptar, etc. Por ejemplo, asesores sobre seguridad ante radiaciones ópticas. Este personal puede ser externo a la empresa.

## 7. Información y formación

Todo personal que esté expuesto a radiaciones ópticas en el puesto de trabajo debe recibir información y formación específica de prevención de riesgos laborales. La formación debe hacer referencia al uso seguro del equipo de trabajo pero también a las radiaciones a las que se ve expuesto el trabajador. Será doblemente importante en el manejo de equipos potencialmente peligrosos. Por un lado evitará las situaciones peligrosas y ayudará al trabajador a entender las medidas de seguridad. Por otro lado permitirá que el trabajador sea co-responsable de los riesgos laborales que asume y pueda colaborar en el plan de prevención. El empresario deberá informar y formar a los trabajadores principalmente en los siguientes aspectos:



- Medidas de prevención adoptadas.
- VLE y riesgos asociados a la exposición.
- Resultado de las evaluaciones.
- Forma de detectar los efectos nocivos.
- Prácticas de trabajo seguras.
- Uso correcto de los EPI.
- Circunstancias que dan derecho a la vigilancia de la salud.

## 8. Consulta y participación de los trabajadores

Los empresarios consultarán a los trabajadores y/o a sus representantes y permitirán su participación en el marco de todas las cuestiones que afecten a la seguridad y a la salud en el trabajo.

## 9. Uso de equipos de protección individual (EPI)

Deben utilizarse cuando los controles técnicos y administrativos sean inaplicables o incompletos. Estos equipos deben reducir las emisiones de las radiaciones ópticas

a niveles que no provoquen efectos perjudiciales para la salud del trabajador. Las zonas más expuestas en este tipo de trabajo son las manos, rostro, cabeza y cuello. Entre los EPI podemos encontrar protectores oculares, ropa adecuada, guantes de seguridad, cremas barrera, etc. (ver EPI en el punto 6.2.)

### 10. Vigilancia de la salud

El empresario debe garantizar la vigilancia periódica de la salud de los trabajadores en función de los riesgos inherentes al puesto de trabajo, de acuerdo con el art. 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, aplicando controles médicos en función de los efectos de la radiación no ionizante sobre los ojos y la piel (ver capítulo 7).

Considerar que las exigencias de adopción de alguna o algunas de las medidas irá en función del nivel de riesgo del equipo. Información que suministrará el fabricante.

## 6.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL



La finalidad de los equipos de protección personal (EPI), en nuestro caso, es reducir las radiaciones ópticas a un nivel que no provoque efectos perjudiciales para la salud de los trabajadores expuestos.

El grado de protección que brindan los equipos de protección personal va a depender de la longitud de onda de las radiaciones ópticas a la que estén expuestos los trabajadores. Por lo tanto, estos equipos deberán ser adecuados a los riesgos de los que protegen, adaptados a las condiciones de trabajo y ergonómicos para el trabajador.

Los EPI han de cumplir, las exigencias de comercialización del RD 1407/92 y sucesivas modificaciones, que imponen las exigencias de:

- Marcado CE.
- Declaración CE de Conformidad.
- Manual de Instrucciones en castellano, incluyendo requerimientos de uso, mantenimiento y conservación y limpieza del EPI.

Al seleccionar los EPI contra la exposición a radiaciones ópticas deben tenerse en cuenta cualquier otro peligro derivado de la actividad o el lugar de trabajo, como por ejemplo, que proteja de impactos, del calor o el frío, de polvos nocivos, contactos eléctricos, etc.

Entre los EPI contra la exposición a radiaciones ópticas encontramos los siguientes:

- **Ropa y cascos de seguridad.** La cabeza y el cuello pueden protegerse con cascos adecuados.

En el caso del **casco de seguridad** hemos de tener en cuenta el material en que está fabricado por el efecto que las radiaciones no ionizantes puedan provocarle, teniendo en cuenta, por ejemplo, el efecto que la radiación UV pueda provocar. En estas condiciones conviene utilizar cascos de materiales como el policarbonato, poliéster o policarbonato con fibra de vidrio, que resisten mejor el paso del tiempo.

La **ropa de protección** frente a radiaciones, pasa por presentar características antitérmicas y reflectantes.

Ropa de trabajo:

- En pura lana o algodón ignífugo (ambos materiales se carbonizan, pero no se derriten lo que evita quemaduras graves), con manga larga, puños ceñidos a la muñeca y collarín de protección para el cuello.
- Evitar bolsillos exteriores, o como mínimo con tapa.
- Se recomienda collarín para proteger el cuello.
- No utilizar ropa con manchas de grasa, disolventes o cualquier sustancia inflamable.
- En trabajos como la soldadura eléctrica: evitar elementos metálicos, como cremallera, corchetes, etc.
- Cambiar la ropa cuando esté húmeda o sudada.

Recomendaciones respecto a la ropa frente a la radiación UV solar:

- Fibra textil, se recomienda poliéster, mayor protección que el algodón
- Material permeable para evitar la sobrecarga térmica
- Tejido tupido
- Manga larga y cuello redondo, pantalón largo
- Uso de sombrero de ala ancha (trabajos al aire libre)

**Trabajos de soldadura:** La protección será frente a la radiación y la proyección. Elementos en cuero o algodón aluminizado: mandil, polainas, manguitos.

**Radiación Láser:** Se tendrán en cuenta la norma general "EN 340: 2003. Ropas de protección. Requisitos generales". No hay norma específica, suele asimilarse a la ropa para operaciones de soldeo.

- **Guantes de seguridad.** Uso de guantes con una baja transmisión de radiaciones ópticas peligrosas. En general la norma aplicable es la EN 420.

**Trabajos de soldadura:** Guantes de cuero de manga larga, con las costuras en el interior, para evitar la retención de partículas incandescentes. Deben mantenerse totalmente secos. Normas aplicables: EN 420, EN 12477. Resistencia a:

- A la abrasión.
- Al corte.
- Al rasgado.
- A la perforación.
- Frente a la llama.
- Calor por contacto.
- Salpicaduras de metal fundido.
- Desteridad: Grado de comodidad obtenido de acuerdo a la norma o la destreza que permite el uso del guante, respecto al trabajo se refiere a la capacidad de manipulación para realizar un trabajo, se relaciona con:
  - El espesor del material del guante.
  - Elasticidad del material del guante.
  - Deformidad del material del guante.



- **Protectores auditivos.** La protección auditiva a utilizar, varía en función del nivel de ruido generado en el ambiente de trabajo. Se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- Medición, por parte de la empresa, del nivel de ruido existente.
- El protector asegurará un nivel de atenuación que permita que el trabajador perciba en su canal auditivo un nivel de ruido por debajo de 80 dB A.
- Niveles de ruido a partir de 80 dB A, exigen que el empresario proporcione protección auditiva a sus trabajadores.
- Niveles de ruido a partir de 85 dB A, obligan al uso de la protección auditiva por parte del trabajador.

Se recomienda la utilización de:

- Tapones auditivos, para evitar la interferencia con otros equipos utilizados al mismo tiempo, como protección ocular, que podría dificultar el correcto ajuste del auricular.
- Equipos integrados: Casco integral de protección.



- **Protección respiratoria.** Dada la posible presencia de partículas en suspensión (humos, caso de los humos de soldadura) o la utilización de gases, se deberá recurrir a Equipos de Protección Respiratoria, habitualmente Filtrantes, que purifican el aire mediante filtros de partículas, para gases o combinados.



Puede darse la necesidad de utilizar Equipos de Protección Respiratoria Aislantes (en función de las condiciones de ventilación/extracción del lugar de trabajo), en general, equipos aislantes no autónomos, con aporte de aire respirable desde un punto limpio, a través de una manguera.



- **Calzado de seguridad.** Preferiblemente se utilizarán botas, también protegen el tobillo frente a torceduras. Será de material y suela aislante. Evitar la utilización de cordones, en el caso de la soldadura. Habitualmente se requiere la utilización de puntera reforzada, derivado de la manipulación de materiales que pueden suponer caída de objetos manipulados.

#### Haremos especial hincapié en la protección ocular.

- **Protectores oculares.** Cuando las demás medidas no son capaces de controlar el riesgo de una exposición de los ojos superior a los VLE aplicables, se deberán utilizar los protectores oculares recomendados por el fabricante del equipo o el asesor sobre seguridad de las radiaciones ópticas, diseñados específicamente para las longitudes de onda o potencias producidas.

No hay ningún filtro que proteja frente a todas las longitudes de onda. Cada filtro presenta una atenuación para una longitud de onda, que disminuye rápidamente a otras longitudes.

#### Tipos:

- **Protector ocular:** EPI destinado a proteger la parte externa del globo ocular y zonas anatómicas próximas, comúnmente denominado: Gafa de Protección.
- **Protector facial:** Extiende el campo de protección a parte o toda la cara del usuario. Se le llama habitualmente: Pantalla facial.

#### Riesgos frente a los que protege:

- Impactos o golpes.
- Salpicaduras de líquidos.
- Gases o polvo en suspensión.
- Radiaciones electromagnéticas no ionizantes: soldadura, UV, visible, IR, láser.

La protección ocular ha de estar equipada con filtros.

**Clase de protección de un ocular filtrante.** Las características de transmitancia de un filtro están representadas por la llamada “clase de protección” filtrante. Esta es una identificación que obligatoriamente debe ir marcada en cada filtro y consiste en la combinación de dos datos, separados por un guión:

- Código: Identifica al tipo de radiaciones frente a las que protege.
- Grado de protección (N) del filtro o nivel de protección ofrecido en cada tipo de radiaciones.

La clase de protección de los filtros de soldadura no incluye el número de código, sino tan solo el que indica su grado de protección.

En un mismo ocular filtrante, dependiendo de sus características, puede aparecer más de un “grado de protección”.

SÍMBOLO	USO DEL FILTRO
Ninguno	Soldadura
2	UV (altera el color)
2C	UV (no altera el color)
4	IR
5	Sol (sin requisito IR)
6	Sol (con requisito IR)
L	Protección Láser
R	Ajuste Láser

**Grado de protección filtrante (N).** Dependiendo de la emisión de la fuente radiante, la expresión empleada para determinar el valor de N es diferente:

- en **banda ancha** (soldadura, ultravioleta, infrarroja, solar). Función matemática que depende de una sola variable, la transmisión media en la banda visible (380-780 nm).

$$N = 1 + 7/3 \log 100/\tau_{vis}$$

- en **banda muy estrecha** (láser). El grado de protección solo depende del valor de la transmisión espectral del filtro en la longitud de onda a la que emite el láser frente al cual ofrece protección.

$$N = \log (1/\tau_{\lambda})$$

Los protectores oculares deben llevar marcados claramente el intervalo de longitud de onda y el nivel de protección correspondiente.

Estos EPI deben permitir que el trabajador vea claramente todas las partes de la zona del trabajo, a la vez que limitan las radiaciones ópticas a niveles aceptables.

Entre estos equipos encontramos gafas de seguridad de distinto tipo y las pantallas faciales o visores absorbentes, que además de proteger los ojos también protegen la cara y cuello.

La **marca de los oculares** debe contener la información técnica adecuada:

- Número de grado.
- Identificación del fabricante.
- Clase óptica.
- Símbolo de resistencia mecánica (opcional).
- Símbolo de solidez al arco eléctrico de cortocircuito (si procede).
- Símbolo de no adherencia a metales fundidos y resistencia a la penetración de sólidos calientes (si procede).
- Símbolo de resistencia al deterioro superficial por partículas finas (si procede): Símbolo K.
- Símbolo de resistencia al empañamiento (si procede): Símbolo N.
- Símbolo de alta reflectancia (si procede): Símbolo R.
- Símbolo de ocular original o de recambio (opcional): Símbolo O o S.
- Además el ocular puede incluir una marca de certificación y una señal para facilitar el montaje correcto de oculares laminados.
- Marcado CE.



Ejemplo de marcado:

### 3 - 2.5 X 1 S K N

3: Código de los filtros UV con buen reconocimiento del color.

2.5: Corresponde al grado de protección frente a la radiación.

X: Marca de identificación del fabricante.

1: Clase óptica del ocular.

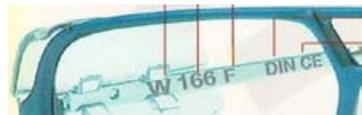
S: Resistencia mecánica incrementada.

K: Ocular resistente al deterioro superficial por partículas finas.

N: Resistencia al empañamiento.

El **marcado de la montura** debe contener la información siguiente:

- Identificación del fabricante.
- Número de la norma europea aplicada (EN 166).
- Campo de uso (opcional).
- Símbolo de solidez incrementada/resistencia a partículas a alta velocidad/temperaturas extremas (opcional).
- Símbolo de monturas para cabezas pequeñas (si procede): Símbolo H.
- Grado de protección más alto del ocular, para las monturas (si procede).
- Además el marcado de la montura puede incluir una marca de certificación.
- Marcado CE.



Ejemplo de marcado de montura:

**X 166 3 4 9 BT**

X: Identificación del fabricante.

166: Norma empleada para verificar prestaciones.

3: Campo de uso frente a líquidos.

4: Válido frente a polvo grueso.

9: Válido frente a metal fundido y sólidos calientes.

BT: Resistencia a impactos de alta velocidad con energía media, a temperaturas extremas.

La norma "EN 170: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta (...)", establece el grado de protección para trabajos con radiación UV, particularmente en longitudes de onda inferiores a 313 nm, y cuando el deslumbramiento no es un factor importante. Se aplica por tanto a las radiaciones UVC (100-280 nm) y a la mayor parte de las UVB (280-315 nm). Considera para el color del cristal, el incoloro, azul, amarillo o verde. Hemos de tener en cuenta que la percepción de los colores puede verse alterada, excepto en los equipos marcados como clase 2C de protección.

Cuando el riesgo asociado a la actividad es la radiación IR, se usarán protectores oculares o faciales con filtros IR (cuyo número de código es 4).

En trabajos donde sea importante el reconocimiento de los colores, se recomiendan filtros IR con un reconocimiento mejorado del color.

A niveles radiación muy elevados, se recomiendan filtros con una cara reflectante, ya que la reflexión de la radiación IR implica un menor calentamiento del filtro. Los protectores de malla metálica pueden ser adecuados en situaciones de elevado calor radiante. No obstante, los protectores de malla metálica no proporcionan por sí solos una protección significativa contra las radiaciones.

Los protectores oculares de malla metálica no deben utilizarse contra las salpicaduras de metal fundido, salpicaduras o gotas de líquidos, contra el polvo fino y los gases ni contra el polvo grueso.

Los oculares de malla metálica para la protección contra el calor radiante deben satisfacer todos los requisitos de la norma EN 1731.

### **Protectores láser**

La mayoría de protectores láser son gafas de montura universal. Aplican las normas EN 166, EN 207 y EN 208. Los parámetros utilizados para hacer la selección, en base a EN 207 son los siguientes:

- **Longitud de onda** de la radiación emitida. Debido al gran número de longitudes de onda disponibles, el criterio de selección deberá tener en cuenta los intervalos de longitudes de onda. Cada protector

individual puede cubrir únicamente una longitud de onda determinada en el intervalo seleccionado.

- **Tipo de láser**, en función de su tiempo de operación y duración del pulso.

Tipo de láser	Denominación típica
<b>D</b>	Láser continuo
<b>I</b>	Láser pulsado
<b>R</b>	Láser relajado
<b>M</b>	Láser multimodo

- **Grado de protección del filtro.** Los grados de protección van de LB1 a LB10.

Para protectores según norma EN 208, se deben definir distintos parámetros para la selección:

- Longitud de onda de la radiación.
- Potencia máxima del láser.
- Energía máxima de los pulsos.
- Grado de protección que van desde RB1 a RB5.

#### **Protectores para trabajos de soldadura**

Las tareas de soldeo y técnicas afines llevan asociadas la exposición a radiaciones (UV, IR, visible), salpicaduras de metal fundido y en ocasiones proyección de partículas.

