



## SEGURIDAD Y SALUD: INSTRUCCIONES OPERATIVAS.

### **LÁSER: CLASES. RIESGOS. MEDIDAS DE CONTROL**

La utilización de sistemas láser conlleva un riesgo intrínseco de exposición del organismo humano a una fuente de Radiación No Ionizante, en función de la clase del sistema y de las medidas de control (esto es, medidas preventivas) que sean adoptadas. Obviamente, será necesario conocer las bases de estos dos conceptos con el fin de lograr una protección eficaz del personal que pueda llevar a cabo o verse afectado por las operaciones ejecutables con sistemas de este tipo.

#### 1. "CLASE" DE UN SISTEMA LÁSER: CÓMO CONOCERLA.

**La CLASE de un láser es un indicador directo del grado de peligrosidad** que supone la utilización de un dispositivo de estas características.

Los tres factores que principalmente definen la CLASE de un láser son:

- Longitud de onda.
- Duración / tiempo de exposición.
- Potencia / energía del haz.

I.- Hasta la aparición de la norma UNE EN 60825-1/A2, las clases de láser eran cinco (5), a saber: Clase 1 ; Clase 2 ; Clase 3a ; Clase 3b ; Clase 4. Actualmente ya no se sigue dicha clasificación.

II.- Tras la aparición de la norma UNE EN 60825-1/A2, las nuevas clases son (7), esto es: Clase 1 ; Clase 1m ; Clase 2 ; Clase 2m, Clase 3r ; Clase 3b ; Clase 4. Por el contrario, la clase 3a desaparece con esta norma (excepto en los equipos antiguos, claro está). Esta es una tabla resumen con las nuevas Clases:



<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)
<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).
<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.

**Es IMPRESCINDIBLE conocer la clase de un láser antes de comenzar a trabajar con el mismo.**

**Si no conoce (de una manera fiable: etiquetado, manual de instrucciones) la clase de un equipo láser, NO trabaje con el: póngalo fuera de servicio con el fin de que otras personas no puedan acceder al mismo.**



## 2. ¿DÓNDE FIGURA LA “CLASE” DE UN SISTEMA LÁSER?

La clase de un sistema láser debe figurar en:

- Una etiqueta / señal, claramente visible y colocada en el mismo dispositivo, con las frases de advertencia para que el usuario conozca a que riesgo está expuesto.
- El manual de instrucciones / operaciones del dispositivo láser.
- También debería estar colocada señalización de peligros reglamentaria en el lugar de trabajo donde esté emplazado el sistema (véase a este respecto, el apartado “4.1.- Medidas de Control – Señalización” de este documento)

## 3. RIESGOS DERIVABLES DE LA UTILIZACIÓN DE LAS DIFERENTES “CLASES” DE SISTEMAS LÁSER.

3.1.- Riesgos derivables, para equipos láser adquiridos o diseñados en su momento atendiendo a criterios de clasificación ya obsoletos:

“CLASE” DE SISTEMA LÁSER	RIESGOS DERIVABLES
<b>Clase 1</b> (tratar como Clase 1 de UNE EN 60825-1/A2)	No suponen daño alguno.
<b>Clase 2</b> (tratar como Clase 2M de UNE EN 60825-1/A2)	Pueden causar daños oculares por observación directa del haz durante períodos superiores a 0,25 seg. Podría resultar en un daño crónico para exposiciones iguales o superiores a 1.000 seg. (unos 15 minutos).
<b>Clase 3 A</b> (tratar como Clase 3B de UNE EN 60825-1/A2) <b>EXTREMAR PRECAUCIÓN</b>	Pueden causar daños oculares (concretamente, en la retina), siendo crónicos en caso de exposiciones iguales o superiores a 0,25 seg. <b>EXTREMAR PRECAUCIÓN</b>
<b>Clase 3B</b> (tratar como Clase 3B de UNE EN 60825-1/A2) <b>EXTREMAR PRECAUCIÓN.</b>	Pueden causar daños oculares agudos o crónicos si se entra en contacto directo con el haz láser. <b>EXTREMAR PRECAUCIÓN.</b>
<b>Clase 4</b> (tratar como Clase 4 de UNE EN 60825-1/A2) <b>EXTREMAR PRECAUCIÓN.</b>	Pueden causar daños oculares o cutáneos agudos si se entra en contacto directo, indirecto, o por reflexión, con el haz láser. Pueden originar incendios. <b>EXTREMAR PRECAUCIÓN.</b>



3.2.- Riesgos derivables, atendiendo a criterios de la vigente clasificación (UNE EN 60825-1/A2):

