



AGE FOTOSTOCK

Nuevas tendencias para evaluar la EXPOSICIÓN LABORAL a la radiación

Cómo nos afecta el láser

Manual para prevenir los riesgos de la exposición

«Nuevas tendencias en metodologías de evaluación de la exposición laboral a radiaciones láser» es el título de un proyecto de investigación realizado entre 2004 y 2005 mediante una beca para la Fundación MAPFRE. Como resultado de este trabajo se elaboró un Manual para la Evaluación a la Exposición Láser, que recoge importantes aspectos considerados tanto por la Ley 31/1995 como por la legislación europea sobre riesgos laborales y por normas UNE.

La tecnología láser ofrece una serie de ventajas y cualidades respecto a otras técnicas que hace que en los últimos tiempos se aplique en numerosos campos, desde la industria, las comunicaciones, la medicina hasta en el militar. Es por ello que, para establecer un referente en materia de seguridad y salud en el trabajo frente a los riesgos derivados de la utilización de los equipos láser para las nuevas aplicaciones, distintos orga-

Por **JOSÉ IGNACIO GARCÍA LLORET**. INGENIERO INDUSTRIAL. TÉCNICO SUPERIOR DE PRL

nismos han establecido pautas para la seguridad y salud de los trabajadores. Por ejemplo, el Parlamento y el Consejo Europeo, a través de la Directiva 2006/25/CE, de 5 de abril de 2006, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas ar-

tificiales), que más adelante será transpuesta al Derecho español mediante el correspondiente desarrollo reglamentario, y AENOR (Asociación Española de Normalización), a través de distintas normas como la Norma UNE EN 60 825-1/A2: Seguridad de los productos láser. Parte 1 clasificación del equipo, requisitos y guía de seguridad (2002). →

Láser: definición y clasificación

Se entiende por láser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) todo dispositivo susceptible de producir o amplificar la radiación electromagnética en el intervalo de la longitud de onda de la radiación óptica, principalmente mediante el proceso de emisión estimulada controlada. En definitiva, es un dispositivo que produce un tipo de luz diferente de la emitida por otras fuentes luminosas, en base al proceso de emisión estimulada.

Un haz láser estará perfectamente definido si conocemos: la longitud de onda de emisión, la duración de la emisión, la potencia o la energía del haz, el diámetro del haz y la divergencia. En cambio, la capacidad de un láser para producir un riesgo vendrá determinada principalmente por los tres primeros factores. Sin embargo, los láseres no forman un grupo homogéneo de riesgo ya que, dependiendo de sus características técnicas (sistema de bombeo, medio activo y cavidad óptica), pueden emitir radiación en un amplio intervalo de longitudes de onda, con potencias o energías de salida muy variables y con una distribución temporal que puede ser continua o en impulsos. De esta forma, según el tipo de medio activo se clasifican en sólido, semiconductor, gas o líquido.

El desarrollo de nuevos productos láser, de potencias intermedias, ha de-

jado obsoletas antiguas clasificaciones de equipos láser y la norma UNE EN 60825-1/A2: Seguridad de los productos láser. Parte 1 clasificación del equipo, requisitos y guía de seguridad (AENOR, 2002) mantiene las antiguas clases 1, 2, 3B y 4 que permanecen sin cambios, y se añaden las clases intermedias 1M, 2M y 3R, lo que hace que láseres que antes resultaban ser clase 3B ahora pertenezcan a alguna de estas nuevas categorías.

- ▶ **Clase 1.** Productos láser que son seguros en todas las condiciones de utilización razonablemente previsibles, incluyendo el uso de instrumentos ópticos en visión directa.
- ▶ **Clase 1M.** Láseres que emitiendo en el intervalo de longitudes de onda (λ) 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.
- ▶ **Clase 2.** Láseres que emiten radiación visible en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 y 700 nm.
- ▶ **Clase 2M.** 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.
- ▶ **Clase 3R.** 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.

- ▶ **Clase 4.** Láseres que pueden producir reflexiones difusas peligrosas. Pueden causar daños sobre la piel y pueden también constituir un peligro de incendio. Su utilización precisa extrema precaución.

La clasificación de los productos láser, y por tanto las normas de protección a adoptar, se establecen en función de la potencia y la longitud de onda del haz luminoso después de la fabricación, sin considerar otros tipos de riesgo asociados como el entorno y factores ambientales, así como la utilización. Por ello, la evaluación de la exposición debería considerar varios factores como el entorno y factores ambientales en que se utiliza, condiciones relativas a la utilización de los equipos láser y la propia emisión del sistema láser.

