

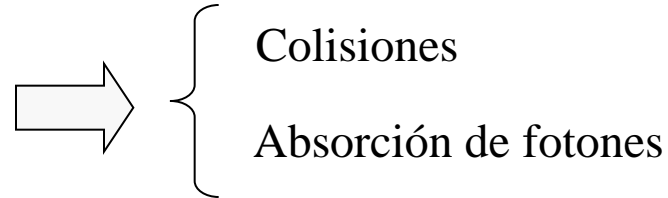
Curso de Corte con Láser

SEGURIDAD

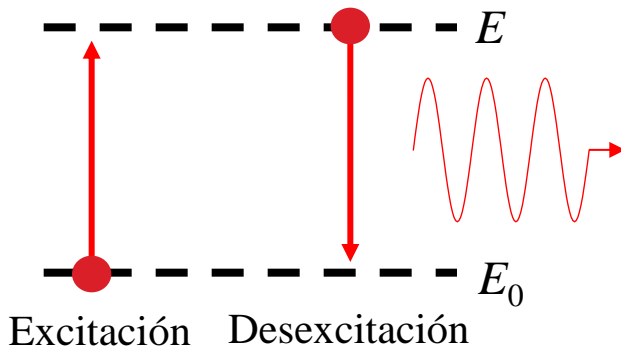
EMISIÓN DE RADIACIÓN: EMISIÓN ESTIMULADA

La emisión de radiación requiere la existencia de estados excitados ocupados

La promoción de electrones a estados excitados requiere absorción de energía



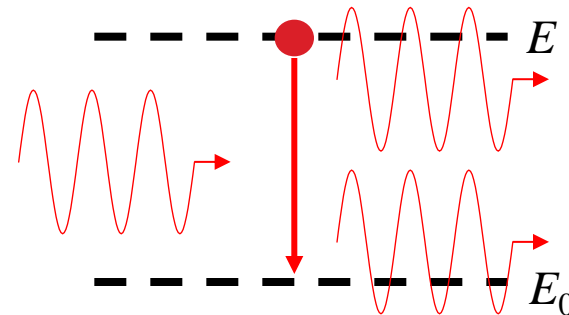
Emisión espontánea



Energía del fotón emitido:

$$E - E_0 = h \cdot f$$

Emisión estimulada

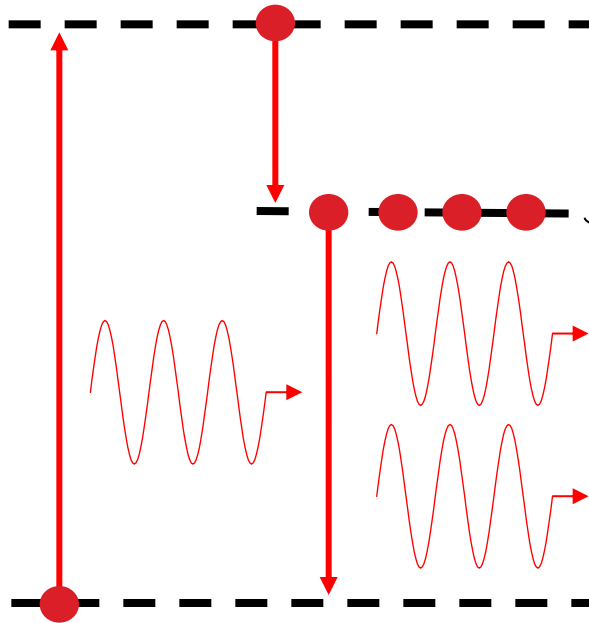


Se emiten DOS fotones de igual energía y con la misma fase (coherentes)

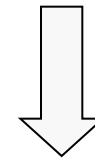
INVERSIÓN DE POBLACIÓN

El tiempo de vida de los estados excitados es generalmente muy corto (10^{-9} s) ...

Estado metaestable (10^{-6} s)



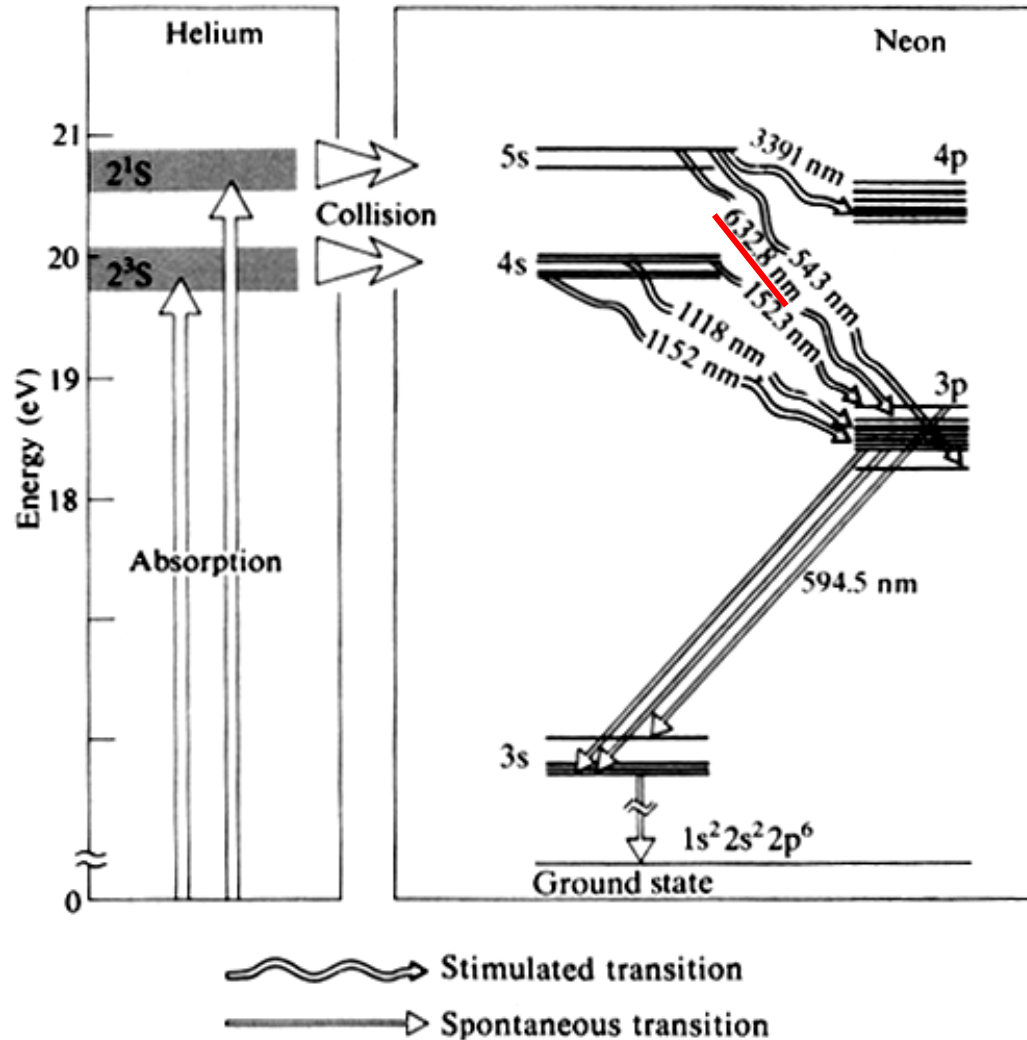
La presencia de fotones emitidos por emisión estimulada puede desencadenar una avalancha de fotones de igual longitud de onda, energía e igual fase, que se mantendrá mientras dure la inversión de población.



LÁSER

La acumulación en el estado metaestable (larga vida relativa) produce el efecto de inversión de población.

