

## I. DISPOSICIÓN XERAIS

### MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN

**6485** *Real decreto 486/2010, do 23 de abril, sobre a protección da saúde e a seguranza dos traballadores contra os riscos relacionados coa exposición a radiacións ópticas artificiais.*

A Lei 31/1995, do 8 de novembro, de prevención de riscos laborais, determina o corpo básico de garantías e responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección da saúde dos traballadores fronte aos riscos derivados das condicións de traballo, no marco dunha política coherente, coordinada e eficaz.

Segundo o artigo 6 da lei, son as normas regulamentarias as que deben ir concretando os aspectos máis técnicos das medidas preventivas, establecendo as medidas mínimas que se deben adoptar para a adecuada protección dos traballadores. Entre tales medidas encóntranse as destinadas a garantir a protección dos traballadores contra os riscos derivados da exposición a radiacións ópticas artificiais durante o traballo.

Así mesmo, a seguranza e a saúde dos traballadores foron obxecto de diversos convenios da Organización Internacional do Traballo ratificados por España e que, por tanto, forman parte de noso ordenamento xurídico. Destaca, polo seu carácter xeral, o Convenio número 155, do 22 de xuño de 1981, sobre seguranza e saúde dos traballadores e ambiente de traballo, ratificado por España no 26 de xullo de 1985.

No ámbito da Unión Europea, o número 2 do artigo 137 do Tratado constitutivo da Comunidade Europea establece como obxectivo a mellora, en concreto, do ambiente de traballo, para protexer a saúde e seguranza dos traballadores. Con esa base xurídica, a Unión Europea foise dotando nos últimos anos dun corpo normativo altamente avanzado que se dirixe a garantir un mellor nivel de protección da saúde e da seguranza dos traballadores.

Ese corpo normativo está integrado por diversas directivas específicas. No ámbito da protección dos traballadores contra os riscos derivados da exposición a radiacións ópticas artificiais foi adoptada a Directiva 2006/25/CE do Parlamento Europeo e do Consello, do 5 de abril de 2006, sobre as disposicións mínimas de seguranza e de saúde relativas á exposición dos traballadores a riscos derivados dos axentes físicos (radiacións ópticas artificiais). Mediante este real decreto procédese á transposición ao dereito español do contido desta directiva.

O real decreto consta de once artigos, unha disposición adicional, unha disposición derogatoria, tres disposicións derradeiras e dous anexos. A norma establece unha serie de disposicións mínimas que teñen como obxecto a protección dos traballadores contra os riscos para a súa seguranza e a súa saúde derivados ou que poidan derivar da exposición ás radiacións ópticas artificiais durante o seu traballo; regula as disposicións encamiñadas a evitar ou a reducir a exposición, de maneira que os riscos derivados da exposición a radiacións ópticas artificiais se eliminen na súa orixe ou se reduzan ao nivel máis baixo posible, e inclúe a obrigación empresarial de establecer e aplicar un plan de acción que inclúa as medidas técnicas e/ou organizativas destinadas a impedir que a exposición supere os valores límite; determina os valores límite de exposición; prevé diversas especificacións relativas á avaliación de riscos, establecendo en primeiro lugar a obrigación de que o empresario efectúe unha avaliación dos niveis de radiación a que estean expostos os traballadores, de maneira que se poidan definir e pór en práctica as medidas necesarias para reducir a exposición, e incluíndo unha relación daqueles aspectos a que o empresario deberá prestar especial atención ao avaliar os riscos; especifica que os traballadores non deberán estar expostos en ningún caso a valores superiores aos valores límite de exposición; recolle dous dos dereitos básicos en materia preventiva, como son a necesidade de formación e de información dos traballadores, ben como a forma de os traballadores

exerceren o seu dereito a ser consultados e a participar nos aspectos relacionados coa prevención; establécense disposicións relativas á vixilancia da saúde dos traballadores en relación cos riscos por exposición a radiacións ópticas artificiais. Inclúese, por último, o réxime sancionador por incumprimento do disposto no real decreto.

Na elaboración deste real decreto foi concedida audiencia ás comunidades autónomas, foron consultadas as organizacións sindicais e empresariais máis representativas e foi oída a Comisión Nacional de Seguranza e Saúde no Traballo.

Na súa virtude, por proposta do ministro de Traballo e Inmigración, de acordo co Consello de Estado e logo de deliberación do Consello de Ministros na súa reunión do día 23 de abril de 2010,

#### DISPOÑO:

##### Artigo 1. *Obxecto.*

1. Este real decreto ten por obxecto, no marco da Lei 31/1995, do 8 de novembro, de prevención de riscos laborais, establecer as disposicións mínimas para a protección dos traballadores contra os riscos para a súa saúde e a súa seguranza derivados ou que poidan derivar da exposición ás radiacións ópticas artificiais durante o seu traballo.

##### Artigo 2. *Definicións.*

Para efectos deste real decreto entenderase por:

a) Radiación óptica: toda radiación electromagnética cuxa lonxitude de onda estea comprendida entre 100 nm e 1 mm. O espectro da radiación óptica divídese en radiación ultravioleta, radiación visible e radiación infravermella:

1.º Radiación ultravioleta: a radiación óptica de lonxitude de onda comprendida entre 100 e 400 nm. A rexión ultravioleta divídese en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) e UVC (100-280 nm).

2.º Radiación visible: a radiación óptica de lonxitude de onda comprendida entre 380 nm e 780 nm.

3.º Radiación infravermella: a radiación óptica de lonxitude de onda comprendida entre 780 nm e 1 mm. A rexión infravermella divídese en IRA (780-1400 nm), IRB (1400-3000 nm) e IRC (3000 nm-1mm).

b) Láser (light amplification by stimulated emission of radiation; amplificación de luz por emisión estimulada de radiación): todo dispositivo susceptible de producir ou amplificar a radiación electromagnética no intervalo da lonxitude de onda da radiación óptica, principalmente mediante o proceso de emisión estimulada controlada.

c) Radiación láser: a radiación óptica procedente dun láser.

d) Radiación incoherente: toda radiación óptica distinta dunha radiación láser.

e) Valores límite de exposición: os límites da exposición á radiación óptica baseados directamente nos efectos sobre a saúde comprobados e en consideracións biolóxicas. O cumprimento destes límites garantirá que os traballadores expostos a fontes artificiais de radiación óptica estean protexidos contra todos os efectos nocivos para a saúde que se coñecen.

f) Irradiancia (E) ou densidade de potencia: a potencia radiante que incide, por unidade de área, sobre unha superficie, expresada en watts por metro cadrado ( $W/m^2$ ).

g) Exposición radiante (H): a irradiancia integrada con respecto ao tempo, expresada en joules por metro cadrado ( $J/m^2$ ).

h) Radiancia (L): o fluxo radiante ou a potencia radiante emitida por unidade de ángulo sólido e por unidade de área, expresada en watts por metro cadrado por estereorradián ( $W/(m^2\cdot sr)$ ).

i) Nivel: a combinación de irradiancia, exposición radiante e radiancia a que estea exposto un traballador.