<b>"CLASE" DE SISTEMA LÁSER</b>	<b>RIESGOS DERIVABLES</b>
<b>Clase 1</b>	No generan riesgos si se usan con normalidad. No es previsible que causen daño ocular aunque el operador emplease algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
<b>Clase 1M</b>	No generan riesgos si se usan con normalidad, pero podrían causar daño ocular si el operador emplea algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
<b>Clase 2</b>	Podría causar daños oculares. A priori los mecanismos de aversión como el <i>reflejo parpebral</i> * son suficientes (normalmente) como protección. El riesgo de padecer daño ocular aumenta si el operador emplea algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
<b>Clase 2M</b>	Puede causar daños oculares. El riesgo de padecer daño ocular <u>aumenta muy notablemente</u> si el operador emplea algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
<b>Clase 3R EXTREMAR PRECAUCIÓN.</b>	<b>La visión directa del haz es potencialmente peligrosa, aunque en menor medida que láser 3B.</b> <b>Pueden causar daños oculares agudos y crónicos.</b> <b>EXTREMAR PRECAUCIÓN.</b>
<b>Clase 3B EXTREMAR PRECAUCIÓN.</b>	La visión directa del haz es siempre peligrosa. La visión de reflexiones difusas podría según casos, se peligrosa también. <b>Pueden causar daños oculares agudos y crónicos.</b> <b>EXTREMAR PRECAUCIÓN.</b>
<b>Clase 4 EXTREMAR PRECAUCIÓN.</b>	<b>Pueden causar <u>daños oculares y cutáneos</u> agudos o crónicos si se entra en contacto directo, indirecto, o por reflexión, con el haz láser.</b> <b>También pueden originar incendios.</b> <b>EXTREMAR PRECAUCIÓN.</b>

\* *Reflejo parpebral*: acto reflejo (valga la redundancia) consistente en el cierre rápido de los párpados cuando se produce un súbito destello, iluminación, o ruido intenso.



#### 4. MEDIDAS DE CONTROL RECOMENDADAS EN FUNCIÓN DE LAS DIFERENTES “CLASES” DE SISTEMAS LÁSER.

4.1.- Medidas de control para equipos láser adquiridos o diseñados en su momento atendiendo a criterios de clasificación ya obsoletos:

“CLASE” DE SISTEMA LÁSER	MEDIDA DE CONTROL
<b>Clase 1</b> (tratar como Clase 1 de UNE EN 60825-1/A2)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Señalización (ver punto 5 de este documento).</li><li>• Información y formación del personal involucrado o expuesto (ver punto 6 de este documento).</li></ul>
<b>Clase 2</b> (tratar como Clase 2M de UNE EN 60825-1/A2)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Idem medidas de control Clase 1, y además:</li><li>• Ingeniería (ver punto 7 de este documento).</li><li>• Equipos de Protección Individual.</li><li>• Medidas de Control: cálculo y marcado de la DNRO (ver punto 8 de éste documento).</li></ul>
<b>Clase 3 A</b> (tratar como Clase 3B de UNE EN 60825-1/A2)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Idem medidas de control Clase 2, y además:</li><li>• Ingeniería (ver punto 7 de este documento).</li><li>• Controles administrativos (ver puntos 9 y 10 de este documento).</li></ul>
<b>Clase 3 B</b> (tratar como Clase 3B de UNE EN 60825-1/A2)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Idem medidas de control Clase 2, y además:</li><li>• Ingeniería (ver punto 4.3 de este documento).</li><li>• Controles administrativos (ver puntos 9 y 10 de este documento).</li></ul>
<b>Clase 4</b> (tratar como Clase 4 de UNE EN 60825-1/A2)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Idem medidas de control Clase 2, y además:</li><li>• Ingeniería (ver punto 4.3 de este documento).</li><li>• Controles administrativos (ver puntos 9 y 10 de este documento).</li></ul>

4.2.- Medidas de control, atendiendo a criterios de la vigente clasificación (UNE EN 60825-1/A2):

“CLASE” DE SISTEMA LÁSER	MEDIDA DE CONTROL
Clase 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Señalización (ver punto 5 de este documento).</li><li>• Información y formación del personal involucrado o expuesto (ver punto 6 de este documento).</li></ul>
Clase 1M	<ul style="list-style-type: none"><li>• Señalización (ver punto 5 de este documento).</li><li>• Información y formación del personal involucrado o expuesto (ver punto 6 de este documento).</li></ul>
Clase 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Idem Clase 1, y además:</li><li>• Ingeniería (ver punto 7 de este documento).</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>Equipos de Protección Individual.</li></ul>
Clase 2M	<ul style="list-style-type: none"><li>Idem Clase 1, y además:</li><li>Ingeniería (ver punto 7 de este documento).</li><li>Equipos de Protección Individual.</li><li>Medidas de Control: cálculo y marcado de la DNRO (ver punto 8 de éste documento).</li></ul>
Clase 3R	<ul style="list-style-type: none"><li>Idem Clase 2M, y además:</li><li>Ingeniería (ver punto 7 de este documento).</li><li>Controles administrativos (ver puntos 9 y 10 de este documento).</li></ul>
Clase 3B	<ul style="list-style-type: none"><li>Idem Clase 2M, y además:</li><li>Ingeniería (ver punto 4.3 de este documento).</li><li>Controles administrativos (ver puntos 9 y 10 de este documento).</li></ul>
Clase 4	<ul style="list-style-type: none"><li>Idem Clase 2M, y además:</li><li>Ingeniería (ver punto 4.3 de este documento).</li><li>Controles administrativos (ver puntos 9 y 10 de este documento).</li></ul>

## 5.- MEDIDAS DE CONTROL: SEÑALIZACIÓN.

La señalización debe estar como mínimo redactada en castellano, y complementariamente, en inglés.