INVERSIÓN DE POBLACIÓN (SISTEMA He-Ne)



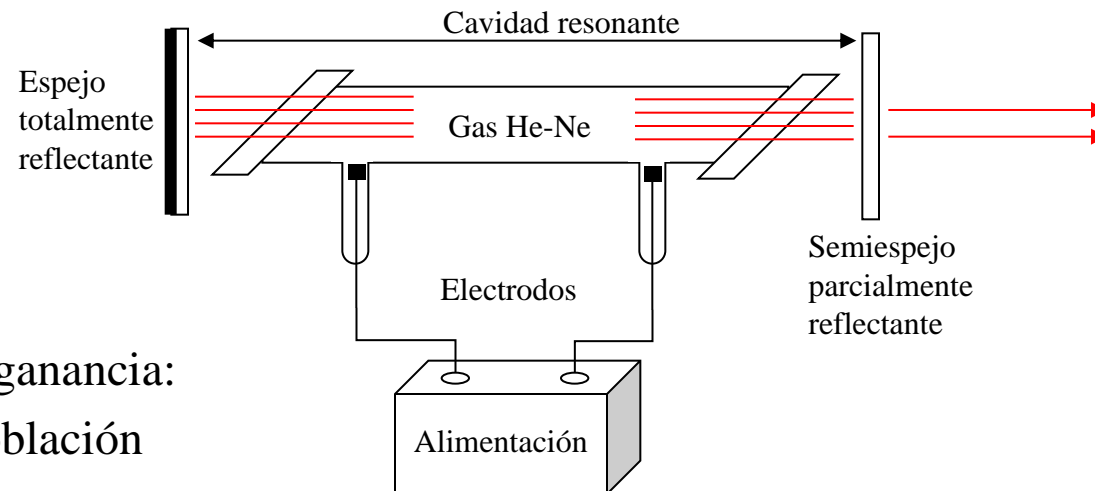
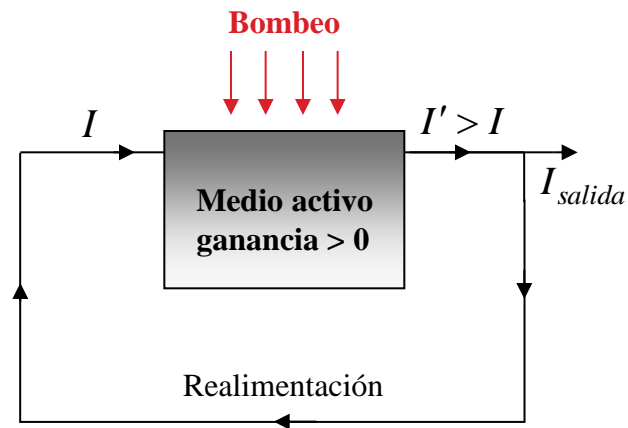
RADIACIÓN LÁSER

LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

1º) Medio activo con ganancia *

2º) Bombeo (suministro energía)

3º) Realimentación



* Mecanismo de ganancia:
inversión de población

CARACTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN LÁSER

Luz cuasi-monocromática

Haz coherente

Direccionalidad

(Baja dispersión angular)

Modos de funcionamiento:

* Continuo

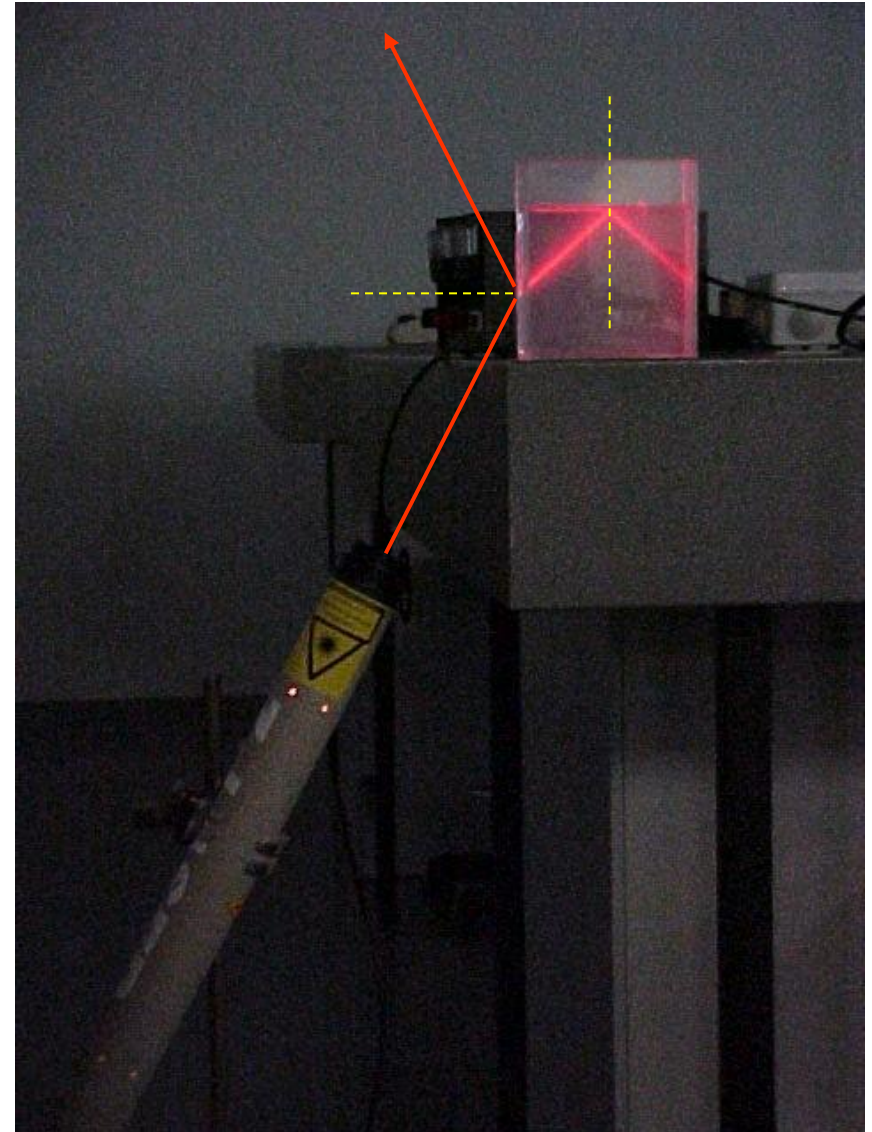
Nivel continuo de potencia de salida

Estabilidad de potencia salida $\approx 2\%$

Aplicaciones: corte, soldadura,
tratamiento térmico de metales

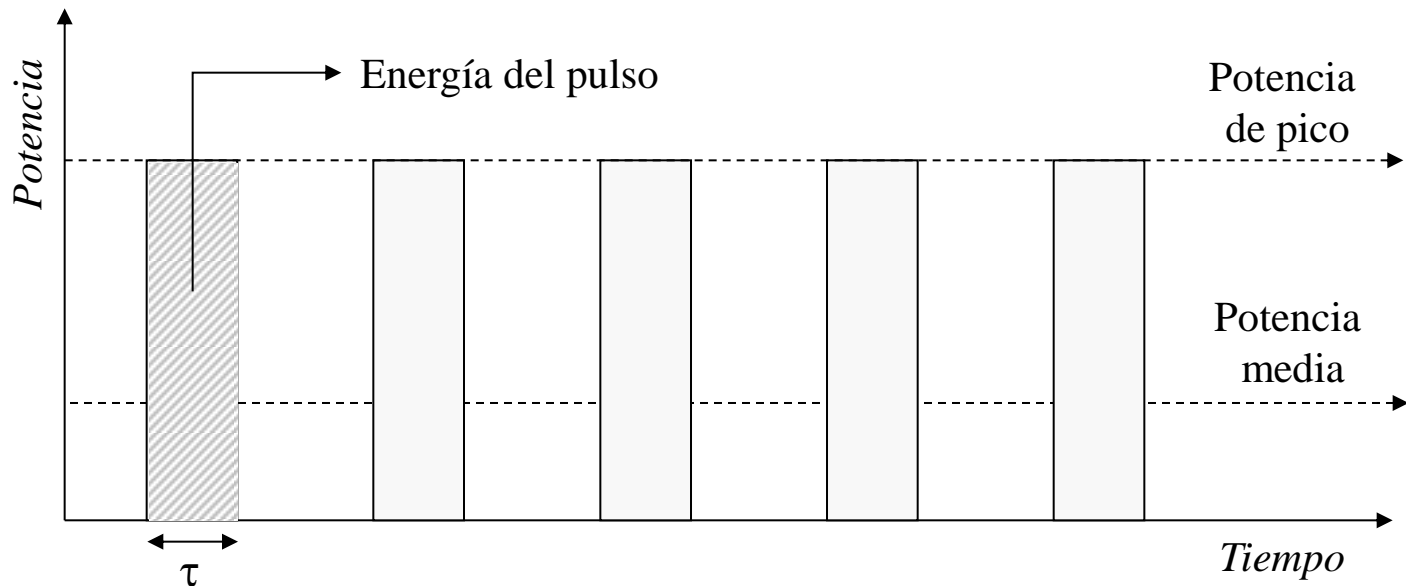
* Pulsos

Véase transparencia siguiente



MODOS DE FUNCIONAMIENTO: PULSOS

Salida pulsada de un generador láser



Aplicaciones:

- * Cuando se precisa disminuir la potencia media suministrada sin variar los niveles de densidad de potencia. Por ejemplo, el corte de esquinas agudas en chapa.
- * Obtención de elevadas potencias de pico. Por ejemplo, taladrado y marcado.

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS LÁSER

Características del equipo:

Medio activo

Longitud de onda

Modo de funcionamiento (duración del pulso)

Potencia (energía del pulso)

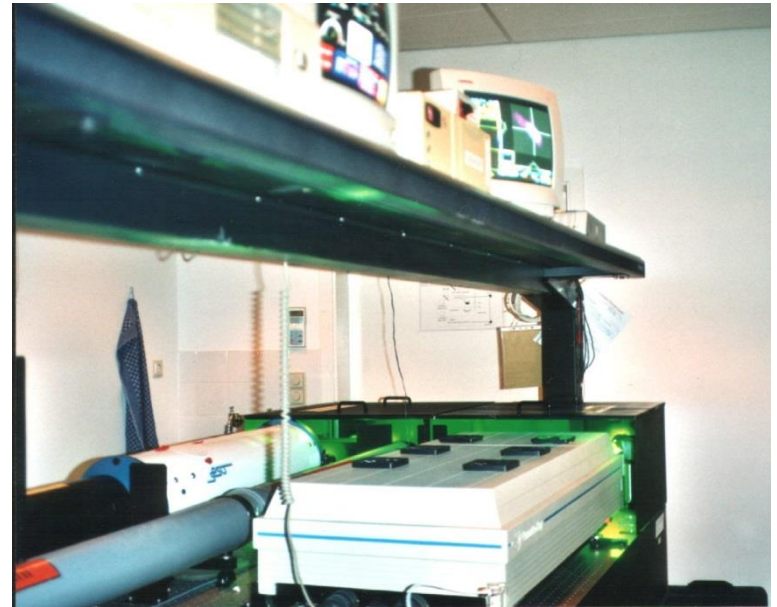
Ejemplos:

Láser He-Ne, 632.8 nm, continuo, 1 mW

Láser Nd-YAG, 1064 nm (IR),
pulsos 10 ns, 150 mJ

Granate de ytrio/aluminio dopado con neodimio

http://www.iap-kborn.de/optik/iap_rmr_lidar/rmr_pict_e.htm



UNIDADES DE MEDIDA DE EXPOSICIÓN A LÁSER

Irradiancia

Flujo radiante por unidad de superficie receptora. Se representa por E y se mide en W/cm^2 .

Exposición radiante

Representa la energía total incidente por unidad de superficie receptora. Se mide en J/cm^2 . Se utiliza para medir la cantidad de energía que llega a un receptor cuando la fuente es pulsada.

Radiancia

Potencia radiante de una superficie emisora de radiación por unidad de superficie y por unidad de ángulo sólido. Símbolo: L ; Unidades: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$.

Radiancia integrada

Es la integral de la radiancia durante un tiempo de exposición determinado, expresada como energía radiante por unidad de área de la superficie emisora y por unidad de ángulo sólido de emisión. Unidades: $\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$.

EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN LÁSER

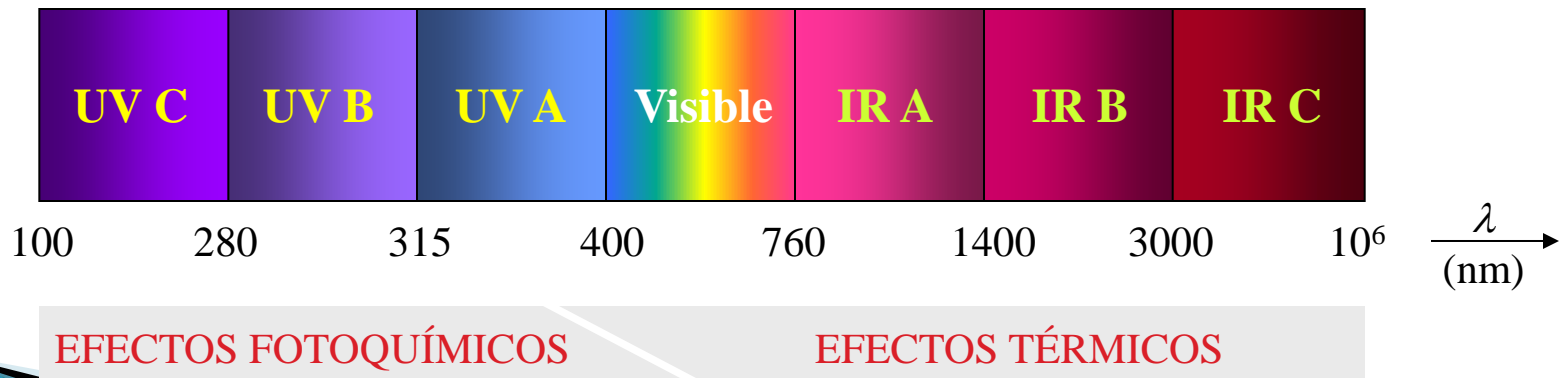
Los láseres abarcan longitudes de onda del UV, del visible y del IR.

Los órganos que pueden resultar dañados en una exposición a radiación láser son **los ojos y la piel**. La gravedad de la lesión dependerá de la longitud de onda del láser y del nivel de exposición alcanzado, que es función de la potencia o energía del láser y del tiempo de exposición.