Artigo 3. *Ámbito de aplicación.*

1. As disposicións deste real decreto aplicaranse ás actividades en que os traballadores estean ou poidan estar expostos aos riscos derivados de radiacións ópticas artificiais durante o seu traballo.

2. Este real decreto refírese ao risco para a saúde e a seguranza dos traballadores debido aos efectos nocivos nos ollos e na pel causados pola exposición a radiacións ópticas artificiais.

3. As disposicións do Real decreto 39/1997, do 17 de xaneiro, polo que se aproba o Regulamento dos servizos de prevención, aplicaranse plenamente ao conxunto do ámbito determinado no número 1 deste artigo, sen prexuízo das disposicións máis rigorosas ou específicas previstas neste real decreto.

Artigo 4. *Disposicións encamiñadas a evitar ou a reducir a exposición.*

1. Os riscos derivados da exposición a radiacións ópticas artificiais deberanse eliminar na súa orixe ou reducir ao nivel máis baixo posible, tendo en conta os avances técnicos e a dispoñibilidade de medidas de control do risco na súa orixe.

A redución destes riscos basearase nos principios xerais de prevención establecidos no artigo 15 da Lei 31/1995, do 8 de novembro.

2. Sobre a base da avaliación do risco mencionada no artigo 6, se existir a posibilidade de que se superen os valores límite de exposición, o empresario elaborará e aplicará un plan de acción, que se integrará na planificación da actividade preventiva, onde incluírá medidas técnicas e/ou organizativas destinadas a impedir que a exposición supere eses valores límite, prestando particular atención aos seguintes aspectos:

- a) Outros métodos de traballo que reduzan o risco derivado da radiación óptica;
- b) A escolla de equipamentos que xeren menores niveis de radiación óptica, tendo en conta o traballo a que se destinan;
- c) Medidas técnicas para reducir a emisión de radiación óptica, incluíndo, cando for preciso, o uso de sistemas de cerramento, blindaxes ou mecanismos similares de protección da saúde;
- d) Programas apropiados de mantemento dos equipamentos de traballo, do lugar de traballo e dos postos de traballo;
- e) A concepción e disposición dos lugares e postos de traballo;
- f) A limitación da duración e do nivel da exposición;
- g) A dispoñibilidade do equipamento adecuado de protección individual;
- h) As instrucións do fabricante do equipamento, cando estea cuberto por unha directiva comunitaria pertinente.

3. Os lugares de traballo en que os traballadores poidan estar expostos a niveis que superen os valores límite establecidos nos anexos I e II serán obxecto dunha sinalización apropiada de conformidade co disposto no Real decreto 485/1997, do 14 de abril, sobre disposicións mínimas en materia de sinalización de seguranza e saúde no traballo. Así mesmo, cando sexa posible desde o punto de vista técnico e o risco de exposición o xustifique, identificaranse eses lugares e limitarase o acceso a eles.

4. De conformidade co disposto no artigo 25 da Lei 31/1995, do 8 de novembro, o empresario adaptará as medidas mencionadas neste artigo ás necesidades dos traballadores especialmente sensibles.

Artigo 5. *Valores límite de exposición.*

Para efectos deste real decreto:

- a) na letra A do anexo I establécense os valores límite de exposición á radiación incoherente emitida polas fontes artificiais.
- b) na letra A do anexo II establécense os valores límite de exposición á radiación láser.

Artigo 6. *Avaliación dos riscos.*

1. En cumprimento das obrigacións establecidas no artigo 16 da Lei 31/1995, do 8 de novembro, e do capítulo II, sección I, do Real decreto 39/1997, do 17 de xaneiro, no caso de que os traballadores estean expostos a fontes artificiais de radiación óptica, o empresario deberá avaliar os niveis de radiación a que estean expostos os traballadores, de maneira que se poidan definir e pór en práctica as medidas necesarias para reducir a exposición aos límites aplicables. Para realizar a avaliación, a medición dos niveis de exposición non será necesaria nos casos en que a directa apreciación profesional acreditada permita chegar a unha conclusión sen necesidade dela tendo en conta, se for o caso, para o cálculo deses niveis, os datos facilitados polos fabricantes dos equipamentos conforme a normativa de seguranza no produto que lles sexa de aplicación.

2. A metodoloxía aplicada na avaliación, a medición e/ou os cálculos axustaranse ás normas da Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) para a radiación láser e ás recomendacións da Comisión Internacional de Iluminación (CIE) e do Comité Europeo de Normalización (CEN) para a radiación incoherente e, cando estas non sexan de aplicación, aos métodos ou criterios a que se refire o artigo 5.3 do Real decreto 39/1997, do 17 de xaneiro.

3. As avaliacións mencionadas no número 1 programaranse e efectuaranse coa periodicidade adecuada de conformidade co artigo 6 do Real decreto 39/1997, do 17 de xaneiro. Estas avaliacións serán realizadas por persoal cualificado para o desempeño de funcións de nivel superior coa especialidade de hixiene industrial, atendendo ao disposto nos artigos 36 e 37 e no capítulo III do Real decreto 39/1997, do 17 de xaneiro, canto á organización de recursos para o desenvolvemento de actividades preventivas.

Os datos obtidos da avaliación e/ou da medición do nivel de exposición a radiación óptica conservaranse de maneira que se poidan consultar posteriormente. A documentación da avaliación axustarase ao disposto no artigo 23 da Lei 31/1995, do 8 de novembro, e no artigo 7 do Real decreto 39/1997, do 17 de xaneiro.

4. No marco do disposto nos artigos 15 e 16 da Lei 31/1995, do 8 de novembro, o empresario, ao avaliar os riscos, prestará particular atención aos seguintes aspectos:

- a) O nivel, o intervalo de lonxitudes de onda e a duración da exposición a fontes artificiais de radiación óptica;
- b) Os valores límite de exposición establecidos no artigo 5 deste real decreto;
- c) Os posibles efectos na saúde e a seguranza dos traballadores pertencentes a grupos de risco particularmente sensibles;
- d) Os posibles efectos na saúde e a seguranza dos traballadores, resultantes das interaccións no lugar de traballo entre a radiación óptica e as substancias químicas fotosensibilizantes;
- e) Os posibles efectos indirectos, como o cegamento temporal, a explosión ou o incendio;
- f) a existencia de equipamentos substitutivos concibidos para reducir os niveis de exposición a radiacións ópticas artificiais;
- g) a información apropiada derivada da vixilancia da saúde, incluída a información científico-técnica publicada, na medida en que sexa posible;
- h) A exposición a múltiples fontes de radiacións ópticas artificiais;
- i) A clasificación dun láser consonte a norma UNE EN 60825-1/A2 «Seguranza dos produtos láser. Parte 1: Clasificación do equipamento, requisitos e guía de seguranza» e, no que respecta a calquera outra fonte de radiación óptica artificial susceptible de ocasionar lesións similares ás provocadas por un láser de clase 3B ou 4, calquera clasificación análoga;
- j) a información facilitada polos fabricantes de fontes de radiación óptica e equipamentos de traballo de conformidade coas directivas comunitarias aplicables.

5. En función dos resultados da avaliación, o empresario deberá determinar as medidas que se deban adoptar conforme os artigos 4, 7, 8 e 9, planificando a súa execución

de acordo co establecido no capítulo II, sección 2ª do Real decreto 39/1997, do 17 de xaneiro.

**Artigo 7. Limitación de exposición.**

1. En ningún caso a exposición do traballador deberá superar os valores establecidos no art. 5 deste real decreto.

2. Se, a pesar das medidas adoptadas en aplicación deste real decreto, se comprobaren exposicións por cima dos valores límite de exposición, o empresario deberá:

- a) Tomar inmediatamente medidas para reducir a exposición por baixo dos valores límite;
- b) Determinar as causas da sobreexposición;
- c) Corrixir as medidas de prevención e protección, a fin de evitar que se produza unha reincidencia;
- d) Informar os delegados de prevención de tales circunstancias.

**Artigo 8. Información e formación dos traballadores.**

De conformidade co disposto nos artigos 18.1 e 19 da Lei 31/1995, do 8 de novembro, o empresario velará porque os traballadores que se vexan expostos no lugar de traballo aos riscos derivados das radiacións ópticas artificiais e/ou os seus representantes reciban a información e formación necesarias sobre o resultado da avaliación de riscos prevista no artigo 6, en particular sobre:

- a) As medidas tomadas en aplicación deste real decreto.
- b) Os valores límite de exposición establecidos no artigo 5 e os riscos potenciais asociados.
- c) Os resultados da avaliación e, se for o caso, medición dos niveis de exposición a radiacións ópticas artificiais efectuados en aplicación do artigo 6 deste real decreto, xunto cunha explicación do seu significado e riscos potenciais.
- d) A forma de detectar os efectos nocivos para a saúde debidos á exposición e a forma de informar sobre eles.
- e) As circunstancias en que os traballadores teñen dereito a unha vixilancia da saúde, e a finalidade desta vixilancia da saúde, de conformidade co artigo 10.
- f) As prácticas de traballo seguras, co fin de reducir ao mínimo os riscos derivados da exposición a radiacións ópticas artificiais.
- g) O uso correcto dos equipamentos de protección individual.

**Artigo 9. Consulta e participación dos traballadores.**

A consulta e a participación dos traballadores e/ou dos seus representantes sobre as cuestións a que se refire este real decreto realizaranse de conformidade co disposto no artigo 18.2 da Lei 31/1995, do 8 de novembro.

**Artigo 10. Vixilancia da saúde.**

1. O empresario garantirá unha adecuada vixilancia da saúde dos traballadores en función dos riscos inherentes ao traballo con exposición a radiacións ópticas artificiais, tal e como se establece no artigo 22 da Lei 31/1995, do 8 de novembro, co fin da detección precoz de calquera efecto nocivo ben como da prevención de calquera risco, incluídos os a longo prazo ou os riscos de doenza crónica.

A vixilancia da saúde será realizada a través da organización preventiva que adoptase a empresa e conforme o artigo 37.3 do Real decreto 39/1997, do 17 de xaneiro.

2. Cando se detecte unha exposición que supere os valores límite, o traballador ou os traballadores afectados terán dereito a un exame médico. Tamén terán dereito aqueles traballadores que, como resultado da vixilancia da saúde, se estableza que padecen unha

doenza ou efecto nocivo para a saúde identificable, que a xuízo dun médico ou un especialista de medicina do traballo sexa consecuencia da exposición a radiacións ópticas artificiais no traballo. En ambos os casos:

a) O médico ou outro persoal sanitario competente deberá:

- 1.º Propor que os traballadores expostos se sometan a un exame médico.
- 2.º Comunicar ao traballador o resultado que o atinxe persoalmente. Tamén deberá asesorar o traballador sobre calquera medida de vixilancia da saúde a que sexa conveniente someterse após o cesamento da exposición.
- 3.º Informar o empresario de calquera resultado significativo da vixilancia da saúde, conforme o artigo 22.4 da Lei 31/1995 do 8 de novembro.

b) Pola súa parte, o empresario deberá:

- 1.º Revisar a avaliación dos riscos efectuada conforme o artigo 6,
  - 2.º Revisar as medidas previstas para eliminar ou reducir os riscos conforme o disposto no artigo 4;
  - 3.º Ter en conta as recomendacións do médico responsable da vixilancia da saúde ao aplicar calquera outra medida que se considere necesaria para eliminar ou reducir riscos de acordo co disposto no artigo 4
  - 4.º Dispor unha vixilancia sistemática da saúde e o exame do estado de saúde dos demais traballadores que sufrisen unha exposición similar.
3. A vixilancia da saúde incluírá a elaboración e actualización da historia clínico-laboral dos traballadores suxeitos a ela conforme o disposto no número 1. O acceso, confidencialidade e contido das historias axustarase ao establecido no artigo 22, números 2, 3 e 4, da Lei 31/1995, do 8 de novembro, e no artigo 37.3 c do Real decreto 39/1997, do 17 de xaneiro. O traballador terá acceso, despois de o solicitar, á historia que o afecte persoalmente.

#### Artigo 11. *Infraccións e sancións.*

Os incumprimentos do disposto neste real decreto serán sancionados conforme o disposto na Lei de infraccións e sancións na orde social, texto refundido aprobado polo Real decreto lexislativo 5/2000, do 4 de agosto.

#### Disposición adicional única. *Elaboración e actualización da guía técnica.*

O Instituto Nacional de Seguranza e Hixiene no Traballo, de acordo co disposto no artigo 5.3 do Real decreto 39/1997, do 17 de xaneiro, polo que se aproba o Regulamento dos servizos de prevención, elaborará e manterá actualizada unha guía técnica de carácter non vinculante, para a avaliación e prevención dos riscos derivados da exposición ás radiacións ópticas artificiais nos lugares de traballo.

#### Disposición derogatoria única. *Alcance da derogación normativa.*

Quedan derogadas cantas disposicións de igual ou inferior rango se opoñan ao previsto neste real decreto.

#### Disposición derradeira primeira. *Título competencial.*

Este real decreto dítase ao abeiro do artigo 149.1.7ª da Constitución, que atribúe ao Estado a competencia en materia de lexislación laboral sen prexuízo da súa execución polos órganos das comunidades autónomas.

#### Disposición derradeira segunda. *Incorporación de dereito da Unión Europea.*

Mediante este real decreto incorpórase ao dereito español a Directiva 2006/25/CE do Parlamento Europeo e do Consello, do 5 de abril de 2006, sobre as disposicións mínimas

de seguranza e de saúde relativas á exposición dos traballadores a riscos derivados dos axentes físicos (radiacións ópticas artificiais).

Disposición derradeira terceira. *Facultade de desenvolvemento.*

Autorízase o ministro de Traballo e Inmigración, precedendo informe da Comisión Nacional de Seguranza e Saúde no Traballo, para ditar cantas disposicións sexan necesarias para a aplicación e desenvolvemento deste real decreto, ben como para as adaptacións de carácter estritamente técnico dos seus anexos, en función do progreso técnico e da evolución das normativas ou especificacións internacionais ou dos coñecementos en materia de protección fronte aos riscos relacionados coa exposición ás radiacións ópticas artificiais.

Disposición derradeira cuarta. *Entrada en vigor.*

Este real decreto entrará en vigor o día 27 de abril de 2010.

Dado en Madrid o 23 de abril de 2010.

JUAN CARLOS R.

O ministro de Traballo e Inmigración,  
CELESTINO CORBACHO CHAVES

## ANEXO I.

## Radiacións ópticas incoherentes

A. Táboa A.1 Valores límite para as radiacións ópticas incoherentes e os seus efectos sobre a saúde.

Nº Orde	Lonxitude de onda $\lambda$ (nm)	Valor límite (unidades)		Parte do corpo/Risco
1	180-400 (UV A-B-C)	$H_{\text{eff}}=30$ (J/m <sup>2</sup> ) <i>valor referido a 8 horas</i>		<b>Ollos:</b> córnea----fotoqueratite conxuntiva---conxuntivite cristalino---cataratas <b>Pel:</b> eritema, elastose, cancro de pel
2	315-400 (UVA)	$H_{\text{UVA}}=10^4$ (J/m <sup>2</sup> ) <i>valor referido a 8 horas</i>		<b>Ollos:</b> cristalino-----cataractoxénese
3 a	$(\alpha \geq 11 \text{ mrad})$ 300-700 (luz azul) <sup>(1)</sup>	Para $t \leq 10.000$ s $L_B=10^6/t$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)		<b>Ollos:</b> retina-----fotoretinite
		Para $t > 10.000$ s $L_B=100$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)		
3 b	$(\alpha < 11 \text{ mrad})$ <sup>(2)</sup> 300-700 (luz azul) <sup>(1)</sup>	Para $t \leq 10.000$ s $E_B=100/t$ (W/ m <sup>2</sup> )		
		Para $t > 10.000$ s $E_B=0,01$ (W/ m <sup>2</sup> )		
4	380 – 1400 (visible e IRA)	Para $t > 10$ s $L_R=(2,8 \cdot 10^7)/C_a$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)	Para: $\alpha \leq 1,7 \text{ mrad}$ $C_a=1,7$	<b>Ollos:</b> retina-----queimaduras
		Para $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s $L_R=(5 \cdot 10^7) / (C_a \cdot t^{0,25})$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)	$1,7 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_a=\alpha$	
		Para $t < 10 \mu\text{s}$ $L_R=(8,89 \cdot 10^8) / C_a$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)	$\alpha > 100 \text{ mrad}$ $C_a=100$	
5	780 – 1400 (IRA)	Para $t > 10$ s $L_R=(6 \cdot 10^6) / C_a$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)	Para: $\alpha \leq 11 \text{ mrad}$ $C_a=11$	<b>Ollos:</b> retina-----queimaduras
		Para $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s $L_R=(5 \cdot 10^7) / (C_a \cdot t^{0,25})$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)	$11 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ $C_a=\alpha$	
		Para $t < 10 \mu\text{s}$ $L_R=(8,89 \cdot 10^8) / C_a$ (W/ m <sup>2</sup> ·sr)	$\alpha > 100 \text{ mrad}$ $C_a=100$	
6	780-3000 (IRA e IRB)	Para $t \leq 1.000$ s $E_{\text{IR}}=18.000 \cdot t^{0,75}$ (W/ m <sup>2</sup> )		<b>Ollos:</b> córnea----queimaduras cristalino---cataratas
		Para $t > 1.000$ s $E_{\text{IR}}=100$ (W/ m <sup>2</sup> )		
7	380-3000 (visible, IRA e IRB)	Para $t < 10$ s $H_{\text{pel}}=20.000 \cdot t^{0,25}$ (X/ m <sup>2</sup> )		<b>Pel</b> ----queimaduras

<sup>1</sup> O intervalo de 300 a 700 nm comprende parte dos raios UVB, todos os UVA e a maior parte das radiacións visibles e denomínase risco «de luz azul». En sentido estrito, a luz azul corresponde unicamente ao intervalo de 400 a 490 nm aproximadamente.