La señalización relativa a un dispositivo láser, comprende:

- Una etiqueta (colocación obligatoria), denominada “etiqueta de advertencia” (en realidad se trata de un pictograma), tal que:



- Una etiqueta / señal, claramente visible y colocada en el mismo dispositivo láser, con las frases de advertencia para que el usuario conozca a que riesgo está expuesto. Esta etiqueta actualmente es obligatoria para todos los láseres Clase 2, 2M, 3R, 3B, y 4. Este tipo de etiqueta se denomina “etiqueta explicativa”. Son las siguientes:

<p><b>PRODUCTO LÁSER CLASE 1</b></p> <p><b>RADIACIÓN LÁSER NO MIRE DIRECTAMENTE CON INSTRUMENTOS ÓPTICOS PRODUCTO LÁSER CLASE 1M</b></p>	<p><b>RADIACIÓN LÁSER NO MIRAR DIRECTAMENTE AL HAZ PRODUCTO LÁSER CLASE 2</b></p> <p><b>RADIACIÓN LÁSER NO MIRE DIRECTAMENTE AL HAZ NI LO MIRE DIRECTAMENTE CON INSTRUMENTOS ÓPTICOS PRODUCTO LÁSER CLASE 2M</b></p>
<p><b>RADIACIÓN LÁSER EVITE EXPOSICIÓN AL HAZ PRODUCTO LÁSER CLASE 3R</b></p> <p><b>RADIACIÓN LÁSER EVITE LA EXPOSICIÓN DIRECTA DEL OJO PRODUCTO LÁSER CLASE 3R</b></p>	<p><b>RADIACIÓN LÁSER LA EXPOSICIÓN AL HAZ ES PELIGROSA PRODUCTO LÁSER CLASE 3B</b></p> <p><b>RADIACIÓN LÁSER LA EXPOSICIÓN DE LOS OJOS O LA PIEL A LA RADIACIÓN DIRECTA O DIFUSA DEL HAZ ES PELIGROSA PRODUCTO LÁSER CLASE 4</b></p>

- Etiquetas de “apertura”: que deberá llevar todo equipo láser de las categoría 3R, 3B , 4. Estas etiquetas estarán emplazadas cerca de la abertura del equipo por la que se emite la radiación. Se emplazarán siempre que la radiación saliente supere el Límite de Emisión Accesible (LEA) al estipulado para Clase 1 o Clase 2. Ejemplo:

**ABERTURA LÁSER**

**EXPOSICIÓN PELIGROSA  
POR ESTA ABERTURA SE EMITE  
RADIACIÓN LÁSER**

- Etiquetas de “panel”: son un tipo de etiqueta que TODO dispositivo Láser cuyo valor Límite de Emisión Accesible (LEA) sea superior al estipulado para Clase 1 debe llevar en caso de que el equipo disponga de panel de acceso o cubierta protectora que en caso de ser retirada exponga al operador a radiación láser. Un ejemplo de etiqueta de panel para un láser 3R:

**PRECAUCIÓN - RADIACIÓN LÁSER  
DE CLASE 3R PRESENTE AL ABRIR  
EVITE LA EXPOSICIÓN AL HAZ**

- Toda puerta de acceso a locales donde se albergue dispositivos láser de CLASE **3A (obsoleta)** ; **3R** ; **3B** ; y **4**, deben ser señalizadas con el pictograma de peligro correspondiente, incluyendo además la CLASE del láser, la longitud de onda, y la potencia del mismo. Cuando un local albergue más de un láser de diferentes CLASES de las especificadas, se incluirá los datos de todos ellos. Para locales en los que haya emplazados estos láseres, es necesario también colocar la señalización de “ACCESO RESTRINGIDO EXCLUSIVAMENTE A PERSONAL AUTORIZADO”.

Señalética propuesta:

- Por ejemplo: para un láser Clase 2 de un tipo concreto (faltaría especificar la potencia):





- Por ejemplo: para un láser Clase 3R de un tipo concreto (faltaría especificar la potencia):



- Por ejemplo: para un láser Clase 3R de un tipo concreto (faltaría especificar la potencia):





- Por ejemplo: para un láser Clase 3B de un tipo concreto (faltaría especificar la potencia):








- Por ejemplo: para un láser Clase 4 de un tipo concreto (faltaría especificar la potencia):



Y la señal referida a la prohibición de acceso a los lugares de emplazamiento de estos láser, puede verse más abajo, como “Señalización Preceptiva para los Lugares de Trabajo”

- Sobre toda puerta de acceso a un local donde se albergue dispositivos láser de CLASE **3a (obsoleta)**; **3R**; **3B** ; y **4**, se *recomienda* la instalación de una luz intermitente que se active cuando el dispositivo esté en operación.
- La utilización de prendas de las prendas de protección individual (E.P.I.) que se estime preceptivas para las operaciones a llevar a cabo, también debe estar señalizada.