Tipos de efectos biológicos:

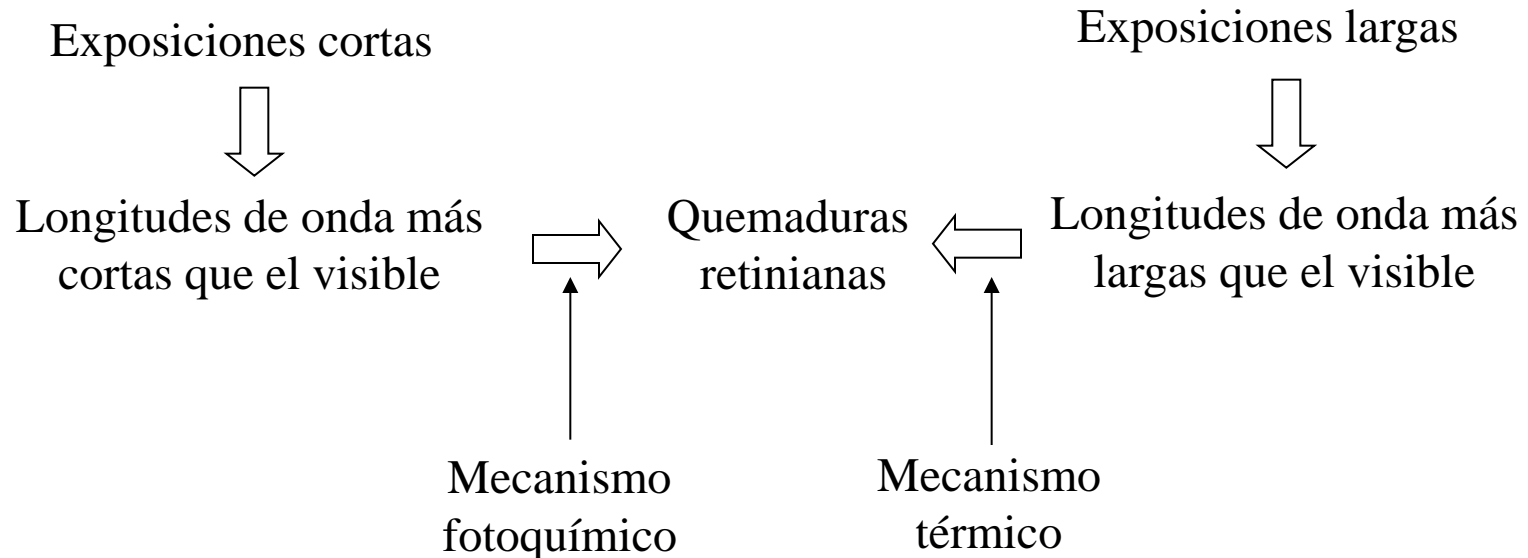
Longitudes de onda cortas: efectos fotoquímicos

Longitudes de onda largas: efectos térmicos



EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN LÁSER (II)

Hasta hace poco se consideraba que el mecanismo de lesión de la retina debido a radiaciones de longitud de onda corta era esencialmente térmico, lo cual requiere elevaciones locales de temperatura en el rango 10-20 °C. Pero investigaciones recientes ha puesto de manifiesto que el ascenso de temperatura de la retina en exposiciones cortas es de sólo 2-3 °C (para un diámetro de pupila de 2 mm). Esto implica un mecanismo fotoquímico en exposiciones cortas.



EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN LÁSER (III)

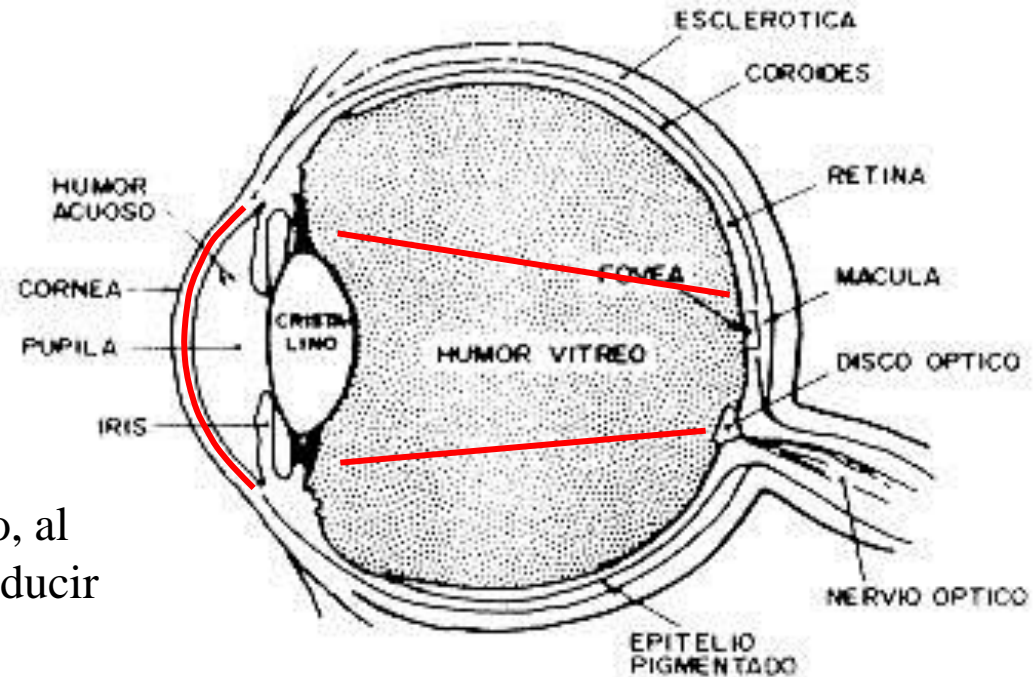
EFECTOS SOBRE LA RETINA

Visible (400-760 nm) e IR próximo (760-1400 nm) pueden atravesar córnea, humor acuoso, cristalino y humor vítreo y alcanzar la retina.

La **córnea** actúa como una lente convergente.

Si el ojo focaliza un haz láser, puede producirse una lesión en la fovea o la mácula, lo cual deteriorará la función visual en forma a veces irreversible (véase gráfica en transparencia siguiente).

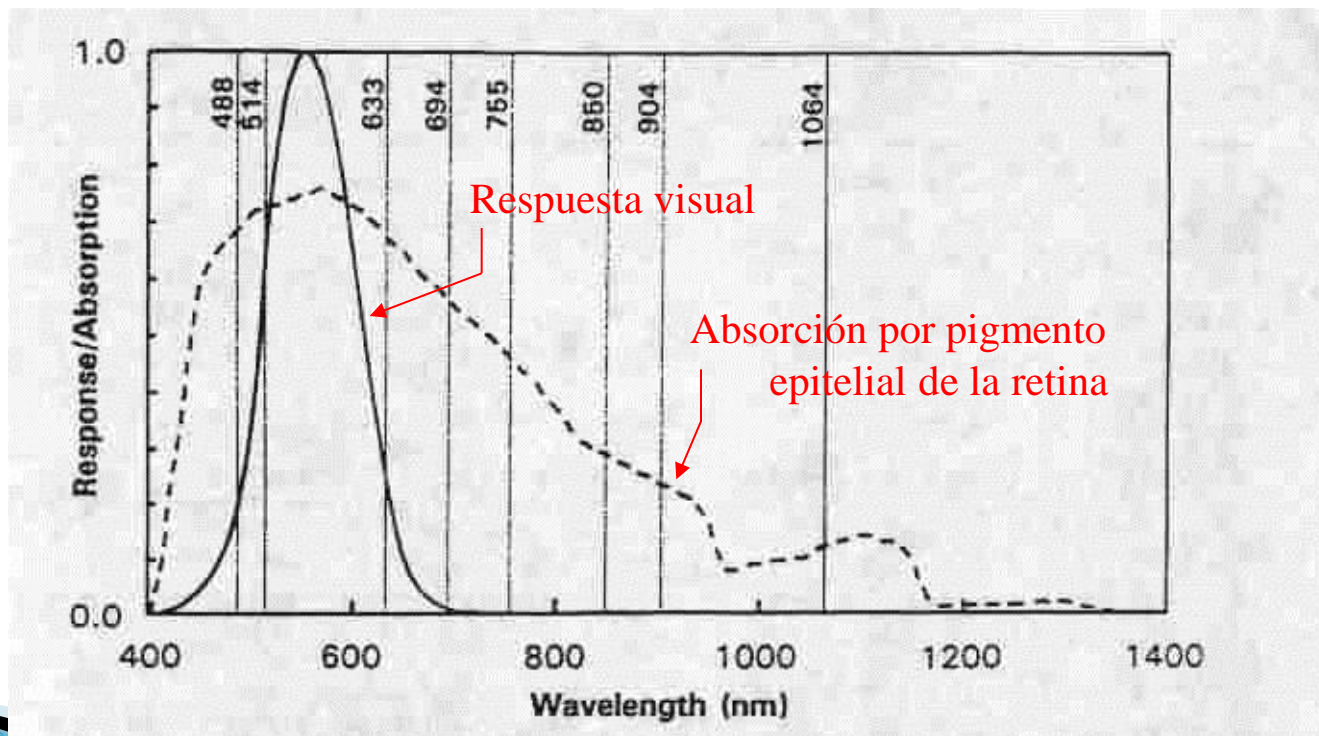
Aunque el haz no sea focalizado, al alcanzar la retina aún puede producir lesiones retinianas periféricas



EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN LÁSER (IV)

EFECTOS SOBRE LA RETINA (II)

La absorción de radiación no ionizante por el ojo depende de la longitud de onda incidente. Aunque la respuesta visual se ciñe aproximadamente al intervalo 400-700 nm, el pigmento epitelial de la retina absorbe las longitudes de onda entre 400 y 1400 nm. Aunque no podamos ver el láser, la retina puede resultar dañada.



EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN LÁSER (V)

EFECTOS SOBRE OTRAS PARTES DEL OJO

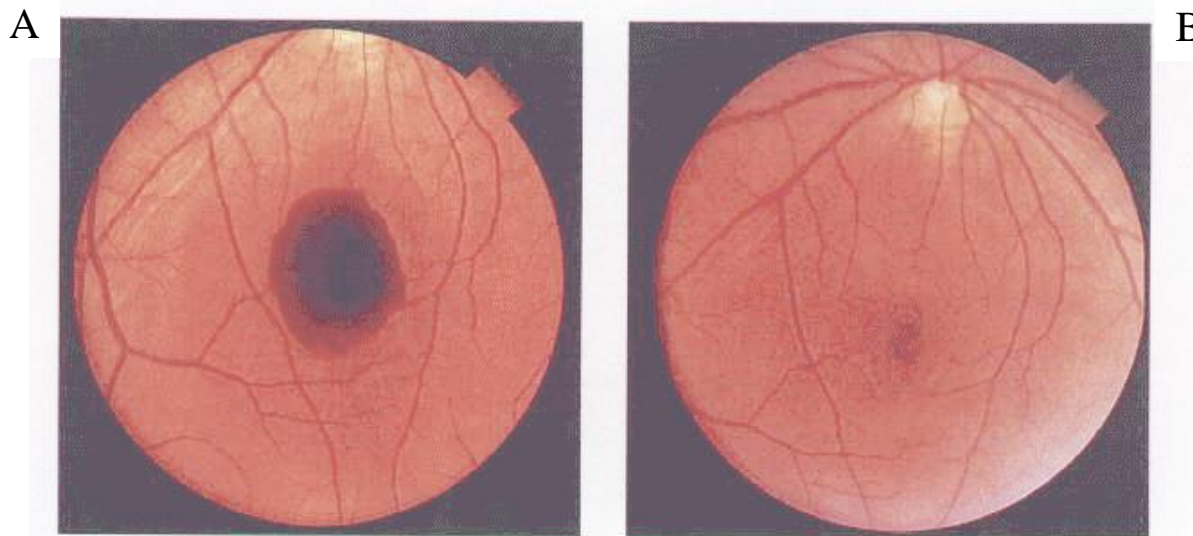
La radiación UV A (315-400 nm) es fuertemente absorbida por el cristalino, siendo la lesión predominante las cataratas.

Las radiaciones UV C y UV B (hasta 315 nm), IR B e IR C (1400 nm - 1 mm) son absorbidas mayoritariamente por la córnea, y producen **fotoqueratitis (UV)** o **quemaduras corneales (IR)**.

| REGION DEL ESPECTRO (CIE) | ABSORCION DEL OJO | MAXIMA ABSORCION EN | LESION PRODUCIDA | EJEMPLO DE LASERES REPRESENTATIVOS |
|-------------------------------|---|---------------------|---|--|
| UV-C y UV-B 200 a 315 nm |  | Córnea | Fotoqueratitis | FAr: excímero (193 nm) FKr: excímero (248 nm) |
| UV-A 315 a 400 nm |  | Cristalino | Catarata fotoquímica | He-Cd (325 nm) FXe: excímero (350 nm) N ₂ (337.1 nm) |
| Visible 400 - 780 nm |  | Retina | Lesiones retinianas fotoquímicas y térmicas | He-Cd (441.6 nm) Ar ⁺ (varias líneas) Kr ⁺ (varias líneas) He-Ne (632.8 nm) |
| IR A 780 - 1400 nm |  | Retina | Lesión térmica en la retina | GaAs (850 nm) Nd: YAG (1064.5 nm) |
| IR B e IR C 1400 nm a 1 mm |  | Córnea | Catarata térmica y quemadura corneal | GaAs (850 nm) Nd: YAG (1064.5 nm) |

EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN LÁSER (VI)

EJEMPLO DE EXPOSICIÓN ACCIDENTAL



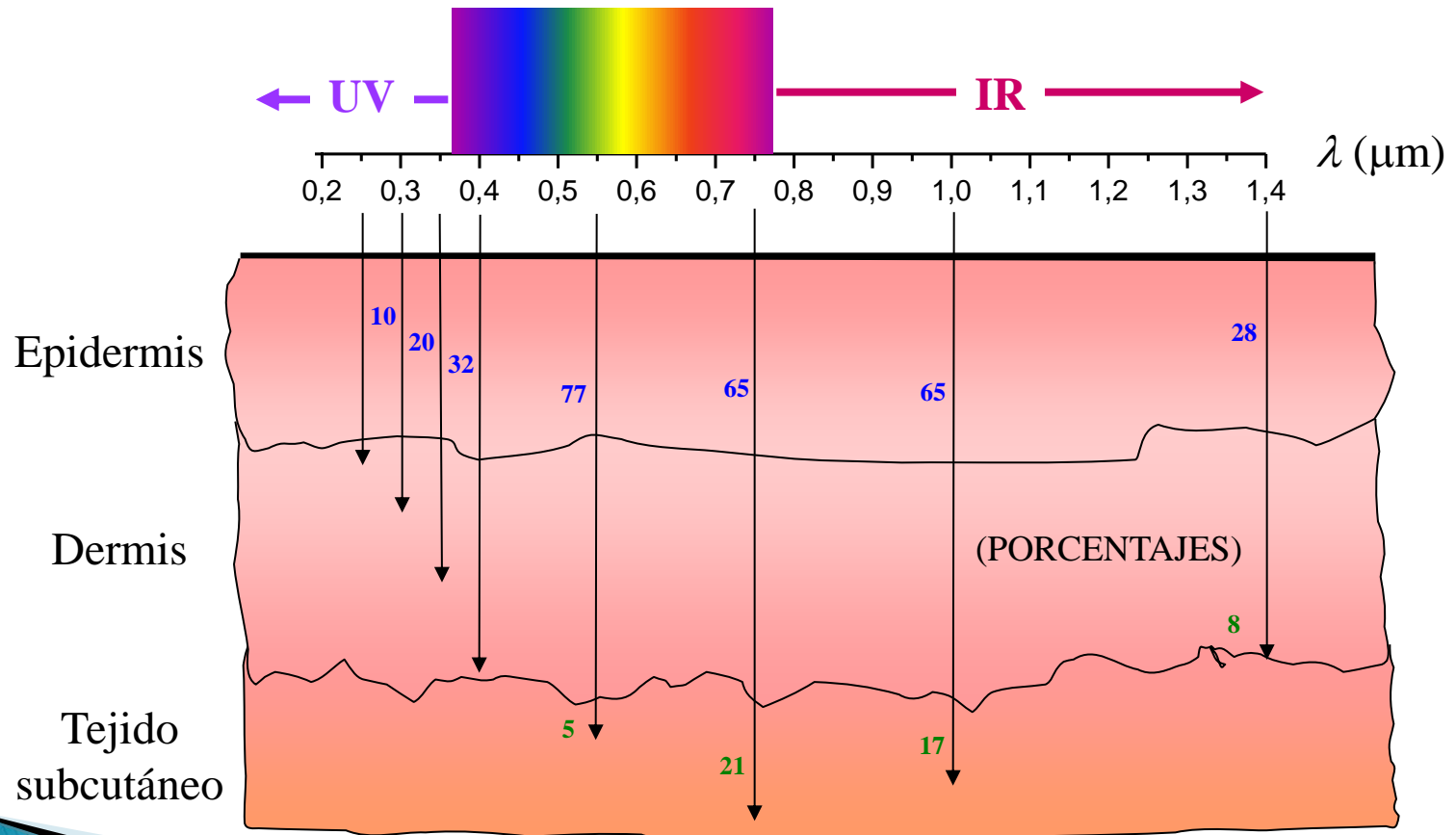
Un operador de un láser Nd-YAG pulsante informó haber notado un destello anaranjado cuando se encontraba ajustando el equipo (620 nm, frecuencia de repetición 10 Hz). No llevaba protectores oculares ya que estos dificultaban su visión, y ver el haz era necesario para realizar los ajustes precisos (3/3/87).