Aplicaciones de la tecnología láser

Las aplicaciones de la tecnología láser están presentes en numerosos procesos tanto en industria como en la medicina. Entre las analizadas en el trabajo de campo del proyecto de investigación, dentro de los procesos industriales, cabe señalar:

- ▶ **Procesos de soldadura**, mediante equipo láser de CO₂, por puntos en tres dimensiones para tamaños de detalle «macro» del orden de 0.1 micras o mayor, para anclajes de asiento para vehículos en el sector del automóvil.
- ▶ **Procesos de corte**, con láser clase IV tipo CO₂, de materiales metálicos (aluminio, acero común o acero inoxidable) o no metálicos, en dos fases corte y perforación de espesores entre 1 y 20 milímetros.
- ▶ **Procesos de grabado y marcaje**, para codificación y trazabilidad de productos sobre aleaciones de titanio en prótesis quirúrgicas de rodilla, columna y cadera.

PRECAUCIÓN - RADIACIÓN LÁSER

CO₂ LÁSER (Clase 4)

- Potencia máxima : 4.000 W
- Longitud de onda : 10,6 μ m (invisible)

LED rojo (Clase 2) - Potencia : \leq 1 mW

- Longitud de onda : 600 - 700 nm (visible)

EN 60825-1 (1995) / IEC 825-1 (1993)

Información: Etiqueta explicativa sobre parámetros radiación emitida de un láser de CO₂ clase IV. (Norma UNE EN 60 825-1/A2: Seguridad de los productos láser. Parte 1 clasificación del equipo, requisitos y guía de seguridad).



Láser clase IV tipo CO₂ de corte de materiales metálicos de espesores entre 1 y 20 milímetros, en industria del sector metal-mecánico.

► **Procesos de ensayo y control**, para aplicaciones de investigación y desarrollo, en la cámara de combustión de motores de cuatro tiempos para estudio del quemado de la llama.

De igual forma, existen numerosas aplicaciones en otro tipo de actividades, como en la medicina, donde existen aplicaciones duras, al provocar un efecto visible e inmediato sobre el teji-

do, como sucede en operaciones de cirugía y oftalmología mediante láseres tipo CO₂, YAG, y otros, así como en aplicaciones suaves con láseres tipo diodo, en las que el haz del láser provoca un efecto fotobiológico con el que se aceleran procesos de regeneración tisular; en este campo podemos encontrar láseres para aplicaciones de diagnóstico y monitoreo en cuidados intensivos, y laboratorios clínicos y apuntadores diversos.

En el sector de la medicina, algunas de las aplicaciones estudiadas en el trabajo de campo del proyecto de investigación a señalar han sido:

- **Aplicaciones terapéuticas para fisioterapia**, mediante un láser clase I de helio-neón (HE-NE) para tratamientos de rehabilitación de pacientes.
- **Aplicaciones de corte**, coagulación y vaporización de tejido blando en operaciones de cirugía, neurocirugía de un láser clase IV de CO₂.

En el campo de las telecomunicaciones, la red global de comunicaciones por fibra ofrece una capacidad de intercambio de información con un gran ancho de banda para canales de televisión, música e internet, siendo éste uno de los grandes avances tecnológicos. Por último, también existen aplicaciones en otras áreas tales como las militares y de seguridad con fines tácticos, tales como designadores de blancos (apuntadores), sistemas de guiado de proyectiles, alarmas láser para detectar paso de personal, sistemas de desorientación y sistemas de comunicación óptica atmosférica o submarina para lograr el enlace punto a punto.

Pero no todo son ventajas y cualidades de las distintas aplicaciones, tam- ➔

La tecnología láser se aplica hoy en sectores como la industria, la medicina, las comunicaciones o el militar



AGE FOTOSTOCK



AGE FOTOSTOCK

El empleo del láser en medicina es variado: desde operaciones de cirugía hasta el monitoreo de cuidados intensivos

bién existen factores de riesgo debido a las propiedades fundamentales de la radiación láser, que derivan en accidentes/incidentes y riesgos de exposición a los trabajadores, sobre todo en los ojos y en la piel.