La selección del tipo de protector ocular y el tipo de filtro aplicable dependerá del tipo de técnica de soldeo, por lo que es necesario un conocimiento preciso de la tarea a realizar.



Las normas armonizadas aplicables a los protectores contra la radiación láser son las normas EN 166, EN 169, EN 175y EN 379:2003+A1.

Los requisitos básicos de la normativa aplicable son:

- **Protectores.** Las gafas universales o integrales no son adecuadas si se requiere protección facial (por ej. contra la escoria de la soldadura o la radiación del arco eléctrico de soldadura).

Si se requiere protección facial usarán pantallas de soldador. Las gafas de montura universal se usan sobre todo para operaciones de corte, soldadura de latón y para personas no directamente implicadas en la soldadura o para visitas. No obstante, siempre se evaluarán las necesidades de protección requeridas por la tarea.

- **Tipos de pantallas.** Existen en distintos materiales (fibra vulcanizada, polipropileno) y modelos:
  - Pantallas de mano.

- Pantallas para casco.
- Pantallas de cabeza.
- Pantallas para filtros electrónicos.

Las pantallas de fibra vulcanizada son altamente resistentes al calor por radiación y por contacto. Están especialmente indicadas para soldadura en condiciones extremas.

Las pantallas termoplásticas son muy resistentes a la radiación y están especialmente diseñadas para su uso en exteriores.

**Filtros y cubrefiltros:** La zona ocular está compuesta por un cubrefiltro exterior para proteger de las salpicaduras, el filtro de soldadura, y un cubrefiltro interior que se usa para proteger frente a impactos. Los filtros de soldadura ofrecen protección frente a la luz visible, la radiación UV y los rayos infrarrojos emitidos durante el proceso de soldadura.

Para seleccionar el tono correcto debemos usar tablas de selección. Los cubrefiltros de vidrio protegen al filtro de las salpicaduras de metal fundido y de las partículas incandescentes. Los cubrefiltros de policarbonato ofrecen protección contra impacto de partículas en los procesos de desbarbado y limpieza de la soldadura.

- Filtros. Se clasifican en distintos grados de oscurecimiento. El grado se seleccionará principalmente en función de la técnica de soldadura.

Los filtros clásicos o cristales inactivos son una buena protección frente a las radiaciones.

Siempre deberemos elegir el tono adecuado al tipo de soldadura a realizar consultando la tabla para ello. El inconveniente de estos filtros es la necesidad de levantar la pantalla cuando el arco está apagado.

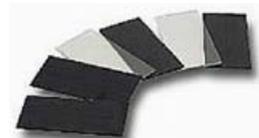


Los filtros electrónicos o autooscurecibles, proporcionan un mayor confort y calidad visual, ya que se oscurecen automáticamente al detectar el arco eléctrico y se aclaran al apagarlo.

Los filtros automáticos de soldadura cambian automáticamente su grado de protección desde un estado claro hasta un grado de protección mayor con un estado más oscuro cuando se inicia el arco de soldadura. El estado más oscuro puede estar seleccionado por el soldador o bien puede ajustarse automáticamente dependiendo de la iluminación generada por la soldadura al arco.

#### Opciones de los filtros:

- ✓ **Clase óptica:** Los oculares pueden ser de la clase óptica 1, 2 o 3. La clase 1 es la mejor ópticamente. La clase 3 permite



mayores desviaciones y se recomienda su uso durante cortos períodos de tiempo.

- ✓ Resistencia al deterioro superficial por partículas finas. Marcado con símbolo K en los oculares.
- ✓ Resistencia al empañamiento. Marcado con símbolo N en los oculares.
- ✓ Reconocimiento mejorado del color. Recomendado para tareas de soldeo donde el reconocimiento del color es importante.
- ✓ Alta reflectancia en el infrarrojo. Marcado con el símbolo R en los oculares. Recomendable en tareas con una cantidad importante de calor.
- ✓ Filtro automático para soldadura.

#### Para más información consultar

- RD 773/97, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de EPI.
- R.D. 1407/92, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- *Normas por tipo de productos:* EN 169: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado. EN 170: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado. EN 171: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el infrarrojo. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
- *Soldadura:* EN 175: 1997. Protección individual. Equipos para la protección de los ojos y la cara durante la soldadura y técnicas afines. EN 379: 2003. Protección individual del ojo. Filtros automáticos para soldadura. EN 1598: 1997. Higiene y seguridad en el soldadura y procesos afines. Cortinas, lamas y pantallas transparentes para procesos de soldadura por arco.
- *Láser:* EN 207: 1998. Protección individual de los ojos. Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser. EN 208: 1998. Protección individual de los ojos. Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas de láser.
- *Fuentes de luz intensa:* BS 8497-1: 2008. Protectores oculares contra fuentes de luz intensa utilizadas en humanos y animales para aplicaciones cosméticas y médicas. Parte 1: Especificación de los productos. BS 84972-1: 2008. Protectores oculares contra fuentes de luz intensa utilizadas en humanos y animales para aplicaciones cosméticas y médicas. Parte 2: Guía de uso. )
- Portal de EPI del INSHT. En: [www.insht.es/portal/site/Epi/](http://www.insht.es/portal/site/Epi/)

Dificultades y problemática derivadas del uso de protección ocular:

- Influencia de las características visuales del trabajador:
  - ✓ Uso de gafas graduadas, necesidad de adaptar los oculares: resistencia al impacto, protección frente a la radiación.
    - Opción cara.
    - No siempre factible (condicionada por el déficit visual del trabajador).
    - Posibles problemas de peso del ocular.
  - ✓ Uso de gafas de montura integral, simultáneamente con las gafas correctoras. Ventaja: variedad de diseños. Dificultad: empañamiento.
  - ✓ Montura suplementaria o abatible, junto con las gafas correctoras:
    - Montura con oculares neutros, resistente a impactos.
    - Supone un peso adicional a la gafa protectora.
    - Puede producir alteraciones visuales.
  - ✓ Suministro de pantallas faciales:
    - El peso no va sobre la gafa correctora.
    - Mayor campo de protección.
    - Mejor comportamiento frente al empañamiento.
  - ✓ Uso de lentes de contacto:
    - Facilitan un campo visual más amplio y con menor distorsión.
    - Facilita el uso de equipos de protección (gafas, protección respiratoria, protección auditiva), dado que no interacciona.
    - Pero se hace necesario un estudio, caso por caso, de las circunstancias especiales que se puedan presentar. Por ejemplo:
      - Presencia de gases químicos peligrosos y radiaciones.
      - Pueden presentarse problemas, e incluso hacerlo imposible, retirar la lente de contacto.
      - La lente puede interferir con el procedimiento de lavado de emergencia.
      - Pueden atrapar y recoger humos y partículas sólidas en el ojo.
      - La dificultad de reconocer su presencia por parte del personal de emergencias, en caso de trabajador inconsciente.
- **Empañamiento:**
  - Las condiciones ambientales de calor y humedad favorecen el empañamiento de los oculares.
  - El esfuerzo continuado y las posturas incómodas provocan la sudoración y de nuevo el consecuente empañamiento.
- **Interferencias.** La existencia de otros trabajadores en la misma zona de trabajo genera:

- Presencia de radiación procedente de otras direcciones.
- Existencia de proyecciones procedentes de otras direcciones.

### 6.3. MEDIDAS DE PROTECCIÓN POR RANGO DE RADIACIÓN

(Según UNE-EN 14255-1 y EN 14255-2)

#### Radiación ultravioleta

##### Evitar la exposición:

- Elección de la técnica alternativa sin fuente UV, si es posible.

##### Medidas técnicas:

- Blindaje para evitar la emisión de radiación UV.
- Filtros adecuados para reducir la emisión de radiación UV.
- Posicionamiento de la fuente de radiación de modo que ninguna radiación UV se dirige a personas o partes del cuerpo.

##### Medidas organizativas:

- Minimización de la duración de la exposición.
- Ampliación de la distancia entre las fuentes y las personas.
- Colocación de señales de advertencia adecuadas.
- Instrucción de las personas en los peligros de la radiación ultravioleta y en el uso de medidas de protección adecuadas.

##### Medidas de protección personal:

- Gafas y filtros adecuados para la protección de los ojos (EN 166 y EN 170). Indumentaria y guantes adecuados para la protección de la piel.
- Aplicación de protector solar con un factor de protección adecuado.

#### Radiación visible e infrarroja

##### Evitar la exposición:

- Elección de técnicas alternativas sin fuente VIS o IR, si es posible.

##### Medidas técnicas:

- Elección de técnicas alternativas con mínimas emisiones de VIS o radiación IR.
- Blindajes para evitar o reducir la emisión de VIS o radiación IR.
- Filtros adecuados para reducir la emisión de VIS o radiación IR.
- Posicionamiento de la fuente de radiación de modo que ninguna radiación o reducida VIS-o radiación IR se dirige hacia las personas o partes del cuerpo.

**Medidas organizativas:**

- Minimización del tiempo de exposición.
- Ampliación de la distancia entre la fuente y la persona.
- Colocación de señales de advertencia adecuadas.
- Instrucción de las personas en los peligros de VIS o radiación IR y en el uso de medidas de protección adecuadas.

**Medidas de protección personal:**

- Gafas y filtros adecuados para la protección de los ojos (por ejemplo, EN 166, EN 169, EN 171, EN 175, EN 379, EN 1836, EN 1589).
- Indumentaria y guantes adecuados para la protección de la piel.

## 7. VIGILANCIA DE LA SALUD

La vigilancia de la salud se realizará en una doble vertiente, vigilancia colectiva y vigilancia individual de los trabajadores. En la primera se recopilarán datos epidemiológicos de daños derivados del trabajo para controlarlos y planificar la prevención. En la segunda vertiente se valorará el estado de salud de los trabajadores en relación al riesgo laboral y se trazarán estrategias de prevención.



Se deberá garantizar una adecuada vigilancia de la salud de los trabajadores en función de los riesgos inherentes al trabajo con exposición a radiaciones ópticas artificiales, con el fin de la detección precoz de cualquier efecto nocivo, así como de la prevención de cualquier riesgo, incluidos los a largo plazo o los riesgos de enfermedad crónica, para lo cual se elaborará y actualizará una historia clínico-laboral de los trabajadores. La vigilancia de la salud será realizada a través de la organización preventiva que haya adoptado la empresa.

- **Examen médico de salud**



Un trabajador expuesto a radiaciones ópticas artificiales en el trabajo no tiene que ser objeto de examen médico específico antes de su contratación, durante el empleo y al abandonar éste, tan solo porque realice este tipo de trabajo, sino que deberá realizar estos controles como cualquier otro profesional, en consonancia con la LPRL. De modo similar, los exámenes de la piel pueden

ser beneficiosos para los trabajadores, pero normalmente, en caso de una simple exposición rutinaria a radiaciones ópticas artificiales, no resulta necesario.

No existe un protocolo específico de vigilancia de la salud para la exposición a radiaciones no ionizantes, sí por el contrario para radiaciones ionizantes.

### Para más información consultar

- Protocolos de vigilancia sanitaria específica de los trabajadores del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. En: [www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/saludLaboral/vigiTrabajadores/protocolos.htm](http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/saludLaboral/vigiTrabajadores/protocolos.htm)

Sería deseable introducir en los exámenes periódicos de salud la realización del Test de la rejilla de Amsler, por ser ésta una prueba sencilla de realizar y muy útil para valorar la visión central, ya que con ella se pueden detectar cambios tempranos en

el centro de la retina, cuando el trabajador no es consciente, todavía, de que puede tener dañado su aparato ocular.

Sin embargo, cuando se detecte una exposición que supere los valores límite, el trabajador o los trabajadores afectados deberán realizar un examen médico, al igual que aquellos trabajadores que como resultado del reconocimiento médico se establezca que padecen una enfermedad o efecto nocivo para la salud identificable, que a juicio de un médico o especialista de medicina de trabajo sea consecuencia de la exposición a radiaciones ópticas artificiales en el trabajo (art. 10.2 del RD 486/2010, de 23 de abril).



En ambos casos, el médico u otro personal sanitario competente propondrán a los trabajadores expuestos que se sometan a un examen médico, le comunicará al trabajador el resultado del examen, así como le asesorará sobre cualquier medida de vigilancia de la salud a la que sea conveniente someterse tras el cese de la exposición. También informará al empresario de cualquier resultado significativo de la vigilancia de la salud.

**Cuando se detecte una exposición que supere los valores límite, el trabajador o los trabajadores afectados, tendrán derecho a un examen médico.**

Ya que muchos efectos adversos para la salud pueden deberse a la exposición a las radiaciones ópticas es importante que la persona que realice el reconocimiento médico conozca bien los posibles efectos adversos para la salud de las fuentes de exposición a las radiaciones ópticas artificiales presentes en el lugar de trabajo.

## 8. NORMATIVA E INFORMACIÓN CIENTIFICO-TÉCNICA DE REFERENCIA

Los riesgos ocasionados por las radiaciones ópticas artificiales son tratados expresamente en dos disposiciones normativas: la directiva europea 2006/25/CE y su trasposición al ámbito español, el Real Decreto 486/210, de 23 de abril. Alrededor de estas normas conviven otra serie de disposiciones legales y normas a tener en cuenta en el trabajo con equipos y dispositivos que emiten radiaciones ópticas artificiales.

### ♣ Documentación a nivel general

- **LEY 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269, de 10 de noviembre de 1995).
- **DIRECTIVA 2006/25/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, 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). DOVE L144.4.2006.
- **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 nº 99, de 24 de abril de 2010).
  - ✓ BOE-A-2010-6485 Anexo1
  - ✓ BOE-A-2010-6485 Anexo2
- **REAL DECRETO 39/1997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (BOE nº 27, de 31 de enero) y **REAL DECRETO 337/2010**, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción (BOE nº 71, de 23 de marzo).
- **REAL DECRETO 298/2009**, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia (BOE nº 57, de 7 de marzo de 2009)..
- **REAL DECRETO 54/2003**, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales (BOE nº 298, de 13 de diciembre).



- **REAL DECRETO 485/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE nº 97, de 23 de abril).



- REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (BOE nº 97, de 23 de abril).
- Directrices CE vigentes:
  - ✓ 2006/95/CE Baja tensión,
  - ✓ 2004/108/CE Compatibilidad Electromagnética (EMC),
  - ✓ 2006/42/CE, anexo II Maquinaria.
- **NORMAS UNE, UNE-EN, EN-ISO:**
  - ✓ EN 165: 2005. Protección individual de los ojos. Vocabulario.
  - ✓ EN 166: 2002. Protección individual de los ojos. Especificaciones.
  - ✓ EN 167: 2002. Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo ópticos.
  - ✓ EN 168: 2002. Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo no ópticos.
  - ✓ EN 170: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
  - ✓ EN 171: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el infrarrojo. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado
  - ✓ EN 349: 1993. Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.
  - ✓ EN 953: 1997. Seguridad de las máquinas. Protectores. Prescripciones generales para el diseño y la fabricación de protectores fijos y móviles.
  - ✓ EN 1088: 1995. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos.
  - ✓ EN 14255-1: 2005. Medición y evaluación de exposiciones de personas a radiación óptica incoherente. Parte 1: Radiación ultravioleta emitida por fuentes artificiales en el lugar de trabajo.