- A) Fotografía retinal de la víctima del accidente.
Se muestra la hemorragia macular.
- B) Fotografía retinal tomada 3 meses después de la lesión.
Hubo una recuperación del 100%.

EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN LÁSER (VII)

EFECTOS SOBRE LA PIEL

La reacción a sobreexposiciones son quemaduras más o menos profundas según la intensidad y la longitud de onda incidente.



Adaptado de R. Matthers, <http://www.oit.or.cr/mdtsanjo/sst/enciclopedia/tomo2/49.pdf>, a partir de datos procedentes de *Lasers and optical radiation*, Environmental Health Criteria, No. 23 Ginebra: OMS

LÍMITES DE EXPOSICIÓN PARA LÁSERES USUALES

**Exposición radiante
(superficie receptora)**

| Tipo de láser | λ | MPE (Límite exposición) |
|-------------------|----------------|---|
| Fluoruro de argón | 793 nm | 3 mJ/cm ² durante más de 8 h |
| Cloruro de xenón | 308 nm | 40 mJ/cm ² durante más de 8 h |
| Argón ionizado | 488 - 514.5 nm | 3.2 mW/cm ² durante más de 0.1 s |
| Vapor de cobre | 510 - 578 nm | 2.5 mW/cm ² durante más de 0.25 s |
| Helio-Neón | 632.8 nm | 1.8 mW/cm ² durante más de 10 s |
| Vapor de oro | 628 nm | 1.0 mW/cm ² durante más de 10 s |
| Kriptón ionizado | 568 - 647 nm | 1.0 mW/cm ² durante más de 10 s |
| Nd-YAG | 1064 nm | 5 μ J/cm ² durante 1 ns a 50 μ s |
| Nd-YAG | 1334 nm | No MPE para t < 1 ns |
| | | 5 mW/cm ² durante 10 s |
| Dióxido carbono | 10-6 μ m | 10 mW/cm ² durante 10 s |

0.32 cmJ/cm²

Flujo radiante (superficie receptora)

Conversión de MPE en mW/cm² a mJ/cm² : multiplíquese por el tiempo indicado

Fuente: Norma ANSI Z-136.1 (1993); ACGIH (1995) y Duchene, Lakey y Repacholi (1991), tomado de D. H. Sliney, "Láseres", en Radiaciones No Ionizantes, enciclopedia OIT, <http://www.oit.org/cr/mdtsanjo/sst/enciclopedia/tomo2/49.pdf>

CLASIFICACIÓN DE LOS LÁSERES

Los láseres no forman un grupo homogéneo al cual se apliquen límites de seguridad comunes, ya que los riesgos que se derivan de su uso varían notablemente. Esto se debe a los amplios intervalos posibles para la longitud de onda, la potencia o energía y las características de emisión continua o emisión de pulsos de un haz láser.

El agrupamiento de los láseres usando como criterio su peligrosidad ha sido objeto de distintas clasificaciones (ANSI, American National Standard Institute; BRH, Bureau of Radiological Health; CEI, Comité Electrónico Internacional), todas ellas muy similares aunque no sean exactamente coincidentes.

NORMA IEC 60825

Agrupamiento de los láseres en 4 clases generales, especificando para cada una los límites de emisión accesibles (LEAs) o niveles de emisión accesible máximos permitidos para cada clase.

Criterio de **exposición máxima permisible (EMP)**: se define como el nivel de radiación láser al que en circunstancias normales pueden exponerse las personas sin sufrir efectos adversos.

CLASIFICACIÓN DE LOS LÁSERES (II)

Clase 1. Láseres intrínsecamente seguros (nunca se sobrepasa el nivel de EMP), o los que son seguros debido a su diseño.

Es un grupo considerado sin riesgo y seguro para la vista. Aquí se incluyen los láseres perfectamente confinados e incesibles, como los lectores de CD's. No requieren ninguna medida de seguridad especial.

Clase 2. Láseres de poca potencia de salida que emiten radiación visible (400-700 nm) y que pueden funcionar en modo continuo o pulsado. La potencia o energía de estos sistemas está limitada a los LEAs de la Clase 1 para duraciones de exposición de hasta 0,25 s. En emisión continua, hasta 1 mW.

Láseres visibles de muy baja potencia de emisión, que no representaría ningún peligro ni aunque el haz impactase directamente sobre la retina. La respuesta de aversión natural del ojo a fuentes muy brillantes protegerá la retina si el tiempo necesario para causar daños en ella es superior al tiempo de respuesta del ojo, que consiste en el reflejo del parpadeo, la rotación del ojo y el movimiento de la cabeza. En general, pertenecen a esta clase los láseres de potencia de salida inferior a 1 mW. Existe además una subclase 2 A, donde se encuadran aquellos láseres cuya contemplación no resulta peligrosa durante un tiempo de 1000 s (éstos son los utilizados en el comercio para lectura de códigos de barras).

CLASIFICACIÓN DE LOS LÁSERES (III)

Clase 3A. Láseres cuya potencia de salida es hasta 5 mW (emisión continua) o cinco veces el LEA de la clase 2 (emisiones pulsadas o repetitivas), para la región espectral 400-700 nm. La irradiancia en cualquier punto del haz visible no debe sobrepasar los 25 Wm^{-2} . Para otras regiones espectrales la radiación láser no debe sobrepasar cinco veces el LEA de la clase 1, ni superar la irradiancia ni la exposición radiante de la correspondiente tabla de la norma CEI.

Riesgo para la vista, ya que la respuesta de aversión no es lo bastante rápida para evitar daños limitando la exposición de la retina. Además, pueden dañar el cristalino o la córnea. No obstante, no son peligrosos para la piel. Muchos láseres de investigación y los láseres de los telémetros son de esta clase. La visión directa de un haz láser de la clase 3A con ayudas ópticas, puede ser peligrosa.

Clase 3B. Láseres que pueden emitir radiación visible y/o invisible a niveles que no sobrepasen los LEAs especificados en la Tabla IV de la Norma CEI. Los láseres continuos no pueden sobrepasar los 0,5 W y la exposición radiante de los láseres pulsados debe ser menor de $105 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$.