<sup>2</sup> Para fixar a ollada sobre fontes moi pequenas cun  $\alpha < 11$  mrad,  $L_B$  pódese converter a  $E_B$ . Isto é aplicable unicamente no caso de instrumentos oftalmolóxicos ou ao ollo estabilizado durante a anestesia. O tempo máximo de «ollada fixa» calcúlase mediante a fórmula:  $t_{\text{max}} = 100/E_B$ , este valor debido ao movemento ocular non é superior a 100s.



## B. Expresións.

Os valores de exposición ás radiacións ópticas que son pertinentes desde un punto de vista biofísico pódense determinar mediante as fórmulas recollidas a seguir. As fórmulas que deben utilizar dependen das lonxitudes de onda ( $\lambda$ ) de emisión da fonte. A unha determinada fonte de radiación óptica poden corresponder varios valores de exposición cos seus correspondentes límites de exposición.

1	$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$	( $H_{\text{eff}}$ é pertinente unicamente no intervalo da lonxitude de onda entre 180 e 400 nm)
2	$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	( $H_{\text{UVA}}$ é pertinente unicamente no intervalo da lonxitude de onda entre 315 e 400 nm)
3a	$L_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	( $L_{\text{B}}$ é pertinente unicamente no intervalo da lonxitude de onda entre 300 e 700 nm)
3b	$E_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	( $E_{\text{B}}$ é pertinente unicamente no intervalo da lonxitude de onda entre 300 e 700 nm)
4 y 5	$L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$	(véxase a táboa A.1 para os valores adecuados de $\lambda_1$ e $\lambda_2$ )
6	$E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$	( $E_{\text{IR}}$ é pertinente unicamente no intervalo da lonxitude de onda entre 780 e 3 000 nm)
7	$H_{\text{piel}} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	( $H_{\text{piel}}$ é pertinente unicamente no intervalo de a lonxitude de onda entre 380 e 3 000 nm)

As fórmulas mencionadas anteriormente pódense substituír polas seguintes expresións e o uso dos valores discretos establecidos nas seguintes táboas. O número indicado na columna 'Nº orde' corresponde ao respectivo na táboa A.1. Os resultados deberanse comparar cos correspondentes valores límite de exposición indicados na táboa A.1

Táboa A.2. Fórmulas

Nº orde	Expresión	Descrición
1	$E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ $H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$	<p><math>E_{\lambda}</math> (<math>\lambda</math>, t), <math>E_{\lambda}</math> : irradiancia espectral ou densidade de potencia espectral»: a potencia radiante que incide, por unidade de área, sobre unha superficie, expresada en watts por metro cadrado por nanómetro (<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}</math>).</p> <p>Os valores <math>E_{\lambda}</math> (<math>\lambda</math>, t) e <math>E_{\lambda}</math> poden proceder de medicións ou poden ser facilitados polo fabricante do equipamento.</p> <p><math>E_{\text{eff}}</math>: irradiancia efectiva calculada para o intervalo das radiacións UV (180 a 400 nm) ponderado espectralmente por <math>S(\lambda)</math>, expresada en watts por metro cadrado (<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2}</math>)</p> <p><math>H</math> : exposición radiante: a irradiancia integrada respecto ao tempo, expresada en joules por metro cadrado (<math>\text{J} \cdot \text{m}^{-2}</math>)</p> <p><math>H_{\text{eff}}</math>: exposición radiante efectiva ponderado espectralmente por <math>S(\lambda)</math>, expresada en joules por metro cadrado (<math>\text{J} \cdot \text{m}^{-2}</math>)</p> <p><math>S(\lambda)</math>: ponderación espectral que ten en conta a relación entre a lonxitude de onda e os efectos para a saúde da radiación UV sobre os ollos e a pel (valores na táboa A.3)</p> <p><math>\lambda</math>: lonxitude de onda, expresada en nanómetros (nm)</p> <p><math>\Delta\lambda</math>: largo de banda, expresada e nanómetros (nm). Intervalo de cálculo ou de medida.</p> <p><math>\Delta t</math>: Duración da exposición, expresado en segundos (s)</p> <p><math>E_{\text{UVA}}</math>: irradiancia total (UVA), calculada para o intervalo das lonxitudes de onda UVA (315 a 400 nm), expresada en watts por metro cadrado (<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2}</math>)</p> <p><math>H_{\text{UVA}}</math>: exposición radiante, a integral ou a suma da irradiancia con respecto ao tempo e á lonxitude de onda calculada para o intervalo das lonxitudes de onda UVA (315 e 400 nm), expresada en joules por metro cadrado (<math>\text{J} \cdot \text{m}^{-2}</math>)</p>
2	$E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$ $H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$	
3 a	$L_{\text{B}} = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	
3 b	$E_{\text{B}} = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	
4 y 5	$L_{\text{R}} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ <p>(véxase a táboa A.1 para os valores adecuados de <math>\lambda_1</math> e <math>\lambda_2</math>)</p>	

Nº orde	Expresión	Descrición
6	$E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	<p><math>L_{\lambda}</math>: radiancia espectral da fonte, expresada en watts por metro cadrado por estereorradián por nanómetro (<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}</math>).</p> <p><math>L_{\text{B}}</math>: radiancia efectiva (luz azul), calculada e ponderada espectralmente por B (<math>\lambda</math>), expresada en watts por metro cadrado por estereorradián (<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}</math>)</p> <p>B(<math>\lambda</math>): ponderación espectral, ten en conta a relación entre a lonxitude de onda e a lesión fotoquímica causada nos ollos pola radiación de luz azul (valores na táboa A.4)</p> <p><math>E_{\text{B}}</math>: irradiancia efectiva (luz azul), ponderada espectralmente por B (<math>\lambda</math>), expresada en watts por metro cadrado (<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2}</math>)</p> <p><math>L_{\text{R}}</math>: radiancia efectiva (efecto térmico), calculada e ponderada espectralmente por R (<math>\lambda</math>), expresada en watts por metro cadrado por estereorradián (<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}</math>)</p> <p>R(<math>\lambda</math>): ponderación espectral, ten en conta a relación entre a lonxitude de onda e as lesións nos ollos por efecto térmico provocado pola radiación visible e IRA (valores na táboa A.4)</p> <p><math>E_{\text{IR}}</math>: irradiancia total (efecto térmico), calculada para o intervalo das lonxitudes de onda de infravermellos (780 a 3.000 nm), expresada en watts por metro cadrado (<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2}</math>)</p> <p><math>E_{\text{pel}}</math>: irradiancia total (visible, IRA e IRB), calculada para o intervalo das lonxitudes de onda visibles e infravermellos (380 a 3.000 nm), expresada en watts por metro cadrado (<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-2}</math>)</p> <p><math>H_{\text{pel}}</math>: exposición radiante total, a integral ou a suma da irradiancia con respecto ao tempo e á lonxitude de onda calculada para o intervalo de lonxitudes de onda visibles e infravermellos (380 a 3.000 nm), expresada en joules por metro cadrado (<math>\text{X} \cdot \text{m}^{-2}</math>)</p> <p><math>\alpha</math>: ángulo subtendido por unha fonte aparente, percibido nun punto do espazo, expresado en milirradiáns (mrad). A fonte aparente é o obxecto real ou virtual que forma a imaxe retiniana o máis pequena posible.</p>
7	$E_{\text{piel}} = \sum_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$ $H_{\text{piel}} = E_{\text{piel}} \cdot \Delta t$	

## C. Curvas de ponderación

Táboa A3. Valores da curva de ponderación  $S(\lambda)$ .  
(Valores para lonxitudes de onda de 180 a 400 nm.)

$\lambda$ en nm	$S(\lambda)$	$\lambda$ en nm	$S(\lambda)$	$\lambda$ en nm	$S(\lambda)$	$\lambda$ en nm	$S(\lambda)$	$\lambda$ en nm	$S(\lambda)$
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		

Táboa A.4. Valores das curvas de ponderación,  $B(\lambda)$  e  $R(\lambda)$   
(Valores para lonxitudes de onda de 300 a 1.400 nm)

Lonxitude de onda (nm)	$B(\lambda)$	$R(\lambda)$
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	-----
380	0,01	0,10
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,50
400	0,10	1,0
405	0,20	2,0
410	0,40	4,0
415	0,80	8,0
420	0,90	9,0
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1,0	10,0
440	1,0	10,0
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,90	9,0
460	0,80	8,0
465	0,70	7,0
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,10	1,0
$500 < \lambda \leq 600$	0,05	1,0
$600 < \lambda \leq 700$	$10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$	1,000
$700 < \lambda \leq 1050$	-----	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1050 < \lambda \leq 1150$	-----	0,2
$1150 < \lambda \leq 1200$	-----	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$
$1200 < \lambda \leq 1400$	-----	0,02

## ANEXO II

### . Radiacións ópticas láser.

A. Táboa B.1. Valores límite de exposición dos ollos ao láser ( $T_{\text{Exposición}} \geq 10\text{s}$ )

Lonxitude de onda $\lambda$ (nm) (1)	Apertura	VALOR Límite		Efecto
		Duración		
UVC	3,5 mm	$10^1 \text{ --- } 10^2$	$10^4 \text{ --- } 3 \cdot 10^4$	Lesións fotoquímicas e térmicas
UVB			H=30 (J/m <sup>2</sup> )	
			H=30 (J/m <sup>2</sup> )	
			H=40 (J/m <sup>2</sup> )	
			H=60 (J/m <sup>2</sup> )	
			H=100 (J/m <sup>2</sup> )	
			H=160 (J/m <sup>2</sup> )	
			H=250 (J/m <sup>2</sup> )	
	3,5 mm		H=400 (J/m <sup>2</sup> )	
			H=630 (J/m <sup>2</sup> )	
			H=1 · 10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )	
			H=1,6 · 10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )	
			H=2,5 · 10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )	
			H=4,0 · 10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )	
			H=6,3 · 10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )	
UVA	3,5 mm		H=1 · 10 <sup>4</sup> (J/m <sup>2</sup> )	Lesións fotoquímicas e térmicas
Visible (2)	400-600	H=100·C <sub>B</sub> (J/m <sup>2</sup> ) $\gamma = 1,1 \cdot 10^{0,5}$ mrad (3)	E=1·C <sub>B</sub> (W/m <sup>2</sup> ) $\gamma = 1,1 \cdot 10^{0,5}$ mrad (3)	
	400-700	Se $\alpha \leq 1,5$ mrad Se $\alpha > 1,5$ mrad e $t \leq T_2$ Se $\alpha > 1,5$ mrad e $t > T_2$	Entón E=10 (W/m <sup>2</sup> ) Entón H=18·C <sub>E</sub> ·t <sup>0,75</sup> (J/m <sup>2</sup> ) Entón E=18·C <sub>E</sub> ·T <sub>2</sub> <sup>-0,25</sup> (W/m <sup>2</sup> )	Lesións da retina (térmica)
IRA	7 mm	Se $\alpha \leq 1,5$ mrad Se $\alpha > 1,5$ mrad e $t \leq T_2$ Se $\alpha > 1,5$ mrad e $t > T_2$	Entón E=10·C <sub>A</sub> ·C <sub>C</sub> (W/m <sup>2</sup> ) Entón H=18·C <sub>A</sub> ·C <sub>C</sub> ·t <sup>0,75</sup> (J/m <sup>2</sup> ) Entón E=18·C <sub>A</sub> ·C <sub>C</sub> ·T <sub>2</sub> <sup>-0,25</sup> (W/m <sup>2</sup> )	Lesións térmicas
IRB e IRC	Véxase(4)		E=1000 (W/m <sup>2</sup> )	Lesións térmicas

(1) Se aparecen dous límites para a lonxitude de onda do láser, aplicarase o máis restritivo.

(2) No caso dunha fonte pequena cun  $\alpha \leq 1,5$  mrad, os valores límite de E para a radiación visible (400 a 600nm) redúcense aos límites térmicos para  $10 \leq t < T_1$  e aos límites fotoquímicos para exposicións maiores. Os valores de  $T_1$  e  $T_2$  véxase a letra B deste anexo. Os valores límite para as lesións de retina fotoquímica tamén poden expresarse como  $G=10^6 \cdot C_B (X \cdot m^2 \cdot sr^{-1})$  para  $10 < t \leq 10.000\text{s}$  e  $L=100 \cdot C_B$  para  $1 < t > 10.000\text{s}$ . Para medir G e L,  $\gamma_m$  debe empregarse como campo visual para o cálculo dos medias. A fronteira oficial entre a radiación visible e a infravermella é de 780 nm segundo a CIE (A notación G utilízase a CEN, Lp utilízase a CEI e a GENIELEC) (G, radiación integrada, é a integral da radiación con respecto a un tempo de exposición, expresada como enerxía radiante por unidade de área da superficie radiante e por unidade de ángulo sólido de emisión, en joules por metro cadrado por estereorradián ( $X \cdot m^2 \cdot sr^{-1}$ )).

(3)  $\gamma$ : Ángulo do cono límite do campo visual de medición expresado en milirradiáns (mrad);  $\gamma_m$ : campo visual de medición (mrad). Se  $\alpha > \gamma$ , entón  $\gamma_m = \alpha$  (se se emprega un campo visual de medición maior, o risco resulta sobrevalorado). Se  $\alpha \leq \gamma$ ,  $\gamma_m$  debe ser o suficientemente amplo para incluír a fonte na súa totalidade, pero non está limitado doutro modo e podería ser maior que  $\gamma$ .

$\alpha$ : ángulo subtendido dunha fonte en milirradiáns (mrad). Abertura límite: a superficie circular sobre a cal se calculan os medias da irradiancia e a exposición radiante.

(4) Para  $\lambda$  entre 1.400 e 10.000 nm o diámetro de apertura é 3,5mm. Para  $\lambda$  entre  $10^5$  a  $10^6$  o diámetro de apertura é 11 mm.

Táboa B.2. Valores límite de exposición dos ollos ao láser ( $T_{\text{Exposición}} < 10\text{s}$ )

Lonxitude de onda $\lambda$ (nm) (1)		Apertura	VALOR Límite				Efecto		
			Duración						
UVC	180-280	1 mm para $t < 0,3\text{s}$ $1,5 \cdot t^{0,375}$ para $0,3 < t < 10\text{s}$	$10^{-13} \text{--} 10^{-11}$	$10^{-11} \text{--} 10^{-9}$	$10^{-9} \text{--} 10^{-7}$	$10^{-7} \text{--} 1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5} \text{--} 5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5} \text{--} 10^{-3}$	Lesións fotoquímicas e térmicas
UVB	280-302		H=30 (J/m <sup>2</sup> )						
	303		H=30 (J/m <sup>2</sup> )						
	304		H=40 (J/m <sup>2</sup> )						
	305		H=60 (J/m <sup>2</sup> )						
	306		H=100 (J/m <sup>2</sup> )						
	307		H=160 (J/m <sup>2</sup> )						
	308		H=250 (J/m <sup>2</sup> )						
	309		H=400 (J/m <sup>2</sup> )						
	310		H=630 (J/m <sup>2</sup> )						
311	H=1·10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )								
312	H=1,6·10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )								
313	H=2,5·10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )								
314	H=4,0·10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )								
314	H=6,3·10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )								
UVA	315-400							H=5,6·10 <sup>3</sup> ·t <sup>0,25</sup> (J/m <sup>2</sup> )	Lesións fotoquímicas e térmicas
Visible e IRA	400-700		H=1,5·10 <sup>-4</sup> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )	H=2,7·10 <sup>4</sup> ·t <sup>0,75</sup> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )	H=5·10 <sup>3</sup> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )	H=18·t <sup>0,75</sup> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )			Lesións térmicas
	700-1050	7 mm	H=1,5·10 <sup>-4</sup> ·C <sub>A</sub> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )	H=2,7·10 <sup>4</sup> ·t <sup>0,75</sup> ·C <sub>A</sub> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )	H=5·10 <sup>3</sup> ·C <sub>A</sub> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )	H=18·t <sup>0,75</sup> ·C <sub>A</sub> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )			
	1050-1400		H=1,5·10 <sup>-3</sup> ·C <sub>C</sub> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )	H=2,7·10 <sup>3</sup> ·t <sup>0,75</sup> ·C <sub>C</sub> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )	H=5·10 <sup>2</sup> ·C <sub>C</sub> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )	H=90·t <sup>0,75</sup> ·C <sub>C</sub> ·C <sub>E</sub> (J/m <sup>2</sup> )			
IRB e IRC	1400-1500		E=1·10 <sup>12</sup> (W/m <sup>2</sup> ) (2)			H=1·10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )		H=5,6·10 <sup>3</sup> ·t <sup>0,25</sup> (J/m <sup>2</sup> )	Lesións térmicas
	1500-1800	Véxase e (4)	E=1·10 <sup>13</sup> (W/m <sup>2</sup> ) (2)			H=1·10 <sup>4</sup> (J/m <sup>2</sup> )			
	1800-2600		E=1·10 <sup>12</sup> (W/m <sup>2</sup> ) (2)			H=1·10 <sup>3</sup> (J/m <sup>2</sup> )		H=5,6·10 <sup>3</sup> ·t <sup>0,25</sup> (J/m <sup>2</sup> )	
	2600-10 <sup>6</sup>	E=1·10 <sup>11</sup> (W/m <sup>2</sup> ) (2)			H=100 (J/m <sup>2</sup> )		H=5,6·10 <sup>3</sup> ·t <sup>0,25</sup> (J/m <sup>2</sup> )		

(1) Se aparecen dous límites para a lonxitude de onda do láser, aplicárase o máis restritivo.  
 (2) Considerando a falta de datos para estas duracións dos pulsos, recoméndase utilizar límites de irradiancia para  $I_{\text{ms}}$  establecidos pola ICNIRP.  
 (3) En caso de múltiples pulsos, as duracións do pulso láser dos pulsos producidos nun intervalo  $T_{\text{min}}$  (Táboa B.7) deberán ser sumadas e o valor do tempo resultante substituírse por  $t$  en  $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ .  
 (4) Cando  $1400 \leq \lambda < 10^6$  o diámetro de apertura é 1 mm para  $t \leq 0,3$  e  $1,5 \cdot t^{0,375}$  para  $0,3 < t < 10$ . Cando  $10^6 \leq \lambda < 10^9$  o diámetro de apertura é 11 mm.

Táboa B.3. Valores límite de exposición da pel ao láser

Lonxitude de onda $\lambda$ (nm) (1)	Apertura	VALOR Límite				Efecto
		Duración				
		$10^{-9}$ - $10^{-7}$	$10^{-7}$ - $10^{-3}$	$10^1$ - $10^3$	$10^3$ - $3 \cdot 10^4$	
		Mesmos valores que os límites de exposición para os ollos (táboa B.1 e B.2)				Eritema
UV (A,B,C)	180-400	$E=3 \cdot 10^{10}$ (W/m <sup>2</sup> )				Lesións térmicas
	400-700	$E=2 \cdot 10^{11}$ (W/m <sup>2</sup> )				
Visible e IRA	700-1400	$E=2 \cdot 10^{11} \cdot C_A$ (W/m <sup>2</sup> )	$H=200 \cdot C_A$ (J/m <sup>2</sup> )	$H=1,1 \cdot 10^4 \cdot C_A \cdot t^{0,25}$ (J/m <sup>2</sup> )	$E=2 \cdot 10^3 \cdot C_A$ (W/m <sup>2</sup> )	Lesións térmicas
	1400-1500	$E=1 \cdot 10^{12}$ (W/m <sup>2</sup> )				
IRB e IRC	1500-1800	$E=1 \cdot 10^{13}$ (W/m <sup>2</sup> )				Lesións térmicas
	1800-2600	$E=1 \cdot 10^{12}$ (W/m <sup>2</sup> )				
	2600- $10^6$	$E=1 \cdot 10^{11}$ (W/m <sup>2</sup> )				
		Mesmos valores que os límites de exposición para os ollos (táboa B.1 e B.2)				

(1) Se aparecen dous límites para a lonxitude de onda do láser, aplicarase o máis restritivo.



## B. Expresións e factores de corrección.

Os valores de exposición ás radiacións ópticas que son pertinentes desde un punto de vista biofísico pódense determinar mediante as fórmulas recollidas a seguir. Os resultados débense comparar cos correspondentes valores límite establecidos nas táboas B.1, B.2 e B.3

A unha determinada fonte de radiación óptica láser poden corresponder varios valores de exposición cos seus correspondentes límites de exposición.

Para o cálculo dos coeficientes das expresións das táboas B.1, B.2 e B.3 débense consultar as táboas B.4, B.5, B.6 e B.7 (parámetros utilizados pola ICNIRP)

Onde:

dP: potencia, expresada en watts (W)

dA: Área ou superficie, expresada en metros (m)

$$E = \frac{dP}{dA} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$$

E(t), E : irradiancia ou densidade de potencia espectral, a potencia radiante que incide, por unidade de área, sobre unha superficie, expresada en watts por metro cadrado (W·m<sup>-2</sup>).

Os valores E(t) e E poden proceder de medicións ou poden ser facilitados polo fabricante.

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt \text{ [J m}^{-2}\text{]}$$

H : exposición radiante, a integral con respecto ao tempo da irradiancia, expresada en joules por metro cadrado (J·m<sup>-2</sup>)

t: duración da exposición, expresada en segundos (s).

λ: lonxitude de onda, expresada en nanómetros (nm)

Táboa B.4 Determinación do cálculo do C<sub>A</sub>, C<sub>B</sub>, C<sub>C</sub> e T<sub>1</sub>.

Factor	Lonxitude de onda λ (nm)	Valor
C <sub>A</sub>	λ < 700	C <sub>A</sub> = 1,0
	700 --- 1050	C <sub>A</sub> = 10 <sup>0,002·(λ-700)</sup>
	1050 --- 1400	C <sub>A</sub> = 5,0
C <sub>B</sub>	400 --- 450	C <sub>B</sub> = 1,0
	450 --- 700	C <sub>B</sub> = 10 <sup>0,02·(λ-450)</sup>
C <sub>C</sub>	700 --- 1150	C <sub>C</sub> = 1,0
	1150 --- 1200	C <sub>C</sub> = 10 <sup>0,018·(λ-1150)</sup>
	1200 --- 1400	C <sub>C</sub> = 8,0
T <sub>1</sub>	λ < 450	T <sub>1</sub> = 10 (s)
	450 --- 500	T <sub>1</sub> = 10·10 <sup>0,02·(λ-450)</sup> (s)
	λ > 500	T <sub>1</sub> = 100 (s)

Táboa B.5 Determinación do cálculo do  $C_E$ 

Factor	Intervalo de $\alpha$ (mrad) $\alpha_{\min} = 1,5$ mrad (efectos térmicos)	Valor
$C_E$	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max})$ con $\alpha_{\max} = 100$ mrad
$T_2$	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10$ (s)
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot 10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}$ (s)
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100$ (s)

Táboa B.6 Determinación do cálculo do  $\gamma$ 

Factor	Intervalo de $t_{\text{expo}}$ (s)	Valor
$\gamma$	$t \leq 100$	$\gamma = 11$ (mrad)
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 \cdot t^{0,5}$ (mrad)
	$t > 10^4$	$\gamma = 110$ (mrad)

Táboa. B.7. Factores para exposicións reiteradas.

Factor	Intervalo de $t_{\text{expo}}$ (s)	Valor
$T_{\min}$	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 1 \cdot 10^{-9}$ (s)
	$400 < \lambda \leq 1050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6}$ (s)
	$1050 < \lambda \leq 1400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6}$ (s)
	$1400 < \lambda \leq 1500$	$T_{\min} = 1 \cdot 10^{-3}$ (s)
	$1500 < \lambda \leq 1800$	$T_{\min} = 10$ (s)
	$1800 < \lambda \leq 2600$	$T_{\min} = 1 \cdot 10^{-3}$ (s)
	$2600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 1 \cdot 10^{-7}$ (s)

Nota: Cada unha das tres regras seguintes debería aplicarse a todas as exposicións reiteradas que se produzan por unha utilización repetitiva de sistemas de láser de pulsos ou de varremento:

- 1) a exposición a calquera pulso único dun tren de pulsos non deberá superar o valor límite de exposición para un pulso único desa duración;
- 2) a exposición a calquera grupo de pulsos (ou subgrupo de pulsos dun tren) durante un tempo  $t$  non deberá superar o valor límite de exposición para o tempo  $t$ ;
- 3) a exposición de calquera pulso único dentro dun grupo de pulsos non deberá superar o valor límite de exposición para un pulso único multiplicado polo factor de corrección térmico acumulativo  $C_p = N^{-0,25}$ , en que  $N$  representa o número de pulsos. Esta regra soamente se aplica aos límites de exposición con obxecto de evitar as lesións térmicas, cando todos os pulsos producidos en menos de  $T_{\min}$  se consideran como un pulso único.