- ✓ EN 14255-2: 2005. Medición y evaluación de exposiciones de personas a radiación óptica incoherente. Parte 2: Radiaciones visibles e infrarrojas emitidas por fuentes artificiales en el lugar de trabajo.
- ✓ EN 14255-4: 2007. Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente. Parte 4: Terminología y magnitudes usadas en mediciones de exposición a radiación ultravioleta, visible e infrarroja.
- ✓ EN 62471: 2008. Seguridad fotobiológica de las lámparas y de los aparatos que utilizan lámparas.
- ✓ EN ISO 4007: 2012. Equipo de protección personal. Protección del rostro y los ojos. Vocabulario
- ✓ EN ISO 12100-1: 2003. Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología.
- ✓ EN ISO 121002-1: 2003. Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos.
- ✓ EN ISO 13857: 2008. Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para prevenir el atrapamiento en los miembros superiores e inferiores.
- ✓ EN ISO 14121-1: 2007. Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo. Parte 1: Principios.
- **Notas Técnicas de Prevención (NTP):**
  - ✓ NTP 755: Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral utilización (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, INSHT).
  - ✓ NTP 903: Radiaciones ópticas artificiales: criterios de evaluación utilización (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, INSHT).
- **Otras:**
  - ✓ Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2006/25/CE: Radiaciones ópticas artificiales. Comisión Europea.
  - ✓ ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) GUIDELINES: On limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation.
  - ✓ ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) GUIDELINES: On limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1,000 µm.

- RUPÉREZ M.J. La exposición laboral a radiaciones ópticas. Ed. INSHT, 1996. ISBN 84-7425-496-5

♣ Láseres:

- **NORMAS UNE, UNE-EN, EN-ISO:**
  - ✓ EN 207: 1998. Protección individual de los ojos. Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser.
  - ✓ EN 208: 1998. Protección individual de los ojos. Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas de láser.
  - ✓ EN 12254: 1998. Pantallas para puestos de trabajo con láseres. Requisitos de seguridad y ensayos.
  - ✓ EN 60601-2-22: 1997. Equipos electromédicos. Parte 2: Requisitos particulares de seguridad para equipos láser terapéuticos y de diagnóstico.
  - ✓ EN 60825-1: 2007. Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación de los equipos y requisitos.
  - ✓ EN 60825-2: 2004. Seguridad de los productos láser. Parte 2: Seguridad de los sistemas de comunicación por fibra óptica.
  - ✓ EN 60825-4: 2006. Seguridad de los productos láser. Parte 4: Sistemas de protección frente a la radiación láser.
  - ✓ EN 60825-12: 2004. Seguridad de los productos láser. Parte 12: Seguridad de sistemas de comunicación ópticos de espacio libre usados para la transmisión de información.
  - ✓ EN 61040: 1993. Detectores, instrumentos y equipos para medir la potencia y energía de las radiaciones láser.
  - ✓ EN ISO 11145: 2001. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Vocabulario y símbolos.
  - ✓ EN ISO 11146-1: 2005. Láseres y equipos relacionados. Métodos de ensayo para anchuras del haz láser, ángulos de divergencia y factor de propagación del haz. Parte 1: Haces estigmáticos y astigmáticos simples.
  - ✓ EN ISO 11146-2: 2005. Láseres y equipos relacionados. Métodos de ensayo para anchuras del haz láser, ángulos de divergencia y factor de propagación del haz. Parte 2: Haces astigmáticos en general.
  - ✓ EN ISO 11149: 1997. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Conectores de fibra óptica para aplicaciones del láser distintas de las telecomunicaciones.
  - ✓ EN ISO 11151-1: 2000. Láseres y equipos asociados a los láseres. Componentes ópticos normalizados. Parte 1: Componentes para los intervalos espectrales UV, visible e infrarrojo próximo.

- ✓ EN ISO 11151-2: 2000. Láseres y equipos asociados a los láseres. Componentes ópticos normalizados. Parte 1: Componentes para el intervalo espectral infrarrojo.
- ✓ EN ISO 11252: 2004. Láser y equipos relacionados con láser. Dispositivo láser. Requisitos mínimos para la documentación.
- ✓ EN ISO 11254-3: 2006. Láseres y equipos asociados a los láseres. Determinación del umbral de daño producido por láser sobre superficies ópticas. Parte 3: Evaluación de la capacidad para manejar la potencia (energía) láser.
- ✓ EN ISO 11551: 2003. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo del factor de absorción de los componentes ópticos para láseres.
- ✓ EN ISO 11553-1: 2005. Seguridad de las máquinas. Máquinas de procesamiento láser. Requisitos generales de seguridad.
- ✓ EN ISO 11553-2: 2007. Seguridad de las máquinas. Máquinas de procesamiento láser. Parte 2: Requisitos de seguridad para dispositivos manuales de procesamiento láser.
- ✓ EN ISO 11554: 2006. Óptica y fotónica. Láseres y equipos relacionados con los láseres. Métodos de ensayo para la potencia, la energía y las características temporales de un haz láser.
- ✓ EN ISO 11670: 2003. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo de los parámetros del haz láser. Estabilidad posicional del haz.
- ✓ EN ISO 11810-1: 2005. Láseres y equipos relacionados con los láseres. Método de ensayo y clasificación para la resistencia al láser de paños quirúrgicos y/o cubiertas protectoras del paciente. Parte 1: Ignición primaria y penetración.
- ✓ EN ISO 11810-2: 2007. Láseres y equipos relacionados con láseres. Método de ensayo y clasificación para la resistencia al láser de paños quirúrgicos y/o cubiertas protectoras de los pacientes. Parte 2: Ignición secundaria.
- ✓ EN ISO 11990: 2003. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos asociados a los láseres. Determinación de la resistencia al láser de los tubos traqueales.
- ✓ EN ISO 12005: 2003. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo de los parámetros del haz láser. Polarización.
- ✓ EN ISO 13694: 2001. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Métodos de ensayo de la distribución de densidad de potencia [energía] del haz láser.

- ✓ EN ISO 13695: 2004. Óptica y fotónica. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para las características espectrales de los láseres.
  - ✓ EN ISO 13697: 2006. Óptica y fotónica. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para la reflectancia especular y la transmitancia regular de los componentes ópticos de un láser.
  - ✓ EN ISO 14408: 2005. Tubos traqueales para cirugía con láser. Requisitos para el marcado y la información que acompaña al producto.
  - ✓ EN ISO 15367-1: 2003. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para la determinación de la forma del frente de onda de un haz láser. Parte 1: Terminología y aspectos fundamentales.
  - ✓ EN ISO 15367-2: 2005. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para la determinación de la forma del frente de onda de un haz láser. Parte 2: Sensores Schack-Hartmann.
  - ✓ EN ISO 17526: 2003. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Tiempo de vida de los láseres.
  - ✓ EN ISO 22827-1: 2005. Ensayos de aceptación para equipos de soldadura por láser de Nd:YAG. Equipos con transmisión por fibra óptica. Parte 1: Sistema láser.
  - ✓ EN ISO 22827-2: 2005. Ensayos de aceptación para equipos de soldadura por láser de Nd:YAG. Equipos con transmisión por fibra óptica. Parte 2: Mecanismos de posicionamiento
  - ✓ EN ISO 4007:2012 Equipo de protección personal. Protección del rostro y los ojos.
- **Notas Técnicas de Prevención (NTP):**
    - ✓ NTP 261: Láseres: riesgos en su utilización (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, INSHT).
    - ✓ NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1 /A2: 2002) (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, INSHT).
  - **Otras:**
    - ✓ RUPÉREZ, M.J.; CABRERA, J.A. Algunas cuestiones sobre seguridad láser. Ed. INSHT, 1996. ISBN 84-7425-434-5.

#### ♣ Iluminación:

- ✓ UNE-EN 62471: 2009. Seguridad fotobiológica de lámparas y de los aparatos que utilizan lámparas.
- ✓ International Standard IEC 60598-1, 2006-09 Edition 6.1, Luminaires- Part 1: General requirements and test.

♣ **Soldadura:**

- **NORMAS UNE, UNE-EN, EN-ISO:**
  - ✓ EN 169: 2002. Protección individual de los ojos — Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
  - ✓ EN 175: 1997. Protección individual. Equipos para la protección de los ojos y la cara durante la soldadura y técnicas afines.
  - ✓ EN 379: 2003. Protección individual del ojo. Filtros automáticos para soldadura.
  - ✓ EN 1598: 1997. Higiene y seguridad en el soldadura y procesos afines. Cortinas, lamas y pantallas transparentes para procesos de soldadura por arco.
- **Notas Técnicas de Prevención (NTP):**
  - ✓ NTP 494: Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad.
  - ✓ NTP 495: Soldadura oxiacetilénica y oxicorte: normas de seguridad.
- **Otras:**
  - ✓ ALONSO, F. Riesgos en operaciones de soldadura. Ed. INSHT 2004. ISBN 84-7425-674-7.

**WEBS DE INTERÉS:**

- **Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA)**  
<http://osha.europa.eu/fop/spain/es/>
- **Enciclopedia online del ámbito del láser y radiaciones ópticas**  
[www.rp-photonics.com/encyclopedia.html](http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html)
- **Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales**  
[www.funprl.es](http://www.funprl.es)
- **Health Physics (Revista de seguridad radiológica)**  
[www.health-physics.com](http://www.health-physics.com)
- **ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)**  
[www.icnirp.de](http://www.icnirp.de)
- **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)**  
[www.insht.es](http://www.insht.es)
- **Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo (IRSST)**  
<http://www.madrid.org/cs/Satellite?pagename=ComunidadMadrid/Estructura&idListConsj=1109265444710&idConsejeria=1142697631805&packed>

[Args=idOrganismo%3D1109266228581%26cid%3D1109266228581%26c%3DCM\\_Agrupador\\_FP&buscar=](#)

- **National Center for Devices and Radiological Health (NCDRH)**  
[www.fda.gov/AboutFDA/CentersOffices/OfficeofMedicalProductsandTobacco/CDRH/default.htm](http://www.fda.gov/AboutFDA/CentersOffices/OfficeofMedicalProductsandTobacco/CDRH/default.htm)
- **Opto & Laser Europe (Portal de la industria óptica y la fotónica)**  
[www.optics.org](http://www.optics.org)
- **Organización Internacional del Trabajo (OIT)**  
[www.ilo.org/global/lang--es/index.htm](http://www.ilo.org/global/lang--es/index.htm)
- **Recopilatorio de artículos científico-médicos sobre los láseres**  
[www.springerlink.com/content/1435-604X/](http://www.springerlink.com/content/1435-604X/)
- **Revista electrónica sobre aplicaciones de las LED**  
[www.ledsmagazine.com](http://www.ledsmagazine.com)

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ BENGTT KNAVE. Cap. 49: Radiaciones no ionizantes. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. OIT. Disponible en:  
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/sumario.pdf>
- ✓ CHAMORRO, E.; BONNIN, C.; LOBATO-RINCÓN, L.L.; NAVARRO-VALLS, J.J.; RAMÍREZ-MERCADO, G.; NAVARRO-BLANCO, C.; SÁNCHEZ-RAMOS, C. "Daño ocular causado por dispositivos LED". En: Seguridad y Medio Ambiente. Año 32 nº 128 Cuarto trimestre 2012. Fundación MAPFRE. Disponible en:  
<http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n128/es/articulo3.html>
- ✓ DIRECTIVA 2006/25/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006. Disponible en: <http://www.boe.es/doue/2006/114/L00038-00059.pdf>
- ✓ Directrices CE vigentes:
  - 2006/95/CE Baja tensión,
  - 2004/108/CE Compatibilidad Electromagnética (EMC),
  - 2006/42/CE, anexo IIA Maquinaria
- ✓ EN 166: 2002. Protección individual de los ojos. Especificaciones.
- ✓ EN 167: 2002. Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo ópticos.
- ✓ EN 168: 2002. Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo no ópticos.
- ✓ EN 169: 2002. Protección individual de los ojos — Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
- ✓ EN 170: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
- ✓ EN 171: 2002. Protección individual de los ojos. Filtros para el infrarrojo. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
- ✓ EN 175: 1997. Protección individual. Equipos para la protección de los ojos y la cara durante la soldadura y técnicas afines.
- ✓ EN 207: 1998. Protección individual de los ojos. Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser.
- ✓ EN 208: 1998. Protección individual de los ojos. Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas de láser. Disponible en:

<http://www.insht.es/EPI/Contenidos/Promocionales/Proteccion%20ocular%20y%20facial/Promocional%20a%20Contenido/Normas%20tecnicas%20especificas/ficheros/Normasocularyfacial.pdf>

- ✓ EN 349: 1993. Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/1993/04/20/pdfs/A11575-11578.pdf>
- ✓ EN 379: 2003. Protección individual del ojo. Filtros automáticos para soldadura. Disponible en: <http://www.upf.edu/materials/bib/docs/iula/UNE379.pdf>
- ✓ EN 953: 1997. Seguridad de las máquinas. Protectores. Prescripciones generales para el diseño y la fabricación de protectores fijos y móviles.
- ✓ EN 1088: 1995. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Disponible en: <https://shop.austrianstandards.at/Preview.action;jsessionid=12CBB4F79A8728B0D3CA0DBBB147EEB1?preview=&dokkey=308189&selectedLocale=en>
- ✓ EN 1598: 1997. Higiene y seguridad en el soldadura y procesos afines. Cortinas, lamas y pantallas transparentes para procesos de soldadura por arco.
- ✓ EN 14255-1: 2005. Medición y evaluación de exposiciones de personas a radiación óptica incoherente. Parte 1: Radiación ultravioleta emitida por fuentes artificiales en el lugar de trabajo. Disponible en: [www.sesko.fi/attachments/sk169/en\\_14255-1\\_2005.pdf](http://www.sesko.fi/attachments/sk169/en_14255-1_2005.pdf)
- ✓ EN 14255-2: 2005. Medición y evaluación de exposiciones de personas a radiación óptica incoherente. Parte 2: Radiaciones visibles e infrarrojas emitidas por fuentes artificiales en el lugar de trabajo. Disponible en: [www.sesko.fi/attachments/sk169/en\\_14255-1\\_2005.pdf](http://www.sesko.fi/attachments/sk169/en_14255-1_2005.pdf)
- ✓ EN 14255-4: 2007. Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente. Parte 4: Terminología y magnitudes usadas en mediciones de exposición a radiación ultravioleta, visible e infrarroja. Disponible en: [www.sesko.fi/attachments/sk169/en\\_14255-1\\_2005.pdf](http://www.sesko.fi/attachments/sk169/en_14255-1_2005.pdf)
- ✓ EN ISO 11145: 2001. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Vocabulario y símbolos.
- ✓ EN ISO 11146-1: 2005. Láseres y equipos relacionados. Métodos de ensayo para anchuras del haz láser, ángulos de divergencia y factor de propagación del haz. Parte 1: Haces estigmáticos y astigmáticos simples. Disponible en: <http://www.auniontech.com/uploadfile/2011/35/13149580538536.pdf>
- ✓ EN ISO 11146-2: 2005. Láseres y equipos relacionados. Métodos de ensayo para anchuras del haz láser, ángulos de divergencia y factor de

propagación del haz. Parte 2: Haces astigmáticos en general. Disponible en:

<http://www.auniontech.com/uploadfile/2011/35/13149580538536.pdf>

- ✓ EN ISO 11149: 1997. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Conectores de fibra óptica para aplicaciones del láser distintas de las telecomunicaciones.
- ✓ EN ISO 11151-1: 2000. Láseres y equipos asociados a los láseres. Componentes ópticos normalizados. Parte 1: Componentes para los intervalos espectrales UV, visible e infrarrojo próximo. Disponible en: <https://asplus.at/Preview.action;jsessionid=C884AD6D8B77E961E95E7A52275C9091?preview=&dokkey=476973&selectedLocale=en>
- ✓ EN ISO 11151-2: 2000. Láseres y equipos asociados a los láseres. Componentes ópticos normalizados. Parte 1: Componentes para el intervalo espectral infrarrojo.
- ✓ EN ISO 11252: 2004. Láser y equipos relacionados con láser. Dispositivo láser. Requisitos mínimos para la documentación.
- ✓ EN ISO 11254-3: 2006. Láseres y equipos asociados a los láseres. Determinación del umbral de daño producido por láser sobre superficies ópticas. Parte 3: Evaluación de la capacidad para manejar la potencia (energía) láser.
- ✓ EN ISO 11551: 2003. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo del factor de absorción de los componentes ópticos para láseres.
- ✓ EN ISO 11553-1: 2005. Seguridad de las máquinas. Máquinas de procesamiento láser. Requisitos generales de seguridad. Disponible en: [http://webstore.iec.ch/preview/info\\_iso11553-1%7Bed1.0%7Den.pdf](http://webstore.iec.ch/preview/info_iso11553-1%7Bed1.0%7Den.pdf)
- ✓ EN ISO 11553-2: 2007. Seguridad de las máquinas. Máquinas de procesamiento láser. Parte 2: Requisitos de seguridad para dispositivos manuales de procesamiento láser. Disponible en: <https://shop.austrianstandards.at/Preview.action;jsessionid=25F25C7281CEA0717DC3A4813ABCEDA8?preview=&dokkey=321613&selectedLocale=en>
- ✓ EN ISO 11554: 2006. Óptica y fotónica. Láseres y equipos relacionados con los láseres. Métodos de ensayo para la potencia, la energía y las características temporales de un haz láser. Disponible en: <https://shop.austrianstandards.at/Preview.action;jsessionid=2760FD611A321C5722C485F09664555E?preview=&dokkey=302910&selectedLocale=en>
- ✓ EN ISO 11670: 2003. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo de los parámetros del haz láser. Estabilidad posicional del haz.

Disponible en:

<http://www.auniontech.com/uploadfile/2011/35/13149584731794.pdf>

- ✓ EN ISO 11810-1: 2005. Láseres y equipos relacionados con los láseres. Método de ensayo y clasificación para la resistencia al láser de paños quirúrgicos y/o cubiertas protectoras del paciente. Parte 1: Ignición primaria y penetración. Disponible en:  
[http://www.ethiostandards.org/other%20files/ISO\\_11810-1\\_2005%28E%29-Character\\_PDF\\_document.pdf](http://www.ethiostandards.org/other%20files/ISO_11810-1_2005%28E%29-Character_PDF_document.pdf)
- ✓ EN ISO 11810-2: 2007. Láseres y equipos relacionados con láseres. Método de ensayo y clasificación para la resistencia al láser de paños quirúrgicos y/o cubiertas protectoras de los pacientes. Parte 2: Ignición secundaria. Disponible en:  
<https://shop.austrianstandards.at/Preview.action;jsessionid=01F60596F36CDAEEB59D932AC34D16FD?preview=&dokkey=329737&selectedLocale=en>
- ✓ EN ISO 11990: 2003. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos asociados a los láseres. Determinación de la resistencia al láser de los tubos traqueales.
- ✓ EN ISO 12005: 2003. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo de los parámetros del haz láser. Polarización.
- ✓ EN ISO 12100-1: 2003. Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología.
- ✓ EN ISO 121002-1: 2003. Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos.
- ✓ EN 12254: 1998. Pantallas para puestos de trabajo con láseres. Requisitos de seguridad y ensayos.
- ✓ EN ISO 13694: 2001. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Métodos de ensayo de la distribución de densidad de potencia [energía] del haz láser.
- ✓ EN ISO 13695: 2004. Óptica y fotónica. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para las características espectrales de los láseres.
- ✓ EN ISO 13697: 2006. Óptica y fotónica. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para la reflectancia especular y la transmitancia regular de los componentes ópticos de un láser.
- ✓ EN ISO 13857: 2008. Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para prevenir el atrapamiento en los miembros superiores e inferiores.
- ✓ EN ISO 14121-1: 2007. Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo. Parte 1: Principios.

- ✓ EN ISO 14408: 2005. Tubos traqueales para cirugía con láser. Requisitos para el marcado y la información que acompaña al producto.  
<https://ilnas.services-publics.lu/ecnor/downloadPreview.action?...51889>
- ✓ EN ISO 15367-1: 2003. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para la determinación de la forma del frente de onda de un haz láser. Parte 1: Terminología y aspectos fundamentales. Disponible en: <http://www.beuth.de/cmd%3Bjsessionid=HckE5YCPYCzYsW5mS5IkGEtv.2?workflowname=infoInstantdownload&docname=9531426&contextid=beuth&servicerefname=beuth&ixos=to>
- ✓ EN ISO 15367-2: 2005. Láseres y equipos asociados a los láseres. Métodos de ensayo para la determinación de la forma del frente de onda de un haz láser. Parte 2: Sensores Schack-Hartmann.
- ✓ EN ISO 17526: 2003. Óptica e instrumentos ópticos. Láseres y equipos relacionados. Tiempo de vida de los láseres.
- ✓ EN ISO 22827-1: 2005. Ensayos de aceptación para equipos de soldadura por láser de Nd:YAG. Equipos con transmisión por fibra óptica. Parte 1: Sistema láser.
- ✓ EN ISO 22827-2: 2005. Ensayos de aceptación para equipos de soldadura por láser de Nd:YAG. Equipos con transmisión por fibra óptica. Parte 2: Mecanismos de posicionamiento.
- ✓ EN 60601-2-22: 1997. Equipos electro-médicos. Parte 2: Requisitos particulares de seguridad para equipos láser terapéuticos y de diagnóstico.
- ✓ EN 60825-1: 2007. Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación de los equipos y requisitos.
- ✓ EN 60825-2: 2004. Seguridad de los productos láser. Parte 2: Seguridad de los sistemas de comunicación por fibra óptica.
- ✓ EN 60825-4: 2006. Seguridad de los productos láser. Parte 4: Sistemas de protección frente a la radiación láser. Disponible : <https://shop.austrianstandards.at/Preview.action;jsessionid=347B2CE97EE5FD4B12768BE46190AFF0?preview=&dokkey=408514>
- ✓ EN 60825-12: 2004. Seguridad de los productos láser. Parte 12: Seguridad de sistemas de comunicación ópticos de espacio libre usados para la transmisión de información. Disponible en: [http://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec60825-12%7Bed1.0%7Den.pdf](http://webstore.iec.ch/preview/info_iec60825-12%7Bed1.0%7Den.pdf)
- ✓ EN 61040: 1993. Detectores, instrumentos y equipos para medir la potencia y energía de las radiaciones láser.
- ✓ FRASER, I. Guía para la aplicación de la Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas. Comisión Europea Empresa e Industria. 2ª edición Junio de 2010. Disponible en:

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/ColeccionesRelacionadas/ContenidosRelacionados/TaxNormativa4\\_1/GuiaUEMaquinasDir%2006\\_42\\_ESP.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/ColeccionesRelacionadas/ContenidosRelacionados/TaxNormativa4_1/GuiaUEMaquinasDir%2006_42_ESP.pdf)

- ✓ GARCÍA J.J. “Nuevas tendencias para evaluar la exposición laboral a la radiación. Cómo nos afecta el láser. Manual para prevenir los riesgos de la exposición”. En: Mapfre Seguridad Nº 104. 2006. Disponible en: <http://ladep.es/ficheros/documentos/COMO%20NOS%20AFECTA%20EL%20LASER%20MAPFER.pdf>
- ✓ GARCÍA PÉREZ, A. Dermatología Clínica. 1997. ISBN 9788485664276.
- ✓ GIL HERNÁNDEZ, F. Tratado de Medicina del trabajo. Ed. ELSEVIER. MASSON 2011. ISBN 9788445810698.
- ✓ GOLD, D. Oftalmología. Ed. Marban.
- ✓ Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2006/25/CE: Radiaciones ópticas artificiales. Comisión Europea. 2013. Disponible en: <http://ec.europa.eu/social/publications>
- ✓ ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) GUIDELINES: On limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation. Disponible en: <http://www.icnirp.de/PubOptical.htm>
- ✓ ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) GUIDELINES: On limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1,000 µm. Disponible en: <http://www.icnirp.de/PubOptical.htm>
- ✓ International Standard IEC 60598-1, 2006-09 Edition 6.1, Luminaires- Part 1: General requirements and test. Disponible en: <http://www.lisungroup.com/IEC60598.pdf>
- ✓ LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269 10-11-1995.
- ✓ MARTINSONS, C. “Light Emitting Diodes (LEDs) and the Blue Light Risk”. En: Points de Vue. Nº68 - Spring / Primavera – 2013. Disponible en: <http://www.crizalusa.com/ECP-Resources/UV-Compendium/Documents/Martinsons%20-%20GB.pdf>
- ✓ NTP 261. Láseres: riesgos en su utilización (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, INSHT). Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_261.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_261.pdf)
- ✓ NTP 494. Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_494.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_494.pdf)
- ✓ NTP 495. Soldadura oxiacetilénica y oxicorte: normas de seguridad. Disponible en:

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_495.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_495.pdf)

- ✓ NTP 654. Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1 /A2: 2002) utilización (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, INSHT). Disponible en:  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_654.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_654.pdf)
- ✓ NTP 755. Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral utilización (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, INSHT). Disponible en:  
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/755.pdf>
- ✓ NTP 903. Radiaciones ópticas artificiales: criterios de evaluación utilización (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, INSHT). Disponible en:  
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/903w.pdf>
- ✓ Radiation Protection Standard Occupational Exposure to Ultraviolet Radiation. Radiation Protection Series nº 12. Australian Government Protection and Nuclear Safety Agency. Disponible en:  
<http://www.arpansa.gov.au/pubs/rps/rps12.pdf>
- ✓ RD 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de Prevención. Disponible en:  
[http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-1997-1853](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1997-1853)
- ✓ RD 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2009/03/07/pdfs/BOE-A-2009-3905.pdf>
- ✓ RD 485/1997, de 14 de Abril, sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo. Disponible en: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menu.item.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=c81a17815b2d5110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=1d19bf04b6a03110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&tab=tabConsultaCompleta>
- ✓ RD 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. Disponible en:  
[http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2010-6485](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2010-6485)

- ✓ UNE EN 165: 2006. Protección individual de los ojos. Vocabulario. Disponible en: <http://www.upf.edu/materials/bib/docs/iula/UNE165.pdf>
- ✓ VECCHIA, P.; HIETANEN, M.; et al. Protecting Workers from Ultraviolet Radiation. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). 2007. Disponible en: <http://www.icnirp.de/documents/UVWorkers.pdf>

**Webs consultadas de fabricantes y/o casas comerciales de equipos:**

- ✓ Alma Láser <http://www.almalasersmedica.es/productos.php>
- ✓ Bell Laser <http://www.2laser.com>
- ✓ Better Life <http://www.betterlife.cl/index.php/productos/estufas-well>
- ✓ Bioliht S.A. <http://www.bioliht.com/>
- ✓ Camellia <http://www.ipl-laser.net/>
- ✓ Cavit Láser <http://cavitlaser.com.mx/>
- ✓ CEA <http://www.ceaweld.com>
- ✓ DILAS <http://www.dilas.com/pages/products.php?category=6>
- ✓ Espil IPL <http://myespil.com/>
- ✓ KLS Martin Group <http://www.klsmartin.com/?L=5>
- ✓ Heraeus (España y Alemania)  
[http://www.heraeus-noblelight.com/es/home/noblelight\\_home.aspx](http://www.heraeus-noblelight.com/es/home/noblelight_home.aspx)
- ✓ Hobart Welders <http://www.hobartwelders.com/>
- ✓ Horn Glass Industries  
<http://hornglass.com/es/>  
[http://www.glassglobal.com/horn\\_glass\\_industries\\_ag\\_horn\\_glasanlagen/complete.html](http://www.glassglobal.com/horn_glass_industries_ag_horn_glasanlagen/complete.html)
- ✓ Inductotherm Europe Ltd.  
<http://www.inductotherm.co.uk/>
- ✓ J.L. Vicentz S.L. <http://www.vicentiz.com>
- ✓ Lassbell <http://lassbell.com/index.php/productos>
- ✓ Leica  
<http://www.leicabiosystems.com/es/preparacion-de-muestras/seccionado/seccionado-en-frio/detalles/product/leica-cm1950/downloads/>
- ✓ Lincoln Electric España  
<http://www.lincolnelectric.com/Catalog/lecobrowse.aspx?locale=1034>
- ✓ MAQUET <http://www.maquet.com/int>
- ✓ Miller <http://www.millerwelds.com>

- ✓ Nabertherm <http://www.nabertherm.es/home/index/es>
- ✓ Osram [http://www.osram.es/osram\\_es/](http://www.osram.es/osram_es/)
- ✓ Ozosystems Corporation, S.L.  
<http://www.ozosystems.com/es/productos>
- ✓ Philips  
<http://www.lighting.philips.es/>  
<http://www.philips.es/c/eliminacion-del-vello-ipl/304835/cat/>
- ✓ Purion <http://www.purion.de/es/download.php>
- ✓ Roфин-Baasel España, S.L. <http://www.rofin.es/es/aplicaciones/>
- ✓ Sincosald <http://www.sincosald.it/prodotti/default.asp>
- ✓ Solter  
[http://www.solter.com/sites/default/files/catalogs/SOLTER\\_soldadura\\_ES\\_FR\\_2013.pdf](http://www.solter.com/sites/default/files/catalogs/SOLTER_soldadura_ES_FR_2013.pdf)
- ✓ Top Craft <http://ferm.com>
- ✓ Weifang Huamei Electroics  
[http://es.made-in-china.com/co\\_huameierose/](http://es.made-in-china.com/co_huameierose/)

#### Otras webs consultadas:

- ✓ Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA)  
<http://osha.europa.eu/fop/spain/es/>
- ✓ Enciclopedia online del ámbito del láser y radiaciones ópticas  
[www.rp-photonics.com/encyclopedia.html](http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html)
- ✓ ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)  
[www.icnirp.de](http://www.icnirp.de)
- ✓ Health Physics (Revista de seguridad radiológica)  
[www.health-physics.com](http://www.health-physics.com)
- Laser Focus World (Revista mensual americana de óptica)  
[lfw.pennnet.com/home.cfm](http://lfw.pennnet.com/home.cfm)
- ✓ National Center for Devices and Radiological Health (NCDRH).  
[www.fda.gov/AboutFDA/CentersOffices/OfficeofMedicalProductsandTobacco/CDRH/default.htm](http://www.fda.gov/AboutFDA/CentersOffices/OfficeofMedicalProductsandTobacco/CDRH/default.htm)
- ✓ Opto & Laser Europe (Portal de la industria óptica y la fotónica)  
[www.optics.org](http://www.optics.org)
- ✓ Photonics Spectra, Europhotonics y BioPhotonics (Directorio y publicación multimedia de la industria de la fotónica)  
[www.photonics.com](http://www.photonics.com)
- ✓ Recopilatorio de artículos científico-médicos sobre los láseres  
[www.springerlink.com/content/1435-604X/](http://www.springerlink.com/content/1435-604X/)

- ✓ Revista de aplicaciones del láser  
[scitation.aip.org/jla/](http://scitation.aip.org/jla/)
- ✓ Revista electrónica sobre aplicaciones de las LED  
[www.ledsmagazine.com](http://www.ledsmagazine.com)
- ✓ Revista sobre la industria láser  
[www.ils-digital.com](http://www.ils-digital.com)
- ✓ The Laserist (revista internacional de la International Laser Display Association)  
[www.laserist.org/Laserist/](http://www.laserist.org/Laserist/)

## 10. ANEXOS

### ANEXO I. GLOSARIO DE TÉRMINOS

#### Amplitud (A)

Distancia vertical entre una cresta y el punto medio de la onda.

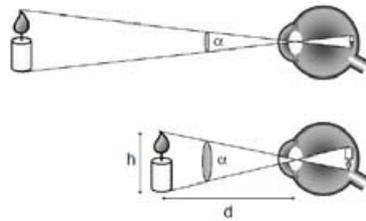
#### Ángulo sólido ( $\Omega$ )

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 de medida es el estereorradián (sr).

$$\text{Valor máximo } \Omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \text{ sr} \quad \Omega = \frac{S}{R^2}$$

#### Ángulo subtendido o visual plano ( $\alpha$ )

Tamaño aparente de un objeto, en este caso una fuente de radiación, medido en la posición de los ojos. Se calcula dividiendo la altura real del objeto (h) por la distancia al punto de medida, la distancia de visión (d). Determina la cantidad de radiación que penetra a través de la pupila y alcanza la retina. Como se trata de un ángulo plano se expresa en radianes (rad).



Cuando la luz penetra en el ojo en un haz esencialmente paralelo ( $\alpha$  muy pequeño), se crea en la retina una imagen en un área muy pequeña (puntual), en la que se concentra toda la energía de la radiación. Este es el caso de las fuentes muy distantes y los láseres. Por el contrario, si la fuente luminosa abarca parte del campo visual ( $\alpha$  grande), la imagen que se forma en la retina es mayor (extensa), por tanto la energía se disipa con más dificultad que en el caso anterior.

#### Curvas de ponderación biológica o espectral (S, B, R)

Se utilizan para corregir los valores de la exposición en cada rango del espectro óptico.

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. A través de estos estudios se puso 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.

De esta forma se obtuvieron estas curvas de ponderación. Existen tres curvas diferentes recogidas en el anexo I, apartado C, del RD 486/2010, de 23 de abril:

- $S(\lambda)$  o efectividad espectral para el UV (180-400 nm).
- $B(\lambda)$  o función de riesgo fotoquímico (luz azul) en la retina (300-700 nm).
- $R(\lambda)$  o función de riesgo térmico en la retina (380-1400 nm).

### Distancia de riesgo

Distancia a la que el nivel de exposición (irradiancia/radiancia) desciende por debajo nivel del VLE aplicable, es decir, más allá de esta distancia no existe riesgo de sufrir daños.

### Distancia de riesgo ocular

Distancia a la cual la irradiancia del rayo o la exposición radiante equivalen al VLE ocular correspondiente.

### Distancia de riesgo para la piel

Distancia a la que la irradiancia supera el VLE de la piel correspondiente a 8 horas. Se mide en metros (m).

### Espectro electromagnético

Conjunto de todas las formas de energía radiante existentes en el universo.

### Exposición radiante (H)

Cantidad de energía radiante sobre una superficie. Se expresa en julios por metro cuadrado ( $J/m^2$ ). También se define como la irradiancia integrada en un punto determinado durante un período de tiempo,  $H = E \cdot t$  (s).

### Flujo luminoso (F)

Medida de la potencia luminosa percibida, es decir, es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista. Por lo tanto, da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz en todas las direcciones del espacio. Se mide en lumen (lm) (= cd.sr).

Se obtiene ponderando la potencia para cada longitud de onda con la función de luminosidad. Es por tanto la suma ponderada de la potencia en todas las longitudes de onda del espectro visible. La radiación fuera del espectro visible no contribuye al flujo luminoso.

$$F = 683,002 \int_{\lambda_{\text{visible}}} \Phi(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

donde:

F : flujo luminoso (lm)

$\Phi(\lambda)$ : potencia radiante espectral del punto de luz en cuestión

$V(\lambda)$ : elemento de ángulo sólido (sr)

$\Theta$ : función de sensibilidad luminosa

### Fotosensibilidad

Reacción cutánea producida por la interacción entre una sustancia química fotosensibilizante y la exposición a la radiación electromagnética de espectro entre luz visible y radiación ultravioleta (UV). Estas sustancias pueden ser fármacos o excipientes que se administran de forma tópica o sistémica.

### Frecuencia (f)

Número de veces que se repite una vibración por unidad de tiempo. Se mide en Hertzios o ciclos/segundo.

### Función de luminosidad

La distinta sensibilidad del ojo humano a los distintos colores (longitudes de onda).

### Illuminancia o iluminación (Ev)

Cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. Se mide en lux (lx). Equivale a un lumen/m<sup>2</sup> (1 lux = 1 lm/m<sup>2</sup>).

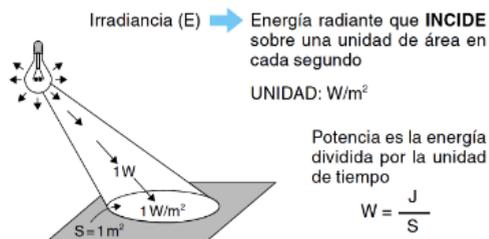
No existe una equivalencia directa entre lux y W/m<sup>2</sup>, ya que la unidad lux tiene en cuenta la función de luminosidad. La conversión de lux en W/m<sup>2</sup>, es decir, la conversión de iluminancia en potencia óptica, requiere conocer el espectro de la fuente de luz. Por ejemplo, para una longitud de onda de 555 nm (valor máximo de la función de luminosidad) se obtienen 683 lux para una fuente de 1 W/m<sup>2</sup>, siendo este valor inferior para cualquier otra longitud de onda y haciéndose cero fuera del rango visible, ya que la sensibilidad del ojo a esas longitudes de onda es cero.

### 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<sup>2</sup>).

### Irradiancia espectral (E $\lambda$ ) o densidad de potencia espectral

La potencia radiante que incide, por unidad de área, sobre una superficie, expresada en vatios por metro cuadrado por nanómetro (W/m<sup>2</sup> nm). Los valores  $E\lambda$ , también expresado por  $E\lambda(\lambda, t)$ , pueden proceder de mediciones o ser facilitados por el fabricante del equipo.



### Irradiancia efectiva

Irradiancia calculada ponderando por las curvas de ponderación espectral  $S(\lambda)$ ,  $B(\lambda)$  o  $R(\lambda)$ , expresada en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ).

Ver descripciones y expresiones de las irradiancias efectivas para cada curva de ponderación en la tabla A.2. del anexo I, B, del RD 486/2010, de 23 de abril.

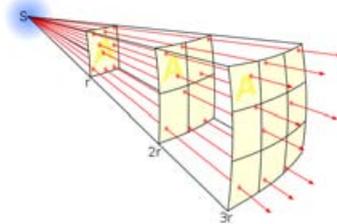
### Láser

*(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 mediante el proceso de emisión estimulada controlada.

### Ley del cuadrado de la distancia

Esta ley se refiere a una amplia variedad de fenómenos físicos cuya intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia, como por ejemplo la radiación no coherente. Por lo tanto, según la ley del cuadrado de la distancia, la radiación disminuirá con el inverso del cuadrado de la distancia.



$$S = \frac{S_0}{r^2}$$

Donde,

- S es la intensidad de la radiación óptica.
- $S_0$  es la intensidad a 1 m.
- r es la distancia.

### Ley del cuerpo negro

Todos los objetos emiten radiación en función de su temperatura. A esto se le llama ley del cuerpo negro<sup>2</sup>. La radiación emitida tiene una intensidad que es proporcional a la temperatura elevada a la cuarta potencia:

$$E \propto T^4$$

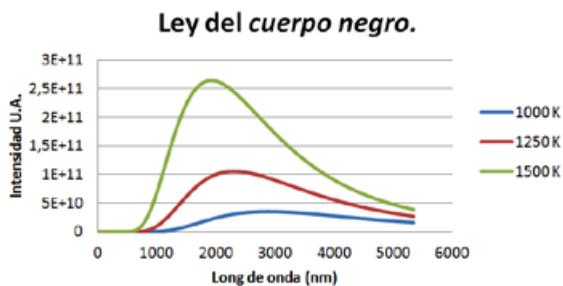
Esto quiere decir que duplicar la temperatura, multiplica por 16 la intensidad de la radiación emitida por el cuerpo ( $2^4 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$ ). Además, la radiación emitida es más intensa para una longitud de onda que es menor cuanto mayor es la temperatura. Por ej.

---

<sup>2</sup> Varias leyes muy interrelacionadas explican este fenómeno (ley de Wien, ley de Stefan-Boltzmann, ley de Planck...

Tª (k)	λ <sub>max</sub> (nm)
300	9700
1000	2900
3000	970
5000	580

Es decir, un objeto a 300 k (aprox. Tª ambiente) emite en el infrarrojo lejano<sup>3</sup>, mientras que un objeto a 5.000 k emite (preferentemente) luz amarilla. Será necesaria una temperatura de 8.000 k para que la emisión preferente se produzca en el ultravioleta.



### Longitud de onda (λ)

Distancia que separa dos puntos con el mismo estado de vibración, por ejemplo, dos crestas o dos valles. Se mide en pequeñas fracciones de metro, generalmente en nanómetros (nm), que equivalen a una millonésima de milímetro. Con longitudes de onda mayores resulta más conveniente utilizar micrómetros (μm). Un micrómetro es igual a 1.000 nanómetros.

### Luminancia (L<sub>v</sub>)

Densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. También se define como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada. Se mide en Nits o candela/m<sup>2</sup> (cd/m<sup>2</sup>). Se calcula:

$$L_v = \frac{d^2 F}{dS d\Omega \cos \theta}$$

donde:

L<sub>v</sub> : luminancia (Nits o cd/m<sup>2</sup>)

F : flujo luminoso (lm)

dS : elemento de superficie considerado (m<sup>2</sup>)

<sup>3</sup> Los visores nocturnos permiten ver en el rango infrarrojo (además de mejorar la sensibilidad).

$d\Omega$ : elemento de ángulo sólido (sr).

$\Theta$ : ángulo entre la normal de la superficie y la dirección considerada

Se puede definir a partir de la magnitud radiométrica de la radiancia ponderando cada longitud de onda por la curva de sensibilidad del ojo.

$$L_v = K \int_{visible} L(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

donde:

$L_v$ : luminancia

$L_\lambda$ : radiancia espectral

$V(\lambda)$ : curva de sensibilidad del ojo

### Nivel de radiación

Combinación de irradiancia, exposición radiante y radiancia a la que esté expuesto un trabajador.

### Potencia radiante ( $\Phi$ )

Tasa a la que la energía radiante pasa a través de un lugar determinado en el espacio. Se mide en vatios (W) y 1 vatio es igual a 1 julio por segundo.

El término potencia puede utilizarse para referirse a la potencia en un rayo definido de radiación óptica. En este caso se denomina potencia CW. Por ejemplo, un láser CW con una potencia de rayo de 1 mW emite fotones con una energía total de 1 mJ por segundo.

La potencia puede utilizarse también para describir un pulso de radiaciones ópticas. Por ejemplo, si un láser emite un pulso discreto que contiene 1 mJ de energía en 1 ms, la potencia del pulso es de 1 W. Si el pulso ha sido emitido en un tiempo más breve, por ejemplo, 1  $\mu$ s, la potencia es de 1.000 W.

### Potencia radiante espectral ( $\Phi(\lambda)$ )

Tasa a la que la energía radiante de longitud de onda  $\lambda$  pasa a través de un lugar determinado en el espacio. Se mide en vatios (W) y 1 vatio es igual a 1 julio por segundo.

### Radiación electromagnética

Campo eléctrico oscilante asociado a un campo magnético que viaja a través del espacio mediante ondas.

### Radiación incoherente

Toda radiación óptica distinta de una radiación láser (ver láser).

### Radiación láser

La radiación óptica procedente de un láser.

### **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.

### **Radiación ultravioleta (UV)**

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).

### **Radiación visible**

La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 380 nm y 780 nm, según definición del RD 486/2010, de 23 de abril. Es la franja del espectro electromagnético que es visible, es decir detectable por los ojos.

### **Radiación infrarroja (IR)**

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).

### **Radiancia (L)**

Flujo radiante o potencia radiante emitida por unidad de ángulo sólido y por unidad de área, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián ( $W/(m^2 \cdot sr)$ ). Es un parámetro que se utiliza para describir el grado de concentración de un rayo de radiaciones ópticas.

### **Riesgo de luz azul**

Posible lesión en la retina producida por reacciones foto-químicas resultante de la exposición a radiaciones ópticas de una longitud de onda comprendida entre 300 nm y 700 nm.

### **Riesgo derivado de las radiaciones ultravioletas**

Posibilidad de sufrir efectos adversos agudos y crónicos en la piel y los ojos como resultado de la exposición a radiaciones ópticas de una longitud de onda comprendida entre 180 y 400 nm.

### **Riesgo térmico para la retina**

Posibilidad de sufrir una lesión en los ojos como resultado de la exposición a radiaciones ópticas de una longitud de onda comprendida entre 380 y 1.400 nm.

### Temperatura de color

La temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Se expresa en kelvin (k).

### Valor límite de exposición (VLE)

Límite de la exposición a la radiación óptica basados directamente en los efectos sobre la salud comprobados y en consideraciones biológicas. El cumplimiento de este límite garantizará que los trabajadores expuestos a fuentes artificiales de

radiación óptica estén protegidos contra todos los efectos nocivos para la salud que se conocen.

## ANEXO 2. CHECKLIST

Herramienta, en formato Excel, empleada en el estudio previo a la guía para el análisis de los equipos emisores de radiaciones ópticas artificiales. En dicha herramienta se han introducido datos que se han considerado relevantes en el análisis de riesgos laborales. Aunque la herramienta está diseñada para el análisis de radiaciones, contiene datos que pueden ser de interés (como la potencia eléctrica o el riesgo de incendios). Este checklist pretende ser no solo una herramienta para el análisis, sino también una base que el técnico de PRL emplee como documentación técnica que complemente al informe de riesgos que se derive de dicho análisis.

### Contenido del checklist

35 apartados que recogen la siguiente información:

- **Nombre, modelo y número de serie del equipo.** Antes de empezar a analizar cualquier equipo es fundamental conocer de qué equipo se trata, es decir, identificarlo. En el nombre ya viene gran información y nos da una idea de lo que nos vamos a encontrar en el posterior análisis.
- **Función de este equipo.** La función del equipo nos describirá las aplicaciones que este puede tener, en que campos se puede utilizar.
- **Método por el que el equipo genera radiación.** El método por el que el equipo emite radiación nos describirá el proceso físico que tiene lugar en el para la emisión de radiación óptica.
- **Tipo de radiación emitida por el equipo.** Este parámetro nos indica si se refiere a radiación incoherente o radiación láser.
- **Descripción del tipo de radiación** (si es continua, pulsada...). Esta descripción da cuenta de la continuidad de la radiación. El conocimiento de esta diferencia nos da información para el cálculo de la irradiancia, si es puntual o por pulsos o si es continua.
- **Si está etiquetado correctamente y tiene información de dispositivos de seguridad.** Esta información implícitamente nos indica que cumple las normas de etiquetado, de fabricación y seguridad mediante los símbolos pertinentes a tales efectos.
- **Potencia eléctrica.** Este parámetro nos da una idea del consumo eléctrico

y de los posibles riesgos eléctricos que puedan producirse. Es uno de los parámetros que indican peligrosidad si este es muy alto.

- **Potencia óptica.** Este parámetro se necesita para el posterior cálculo del tiempo de exposición. Este va a depender del rango de radiación en que emita el equipo. Su cálculo se ha extraído de la NTP 755 del INSHT.
- **Rango** en el que el equipo emite radiación. Este apartado es uno de los más importantes, ya que nos da una de las cuatro clasificaciones del espectro de radiación óptica: Ultravioleta, Visible, Infrarrojo o Láser. Para cada rango hay sistemas de protección diferentes, y los efectos sobre la salud de los trabajadores si se supera el valor límite de exposición (VLE) también serán distintos.
- **Tiempo estimado en el que el equipo emite radiación.** Al estimar esto, estamos poniendo de manifiesto el uso que se le hace al equipo en una jornada laboral tipo o a lo largo del tiempo.
- **Riesgos que el equipo genera en el trabajador.** Teniendo en cuenta el rango en el que emite el equipo, es decir, sabemos que radiación emite y con qué intensidad, podemos tener información sobre posibles efectos sobre los trabajadores que manejan ese equipo.
- **Explicación del riesgo.** En este punto se explica y describe el riesgo producido por la radiación óptica emitida por el dispositivo.
- **Tiempo máximo de exposición.** Para su cálculo se hace referencia a los datos de la NTP 755 y del Anexo I y II del RD 486/2010, de 23 de abril.
- **Tiempo máximo de exposición con protección adecuada.** Este tiempo máximo de exposición reflejará si los equipos de protección del equipo existen y funcionan bien, así como si están en buenas condiciones y son apropiados los EPI.
- **Si se alcanzan los límites fácilmente.** Una vez calculados los tiempos de exposición, evaluado el tipo de riesgo y conociendo la intensidad de la radiación, podemos estimar cuándo los límites se alcanzan fácilmente o no.
- **Grupos de riesgo especialmente sensibles.** En este apartado se tendrá en cuenta las personas que les afecte de manera más significativa la radiación óptica. Pueden ser embarazadas, menores de edad, personas con alguna enfermedad de tal manera que si consumen determinados medicamentos estos puedan provocarle una reacción de fotosensibilidad.
- **Factores sensibilizantes.** Medicamentos sistémicos y/o tópicos que puedan producir fototoxicidad o fotoalergia en la interacción con estas radiaciones.

- **Dispositivos de protección.** Los dispositivos de protección son aquellos instrumentos que sirven para minimizar la radiación óptica a sus niveles más bajos, de modo que sean seguros para el trabajador que los manipula. Estos pueden ser mecanismos que actúen sobre el propio equipo, sobre la radiación o sobre el trabajador. Pueden ser físicos, acústicos, lumínicos o equipos de protección individual.
- **Causas por las que pueden no usarse los dispositivos de protección.** En este apartado se proponen causas que puedan darse para la no utilización de estos equipos de protección (desconocimiento, mal uso del equipo, anulación consciente de los dispositivos de protección del equipo por imprudencia, no usar los EPIs porque se consideran incómodos, entre otras muchas causas).
- **Medidas de protección adicionales.** Las medidas de protección adicionales dependerá del tipo de equipo y de cómo esté protegido. Entre ellas siempre se encontrarán los EPI apropiados, restricciones de acceso a la zona de peligro, información visual del peligro...
- **EPI recomendados.** Para cada tipo de radiación se recomiendan unos equipos u otros, es decir, se recomendarán equipos para determinados equipos, para determinadas longitudes de onda y para determinadas formas de producción de radiación. Los equipos más recomendados, por ejemplo, son gafas, pantallas faciales, guantes y ropa que proteja del calor.
- **Riesgos indirectos.** Este apartado recoge otros riesgos a los que el trabajador está sometido a la hora de trabajar con radiación óptica artificial. Algunos de estos equipos requieren alta potencia eléctrica, tienen alta potencia óptica, son equipos pesados, de grandes dimensiones, por lo que se deberán recoger las consecuencias de tener determinados parámetros con altos valores como son el riesgo eléctrico, riesgo de incendio, explosión, deslumbramiento, etc.
- **Riesgos por otras fuentes de radiación.** Dependiendo de donde esté ubicado el dispositivo habrá que tener en cuenta la probabilidad de que el trabajador esté bajo la influencia de otras fuentes de radiación.
- **Formación específica de manejo del equipo.** En este punto se considerará la necesidad de una formación específica del trabajador, dependiendo del riesgo que entraña el equipo y su dificultad para manejarlo.
- **Riesgos para otro personal.** Recoge la posibilidad de que otra persona distinta al operador del dispositivo o equipo permanezca en el radio de acción de los efectos de la radiación óptica del estudio.
- **Normas e informes científico-técnicos de aplicación, incluidos el de los**

**fabricantes.** Además de la normativa de fabricación, etiquetado y seguridad que el fabricante debe poner en sus manuales, hay otras directivas de aplicación que deben recogerse para un buen estudio de la prevención de riesgos.

- **Observaciones y conclusiones de la evaluación.** En este apartado se recoge cualquier aspecto o información que sea relevante para el estudio de las medidas a tener en cuenta para que un equipo sea seguro y que no estén recogidas en los puntos anteriores. Las conclusiones, a partir de los datos obtenidos de todos los apartados anteriores, se recogen de forma clara y objetiva.

**En la siguiente página se recoge la hoja CHECKLIST.**

Checklist de verificación de riesgos laborales asociados a equipos generadores de radiaciones ópticas artificiales:

1. Nombre del equipo:							
2. Marca:							
3. Modelo:							
4. Número de Serie:							
5. Breve descripción de su cometido:							
6. Breve descripción de su funcionamiento (método por el que se genera la radiación):							
7. Tipo de radiación emitida (láser/incoherente):							
8. Breve descripción de la fuente de radiación:							
9. Cumple normas de etiquetado y seguridad:							
10. Potencia eléctrica del equipo:							
11. Potencia óptica del equipo:							
<b>Irradiancia ponderada</b>							
Long de onda entre: 180 - 400 nm	<table border="1"> <tr> <td>Irradiancia pond.</td> <td>0,000</td> <td>W/m<sup>2</sup></td> </tr> </table>	Irradiancia pond.	0,000	W/m <sup>2</sup>			
Irradiancia pond.	0,000	W/m <sup>2</sup>					
<b>Irradiancia ponderada</b>							
Long de onda entre: 300 - 1400 nm	<table border="1"> <tr> <td>(riesgo por "luz azul") Irradiancia pond.</td> <td>0,000</td> <td>W/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>(mecanismo térmico) Irradiancia pond.</td> <td>0,000</td> <td>W/m<sup>2</sup></td> </tr> </table>	(riesgo por "luz azul") Irradiancia pond.	0,000	W/m <sup>2</sup>	(mecanismo térmico) Irradiancia pond.	0,000	W/m <sup>2</sup>
(riesgo por "luz azul") Irradiancia pond.	0,000	W/m <sup>2</sup>					
(mecanismo térmico) Irradiancia pond.	0,000	W/m <sup>2</sup>					
Ángulo subtendido	<table border="1"> <tr> <td>α (mRad)</td> <td></td> </tr> </table>	α (mRad)					
α (mRad)							
12. Rango principal de la radiación:							
13. Duración de la radiación:							
14. Riesgo principal (región):							
15. Explicación del riesgo:							
16. Tiempo de exposición máx. (sin prot):							
17. Tiempo de exposición máx (con prot):							
18. ¿Es factible superar alguno de estos límites?:							
19. Grupos de riesgo particularmente sensibles:							

20. Factores sensibilizadores:	
21. Dispositivos de protección del equipo:	
22. ¿Es probable que se trabaje sin ellos?:	
23. En caso afirmativo descripción de los mecanismos de protección adicionales recomendados:	
24. Equipos de protección individual:	
25. ¿Es probable que se trabaje sin ellos?:	
26. En caso afirmativo descripción de los mecanismos de protección adicionales (o estructurales) recomendados:	
27. Posibles efectos indirectos de los riesgos descritos anteriormente:	
28. ¿Existe posibilidad de exposición a otras fuentes que den lugar a riesgos combinados?:	
29. ¿Es necesaria formación específica para el uso del equipo?:	
30. ¿Es probable que el equipo afecte a personal distinto del que lo maneja?:	
31. Otros riesgos del equipo:	
32. Existe alguna alternativa (económicamente factible) que reduzca el riesgo:	
33. Normativas e informes científico-técnicos de aplicación recomendados (Incluyendo los facilitados por el fabricante):	
34. Observaciones:	
35. Conclusiones:	

### ANEXO 3. EJEMPLOS PRÁCTICOS

A continuación se muestran dos ejemplos que pueden servir de guía de cómo abordar el estudio de las medidas de protección a las radiaciones ópticas artificiales basándose en el análisis de la información suministrada por el fabricante en el manual del equipo.

Antes de comenzar, se recoge a continuación la información relevante a tener en cuenta para un estudio teórico de la exposición a radiaciones ópticas:

- Identificación del equipo.
- Descripción del uso que se le da el equipo (carga de trabajo, proceso en el que participa, etc.).
- Método por el que se genera la radiación, así como el tipo de radiación emitida.
- Conocimiento de cómo funciona el equipo y la fuente que emite radiación (definir su clase de peligrosidad, emisión continua o pulsada de la fuente...).
- El correcto etiquetado y mecanismos de seguridad.
- Potencia eléctrica (W).
- Potencia óptica (W)<sup>4</sup>.
- Irradiancia E (W/m<sup>2</sup>)
- Rango en el que el equipo emite radiación y su longitud de onda.
- Tiempo estimado de funcionamiento del equipo.
- Conocimiento de los riesgos principales que el equipo puede generar sobre el trabajador.
- Valor límite de exposición (VLE) sin protección. Para su cálculo se usarán los límites especificados en los anexos I y II del RD 486/2010.
- Tiempos máximos de exposición con protección.
- Grupos de riesgo especialmente sensibles a la radiación emitida.
- Dispositivos de protección que acompañan al equipo o que deberían acompañarlo.
- Equipos de protección individual (EPI) específicos para el tipo de radiación estudiada.
- Consideraciones de buen uso de los EPI y mecanismos de protección posibles.
- Riesgos indirectos de la radiación emitida por el equipo y combinados de otras fuentes.
- Formación necesaria para el uso del equipo.

---

<sup>4</sup> La potencia eléctrica y óptica se miden ambas en W. En el caso de la primera es la energía eléctrica consumida por el equipo y en el segundo la propia potencia óptica emitida (que siempre será menor que la primera, normalmente mucho menor).

- Normas e informes técnicos de referencia, incluyendo los del fabricante.
- Cualquier observación relevante y conclusión de la evaluación.

### Ejemplo 1: Láser Power Line E Air 10 (Manual de instrucciones de Rofin, Versión 1.2.8).

En primer lugar se muestra la información teórica que ofrece el manual, como es la normativa de seguridad seguida por el equipo, etiquetado, clasificación del riesgo, tipo de radiación, medidas de seguridad individuales, organizativas, dispositivos de seguridad, advertencias, etiquetado... (ver extractos 1 al 9 del manual). Se deberá analizar bien esta información.

**1.1 Funcionamiento adecuado**

Este sistema láser está diseñado para el rotulado de piezas. Otras aplicaciones, fuera de esas, no corresponderían a un objetivo adecuado de funcionamiento y el fabricante del equipo láser y del sistema no se hacen responsables de los daños, que de ello se derivara. El usuario tendría en este caso la responsabilidad.

Cambios arbitrarios en la instalación excluyen al fabricante del láser y del sistema de cualquier responsabilidad ante daños resultantes.

Los equipos láser ROFIN-SINAR están fabricados siguiendo las normas de seguridad siguientes:

- EN ISO 12100
- EN 60204
- EN 60825
- VDE 0837 (IEC 825)
- UVV BGV B2
- VDE 0100
- VDE 0105
- 21 CFR (National Center for Devices and Radiological Health - NCDRH)

Los sistemas de mercado láser de ROFIN-SINAR satisfacen las siguientes directrices CE vigentes:

- 2006/95/CE (Directriz sobre baja tensión)
- 2004/108/CE (directriz EMC de compatibilidad electromagnética)
- 2006/42/CE, anexo IIA (Directriz sobre maquinaria [dado el estado de máquina])



Extracto 1. Detalle de las normas de seguridad seguidas por el fabricante

**1.4.2 Advertencia de radiación láser**

Un láser sin dispositivo especial de protección corresponde a la clase de protección 4. La radiación láser es invisible cuando la longitud de onda es igual a 1064 nm. Con el láser de posicionamiento activado (longitud de onda de 675 nm, rayo láser rojo, clase de protección 2) el rayo láser es visible.



El cabezal láser PowerLine E Air corresponde a la clase de protección 4.



La unidad empotrable de 19" para instalación eléctrica corresponde a la clase de protección 1 debido a sus dispositivos de protección.

Los dispositivos de protección están compuestos por un tubo metálico flexible y un bloque de adaptador o una caja de conexión de fibra óptica. Los dispositivos de protección están montados de la siguiente forma:

- En el PowerLine E Air 10 el tubo metálico flexible está unido firmemente al módulo de los diodos mediante un bloque de adaptador.
- En el PowerLine E Air 25/30 el tubo metálico flexible está unido firmemente a la caja de conexión de fibra óptica, debajo de la que se encuentran los acoplamientos de fibra óptica de los módulos de los diodos. Los módulos de los diodos se introducen en las cajas de conexión de fibra óptica.

Extracto 2. Detalle de la clase de seguridad del láser.

### 1.5.1 Radiación UV

#### Advertencia



¡Al marcar con láser los metales, el plasma de vapor del metal que va surgiendo puede provocar la liberación de una radiación ultravioleta invisible capaz de dañar los ojos y la piel!

Las gafas de protección contra el láser para 1064nm según la norma DIN EN 207 o EN 208 no son apropiadas para la protección contra la radiación UV. El comercio ofrece gafas especiales que además de protección contra la longitud de onda también protegen contra la radiación UV.

### 1.5.2 Materias nocivas

#### Advertencia



Asegúrese de que hay un dispositivo aspirador adecuado y que funcione conectado al láser de tratamiento de materiales.

Durante el proceso de rotulado y al realizar operaciones de mantenimiento (p.ej. al cambiar filtros contaminados) pueden generarse y escapar vapores y polvos nocivos. Tenga en cuenta las precauciones especificadas por los proveedores y use máscara antigás y guantes protectores al manipular materias peligrosas.

No abra componentes en la unidad empotrable de 19" para instalación eléctrica, pues, con ello se podrían liberar materias nocivas.

Extracto 3. Detalle de los riesgos de PRL (no directamente relacionados con la radiación).

## 1.10 Dispositivos de seguridad

Ambas cubiertas laterales del cabezal láser son controladas por interruptores de interbloqueo (véase 1).

Un interruptor de interbloqueo abierto conduce a una desconexión de emergencia del equipo láser.



FIG. 6 Interruptor de interbloqueo del cabezal láser (parte eléctrica)



FIG. 7 Interruptor de interbloqueo del cabezal láser (parte óptica)

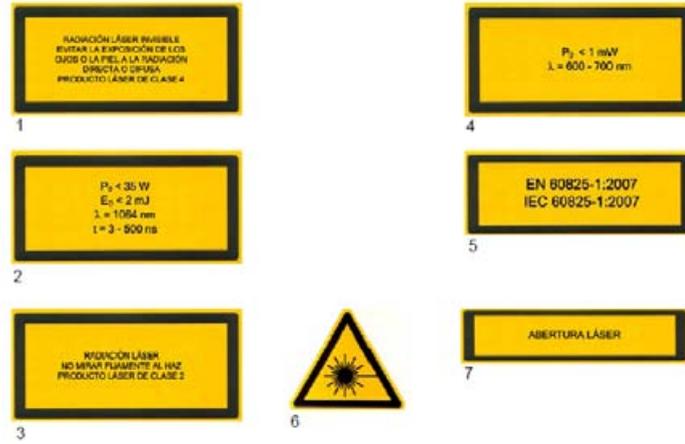
Extracto 4. Descripción de los sistemas de interbloqueo de los que dispone el equipo. Es probable que sistemas similares deban ser instalados en las pantallas o cubiertas estructurales que protejan al trabajador del haz láser directo.

### 1.11.1 Letreros de advertencia para 1064nm

Los siguientes letreros se encuentran en la parte superior del cabezal láser.

Los letreros 3 y 4 sólo aparecen en los equipos con láser piloto.

Los letreros 6 y 7 se encuentran adicionalmente en la parte frontal de la cabeza galvánica.



Extracto 5. Letreros de advertencia que se encuentran adheridos al equipo (en cumplimiento de la normativa).

### 1.11.2 Letreros de advertencia

#### 1.11.2.1 Unidad empotrable de 19 pulgadas para instalación eléctrica

En la parte superior de la unidad empotrable de 19" para instalación eléctrica se encuentran, además del letrero de advertencia, los dos letreros de indicación siguientes.



El letrero de indicación "Desenchufar antes de abrir" indica que, antes de retirar la tapa de la carcasa, hay que desconectar de la tensión la unidad empotrable de 19" para instalación eléctrica o desenchufarla, ya que en el interior de la unidad hay tensiones no aisladas.



FIG. 11 Letrero "Desenchufar antes de abrir"

#### Advertencia



La utilización, la reparación y el mantenimiento del equipo láser puede realizarse solamente por personal autorizado (ver capítulo "1 Seguridad" en la pág. 1).

Extracto 6. Descripción de los letreros de advertencia relativos al riesgo eléctrico de la fuente de alimentación del equipo.

**Advertencia**

 La utilización, la reparación y el mantenimiento del equipo láser puede realizarse solamente por personal autorizado (ver capítulo "1 Seguridad" en la pág. 1).

Este letrero advierte del peligro de la corriente eléctrica.

**Advertencia**

 Este láser de alta potencia trabaja con tensión eléctrica peligrosa (tensión de red). La tapa de la carcasa sólo puede ser abierta por personal instruido y formado. Para todos los trabajos en componentes eléctricos:

- Asegurarse de que no hay tensión
- Tomar medidas de seguridad
- Observar las normas de seguridad

Este señal advierte de la presencia de radiación láser.



FIG. 12 Letrero "Tensión eléctrica peligrosa"



FIG. 13 Letrero "Radiación láser"

Extracto 7. Continuación de adhesivos que señalan la existencia de riesgos eléctricos y ópticos (radiación láser).

### 1.6 Medidas personales de seguridad

**Advertencia**

 La radiación es muy peligrosa para los ojos. En la piel pueden producirse quemaduras graves. La radiación reflejada de forma difusa puede igualmente ser peligrosa. La radiación del láser puede ocasionar peligro de incendio o explosión.

- ¡No se exponga nunca a la radiación directa o reflejada ni dirija la mirada hacia el haz láser de forma directa o con un instrumento óptico!
- ¡Ejecute las operaciones de mantenimiento y servicio sólo con el sistema desconectado!
- En el área del láser utilice gafas de protección contra láser conforme a la norma DIN EN 207 y EN 208 - dispositivos de protección de los ojos contra radiación láser para una longitud de onda de 1064 nm.
- No puentear jamás los circuitos de interbloqueo porque son dispositivos de seguridad. Si son puenteados, el marcador no funcionará como es debido. El fabricante no asumirá ningún tipo de responsabilidad si el cliente retira o puentea los dispositivos de seguridad.
- Use una máscara protectora y guantes protectores al manipular materias peligrosas.
- Evite tirones violentos del tubo ondulado o que éste se doble o se enganche.

Extracto 8. Descripción de EPIs y recomendaciones de seguridad del fabricante.

### 1.7 Medidas organizativas de seguridad

Cumpla las siguientes prescripciones y tenga en cuenta las medidas de organización y las normas de protección detalladas que estipulan las normas DIN EN 60825, clasificación VDE 0837 (IEC 825).

- Organizar clases de información periódicas de seguridad para los usuarios.
- Colocar rótulos indicadores de advertencia.
- Prever restricciones de acceso para personas no relacionadas con el trabajo del láser.
- Señalizar convenientemente el recinto del láser.
- Prever la posibilidad de inflamación de gases, líquidos o sólidos combustibles o fácilmente inflamables. Retirar estas fuentes de peligro del recinto del láser.
- Durante el trabajo con materiales (por ejemplo metales o plásticos) se pueden producir descomposiciones venenosas. Infórmese, por ejemplo, en las asociaciones profesionales sobre otros peligros que pudieran surgir.
- Retire objetos del recinto del láser, que puedan poner en peligro a usted u otras personas por un reflejo descontrolado de la radiación.
- Encargue a técnicos autorizados que comprueben la eficacia de los dispositivos de seguridad incorporados (p.ej. la PARADA DE EMERGENCIA) a intervalos pre-establecidos. Rigen las normas y directrices de seguridad de vigencia nacional (ver capítulo "1.1 Funcionamiento adecuado" en la pág. 1).

Accione los dispositivos de seguridad existentes mientras el sistema láser está funcionando. Las funciones que implican peligro tienen que cesar o interrumpirse de inmediato. Antes de poner nuevamente el sistema en servicio, confirme las indicaciones o avisos de error correspondientes. Fijese si el equipo láser puede encenderse otra vez. En caso afirmativo, el dispositivo de seguridad incorporado se encuentra en regla.

Extracto 9. Recomendaciones de seguridad extraídas del manual.

### Parámetros y cálculos teóricos basados en la información del fabricante con respecto a la radiación:

A continuación se detallan y localizan los datos técnicos recogidos en un manual que se emplearán en los cálculos teóricos de la exposición: potencia eléctrica, potencia óptica, longitud de onda, diámetro del haz de radiación, ángulo subtendido.

9 Datos técnicos	
9.1 Unidades de alimentación	
Tipo de láser	PowerLine E Air
<b>Conexión eléctrica</b>	
<b>Tensión (incl. PC y monitor)</b>	
PowerLine E Air 10	120-240 V AC; 1/N/PE 50/60 Hz
PowerLine E Air 25/30	208-240 V AC; 1/N/PE 50/60 Hz
<b>Absorción de potencia (total), máx. [VA]</b>	
PowerLine E Air 10	500 ←
Unidad empotrable de 19" para instalación eléctrica, máx. [VA]	400
PC incl. monitor, máx. [VA]	aprox. 100 (70 + 30)

Extracto 10. Potencia eléctrica del equipo<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Nótese que ofrecen el dato en VA, no en W, debido a que el factor de potencia no es 1.

Tipo de láser	PowerLine E Air			
	E 10 HQ	E 10 HP	E 25	E 30
Fuente luminosa de bombeo	Diodos	Diodos	Diodos	Diodos
Corriente de diodos	hasta un máximo de 43 A (según el envejecimiento 45 A como máximo), no obstante es ROFIN quien configura previamente el valor "max. current", pudiendo éste ser inferior a 43 ó 45 A según la tolerancia del componente (cumpliendo las especificaciones); ajustable en pasos de 0,1 A, Stand-by: 8A			
Unidad de pulso	conmutador de calidad acústico-óptico	conmutador de calidad acústico-óptico	conmutador de calidad acústico-óptico	conmutador de calidad acústico-óptico
<b>Datos del haz</b>				
Longitud de onda [nm]	1064	1064	1064	1064
Potencia de salida [W] máx.	8		24	25
Calidad del haz	TEM <sub>00</sub>	TEM <sub>00</sub>	TEM <sub>00</sub>	Multimode
M <sup>2</sup>	< 1,3	< 1,5	< 1,3	> 3
Polarización	lineal, >100:1	lineal, >100:1	lineal, >100:1	lineal, >100:1
Estabilidad CW [rms] 8h	± 1%	± 1%	± 1%	± 1%

Extracto 11. Longitud de onda y potencia óptica.

9.3 Cabezal de marcado - 1064 nm			
Cabezal de marcado	RS.S10	RS.S14	RS.S20
<b>Apertura</b>			
Diámetro máximo del haz en el cabezal de marcado [mm]	10	4	20
<b>Respuesta a un escalón (regulación a 1/1000 desviación máxima)</b>			
con 1% desviación máxima [ms]	0,25	0,40	0,80
con 10% desviación máxima [ms]	.J.	1,60	2,5
<b>Valores ópticos</b>			
Ángulo de desviación nominal [rad]	0,82	0,82	0,82
Divergencia del ángulo de desviación [mrad]	< 5	5	< 5

Extracto 12. Diámetro máximo del haz (spot) y divergencia de este. Nótese que se proporciona el diámetro máximo, al *enfocar* el haz se puede obtener un *spot* mas pequeño (lo que dará mas potencia por cm<sup>2</sup>).

La "exposición radiante" ( $[H] = J/m^2$ ) mide la cantidad de energía radiante (radiación óptica) sobre una superficie. La "irradiancia" ( $[E] = W/m^2$ ) mide la cantidad de energía radiante incidente por segundo (nótese que  $1 W = 1 J/s$ ). Por lo tanto se obtiene que:  $H = E \cdot t (s)$ .

La misma energía radiante administrada en forma de distintas longitudes de onda ( $\lambda$ ) dará lugar a distinto daño. Para tener esto en cuenta serán necesarios distintos coeficientes de ponderación. Estos coeficientes son:

S: para luz ultravioleta.

B: para luz visible (llamado riesgo por "luz azul").

R: para luz infrarroja (llamado riesgo térmico).

El cálculo consiste en multiplicar la potencia por el ancho espectral ( $\Delta\lambda$ ) y por el coeficiente de ponderación (S, R o B). La irradiancia efectiva es la suma de la contribución de todas las bandas analizadas<sup>6</sup>.

Es importante registrar el ángulo subtendido por la fuente ( $\alpha$ ). En la práctica tendremos solo dos casos: fuentes extensas y fuentes láser y puntuales. Una fuente extensa se convertirá en puntual a grandes distancias y viceversa. En nuestro caso es una fuente puntual por tratarse de un láser.

En nuestro ejemplo, cálculo de la irradiancia E (W/m<sup>2</sup>):

$$E = \text{Potencia óptica (W)} / \text{área (m}^2) = 8\text{W} / 7,85 \cdot 10^{-5} = 1,02 \cdot 10^5 \text{ W/m}^2.$$

Donde hemos empleado que el diámetro es 10 mm (radio 5 mm) por lo que su área será:

$$A = \pi \cdot r^2 = 78,5 \text{ mm}^2 = 7,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \quad (1\text{mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2 = 0,000001 \text{ m}^2)$$

En este caso aplicaremos el mecanismo térmico en el cálculo de la irradiancia ponderada (por encontrarse en la región infrarroja). Es destacable como una pequeña potencia de 8W puede producir una gran irradiancia  $\sim$  KW/m<sup>2</sup>.

$$E \cdot \Delta\lambda \cdot R(\lambda) = 20,4 \text{ KW/m}^2$$

siendo

- $\Delta\lambda$  la variación de longitud de onda. En el caso de este láser es 1 pues solamente emite en una longitud de onda.
- $R(\lambda)$  es el factor de ponderación para el infrarrojo ( $\lambda = 1064 \text{ nm}$ ) o función de riesgo térmico (ver tablas 1.2 y 1.3 del Anexo I de la Directiva 2006/25/CE). En este caso el valor es  $R(1064 \text{ nm}) = 0,2$ .
- E es la irradiancia (ponderada) calculada.

Al aplicar el riesgo por luz azul de la irradiancia ponderada obtenemos:

$$E \cdot \Delta\lambda \cdot B(\lambda) = 1,02 \text{ W/m}^2$$

siendo

- $\Delta\lambda$  la variación de longitud de onda (en el caso de este láser es 1 pues solamente emite en una longitud de onda)

---

<sup>6</sup> Cuando se desee analizar una fuente de amplio espectro (conocido) se recomienda el empleo de una hoja de cálculo.

- $B(\lambda)$  es el factor de ponderación o función de riesgo fotoquímico en la retina, también llamada luz azul (ver tablas 1.2 y 1.3 del Anexo I de la Directiva 2006/25/CE). En este caso el valor es  $R(1064 \text{ nm}) = 1 \cdot 10^{-5}$ .
- E es la irradiancia (ponderada) calculada.

Para el cálculo del VLE se acudirá al Anexo II del RD 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 nº 99 24-04-2010).

Tabla B.2. Valores límite de exposición de los ojos al láser ( $T_{\text{exposición}} < 10\text{s}$ )

Longitud de onda (nm) (1)	Apar. láser	VALORES LÍMITE						Efectos
		Duración						
		$10^{-4}$ - $10^{-2}$	$10^{-2}$ - $10^{-1}$	$10^{-1}$ - $10^0$	$10^0$ - $10^1$	$10^1$ - $10^2$	$10^2$ - $10^3$	
UV-C	180-280	$H = 30 \text{ (J/m}^2\text{)}$						Lesiones fotoquímicas y térmicas
UV-B	280-302	$H = 30 \text{ (J/m}^2\text{)}$						Lesiones fotoquímicas y térmicas
	303	$H = 40 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 2,6 \cdot 10^{-4}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$						
	304	$H = 60 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 1,3 \cdot 10^{-4}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$						
	305	$H = 100 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 1,0 \cdot 10^{-4}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$						
	306	$H = 160 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 6,7 \cdot 10^{-5}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$						
	307	$H = 210 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 4,0 \cdot 10^{-5}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$						
	308	$H = 400 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 7,6 \cdot 10^{-6}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$						
	309	$H = 630 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 1,0 \cdot 10^{-5}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$						
	310	$H = 1 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 1,0 \cdot 10^{-5}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$						
	311	$H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 6,7 \cdot 10^{-6}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$						
312	$H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 4,0 \cdot 10^{-6}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$							
313	$H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 2,6 \cdot 10^{-6}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$							
314	$H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$ Si $t < 1,6 \cdot 10^{-6}$ entonces $H = 5,6 \cdot 10^{-4} t^{0,75} \text{ (J)}$							
UVA	315-400	$H = 5,6 \cdot 10^{-3} t^{0,75} \text{ (J/m}^2\text{)}$						Lesiones fotoquímicas y térmicas
Visible e IRA	400-700	$H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_e$ (J/m <sup>2</sup> )		$H = 2,7 \cdot 10^{-3} t^{0,75} C_e$ (J/m <sup>2</sup> )		$H = 5 \cdot 10^{-3} C_e$ (J/m <sup>2</sup> )		Lesiones térmicas
	700-1050	$H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_e C_k$ (J/m <sup>2</sup> )		$H = 2,7 \cdot 10^{-3} t^{0,75} C_e C_k$ (J/m <sup>2</sup> )		$H = 5 \cdot 10^{-3} C_e C_k$ (J/m <sup>2</sup> )		
	1050-1400	$H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_e C_k$ (J/m <sup>2</sup> )		$H = 2,7 \cdot 10^{-3} t^{0,75} C_e C_k$ (J/m <sup>2</sup> )		$H = 5 \cdot 10^{-3} C_e C_k$ (J/m <sup>2</sup> )		
IR-A e IR-C	1400-1500	$E = 10^3 \text{ (W/m}^2\text{)}$ (2)		$H = 1 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$ (2)		$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,75} \text{ (J/m}^2\text{)}$ (2)		Lesiones térmicas
	1500-1800	$E = 10^2 \text{ (W/m}^2\text{)}$ (2)		$H = 1 \cdot 10^2 \text{ (J/m}^2\text{)}$ (2)		$H = 5,6 \cdot 10^2 t^{0,75} \text{ (J/m}^2\text{)}$ (2)		
	1800-2500	$E = 10^1 \text{ (W/m}^2\text{)}$ (2)		$H = 1 \cdot 10^1 \text{ (J/m}^2\text{)}$ (2)		$H = 5,6 \cdot 10^1 t^{0,75} \text{ (J/m}^2\text{)}$ (2)		
	2000-10 <sup>7</sup>	$E = 1 \cdot 10^0 \text{ (W/m}^2\text{)}$ (2)		$H = 1 \cdot 10^0 \text{ (J/m}^2\text{)}$ (2)		$H = 5,6 \cdot 10^0 t^{0,75} \text{ (J/m}^2\text{)}$ (2)		

Extracto 13. Tabla B.2 del RD 486/2010 donde se muestran los límites para ojos.

Al estar en el rango del IRA (1064 nm) tomamos CE y CC igual a 1 (ver tabla B4 del citado RD). El límite viene expresado en función del tiempo (como  $t^{0,75}$ ). Esto supone 90 J en 1 s, 16 J en 10 s, 9,5 J en 20 s...

El equipo analizado emite 20.400 W/m<sup>2</sup>, por lo que los límites se superarán en milisegundos (ms).

A este resultado se puede llegar aplicando el hecho de que el equipo es un láser de clase 4 (la más alta en cuanto a peligrosidad). La aplicación del equipo (corte y marcado, llegando a evaporar metal) también hace evidente que el equipo es altamente peligroso si el haz alcanza al trabajador. En la mayoría de equipos de estas características no será necesario por tanto realizar un cálculo exacto como el anterior (teniendo en cuenta la ponderación espectral, etc.) para aplicar las medidas de prevención necesarias.

No es factible realizar un cálculo de estas características para tener en cuenta la radiación dispersa, ya que la variación entre materiales dispersores y condiciones

de las mismas es enorme. Será necesario referirse a los estudios y recomendaciones del fabricante (ver extracto 8). Esta radiación dispersa no será coherente por lo que su protección será mucho más sencilla.

### Ejemplo 2: Lámpara de quirófano XTEN (Manual de instrucciones).

Siguiendo el ejemplo anterior del equipo láser, se muestra a continuación la información teórica que ofrece el manual de la lámpara de quirófano XTEN (normativa, etiquetado, clasificación del riesgo, tipo de radiación, medidas de seguridad, advertencias, etiquetado...)

<p><b>Certification of MAQUET SA quality system</b> AFAQ and G-MED certify that the system implemented at MAQUET SA for design and production of surgical lights complies with the requirements of the following standards:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 9001 Version 2000 (AFAQ certificate No QUAL/1989/32c)</li> <li>• NF EN ISO 13485 Version 2004 (LNE/G-MED Certificate No. 1893/13485/1).</li> </ul> <p><b>Standards</b> X'Ten™ is designed to fulfill the following applicable standards:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 60601-1, UL 60601-1, CSA C22.2 No. 601-M90</li> <li>- IEC 60601-2-41, UL 60601-2-41, CSA C22.2 No 60601-2-41</li> <li>- IEC 60601-1-2, FCC part 15</li> <li>- EN 60601-1, EN 60601-1-2, EN 60601-2-41</li> </ul> <p><b>CE Marking/intended use</b> Compliance with the requirements of Directive 93/42/EEC dated of June 14th 1993, relating to medical devices has been assessed in accordance with Annex VII of this Directive. This Surgical lights range is a class I device in accordance with Annex IX of Directive 93/42/EEC.</p> <p>These are ceiling configurations, single, double or triple with single fork (SF) or double fork (DF), equipped depending on the model, with an ambient light and video pre-equipment.</p>	<p><b>Certificación del sistema de calidad de MAQUET SA</b> AFAQ y G-MED certifican que el sistema implementado en MAQUET SA para el diseño y la producción de las lámparas operatorias cumplen con las normas requeridas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 9001 Version 2000 (AFAQ certificate No QUAL/1989/32c)</li> <li>• NF EN ISO 13485 Version 2004 (LNE/G-MED Certificate No. 1893/13485/1).</li> </ul> <p><b>Normas</b> Las lámparas X'Ten™ fueran concebidas para cumplir con las normas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 60601-1, UL 60601-1, CSA C22.2 No. 601-M90</li> <li>- IEC 60601-2-41, UL 60601-2-41, CSA C22.2 No 60601-2-41</li> <li>- IEC 60601-1-2, FCC part 15</li> <li>- EN 60601-1, EN 60601-1-2, EN 60601-2-41</li> </ul> <p><b>Marca EC/utilización prevista</b> La conformidad con las exigencias de la Directiva 93/42/CEE del 14 junio 1993 relativa a los dispositivos médicos ha sido evaluada según el anexo VII de la Directiva. Esta gama de lámparas operatorias pertenece a la clase I con arreglo al anexo IX de la Directiva 93/42/CEE.</p> <p>Se trata de configuraciones de techo simples, dobles o triples, con horquilla simple (SF) o doble (DF), equipadas, según el modelo, con una iluminación de ambiente y un pre-equipo de vídeo.</p>
--	--

Extracto 14. Normas y certificaciones del producto y su proceso de fabricación

SYMBOLS USED ON PRODUCT / SÍMBOLOS UTILIZADOS EN EL PRODUCTO		
Symbols/ Simbología	Description	Descripción
	Alternating current	Corriente alterna
	Direct current	Corriente continuo
	<b>ATTENTION</b> : Carefully read the documentation for the unit.	<b>ATENCIÓN</b> : leer cuidadosamente la documentación del aparato
23,5 V <sub>eff</sub> (  RMS AC+DC )	True RMS AC * output voltage	Corriente alterna real RMS*
	Metal envelope protection type The unit comes under class 1, Type B	Estilo de protección con recubrimiento de metal. La unidad viene bajo la clase 1, Tipo B.
REF. SN.	Product technical designation and serial numbers	Referencia técnica del producto y números de serie

Extracto 15. Símbolos utilizados en el etiquetado del producto

WARNINGS	ADVERTENCIAS
 Light energy can potentially dry tissue. The user must adapt the lighting level to the needs of the operation to be performed, particularly when several cupola are used in combination.	 La luz es una energía que puede resecar potencialmente los tejidos. El usuario debe adaptar el nivel de iluminación a las necesidades de la intervención realizada, en particular en caso de combinación de varias cúpulas.
 Do not look directly at the light source due to its high intensity.	 Con motivo del poder luminoso de la lámpara de quirófano, en modo normal o en modo «iluminación ambiental», es desaconsejado mirarlo directamente de frente sin protección.
 In the event of a mains power failure, only the cupola with power supplies connected to a backup power supply system will remain operational.	 En caso de avería de la red, sólo permanecerán operativas las cúpulas cuyas alimentaciones estén conectadas a un sistema de alimentación auxiliar.
 When changing a failed bulb : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Switch off the power supply and allow the cupola to cool for 5 minutes.</li> <li>- Only recommended MAQUET SA genuine bulbs should be used.</li> <li>- Handle the bulb with care using a clean, dry cloth.</li> <li>- Never touch light bulb with bare hands. Oils on bulbs can cause premature life or breakage of bulb.</li> </ul>	 Durante el cambio de una bombilla averiada: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortar la alimentación y dejar enfriar la cúpula 5 minutos.</li> <li>- Utilizar exclusivamente bombillas del modelo MAQUET SA recomendado.</li> <li>- Manipular la bombilla con precaución, con la ayuda de un paño limpio y seco.</li> <li>- Nunca tocar la bombilla con las manos desprotegidas.</li> </ul>

Extracto 16. Recomendaciones de seguridad de la lámpara

1 - DESCRIPTION OF EQUIPMENT	1 - DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
<p>The X'Ten™ comes in three versions: the first with single surgical light, the second with surgical light + ambient light and the third one with surgical light + ambient light + video pre-wiring.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The surgical light is used for conventional surgical operations under optimum working conditions.</li> <li>- The ambient light, depending on the model, provides a soft illumination of the operating field and its surrounding area.</li> </ul> <p>The change of lighting mode is controlled by the operating / ambient light keypad (12) located on the cupola yoke (3).</p> <p> Appearance shifts occur during use of the low level "ambient light" (LEDinside™) mode. This is due to differences in Color Temperature and CRI characteristics of the LED light source from those of the main surgical light mode. See General Characteristics Chart.</p> <p><b>Switching from Surgical light to Ambient light</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- To switch on the "ambient lighting" mode, press button (14) once.</li> </ul> <p>The lighting switches over from the "surgical light" mode to the</p>	<p><i>El X'Ten™ existe en tres versiones: la primera con iluminación operatoria simple, la segunda con iluminación operatoria + iluminación de ambiente y la tercera con iluminación operatoria + iluminación de ambiente + video pre-cableado.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La iluminación operatoria permite la realización de los actos quirúrgicos tradicionales en las mejores condiciones de trabajo.</li> <li>- La iluminación de ambiente, según el modelo, permite la visualización tamizada del campo operatorio y de su periferia.</li> </ul> <p><i>El cambio de tipo de iluminación se efectúa mediante el teclado de basculamiento operatorio/de ambiente (12) que se encuentra en el arco de la cúpula (3).</i></p> <p> Los cambios de aspecto ocurren durante el uso del nivel bajo "del alumbrado de ambiente" (LEDinside™). Esto es debido a las diferencias en la Temperatura del Color y las características del CRI de la fuente de luz del LED de los del modo del alumbro operatorio principal. Vea las Características Generales.</p> <p><b>Báscular Lámpara de quirófano/Lámpara de Ambiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para mandar la función «iluminación ambiental», pulsar una primera vez sobre la tecla (14).</li> </ul> <p><i>La iluminación bascula de la función «iluminación operatoria»</i></p>

Extracto 17. Descripción de los distintos modos de operación.

<p><b>3 - CLEANING/DISINFECTION/STERILIZATION</b></p> <p> The user must contact the sanitary specialists at the medical center. The recommended products and procedures must be observed. In the event of doubt concerning the compatibility of active agents to be used, contact the local MAQUET SA customer service.</p> <p><b>3.1 - Cleaning and disinfection of the surgical lighting system :</b></p> <p> Before cleaning, ensure the power is turned off and the light is cooled down.</p> <p><b>General instructions concerning cleaning, disinfection and safety :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Remove the sterilizable handle(s).</li> <li>- Clean the system using a surface detergent and observing the dilution and temperature guidelines recommended by the manufacturer.</li> <li>- Rinse, with water by damp cloth, wipe and allow to dry.</li> <li>- Uniformly and homogeneously apply a disinfectant product observing instructions given by the manufacturer.</li> <li>- Allow to dry.</li> <li>- Rinse with clean water to remove residuals (in particular those products containing aldehydes, quaternary ammonium and surface active agents).</li> </ul> <p><b>a) Examples of recommended products</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>GETINGE USA Products:</b> TEC QUAT 256</li> <li>- <b>ANIOS Products:</b> HEXANIOS G + Rat 0,5% (AMONIUM IV,</li> </ul>	<p><b>3 - LIMPIEZA/DESINFECCION/ESTERILIZACION</b></p> <p> El usuario debe contactar los especialistas sanitarios de su establecimiento. Se deben respetar los productos y procedimientos recomendados. En caso de dudas sobre la compatibilidad de los agentes activos a utilizar, contactar el servicio de postventa MAQUET SA local.</p> <p><b>3.1 - Limpieza y desinfección de las lámparas de quirófano :</b></p> <p> Antes de limpiar, asegúrese que la unidad este apagada y ya se haya enfriado.</p> <p><b>Instrucciones generales para la limpieza, pre-desinfección y seguridad :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retire la(s) empuñadura(s) esterilizable(s).</li> <li>- Limpie el sistema utilizando un detergente para superficies observando por guía las bases de dilución y temperatura recomendadas por el fabricante.</li> <li>- Enjuagar con agua limpia, limpiar, dejar secar.</li> <li>- Aplique de manera uniforme y homogéneamente el producto desinfectante observando las instrucciones del fabricante.</li> <li>- Deje que seque.</li> <li>- Enjuagar (en particular los productos que contienen aldehídos, amonio cuaternario, agentes tensioactivos).</li> </ul> <p><b>a) Ejemplos de productos recomendados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Productos GETINGE USA:</b> TEC QUAT 256</li> <li>- <b>Productos ANIOS:</b> HEXANIOS G + Rat 0,5% (AMONIUM</li> </ul>
--	--

Extracto 18. Recomendación del fabricante sobre la desinfección del producto

**Parámetros y cálculos teóricos basados en la información del fabricante con respecto a la radiación:**

Datos técnicos a identificar en el manual: potencia eléctrica, potencia óptica, longitud de onda, diámetro del haz de radiación, ángulo subtendido.

5.3 - General characteristics of X'Ten™ surgical lights (Measurements per standard IEC 60 601-2-41)  
 5.3 - Características generales de las lámparas operatorias X'Ten™ (Dimensiones según la norma IEC 60 601-2-41)

Characteristics / Características		Unit Unidad	X'Ten™ cupola/ Cúpula X'Ten™
Ec min. normal lighting / Iluminación nominal Ec min.		lx	110 000
Diameter of illuminated field d <sub>50</sub> / Diámetro del campo iluminado d <sub>50</sub>		cm ( inch)	26 (10.2") ±10%
Diameter of illuminated field d <sub>50</sub> / Diámetro del campo iluminado d <sub>50</sub>		cm (inch)	15 (5.9") ± 10%
Illumination depth / Profundidad de iluminación		cm (inch)	100 (39")
Color Temperature / Temperatura del color		K	3 500 ± 10%
Color Rendering Index (CRI) / Índice de efecto del color (CRI)		%	95
Radiant energy / Irradiante energético		mW.m <sup>-2</sup> .lx <sup>-1</sup>	4 ± 10%
DILUTION	LAS SOMBRAS		
	With one mask En presencia de una máscara	%	74
	With two masks En presencia de dos máscaras	%	47
	At bottom of a tube En el fondo de un tubo	%	100

Extracto 19. Tabla del manual en la que se muestra la irradiancia y temperatura de color

En el ejemplo no se dispone de datos de la potencia eléctrica de la lámpara, del ángulo ni de la longitud del haz, aunque en este caso es un haz de luz extensa.

La longitud de onda máxima se puede calcular a partir de la temperatura de color (3500°C) mediante la ley de Wien:

$$\lambda_{\max} = (0,0028976 \text{ m K}) / T (\text{temperatura en K}) = 500 \text{ nm (Luz visible)}^7$$

Cálculo de la irradiancia E (W/m<sup>2</sup>):

En el contexto de la radiación óptica para iluminación no se emplean las unidades de irradiancia habituales W/m<sup>2</sup>. En este caso se emplea el flujo luminoso (lumen, lm) y la iluminancia (cuya unidad es el lux que equivale a 1 lm/m<sup>2</sup>).

En nuestro caso:

$$E = \text{radiante energético (W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}) \cdot \text{flujo luminoso (lux)} = 440 \text{ W/m}^2$$

Cálculo de la irradiancia ponderada (mecanismo térmico):

$$E \cdot \Delta\lambda \cdot R(\lambda) = 440 \text{ W/m}^2$$

Siendo,

- $\Delta\lambda$  la variación de longitud de onda. En el caso de esta lámpara es 1 pues hicimos la suposición de que emite toda la radiación en esa longitud de onda. Esta es una suposición conservadora.
- $R(\lambda)$  es el factor de ponderación para el visible ( $\lambda = 550 \text{ nm}$ ) o función de riesgo térmico (ver tablas 1.2 y 1.3 del Anexo I de la Directiva 2006/25/CE).  $R(500 \text{ nm}) = 1$
- E es la irradiancia calculada.

Cálculo de la irradiancia ponderada (riesgo por luz azul):

$$E \cdot \Delta\lambda \cdot B(\lambda) = 44 \text{ W/m}^2$$

Siendo,

- $\Delta\lambda$  la variación de longitud de onda (como en el caso anterior se toma 1).
- $B(\lambda)$  es el factor de ponderación o función de riesgo fotoquímico en la retina, también llamada luz azul (ver tablas 1.2 y 1.3 del Anexo I de la Directiva 2006/25/CE). En este caso  $B(500 \text{ nm}) = 0,1$
- E es la irradiancia calculada.

Para el cálculo del VLE se acude al Anexo I del RD 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 nº 99 24-04-2010).

En este caso no se dispone de información del ángulo subtendido. Podemos suponer que la fuente tiene un tamaño aparente de 10 cm a 1 m lo que daría un ángulo de:

---

<sup>7</sup> Es previsible que la componente espectral azul (~450nm) esté muy presente ya que la fuente de luz son *diodos* (LED blancos).

$$\alpha = \text{atan}(10 \text{ cm}/100 \text{ cm}) = 99,7 \text{ mRad } (5,7^\circ).$$

El límite para exposiciones de larga duración (>10000s) es 100 W/m<sup>2</sup>·sr (tabla A1 del anexo 1 del RD 486/2010)

El VLE sin mirar de frente a la lámpara es de una jornada laboral (es decir, no es factible superar el límite simplemente la luz reflejada). Una visión directa sí podría causar daños en la retina (aunque no es probable que se produzca una exposición de este tipo).

Aunque no está contemplado en el RD ni tampoco existe a día de hoy ningún protocolo que aborde este tema, sí se ha producido en los últimos años una cierta alarma respecto al daño por luz azul debida a los llamados “diodos blancos”, que no son más que diodos azules recubiertos de una capa fluorescente. Estos diodos tienen en su contenido espectral mucha más “luz azul” que las lámparas tradicionales para la misma temperatura de color.





CONSEJERIA DE EMPLEO,  
TURISMO Y CULTURA

**Comunidad de Madrid**

[www.madrid.org](http://www.madrid.org)

Con la colaboración del Instituto Regional de Seguridad y  
Salud en el Trabajo