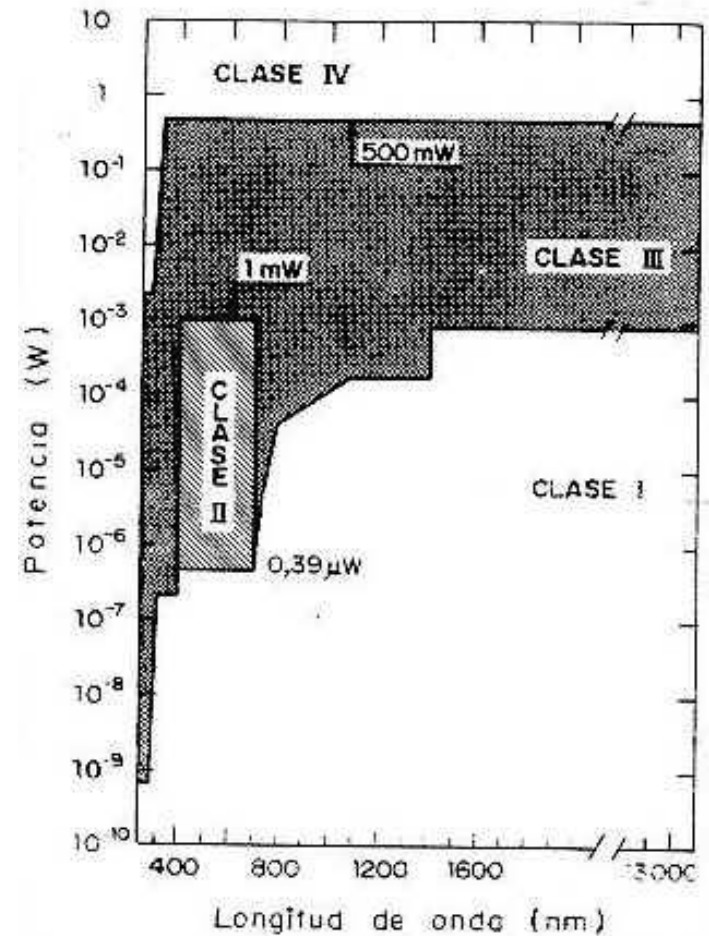
La visión directa del haz es siempre peligrosa. La visión de radiación láser pulsada desenfocada por reflexión difusa no es peligrosa y, en ciertas condiciones, los haces láser continuos pueden verse sin peligro mediante un reflector difuso. Estas condiciones son: distancia mínima de 13 cm y tiempo máximo de 10 s.

CLASIFICACIÓN DE LOS LÁSERES (IV)

Clase 4. Son láseres de gran potencia, cuya potencia de salida sobrepase los LEAs especificados para la Clase 3B.

Los láseres visibles e IR-A de la Clase 4 pueden producir reflexiones difusas peligrosas. Pueden causar lesiones en la piel y constituir peligro de incendio. Su uso requiere una precaución extrema.

Clasificación para láseres de emisión continua del Bureau of Radiological Health (BRH), 1978



ETIQUETADO

Cada sistema láser deberá llevar de forma permanente y en lugar visible una o más etiquetas de aviso, según la Clase o grupo de riesgo al que pertenezca.

Junto con la señal triangular de advertencia con el símbolo de peligro por radiación láser, cada equipo llevará en lugar visible otras etiquetas rectangulares con frases de advertencia que permitirán al usuario conocer el potencial riesgo al que se expone, y cómo evitarlo.

| | | |
|--|--------------------------|---|
|   | CLASE 1 | PRODUCTO LASER CLASE 1 |
| | CLASE 2 | RADIACION LASER. NO MANTENGA LA VISTA EN EL HAZ. PRODUCTO LASER CLASE 2. |
| | CLASE 3A | RADIACION LASER. NO MANTENGA LA VISTA EN EL HAZ NI LO MIRE DIRECTAMENTE CON INSTRUMENTOS OPTICOS PRODUCTO LASER CLASE 3A. |
| | CLASE 3B | RADIACION LASER. EVITE LA EXPOSICION AL HAZ. PRODUCTO LASER CLASE 3B. |
| | CLASE 4 | RADIACION LASER. EVITE LA EXPOSICION OCULAR O LA PIEL A RADIACIONES DIRECTAS O DIFUSAS. PRODUCTO LASER CLASE 4. |
| | ABERTURA LASER | EVITAR LA EXPOSICION. SE EMITE RADIACION LASER POR ESTA ABERTURA. |
| | PANELES DE ENCLAVAMIENTO | PRECAUCION, RADIACION LASER EN CASO DE APERTURA Y DESACTIVACION DE BLOQUEOS DE SEGURIDAD. |

RIESGOS BIOLÓGICOS INDIRECTOS

Muchos sistemas láser usados en investigación y desarrollo y en la industria están asociados con ciertos sistemas auxiliares que constituyen fuentes potenciales de efectos biológicos adversos, tales como quemaduras químicas, pérdidas de audición, exposición a contaminantes que difunden en el aire, o riesgos eléctricos.

- * El blanco de un láser puede generar contaminantes susceptibles de difundirse por el aire durante el procesamiento de material; por ejemplo, en soldaduras al arco. Por tanto, estas aplicaciones requieren adecuadas medidas de aislamiento y ventilación.
- * Los fluidos criogénicos, tales como el nitrógeno líquido y otros empleados en la refrigeración de ciertos láseres pueden desplazar al aire respirable cuando se evaporan, y deben ser empleados en condiciones de ventilación adecuada.
- * Ciertos tintes y disolventes orgánicos son empleados como medios activos (por ejemplo, láseres de excímeros). Estos disolventes, que suelen constituir un 99% en peso de las disoluciones, son con frecuencia inflamables y tóxicos por inhalación o absorción cutánea. Por lo tanto deben adoptarse medidas de control para una adecuada ventilación y manejo de tales productos químicos.

RIESGOS BIOLÓGICOS INDIRECTOS (II)

- * Radiaciones ionizantes asociadas. Ciertos equipos de alto voltaje utilizados en la operación de láseres producen rayos X, por lo que deben instaurarse medidas de blindaje de equipos y control de estas radiaciones para evitar escapes.
- * Altos voltajes, incluso a niveles letales, son generados en el interior de muchos equipos láser. Es preciso adoptar las medidas para un buen aislamiento eléctrico de todas las partes potencialmente peligrosas.
- * Niveles de ruido. Ciertos equipos originan niveles de ruido que exceden los estándares aceptados, aunque la mayoría de los láseres operan silenciosamente. En los casos en que existe un nivel excesivo de ruido, esto suele ocurrir en las inmediaciones del láser o del blanco, donde no debe permitirse la presencia de personas. Es preciso adoptar en todo caso las medidas de control del ruido pertinentes.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Siempre que ello sea posible, debe confinarse totalmente el láser, así como la trayectoria del haz, de modo que todas las radiaciones potencialmente peligrosas sean completamente inaccesibles.

Sin embargo, este confinamiento no siempre es viable. La primera medida de seguridad consiste en la **adecuada formación de los trabajadores** que han de manejarlo.

En los láseres de clase 2, aparte de la regla obvia de no apuntar nunca el haz láser a los ojos, no se requiere ninguna medida de control especial.

En láseres de clases 3 y 4, y no siendo viable el confinamiento total, debe hacerse uso de recubrimientos del haz mediante carcasas (por ejemplo tubos) y pantallas deflectoras para reducir en la medida de lo posible la eventualidad de exposiciones accidentales.

MEDIDAS DE SEGURIDAD (II)

Cuando sea imposible encerrar láseres de clases 3 y 4 deberá establecerse una zona de entrada controlada, y dentro de la zona de riesgo de irradiación se establecerá la obligatoriedad de usar protectores oculares.

Para impedir el uso inadecuado y posibles situaciones de peligro generadas por usuarios no autorizados debe emplearse la llave de control del láser. Dicha llave deberá guardarse en lugar seguro para evitar su uso no autorizado.