De acuerdo a la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, en su artículo 15, los principios que conducen a la seguridad en el trabajo son: evitar los riesgos, evaluar los riesgos que no se puedan evitar, combatir los riesgos en su origen, adaptar el trabajo a la persona, tener en cuenta la evolución de la técnica, sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro, planificar la prevención, adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual y dar las debidas instrucciones a los tra-

bajadores. En consecuencia, los equipos láser son un ejemplo en el que la seguridad en el trabajo debe evaluar los avances de la tecnología y adoptar las medidas preventivas para controlar aquellos riesgos residuales, a través de las herramientas preventivas reglamentarias: medios colectivos de protección, procedimientos e instrucciones de trabajo seguro, equipos de protección individual, mediciones de control, etc.

Distintos organismos han establecido normas para la seguridad y salud de los trabajadores. Entre ellos, el Consejo y el Parlamento Europeo mediante la Directiva 2006/25/CE, 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), que posteriormente será transpuesta al Derecho español mediante el correspondiente

desarrollo reglamentario, y AENOR (Asociación Española de Normalización) a través de distintas normas como la Norma UNE EN 60 825-1/A2: Seguridad de los productos láser. Parte 1 clasificación del equipo, requisitos y guía de seguridad (2002).

Manual para la evaluación a la exposición láser

El proyecto presentado a la Fundación MAPFRE y desarrollado durante la convocatoria general 2004-05 de las becas de investigación de dicha fundación, bajo el título «Nuevas tendencias en metodologías de evaluación de la exposición laboral a radiaciones láser», se elaboró con el objeto de:

- Analizar y estudiar los métodos de evaluación de la exposición laboral a radiaciones láser a través de varias

fuentes de información: estudio de los riesgos del láser, investigación de accidentes, análisis de la normativa y estudio de los medios de protección.

- ▶ Desarrollar y definir un método de evaluación, para trabajar con equipos láser de cualquier tipo, con la mayor seguridad y conforme a normas UNE, así como criterios varios.
- ▶ Disponer los resultados de la investigación con rigor, exposición didáctica y facilidad de lectura para su difusión.

Como resultado de dicho trabajo, se elaboró un manual, titulado «Manual para la Evaluación a la Exposición Láser», que se estructura bajo los siguientes módulos: guía de equipos de protección individual para las radiaciones láser, guía de protecciones colectivas a las radiaciones láser, fichas técnicas, procedimiento y registros para los trabajos con láser, ejemplo práctico, folletos informativos y una presentación de un curso sobre seguridad en trabajos con el láser.

Dicho manual se ha realizado bajo las siguientes consideraciones:

- ▶ Pretende ser una referencia y establecer unos criterios dirigidos a los trabajadores que se expongan a radiaciones láser, tratando de recoger normas, recomendaciones y experiencias para los trabajos con estos equipos.
- ▶ Es un manual que se inicia y puede ser completado y modificado en el ánimo de la mejora continua. En este punto, cabe señalar la necesidad de impulsar técnicas y aparatos de medición de radiaciones láser que, a pesar de la investigación realizada en el proyecto, son difíciles de encontrar por no decir imposibles, para que de esta forma puedan ser incluidos en nuevos manuales.
- ▶ El proyecto ha incluido trabajo de campo y visitas a centros de trabajo, tanto de la industria, como de la medicina y de la investigación. Por ello, el autor quiere agradecer a todas las empresas y personas por las facilidades y colaboraciones en el proyecto. →

■ **Tabla 1. Módulos desarrollados en el proyecto de la beca bajo el título «Nuevas tendencias en metodologías de evaluación de la exposición laboral a radiaciones láser» en el Manual para la Evaluación a la Exposición Láser.**

MANUAL PARA LA EVALUACIÓN A LA EXPOSICIÓN LÁSER		
MÓDULO	TÍTULO	CONTENIDOS
I	GUÍA DE EPI PARA LAS RADIACIONES LÁSER	Objeto Legislación y normas Definición de los EPIs Criterios de selección: gafas de ajuste y gafas de protección frente al láser Marcado Instrucciones de utilización Instrucciones de mantenimiento
II	GUÍA DE PROTECCIONES COLECTIVAS A LAS RADIACIONES LÁSER	Introducción Cuadros de verificación Estudio de medios de protección colectiva
III	FICHAS TÉCNICAS INFORMATIVAS	INTRODUCCIÓN AL LÁSER EN EL TRABAJO Introducción. ¿Qué es el láser? ¿Qué riesgos puede provocar la exposición a las radiaciones? Tipos de láser Responsabilidades de los empresarios LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES LÁSER EN EL TRABAJO Introducción Riesgos radiativos Riesgos no radiativos Efectos Vigilancia de la salud REDUCCIÓN Y CONTROL DE LAS RADIACIONES LÁSER Medidas de protección colectiva Equipos de protección Individual Señalización
IV	PROCEDIMIENTO Y REGISTROS PARA TRABAJOS CON LÁSER	Entrega de EPI Mantenimiento de equipo de trabajo Inspecciones de seguridad para trabajos láser
V	EJEMPLO PRÁCTICO	Descripción Características Proceso y operaciones Protecciones colectivas
VI	FOLLETOS INFORMATIVOS	Equipos de protección individual a radiaciones láser Procedimientos de trabajos con equipos láser
VII	CURSO SOBRE SEGURIDAD EN TRABAJOS CON EL LÁSER	Tecnología del láser Aplicaciones industriales del láser Definiciones, medidas y unidades Normativa Riesgos de la utilización del láser Riesgos asociados al láser Protecciones colectivas Equipos de protección Individual Análisis de accidentes

Efectos producidos por los equipos láser

Los riesgos laborales derivados de la utilización de los equipos láser dependen, además del tipo y la clase del láser, de otros parámetros como: materiales empleados, procesos utilizados y elementos constructivos auxiliares de la instalación, como sistemas de bombeo, baterías de condensadores o gases procedentes del sistema láser.

En primer lugar, podemos destacar los factores de riesgos inherentes a la propia radiación electromagnética, llamados riesgos radiativos, como consecuencia de las radiaciones emitidas por la luz del láser, que como toda radiación electromagnética, es una forma de energía que se propaga en el espacio y que al incidir puede causar daños debidos a la alta direccionabilidad de los haces, así como a las altas potencias y energías asociadas.

Por otro lado, se encuentran los riesgos no radiativos, aquellos derivados de los diferentes elementos necesarios para el funcionamiento del láser o que aparecen durante su operación, como: el riesgo eléctrico por las altas tensiones empleadas, el riesgo de incendio por inflamación debido al empleo de algunas sustancias tóxicas y combustibles, los riesgos de inhalación de gases y vapores procedentes de las emisiones contaminantes del procesado y los daños en la retina por la emisión de la luz secundaria.

Riesgos radiativos

Entre los riesgos radiativos podemos distinguir a su vez dos tipos: aquellos que producen efectos sobre la piel y los que producen efectos sobre los ojos.

En general, los daños que la radiación láser produce en la piel son menores que los causados en los tejidos oculares. Sin embargo, la exposición de la piel a la radiación directa del láser pueden causar quemaduras. Algunas longitudes de onda ultravioleta pueden producir casos de carcinogénesis.

Los efectos sobre los ojos suponen el principal riesgo asociado a la exposición a

■ **Tabla 2. Listado de riesgos de los equipos láser**

RADIATIVOS	Penetración de la radiación óptica sobre la piel Penetración de la radiación óptica sobre los ojos por reflexión y/o exposición directa
NO RADIATIVOS	Eléctricos Explosión o incendio Mecánico Químico Proyección de partículas Contaminación atmosférica

radiación láser, siendo especialmente importante en las regiones espectrales del visible e infrarrojo próximo (0.4-1.4 μm). La exposición de los ojos a la radiación láser directa o indirecta puede causar quemaduras en la cornea o retina dependiendo de la longitud de onda, potencia o energía.

Riesgos no radiativos

Entre los riesgos derivados por el funcionamiento del láser y su utilización figuran los siguientes:

- ▶ **1. Riesgo eléctrico**, por electrocución, en el caso de que no se realicen las operaciones bajo las instrucciones correspondientes y el mantenimiento del equipo, debido principalmente a las fuentes de alimentación en equipos láser que utilizan tensiones mayores de 1 KV y en la energía acumulada en las baterías de condensadores.
- ▶ **2. Riesgo de explosión**, de los componentes de la instalación del equipo láser como baterías de condensadores o sistema de bombeo, así como reacciones explosivas de los reactivos de un láser químico o de otros gases dentro de un laboratorio.
- ▶ **3. Riesgo mecánico**, como consecuencia de los elementos mecánicos móviles accesibles, mecanismos de transmisión, etc. necesarios para el correcto funcionamiento del propio sistema de emisión de láser así como de otros componentes necesarios para el resto de la instalación.
- ▶ **4. Riesgos químicos y tóxicos**, por el empleo de sustancias como gases de

proceso, de funcionamiento y del procesado de materiales, principalmente plásticos en las operaciones de procesado de estos materiales, por la emisión de contaminantes tóxicos.

- ▶ **5. Proyección de partículas**, durante las operaciones de corte, perforado y soldadura del material.
- ▶ **6. Contaminación atmosférica**, producida por el material vaporizado por el láser, gases procedentes de sistemas láser con circulación de gas de subproductos de reacciones (p. ej. Br_2 , Cl_2 , CNH , F_2), o gases o vapores procedentes de agentes criogénicos.

Reducción y control de los efectos

Requisitos mínimos de seguridad para la fabricación

La norma UNE-EN 60825 publicada en el mes de marzo del año 1993, y revisada posteriormente en 2002, con el título Seguridad de radiación de productos láser, clasificación de equipos, requisitos y guía de seguridad, trata, en uno de sus objetivos, de establecer requisitos, tanto para el usuario como el fabricante, con objeto de: eliminar los riesgos en el origen, aplicar medidas de control sobre los riesgos que no puedan ser eliminados e informar al usuario de los riesgos residuales. La norma se aplica a productos láser terminados, es decir, que van a comercializarse para su empleo por el usuario en aplicaciones concretas. →

En la sección 2 de esta norma se establecen una serie de requisitos mínimos de seguridad para la fabricación de productos láser que pretende conseguir la eliminación, o si esto no es posible, la reducción de los riesgos del producto en láser de diseño.

Debido a la complicación de la medición y cálculo del riesgo por exposición a la radiación láser, se clasifican los equipos láser en varias categorías de riesgo, para normalizar las medidas de prevención y control.

La norma define la exposición máxima permisible (EMP) como nivel de radiación de las personas sin sufrir efectos adversos; los niveles de EMP representan el nivel máximo al que es posible exponer los ojos o la piel sin sufrir los daños derivados de la exposición, ni inmediatamente, ni después de un periodo grande de tiempo.

A partir de los valores de EMP se establecen un conjunto de valores, llamados

límites de emisión accesibles o LEA, definidos como nivel de emisión accesible máximo permitido dentro de una clase determinada.

Con este criterio se agrupa a los distintos láseres en varias clases: clase 1, clase 1M, clase 2, clase 2M, clase 3R, clase 3B y clase 4. De esta forma se dispone de un sencillo sistema para identificar los potenciales riesgos asociados a cada clase de láser.

Las medidas colectivas son prioritarias para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, y muchas de ellas son requisitos mínimos de seguridad para la fabricación de productos láser que pretenden conseguir la eliminación de los riesgos.

Dentro de estos requisitos, y teniendo en cuenta la clase a la que pertenece cada producto láser, los fabricantes están obligados a adoptar una serie de medidas de seguridad relativas al diseño de sus productos.

Entre estas medidas se pueden señalar las siguientes:

- **Cubierta protectora.** Elemento que impide el acceso humano a una radiación láser que sobrepase los límites de la clase 1. Dicho elemento no se aplica cuando el acceso sea necesario para la realización del producto láser.
- **Bloqueo de seguridad.** Los paneles de acceso a las cubiertas protectoras deben estar diseñados con bloqueos de seguridad que impidan la retirada del panel hasta que los niveles de emisión accesible sean inferiores.
- **Control remoto.** Dispositivo que debería estar conectado a un sistema de desconexión central de emergencia del bloqueo o a bloqueos de seguridad de las salas, puertas o de las partes retirables de la cubierta protectora del aparato.
- **Control de llave.** El dispositivo de control principal debe estar accionado por una llave de acceso; la llave deberá poder ser retirada y la radiación láser no podrá ser accesible cuando la llave haya sido retirada. La llave incluye cualquier otro dispositivo, tales como combinaciones en clave, tarjetas magnéticas, etcétera.
- **Aviso de emisión.** Cuando se ponga en funcionamiento un láser o las baterías de condensadores de un láser de impulsos se estén cargando o no hayan sido descargados con total seguridad, se deberá provocar una señal de aviso audible o claramente visible, a través de protectores oculares y cuya observación no requiera la exposición a radiación láser.
- **Atenuador del haz.** Elemento capaz de impedir el acceso humano a radiación láser diferente de un interruptor de la fuente de energía láser, conector de alimentación de la red o control por llave de acceso.
- **Localización de controles.** Equipo de control para el ajuste y funcionamiento del producto láser que no precise exposición a la radiación láser que sobrepase el nivel LEA para las clases 1 y 2.
- **Óptica de observación.** Ventanas o pantallas de visualización incorporadas →

■ Tabla 3. Verificación protecciones colectivas según requisitos de fabricación equipo láser clase IV (Norma UNE EN 60 825-1/A2: Seguridad de los productos láser. Parte 1 clasificación del equipo, requisitos y guía de seguridad).

REQUISITOS DE FABRICACIÓN				
Nº	REQUISITO	SI	NO	OBSERVACIÓN
1	CUBIERTA PROTECTORA			
2	BLOQUEO DE SEGURIDAD			Necesario para impedir emisión > 3B
3	CONTROL REMOTO			Necesario para impedir emisión > LEA clase 1 ó 2
4	CONTROL DE LLAVE			
5	AVISO DE EMISIÓN			
6	ATENUADOR DEL HAZ			
7	LOCALIZACIÓN DE CONTROLES			Necesario para impedir emisión > LEA clase 1 ó 2
8	ÓPTICA DE OBSERVACIÓN			La emisión debe ser < LEA de la clase 1
9	BARRIDO			
10	ETIQUETA DE CLASE			
11	ETIQUETA DE ABERTURA			
12	ETIQUETA DE ENTRADA EN SERVICIO			
13	ETIQUETA DE NEUTRALIZACIÓN DEL BLOQUEO			
14	ETIQUETA DE INTERVALO DE λ			Obligatoria para ciertos intervalos de λ
15	ETIQUETA DE LED			
16	MANUAL CON INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD			
17	INFORMACIÓN DE COMPRA Y SERVICIO TÉCNICO			
18	PRODUCTOS MÉDICOS			Obligatorio si se aplica la norma CEI 60601-2-22



AGE FOTOSTOCK

Un organismo notificado debe certificar la fiabilidad de las gafas de ajuste y protección láser

en un producto láser, que deben proporcionar la atenuación suficiente para impedir el acceso a la radiación láser que sobrepase el valor LEA de la clase I.

- ▶ **Barrido.** Medida de seguridad que no permite el acceso humano a la radiación láser originada por radiación de barrido y que sobrepase el nivel LEA de la clase asignada.
- ▶ **Señalización.** La señalización de seguridad es otra medida que se debe adoptar como complemento para garantizar la seguridad de los trabajadores, para destacar las zonas de la máquina que exigen mayor atención, y las zonas con riesgo residual para el operador y las personas expuestas. Entre otras, destacan: etiqueta de apertura, información radiación, etiquetas de los paneles de acceso y etiqueta de paneles dotados de bloqueo de seguridad.

Los requisitos mínimos de seguridad para la fabricación de las distintas clases de equipos de láser son medidas colectivas que se deben anteponer a la utilización de las gafas de ajuste y protección láser como equipos de protección individual, de acuerdo con lo señalado en el artículo 15 sobre Principios de la acción preventiva, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Equipos de Protección Individual: gafas de ajuste y protección láser

El artículo 2 del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la

utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, entiende por EPI «cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin».

Asimismo, el anexo III, sobre la «lista indicativa y no exhaustiva de actividades y sectores de actividades que pueden requerir la utilización de equipos de protección individual» del citado Real Decreto 773/1997, establece las gafas de protección como Equipo de Protección Individual para trabajos láser. Es importante señalar que los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando existan riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Los EPI utilizados con los láser son gafa de montura tipo universal y montura tipo integral. Estos EPI, considerados de categoría II, están destinados a proteger contra riesgos medios o elevados, pero no de consecuencias mortales o irreversibles. Previamente a certificar el cumplimiento de las exigencias, el fabricante debe someter un prototipo del equipo al control de una tercera parte con competencia en la materia (denominada «organismo notificado»), que mediante la realización de pruebas preestablecidas determina o no el cumplimiento de dichas exigencias. La superación de este control se denomina «superación del examen CE de tipo».



Equipos de protección individual: gafa de protección para trabajos de ajuste del láser con grado de protección R2.

Así, la Norma EN 207 Protección individual de los ojos: filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser (gafas de protección láser), define las gafas de protección láser como cualquier filtro y protector de los ojos utilizados contra la radiación láser en la banda espectral situada entre 180 nm y 1 000 000 nm. Este tipo de gafas no está prevista para proteger más que en caso de una exposición accidental a la radiación láser. Es importante tener en cuenta que los valores límites se basan en una exposición máxima de 10 segundos a un láser continuo o de 100 impulsos a un láser pulsado.

En el caso particular de un filtro láser, puede no ser utilizable para todos los tipos de láser ni para los dos posibles usos que las normas consideran: protección y trabajos de ajuste.

Sobre el filtro deberán figurar, además de la clase de protección, las siguientes marcas de seguridad complementarias que identifican el tipo de láser para el que está previsto:

- ▶ **D** para los láseres continuos,
- ▶ **I** para los láseres pulsantes,
- ▶ **R** para los láseres de pulsos gigantes,
- ▶ **M** para los láseres pulsantes multimodo.

Las gafas definidas en la norma EN 207 se utilizan para trabajos de ajuste con láseres de banda espectral visible (comprendida entre 400 nm y 700 nm) en los que es preciso ver la trayectoria del haz láser. De acuerdo con esta norma, las gafas no deben, sin embargo, ser usadas para fijar intencionadamente la mirada sobre el haz láser.

En relación al marcado, la norma EN 207 exige que para su identificación sobre las monturas o los filtros deben marcarse, de forma duradera, los siguientes datos:

- ▶ **La (s) longitudes de onda o banda espectral**, en nm, para la(s) que el filtro garantiza la protección.
- ▶ **El grado de protección**. Si el filtro garantiza la protección en una o varias bandas espectrales debe especificarse el grado de protección más bajo en la banda espectral correspondiente.
- ▶ **La identificación del fabricante**. Con el fin de evitar las duplicaciones, só-

lo deben utilizarse los símbolos que estén autorizados a nivel europeo o nacional.

- ▶ **Marca de certificación**, si procede.

El marcado sobre el filtro no debe interferir la visión ni reducir la función protectora. Si las gafas no son utilizables para todos los tipos de láser, sobre la montura o el filtro deberán figurar las siguientes marcas complementarias:

- ▶ **D** para los láseres continuos,
- ▶ **I** para los láseres pulsantes,
- ▶ **R** para los láseres de pulsos gigantes,
- ▶ **M** para los láseres pulsantes multimodo.

Las gafas que satisfagan el requisito de resistencia mecánica deben llevar ade-

más uno de los códigos indicados en el apartado 9 de norma EN 166, como son:

- ▶ **Sin símbolos**, indica que supera tan sólo el requisito de resistencia mínima.
- ▶ **S** supera el ensayo de resistencia mecánica incrementada.
- ▶ **F** resiste el impacto de baja energía
- ▶ **B** resiste el impacto de media energía
- ▶ **A** resiste el impacto de alta energía

Si a una gafa de protección láser le son aplicables varios marcados, tanto la marca de identificación del fabricante como la marca de certificación y el código de resistencia mecánica sólo deben figurar una vez, los otros datos de identificación irán separados por un signo +. →

■ **Tabla 4. Resumen recomendaciones e instrucciones de trabajo genéricas para equipos láser**

Paso	Responsable	Actividad
1	Ingeniero de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Delimitar la zona de seguridad alrededor del equipo láser con objeto de controlar el acceso y mantener fuera de esa zona al personal que no sea necesario para los trabajos o no tenga la formación teórico y práctica. ▶ Señalizar correctamente la zona de seguridad, así como disponer de las advertencias necesarias. ▶ Retirar de la zona de seguridad todo producto explosivo, inflamable o disolventes volátiles, como, por ejemplo, gasolininas, alcoholes, ... ▶ Controlar el inicio de las operaciones así como no dejar el láser desatendido. ▶ Descargar todo condensador.
2	Trabajador	<p><u>Antes de entrar en la zona de seguridad:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Quitarse todo objeto que pueda producir reflexiones como: anillos, pulseras, bolígrafos metálicos, ... ▶ Mantener la zona de seguridad bien iluminada, para mantener las pupilas de los trabajadores contraídas y reducir el riesgo de daño de los ojos. <p><u>En la zona de seguridad:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Utilizar las gafas de protección adecuadas según características del láser y de acuerdo a la etiqueta e información proporcionada por el fabricante. ▶ Asegurarse de que las gafas son: cómodas, resistentes, estables, ofrecen un campo de visión amplio y mantienen un grado de sujeción sin holguras. <p><u>En la zona de seguridad y antes de encender el láser:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ No mirar nunca directamente el haz del láser o su reflexión. ▶ No alinear el láser mientras esté en funcionamiento. ▶ Asegurarse de que la trayectoria del haz es corta, tiene un número mínimo de cambios de dirección, no cruza vías de acceso peatonal, se sitúa por encima o por debajo del nivel de los ojos, discurre por recinto cerrado y bajo una envolvente. ▶ Controlar que los espejos, lentes y divisores están rígidamente montados, se mantienen en perfecto estado de limpieza y se evitan reflexiones especulares.
3	Ingeniero de seguridad	<p>Controlar el fin de las operaciones.</p> <p>En caso de exposición nociva, concertar supervisión médica por especialista cualificado.</p>

(Nota: Completar con las medidas indicadas en el Manual de Instrucciones del fabricante del equipo).

El Manual para la Evaluación a la Exposición Láser pretende ser una referencia para el trabajador expuesto a este riesgo



AGEFOTOSTOCK

Conclusiones

Como conclusiones generales podríamos establecer que el avance de las nuevas tecnologías en los equipos láser hacen que dicha tecnología se aplique a varios y nuevos campos, como son la industria, la medicina, las telecomunicaciones y las aplicaciones militares. Pero de igual forma aparecen riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, ya sean radiativos, como consecuencia de las radiaciones emitidas por la luz láser básicamente debidas a factores como la longitud de onda de emisión, la duración de la emisión y la potencia o energía del haz, o no radiativos, derivados de los diferentes a elementos necesarios para el funcionamiento del láser o que aparecen durante su operación.

Es por ello que distintos organismos han establecido una serie de normas para la seguridad y salud de los trabajadores. Entre ellos, el Consejo y el Parlamento Europeo, a través de la Directiva 2006/ 25/CE, de 5 de abril de 2006, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposi-

ción de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales), que posteriormente será transpuesta al Derecho español mediante el correspondiente desarrollo reglamentario, y AENOR (Asociación Española de Normalización), a través de distintas normas como la Norma UNE EN 60 825-1/A2: Seguridad de los productos láser. Parte 1 clasificación del equipo, requisitos y guía de seguridad (2002).

En cambio, las evaluaciones a la exposición a radiaciones láser son complejas debido a condicionantes como la gran variedad de equipos láser, los requisitos de seguridad marcados por el fabricante, el entorno y los factores ambientales en que se utiliza el láser y la propia emisión del sistema láser.

Por ello, el Manual trata de establecer unos módulos donde se incluyen guías de protecciones colectivas e individuales, fichas técnicas, ejemplos prácticos, instrucciones de seguridad y un curso sobre seguridad en trabajos con el láser, con el objeto de hacer llegar al trabajador aspectos tan importantes marcados por la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, como son la formación e información, las protecciones colectivas e individuales y las instrucciones de trabajo. Todo ello con el objeto de ser un manual práctico para que los trabajadores expuestos a radiaciones sean capaces de evaluar si existen riesgos según condiciones de utilización, instalaciones adyacentes y propias del láser, así como se mantengan formados e informados de esos riesgos.

□ Para saber más

Notas Técnicas de Prevención. Nº 261 y 654 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Norma UNE EN 60 825-1/A2. Seguridad de los productos láser. Parte 1, clasificación del equipo, requisitos y guía de seguridad (AENOR, 2002).

Norma EN 207. Protección individual de los ojos: filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser (gafas de protección láser).

Norma EN 208. Protección individual de los ojos: gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas láser (gafas de ajuste láser).

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de

Riesgos Laborales. BOE nº 269, de 10 de noviembre.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 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.

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).

M^a. J. Rupérez y otros (1996). Algunas cuestiones sobre seguridad láser. INSHT.

Luis Martí López. Tecnología láser en medicina.

AIDO. Apuntes del curso de seguridad láser.

Editorial MAPFRE (1991). Manual de Higiene Industrial.