SEÑALIZACIÓN PRECEPTIVA PARA LOS LUGARES DE TRABAJO

				
<p>En todo lugar donde se encuentre un láser. En los puntos de acceso y en el interior. También puede emplearse la “señalética propuesta” unos párrafos más arriba.</p>	<p>Puntos de acceso a lugares donde se de operación de láser 3A (obsoleta); 3R ; 3B y 4.</p>	<p>Para lugares donde se de operación de láser 2, 2M ; 3A (obsoleta); 3R ; 3B y 4. En los puntos de acceso y en el interior.</p>	<p>Para lugares donde se de operación de láser 4. En los puntos de acceso y en el interior.</p>	<p>Para lugares donde se de operación de láser 4. En los puntos de acceso y en el interior.</p>

## 6.- INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DEL PERSONAL INVOLUCRADO O EXPUESTO.

Toda persona que participe directamente en las operaciones, o que sin estar involucrada directamente en las mismas, pueda verse afectada por estos dispositivos, debe ser informada por los responsables de las actividades acerca de los riesgos a los que está expuesto, los medios con los que debe protegerse, cómo y cuando utilizarlos, y especialmente, sobre el conjunto medidas preventivas y de normas internas o de Procedimientos de Trabajo Escritos (P.T.E.) con que se acostumbre operar.

## 7.- MEDIDAS DE CONTROL: INGENIERÍA.

Medidas técnicas destinadas a minimizar el riesgo que puedan generar los dispositivos láser. Pueden citarse las siguientes:

7.1.- Para láseres adquiridos o diseñados en su momento atendiendo a criterios de clasificación ya obsoletos:

**Confinamiento de láser:** deseable para láser clase 3B y 4, efectuándose en un habitáculo donde no se lleve a cabo ninguna otra operación no relacionada con este elemento. Es deseable que las puertas de acceso a estos habitáculos dispongan de cerradura, y que únicamente el personal autorizado a acceder a esta habitación disponga copia de las mismas. Sería deseable que las cerraduras de las puertas se bloqueasen cuando éste entrase en operación, pero pudiendo anularse el bloqueo y abrirse desde el interior, de manera similar a una puerta antipánico.



**Carcasas protectoras:** todo láser clase 3A , 3B y 4, debiera disponer de una carcasa protectora incombustible, que contenga el haz emitido, y el la fuente de excitación.

**Enclavamiento:** todo láser clase 3A , 3B y 4, debiera disponer de un dispositivo de enclavamiento de modo que cuando la **carcasa protectora** fuera movida o separada, desconectase el dispositivo láser y lo dejase fuera de funcionamiento.

**Llave de operación:** todo láser clase 3A , 3B y 4, debiera disponer de una llave de accionamiento, de modo que sin la misma, este no pudiera entrar en funcionamiento y que únicamente el personal autorizado a operar con las mismas, según los P.T.E establecidos, disponga de acceso a las mismas.

**Indicador “ON” (en marcha):** todo láser clase 3A , 3B y 4, debiera disponer de un indicador “ON / OFF” claramente visible a las personas operando con el dispositivo. Este indicador debe estar conectado al láser, no siendo su accionamiento independiente del equipo.

**Indicador “Potencia de operación”:** todo láser clase 3A , 3B y 4, debiera disponer de un indicador de la potencia emitida en tiempo real, fácilmente visible a los operadores del dispositivo.

7.2.- 9

Requisitos	Clasificación						
	1	1M	2	2M	3R	3B	4
Cubierta protectora	--	O	O	O	O	O	O
Bloqueo de seguridad	X	X	X	X	+	+	+
Control remoto	--	--	--	--	--	O	O
Control de llave	--	--	--	--	--	O	O
Aviso de emisión	--	--	--	--	O	O	O
Atenuador del haz	--	--	--	--	--	O	O
Localización de controles	--	--	--	--	♣	♣	♣
Óptica de observación	--	▼	▼	▼	▼	▼	▼
Barrido	O	O	O	O	O	O	O
Etiqueta de Clase	T	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
Información de compra y servicio técnico	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



## 8.- MEDIDAS DE CONTROL: CÁLCULO Y MARCADO DE LA “DISTANCIA NOMINAL DE RIESGO OCULAR (DNRO)”.

Para los láser Clase 2; 2M ; 3A (antiguo sistema de clasificación); 3R; 3B, 4 se debe determinar la “Distancia Nominal de Riesgo Ocular”

La “Distancia Nominal de Riesgo Ocular” para un láser determinado, conocida normalmente por sus siglas **DNRO**, es la distancia a la cual la exposición a la radiación iguala la “Exposición Máxima Permisible” (EMP) apropiada para la córnea.

**La DNRO se emplea para delimitar zonas de riesgo en la evaluación de los puestos de trabajo con acceso a la radiación láser.**

La exposición se estima a partir de la siguiente expresión:

$$E = \frac{4 \times P_0 \times e^{-\mu r}}{\pi \times (a + r\phi)^2}$$

donde:

- **E** es la (exposición) irradiancia de la fuente en w/m<sup>2</sup>.
- **P<sub>0</sub>** es la potencia radiante del láser expresada en w.
- **μr** : este término exponencial hace referencia a las pérdidas debidas a la atenuación atmosférica (normalmente despreciable).
- **a** es el diámetro del haz.
- **r** es la distancia a la que se encuentra el trabajador.
- **φ** es la divergencia del haz.

En el caso de que coincidan la (exposición) irradiancia con la EMP, la distancia **r** será igual a la **DNRO**.

El cálculo de dicha distancia (la DNRO) se puede hacer mediante la fórmula siguiente:

$$DNRO = \frac{(4 \times P_0 / \pi \times E_{EMP})^{1/2} - a}{\phi}$$

La DNRO se calcula de forma diferente en función del tipo de exposición: láser continuo, láser de impulsos, utilización de óptica de aumento o la existencia de reflexiones especulares y difusas. Para dichos cálculos se recomienda consultar IEC TR 60825-10.

Una vez calculada y obtenida la DNRO, y una vez determinado el punto de emplazamiento del dispositivo láser, se marcará en el suelo con señal a franjas negras y amarillas alternas (a 45°). El ancho de dicha franja estará comprendido entre 05cm y 10cm.



Así quedará señaléticamente definida la zona de la DNRO.

Se expondrá asimismo, complementariamente, con cartelería claramente legible y visible, la prohibición de atravesar la línea definitoria de la DNRO. Esta cartelería puede pegarse también en el suelo: A título de propuesta, se plantea la siguiente señalización:





**ATENCIÓN:**

**LÁSER: ZONA DE RIESGO OCULAR GRAVE.**

**NO ATRAVIESE ESTA LÍNEA SIN PORTAR LA ADECUADA  
PROTECCIÓN OCULAR.**

**CONTACTE CON EL RESPONSABLE DE TAREAS DEL  
EQUIPO LASER.**

**WARNING:**

**LASER: SEVERE EYE INJURE HAZARD ZONE.**

**DO NOT CROSS THIS LINE WITHOUT THE PROPER EYE  
PROTECTION.**

**ASK TO THE LASER TASKS RESPONSIBLE**



## 9.- MEDIDAS DE CONTROL: CONTROLES ADMINISTRATIVOS (I).

Los controles administrativos comprenden exclusivamente los Procedimientos de Trabajo Escritos (P.T.E.).

Los P.T.E. deben ser generados por los responsables de las operaciones (Investigador Principal, o Supervisor de Laboratorio) llevadas a cabo con los dispositivos láser, o por personal suficientemente cualificado y con la experiencia necesaria como para poder desarrollarlos.

El principio de los P.T.E. es dejar constancia escrita de aquellos **aspectos críticos** de las operaciones que puedan afectar al resultado de las mismas, **que puedan afectar a la seguridad** de los operadores, o en el deterioro de los equipos.

Los P.T.E. deben ser expuestos, explicados, y conocidos obligatoriamente por todo aquel personal que esté involucrado en las tareas. Debe adiestrarse exhaustivamente sobre los mismos al personal de nuevo ingreso o que carezca de la experiencia suficiente.

Todo P.T.E. debe ser aprobado y respaldado por la Dirección del Departamento o Entidad.

Recomendamos que, independientemente de la CLASE de láser con la que se esté operando, de desarrollen P.T.E. para los mismos. No obstante se considera imprescindible el disponer de P.T.E. para toda tarea en la que esté involucrado un láser de los tipos **3a** (clasificación obsoleta), **3r**, **3b**, y **4**.

Especial mención requieren las tareas de **alineación, ajuste del haz y reparaciones**, actividades en las que se mayoritariamente se producen los daños personales.

## 10.- MEDIDAS DE CONTROL: CONTROLES ADMINISTRATIVOS (II).

- Bajo ningún concepto se operará o activará el dispositivo láser en tanto se de la presencia de personas de otras empresas (por ejemplo: personal de limpieza u otras contratas) en el interior del laboratorio.
- Cuando se requiera de la prestación de servicios por parte de una empresa o entidad ajena a la UPV para realizar tareas sobre el láser o con el mismo (por ejemplo: montaje, mantenimiento, calibración, ajuste...), es condición indispensable (a nivel de exigencia legal) el realizar una serie de actos de índole administrativa bajo el epígrafe de "Coordinación de Actividades Empresariales". Con suficiente antelación a la realización de las actividades, se deberá contactar con el Servicio Integrado de Prevención de la UPV (Ext. 78401).
- Igualmente, para el caso de que se requiera la presencia de trabajadores de empresas privadas o públicas, investigadores o colaboradores procedentes de



---

entidades externas a la UPV, etc, se deberá igualmente contactar con suficiente antelación con el Servicio Integrado de Prevención de la UPV (Ext. 78401).

## **11.- APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN.**

La responsabilidad de que lleve a cabo la implantación de las medidas de control/preventivas descritas en el presente documento, y de que se supervise en los lugares de trabajo la aplicación efectiva y cumplimiento de las mismas recae sobre las figuras de Investigador Principal y/o del Supervisor del Laboratorio, y en un estrato jerárquico superior, sobre las figuras vinculadas a la Dirección de las Entidades (Departamentos, centros, Institutos, etc...) relacionables con cuestiones de prevención de riesgos laborales.



## SEGURIDAD Y SALUD: INSTRUCCIONES OPERATIVAS.

### **IOP RF 01 – ANEXO 01- DAÑOS PARA LA SALUD DERIVABLES DEL USO DE DIFERENTES TIPOS DE DISPOSITIVOS LÁSER**

Este documento es un ANEXO a la Instrucción Operativa IOP RF 01 – LÁSER: CLASES.RIESGOS.MEDIDAS DE CONTROL.

Fuente: Univ. Stanford; Environmental Health & Safety Office

#### **1. EFECTOS BIOLÓGICOS VINCULADOS AL HAZ .**

Un uso inadecuado de láser puede traer consecuencias nocivas para el organismo.

Los efectos pueden variar desde ligeros daños para la piel, hasta daños irreversibles en la piel o en los ojos, en forma de diferentes tipos de efectos biológicos.

Los efectos biológicos causados por dispositivos láser se pueden producir a través de procesos:

- Térmicos,
- Acústicos,
- Fotoquímicos.

Los efectos térmicos son los que van a producirse a consecuencia de un incremento de temperatura, tras la absorción de la energía transmitida por el láser. La severidad del daño depende de varios factores, como pueden ser la duración de la exposición, la longitud de onda del haz, la energía del haz, y la superficie y tipo de tejido expuesto al haz.

Los efectos acústicos son los resultantes de recibir una onda de choque, propagada a través del tejido, y produciendo un daño en el mismo. Esto sucede cuando el haz láser causa una evaporación localizada de tejido, generándose un efecto similar al de las ondas propagándose al tirar una piedra en un estanque.

Los efectos fotoquímicos pueden también ser causados cuando los fotones interactúan con células de tejido. Se puede producir un cambio en la química de las células afectadas. Este efecto depende en gran manera de la longitud de onda.



La siguiente tabla muestra un resumen de los efectos biológicos susceptibles de ser producidos por sistemas láser de no adoptarse las medidas de prevención de riesgos propuestas:

Dominio Espectral de efecto fotobiológico	Diana: ojo	Diana: piel
Ultravioleta C 200nm – 280nm	Fotoqueratitis	Eritema (similar a una quemadura producida por el sol), cáncer de piel, envejecimiento acelerado de la piel
Ultravioleta B 280nm – 315nm	Fotoqueratitis	Incremento de pigmentación de la piel
Ultravioleta A 315nm – 400nm	Catarata fotoquímica	Oscurecimiento del pigmento de la piel, quemadura cutánea.
Visible 400nm – 780nm	Lesión retinal de origen térmico y fotoquímico	Oscurecimiento del pigmento de la piel, reacciones de fotosensibilización, quemadura cutánea.
Infrarrojo A 780nm – 1.400nm	Catarata y quemadura retinal	Quemadura cutánea.
Infrarrojo B 1.4µm – 3.0µm	Catarata, quemadura de córnea, aumento del contenido de proteínas y de células inflamatorias en el humor acuoso.	Quemadura cutánea.
Infrarrojo C 3.0µm – 1.000µm	Quemadura de córnea	Quemadura cutánea.

## 2. POSIBLES TIPOS DE EXPOSICIÓN AL HAZ LÁSER.

Una persona no solo puede exponerse *directamente* a un haz láser.

De manera concreta para los láser de alta potencia, la exposición a reflejos del haz láser puede ser tan peligrosa como una exposición directa al haz primario.

- Exposición intra-haz ("intrabeam"): esta sería una exposición directa al haz primario. En este caso, el ojo o la piel se ven expuestos directamente a todo o parte del haz láser. El ojo o la piel se expondrían a la máxima exposición posible (es el caso de exposición más extremo –desfavorable-).
- Reflexión especular, procedente de superficies especulares (valga la redundancia).



Puede ser tan nociva como la anterior exposición directa, si la superficie especular sobre la que se refleja el haz es plana.

La incidencia sobre una superficie especular curva crearía un efecto dispersivo sobre el haz láser, de modo que el ojo o la piel no absorberían toda la energía que concentra el haz, dado que la misma se repartiría sobre una superficie mayor

La incidencia sobre una superficie difusa, reflejará el haz en múltiples direcciones. En este caso se habla de reflexión difusa del haz. En estas reflexiones el haz reflejado no porta toda su energía, pero aun puede ser peligroso, especialmente para láser de elevada potencia. En un láser de clase 4, la reflexión difusa puede llegar a ser capaz de provocar incendios.

Debe tenerse adicionalmente en cuenta esta particularidad: el que una superficie actúe como reflector difuso o como reflector especular también depende de la longitud de onda del haz. Una superficie que actuaría como reflector difuso para un láser que emita en longitud de onda visible puede actuar como reflector especular para un láser que emita en longitud de onda infrarroja

### 3. EL OJO.

El mayor peligro que presenta un haz láser es que su luz penetre en el ojo, pues este es el órgano más sensible a la luz.

Del mismo modo que una lente de aumento (una lupa, por ejemplo) puede ser empleada para concentrar luz solar y quemar un material, la lente que es el ojo humano concentra la luz del haz láser en un punto muy reducido, que puede quemar la retina. Un haz láser con baja divergencia entrando en el ojo puede ser concentrado en un área de un diámetro de entre 10 y 20 micras.

NUNCA se debe apuntar con un láser a los ojos de alguien, no importa cuan baja sea la potencia del mismo.

Afortunadamente, el ojo dispone de un mecanismo de “autodefensa” – técnicamente conocido como “respuesta de aversión”: cuando una luz brillante incide en el ojo, este tiende a cerrar rápidamente el párpado, o se mueve en una dirección diferente a la de la luz. Normalmente la respuesta de aversión se produce en menos de 0,25 segundos desde que se produce la incidencia de la luz en el ojo. Este reflejo de aversión puede proteger frente a la incidencia de láser de poca potencia, pero no tiene efecto alguno cuando el láser es de una potencia significativa, ya que el daño en estos últimos casos se produce en menos de 25 seg.

El daño que se pueda producir en el ojo es función de la longitud de onda del haz. Esta longitud de onda determina donde, en el ojo, se produce la absorción de la energía del láser:



Los láseres en el espectro visible y en el infrarrojo cercano poseen el mayor potencial para causar una lesión retinal: la máxima absorción de energía láser en la retina se produce en el rango comprendido entre los 400 – 550 nm. Los láseres de argón y YAG operan en este rango, siendo los más peligrosos para el ojo.

Láseres con longitudes de onda de menos de 550 nm pueden causar un daño fotoquímico similar a una quemadura solar. Los efectos fotoquímicos son acumulativos, y se producen tras lo que se consideran “exposiciones largas”: más de 10 segundos de luz difusa.

A continuación se presenta una tabla exponiendo los efectos biológicos sobre el ojo de los láseres más comúnmente usados.

Tipo Láser	Longitud Onda ( $\mu\text{m}$ )	Efecto biológico: proceso	Tejido afectado			
			Piel	Córnea	Cristalino	Retina
CO <sub>2</sub>	10.6	Térmico	Si	Si	-	-
HFI	2.7	Térmico	Si	Si	-	-
Erbio-YAG	1.54	Térmico	Si	Si	-	-
Nd-YAG [a]	1.33	Térmico	Si	Si	Si	Si
Nd-YAG	1.06	Térmico	Si	-	-	Si
Gas (diodo)	0.78–0.84	Térmico	[b]	-	-	Si
He-Ne	0.633	Térmico	[b]	-	-	Si
Ar	0.488 – 0.514	Térmico - Fotoquímico	Si	-	-	Si [c]
Refl.	0.351	Fotoquímico	Si	Si	-	Si
XeCl	0.308	Fotoquímico	Si	Si	-	-

Notas:

[a] – una longitud de onda de 1.33  $\mu\text{m}$  en algunos láseres de Nd-YAG la demostrado capacidad de generar simultáneamente un efecto biológico sobre la córnea, cristalino, y retina.

[b] – Los niveles de energía no suelen ser lo suficientemente elevados como para generar un riesgo para la piel.

[c] – Los efectos fotoquímicos son preponderantes para “exposiciones largas” (más de 10 segundos).

#### 4. LA PIEL.

Los láseres pueden causar daños en la piel mediante efectos fotoquímicos o mediante quemaduras térmicas.

Dependiendo de la longitud de onda, el haz puede penetrar tanto a través de la epidermis como a través de la dermis

Las quemaduras térmicas de la piel no son frecuentes. Requieren habitualmente una exposición a haces láser de alta energía a lo largo de un período de tiempo. Los láseres



de CO<sub>2</sub> y otros de tipo infrarrojo son los más frecuentemente asociados con quemaduras térmicas, pues su longitud de onda puede penetrar profundamente en el tejido de la piel. Pueden darse quemaduras de primero (enrojecimiento), segundo (ampollas), y tercer grado (destrucción de tejido).

Se puede dar el caso de que algunas personas sean fotosensibles, o que estén tomando medicamentos que puedan inducir a la fotosensibilidad: a esto último debe prestarse especial atención.

## 5. CONTAMINANTES AEROTRANSPORTADOS GENERADOS POR LOS LÁSER – EL “PENACHO” (“the plume”).

El “penacho” (“the plume”) es un término empleado para referirse a la nube de contaminantes generados cuando se produce la interacción entre el haz y el objetivo del haz.

La aparición del “penacho” está más asociada con láseres de tipo 3B y 4, estando constituido el mismo por humos metálicos (“fumes”), polvo (partículas en suspensión), y aerosoles conteniendo material biológico.

Algunos:

- Hidrocarburos aromáticos policíclicos al exponer a haz láser algunos polímeros (como el metil metacrilato, por ejemplo).
- HCN y benceno, al cortar fibras de poliamida aromática.
- Sílice, al cortar cuarzo.
- Metales pesados, al realizar grabados,
- Benceno, al cortar cloruro de polivinilo,
- Cianuro, formaldehído, y fibras sintéticas y naturales asociadas con otros procesos.

Algunos materiales ópticos especiales empleados para crear ventanas y lentes para infrarrojo lejano son una potencial fuente de contaminantes químicos aerotransportados peligrosos. Por ejemplo, el telurio de cadmio y el telurio de cinc se quemarán en presencia de oxígeno cuando se sobrepasan los límites de irradiación del haz.

En general, para minimizar o para evitar el paso de contaminantes químicos aerotransportados a la atmósfera de trabajo del local, hay dos tipos sistemas de protección colectiva:

- 1.- ventilación general del local junto a extracción localizada,
- 2.- confinamiento del proceso (con su propio dispositivo de extracción).

*Sin uno de estos dos sistemas de protección colectiva, eficaz y probado, NO se deben llevar a cabo operaciones que puedan generar contaminantes químicos aerotransportados como los que se ha enumerado a título de ejemplo.*



De estos dos sistemas de protección, el más eficaz y el ideal es el segundo, que sería el que debería emplearse cuando se llevasen a cabo tareas de soldadura o corte de materiales. Los primeros, si no están bien diseñados, pueden no ser lo suficientemente eficaces para retirar o para mantener en unos niveles bajos aquellos contaminantes químicos aerotransportados que se puedan generar, y por ello, podría ser necesario emplear complementariamente Equipos de Protección Individual (EPI) para las vías respiratorias.

A nivel de operaciones, el uso de EPI para vías respiratorias únicamente se debería emplear en períodos de tiempo breves o ante operaciones muy concretas, también limitadas en el tiempo.

El uso de estos EPI no debería constituir el principal método de protección de vías respiratorias para los operadores del láser, sino un método complementario o temporalmente interino.

Si se precisa EPI para protección respiratoria, será necesario (obligatorio) adicionalmente emplazar la siguiente señalización normalizada, en puntos bien visibles:



Al respecto de Equipos de Protección Individual respiratorios, se recomienda la lectura de la Instrucción Operativa: La protección individual frente a la exposición por inhalación de sustancias químicas: equipos de protección individual (EPI):

[http://www.sprl.upv.es/IOP\\_SQ\\_18\(b\).htm](http://www.sprl.upv.es/IOP_SQ_18(b).htm)

## 6. RADIACIÓN COLATERAL.

La radiación colateral es aquella diferente a la radiación láser del haz, y puede ser generada por componentes del sistema como líneas de suministro eléctrico, lámparas de descarga, y tubos de plasma.

Dicha "radiación colateral" puede manifestarse como Rayos-X, Ultravioleta, espectro visible, Infrarrojo, Microondas, y diferentes radiofrecuencias. Es decir, que según los casos puede llegarse a producir Radiación Ionizante, y Radiación No Ionizante.



Los láser de fabricación “artesanal” son de particular interés a este respecto, y debe prestarse especial atención a los mismos.

Adicionalmente, cuando el haz de un láser pulsado de alta potencia (picos de irradiancia del orden de  $10^{12}$  watts/cm<sup>2</sup>) son centrados en un blanco, se genera un plasma que puede colateralmente emitir radiación.

También se pueden generar Rayos-X por los componentes electrónicos del sistema láser (p.ej: tubos de vacío de alto voltaje, por lo general superiores a 15kV), y por los plasmas inducidos por láseres empleados para cortar metal.

## 7. GASES.

En diferentes tipos de láser se puede precisar del empleo de gases como cloro, fluor, cloruro de hidrógeno, y fluoruro de hidrógeno. Estos gases son peligrosísimos para la vida humana a muy bajas concentraciones. Por ello, se prefiere, cuando es posible, el empleo de gases inertes.

Imprescindible consultar, de manera previa a plantearse su uso real, las Hojas de Datos de Seguridad de dichos gases.

Se recomienda adicionalmente la lectura de la Instrucción Operativa “la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) de una sustancia química” :

[http://www.sprl.upv.es/IOP\\_SQ\\_02\(b\).htm](http://www.sprl.upv.es/IOP_SQ_02(b).htm)

En condiciones normales de trabajo, no se concibe presencia alguna de estos gases en una atmósfera de trabajo ocupada por personal, por lo que cualquier paso de estos tóxicos / asfixiantes a la misma debe ser considerada como una emergencia.

Las instalaciones y lugares de trabajo asociables al empleo de este tipo de gases requieren cumplir muy altos niveles de exigencias técnicas: para efectuar consultas al respecto (condiciones de seguridad instalaciones de gases especiales), contáctese con Ext. 78479.

## 8. TINTES LÁSER (“laser dyes”).

Los tintes láser son compuestos complejos orgánicos fluorescentes los cuales, cuando están en solución con ciertos disolventes, originan un medio propicio para la emisión de un haz láser.

Ciertos tintes son altamente tóxicos o cancerígenos. Un problema añadido es que dichos tintes requieren frecuentemente ser cambiados, por lo que se debe prestar especial atención y precaución cuando los mismos sean manipulados, o se preparen disoluciones, o simplemente se opere el láser con los mismos.



Imprescindible consultar, de manera previa a plantearse su uso real, las Hojas de Datos de Seguridad de dichos gases. Todo el personal directamente que interactúe directamente con este tipo de sustancias químicas debe conocer sus propiedades de peligrosidad y cómo manipular las mismas con seguridad.

A este respecto, se recomienda efectuar aplicar el conjunto de medidas preventivas reflejadas en las Instrucciones Operativas para Riesgo Químico presentes en la web del SIPSL – UPV, concretamente en: [http://www.sprl.upv.es/D7\\_2\\_b.htm#r9](http://www.sprl.upv.es/D7_2_b.htm#r9)