Durante la alineación y puesta a punto inicial del sistema láser es preciso adoptar precauciones especiales, pues la probabilidad de lesiones oculares graves es elevada en tales circunstancias. Las personas que hayan de manejar el equipo deben estar bien instruidas en métodos de seguridad antes de comenzar esta tarea.

La investigación de accidentes con láser ocurridos tanto en laboratorios de investigación como en la industria indican que siempre hay un elemento común: la falta de una formación adecuada. La formación sobre seguridad ha de ser específica para el tipo de láser y la tarea que deba desempeñar el trabajador.

NORMATIVIDAD

| | NORMA |
|---------------|---------------------|
| INTERNACIONAL | IEC 60825 |
| EUROPA | EN 60825 |
| JAPON | JIS C6802 |
| EEUU | Z-136 |
| MEXICO | NMX-1-271-NYCE-1999 |
| CHINA | <i>No encontré</i> |
| INDIA | <i>No encontré</i> |

NMX-1-271-NYCE-1999 es una traducción IEC 60825-1

NORMA IEC 60825:2018 (Internacional)

| Standard Number | Brief Description |
|-----------------|---|
| 60825-1 | Safety of Laser Products – Part 1: Equipment classification, requirements and user guide. |
| 60825-2 | Safety of Laser Products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS). |
| 60825-3 | Safety of Laser Products – Part 3: Guidance for laser displays and shows. |
| 60825-4 | Safety of Laser Products – Part 4: Laser guards. |
| 60825-5 | Safety of Laser Products – Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1. |
| 60825-6 | Withdrawn. Safety of Laser Products – Part 6: Safety of products with optical sources , exclusively used for visible information transmission to the human eye. |
| 60825-7 | Withdrawn. Safety of Laser Products – Part 7: Safety of products emitting infrared optical radiation, exclusively used for wireless 'free air' data transmission and surveillance. |
| 60825-8 | Safety of Laser Products – Part 8: Guidelines for the safe use of medical laser equipment. |
| 60825-9 | Safety of Laser Products – Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation. |
| 60825-10 | Withdrawn. Safety of Laser Products – Part 10: Application guidelines and explanatory notes to IEC 60825-1. |
| 60825-11 | Deleted. Safety of Laser Products – Part 11: Safety of lasers and laser equipment used in an industrial materials processing environment. |
| 60825-12 | Safety of Laser Products – Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information. |
| 60825-13 | Safety of Laser Products – Part 13: Measurements for classification of laser products. |
| 60825-14 | Safety of Laser Products – Part 14: A user's guide. |
| 60825-15 | Guidance to IEC Technical Committees for product manufacturing requirements for non-laser optical radiation safety. |
| 60825-16 | Proposed work. Safety of intense light source equipment – Guidelines for the safe use of intense light source equipment on humans and animals. |
| 60825-17 | Safety of laser products – Part 17: Safety aspects for use of passive optical components and optical cables in high power optical fibre communication systems |

NORMA JIS C6802 (Japón)

| | | |
|---|--|--|
| 1 Scope | 4 Safe measures by manufacturer | 5 Safety precautions by users |
| 2 Definitions | 4.1 General remarks and modification | 5.1 General |
| 3 General rule for safe measures of laser product | 4.2 Engineering administrative measures | 5.2 Safety precautions |
| 3.1 General | 4.2.1 Protective housing | 5.3 Hazards incidental to laser operation |
| 3.2 Criteria for exposure of the eye and the skin | 4.2.2 Safety interlocks | 5.4 Procedures for hazard evaluation and control measure |
| 3.2.1 General | 4.2.3 Remote interlock connector | 5.4.1 General |
| 3.2.2 Limiting apertures | 4.2.4 Key control | 5.4.2 Hazard evaluation for class 3 B and class 4 lasers used outdoors |
| 3.2.3 Repetitively pulsed or modulated lasers | 4.2.5 Laser radiation emission warning | 5.4.3 Personal protection |
| 3.3 Evaluation of hazard and classification | 4.2.6 Beam stop or attenuator | 5.4.4 Laser demonstrations, displays and exhibitions |
| 3.3.1 General | 4.2.7 Controls | 5.4.5 Laboratory and workshop laser installations |
| 3.3.2 Classification of laser products | 4.2.8 Viewing optics | 5.4.6 Outdoor and construction laser installations |
| 3.3.3 Classification procedure | 4.2.9 Scanning safeguard | Informative reference 1. Medical considerations |
| 3.3.4 Repetitively pulsed or modulated lasers | 4.3 Labelling | Informative reference 2. Examples of explanatory labels |
| 3.3.5 Semiconductor laser light source for optical fiber transmission systems | 4.3.1 General | Informative reference 3. Protective eyewears for laser radiation |
| 3.4 Measurements of laser radiation for classification | 4.3.2 Labels for class 1 | |
| 3.4.1 General | 4.3.3 Labels for class 2 | |
| 3.4.2 Measurements of laser radiation for determining classification | 4.3.4 Labels for class 3 A | |
| | 4.3.5 Labels for class 3 B | |
| | 4.3.6 Labels for class 4 | |
| | 4.3.7 Aperture label | |
| | 4.3.8 Radiation output information | |
| | 4.3.9 Labels for protective housing | |
| | 4.3.10 Warning for invisible laser radiation | |
| | 4.4 Other informational requirements | |
| | 4.4.1 Information for the user | |
| | 4.4.2 Purchasing and servicing information | |
| | 4.5 Additional requirements for laser fiber optic transmission systems | |

NORMA ANSI Z136 (EEUU)

| ANSI Z136 | |
|-----------|--|
| Z136.1 | Safe Use of Lasers (2014) |
| Z136.2 | Safe Use of Optical Fiber Communication Systems Utilizing Laser Diode and LED Sources (2012) |
| Z136.3 | Safe Use of Lasers in Health Care (2011) |
| Z136.4 | Recommended Practice for Laser Safety Measurements for Hazard Evaluation (2010) |
| Z136.5 | Safe Use of Lasers in Educational Institutions (2009) |
| Z136.6 | Safe Use of Lasers Outdoors (2005) * Laser Light Shows * Military Lasers * Lasers used for outdoor scientific research * Wireless optical communications systems deployed outdoors |
| Z136.7 | Testing and Labeling of Laser Protective Equipment (2007) |
| Z136.8 | Safe Use of Lasers in Research, Development, or Testing (2012) |
| Z136.9 | Safe Use of Lasers in Manufacturing (2013) |

En las normas mexicanas el LASER se menciona en

- ***NMX-I-271/01-NYCE-2008***
ELECTRONICA-SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS LASER-PARTE 01:CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS Y REQUISITO
- **NOM-01-STPS-1993**
RELATIVA A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE GENEREN RADIACIONES ELECTROMAGNETICAS NO IONIZANTES
- **NOM-029-SSA3-2012**
REGULACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SALUD. PARA LA PRÁCTICA DE LA CIRUGÍA OFTALMOLÓGICA CON LÁSER EXCIMER.
- **NOM-172-SSA1-1998**
PRESTACION DE SERVICIOS DE SALUD. ACTIVIDADES AUXILIARES. CRITERIOS DE OPERACION PARA LA PRACTICA DE LA ACUPUNTURA HUMANA Y METODOS RELACIONADOS
- **NMX-AA-089/2-SCFI-2010**
PROTECCIÓN AL AMBIENTE - CALIDAD DEL AGUA VOCABULARIO - PARTE 2
- **NMX-AA-115-SCFI-2015**
ANÁLISIS DE AGUA – CRITERIOS GENERALES PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DE RESULTADOS ANALÍTICOS
- **NMX-I-14763-3-NYCE-2018.**
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN-CABLEADO ESTRUCTURADO GENÉRICO - IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN-PARTE 3-PRUEBAS DEL CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA