

I. DISPOSICIONS GENERALS

MINISTERI DE TREBALL I IMMIGRACIÓ

6485 *Reial decret 486/2010, de 23 d'abril, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors contra els riscos relacionats amb l'exposició a radiacions òptiques artificials.*

La Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, determina el cos bàsic de garanties i responsabilitats necessari per establir un adequat nivell de protecció de la salut dels treballadors davant els riscos derivats de les condicions de treball, en el marc d'una política coherent, coordinada i eficaç.

Segons l'article 6 de la Llei, són les normes reglamentàries les que han d'anar concretant els aspectes més tècnics de les mesures preventives, i establint les mesures mínimes que s'han d'adoptar per a l'adequada protecció dels treballadors. Entre aquestes mesures hi ha les destinades a garantir la protecció dels treballadors contra els riscos derivats de l'exposició a radiacions òptiques artificials durant la feina.

Així mateix, la seguretat i la salut dels treballadors han estat objecte de diversos Convenis de l'Organització Internacional del Treball ratificats per Espanya i que, per tant, formen part del nostre ordenament jurídic. Destaca, pel seu caràcter general, el Conveni número 155, de 22 de juny de 1981, sobre seguretat i salut dels treballadors i medi ambient de treball, ratificat per Espanya el 26 de juliol de 1985.

En l'àmbit de la Unió Europea, l'apartat 2 de l'article 137 del Tractat constitutiu de la Comunitat Europea estableix com a objectiu la millora, en concret, de l'entorn de treball, per protegir la salut i seguretat dels treballadors. Amb aquesta base jurídica, la Unió Europea s'ha anat dotant els últims anys d'un cos normatiu altament avançat que s'adreça a garantir un millor nivell de protecció de la salut i de seguretat dels treballadors.

Aquest cos normatiu està integrat per diverses directives específiques. En l'àmbit de la protecció dels treballadors contra els riscos derivats de l'exposició a radiacions òptiques artificials ha estat adoptada la Directiva 2006/25/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 5 d'abril de 2006, sobre les disposicions mínimes de seguretat i de salut relatives a l'exposició dels treballadors a riscos derivats dels agents físics (radiacions òptiques artificials). Mitjançant aquest Reial decret es procedeix a la transposició al dret espanyol del contingut d'aquesta Directiva.

El Reial decret consta d'onze articles, una disposició addicional, una disposició derogatòria, tres disposicions finals i dos annexos. La norma estableix una sèrie de disposicions mínimes que tenen com a objecte la protecció dels treballadors contra els riscos per a la seva seguretat i la seva salut derivats o que puguin derivar de l'exposició a les radiacions òptiques artificials durant la seva feina; regula les disposicions encaminades a evitar o a reduir l'exposició, de manera que els riscos derivats de l'exposició a radiacions òptiques artificials s'eliminin a l'origen o es redueixin al nivell més baix possible, i inclou l'obligació empresarial d'establir i aplicar un pla d'acció que inclogui les mesures tècniques i/o organitzatives destinades a impedir que l'exposició superi els valors límit; determina els valors límit d'exposició; preveu diverses especificacions relatives a l'avaluació de riscos, establint en primer lloc l'obligació que l'empresari efectuï una avaluació dels nivells de radiació a què estiguin exposats els treballadors, de manera que es puguin definir i posar en pràctica les mesures necessàries per reduir l'exposició, i incloent una relació dels aspectes als quals l'empresari ha de prestar especial atenció en avaluar els riscos; especifica que els treballadors no han d'estar exposats en cap cas a valors superiors als valors límit d'exposició; recull dos dels drets bàsics en matèria preventiva, com són la necessitat de formació dels treballadors i la informació a aquests, així com la forma d'exercir els treballadors el seu dret a ser consultats i a participar en els aspectes relacionats amb la prevenció; s'estableixen

disposicions relatives a la vigilància de la salut dels treballadors en relació amb els riscos per exposició a radiacions òptiques artificials. S'inclou, finalment, el règim sancionador per incompliment al que disposa el Reial decret.

En l'elaboració d'aquest Reial decret s'ha concedit audiència a les comunitats autònomes, han estat consultades les organitzacions sindicals i empresarials més representatives i ha estat escoltada la Comissió Nacional de Seguretat i Salut en el Treball.

En virtut d'això, a proposta del ministre de Treball i Immigració, d'acord amb el Consell d'Estat i amb la deliberació prèvia del Consell de Ministres en la reunió del dia 23 d'abril de 2010,

DISPOSO:

Article 1. *Objecte.*

1. El present Reial decret té per objecte, en el marc de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals, establir les disposicions mínimes per a la protecció dels treballadors contra els riscos per a la seva salut i la seva seguretat derivats o que puguin derivar de l'exposició a les radiacions òptiques artificials durant la seva feina.

Article 2. *Definicions.*

Als efectes d'aquest Reial decret, s'entén per:

a) Radiació òptica: tota radiació electromagnètica la longitud d'ona de la qual estigui compresa entre 100 nm i 1 mm. L'espectre de la radiació òptica es divideix en radiació ultraviolada, radiació visible i radiació infraroja:

1r Radiació ultraviolada: la radiació òptica de longitud d'ona compresa entre 100 i 400 nm. La regió ultraviolada es divideix en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) i UVC (100-280 nm).

2n Radiació visible: la radiació òptica de longitud d'ona compresa entre 380 nm i 780 nm.

3r Radiació infraroja: la radiació òptica de longitud d'ona compresa entre 780 nm i 1 mm. La regió infraroja es divideix en IRA (780-1.400 nm), IRB (1.400-3.000 nm) i IRC (3.000 nm-1 mm).

b) Làser (light amplification by stimulated emission of radiation; amplificació de llum per emissió estimulada de radiació): tot dispositiu susceptible de produir o amplificar la radiació electromagnètica en l'interval de la longitud d'ona de la radiació òptica, principalment mitjançant el procés d'emissió estimulada controlada.

c) Radiació làser: la radiació òptica procedent d'un làser.

d) Radiació incoherent: tota radiació òptica diferent d'una radiació làser.

e) Valors límit d'exposició: els límits de l'exposició a la radiació òptica basats directament en els efectes sobre la salut comprovats i en consideracions biològiques. El compliment d'aquests límits garanteix que els treballadors exposats a fonts artificials de radiació òptica estiguin protegits contra tots els efectes nocius per a la salut que es coneixen.

f) Irradiància (E) o densitat de potència: la potència radiant que incideix, per unitat d'àrea, sobre una superfície, expressada en watts per metre quadrat (W/m^2).

g) Exposició radiant (H): la irradiància integrada respecte al temps, expressada en joules per metre quadrat (J/m^2).

h) Radiància (L): el flux radiant o la potència radiant emesa per unitat d'angle sòlid i per unitat d'àrea, expressada en watts per metre quadrat per estereoradiant ($W/(m^2 sr)$).

i) Nivell: la combinació d'irradiància, exposició radiant i radiància a què estigui exposat un treballador.

Article 3. Àmbit d'aplicació.

1. Les disposicions d'aquest Reial decret s'apliquen a les activitats en les quals els treballadors estiguin o puguin estar exposats als riscos derivats de radiacions òptiques artificials durant la seva feina.

2. El present Reial decret es refereix al risc per a la salut i la seguretat dels treballadors a causa dels efectes nocius als ulls i a la pell causats per l'exposició a radiacions òptiques artificials.

3. Les disposicions del Reial decret 39/1997, de 17 de gener, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis de prevenció, s'apliquen plenament al conjunt de l'àmbit que preveu l'apartat 1 d'aquest article, sense perjudici de les disposicions més rigoroses o específiques que preveu aquest Reial decret.

Article 4. Disposicions encaminades a evitar o a reduir l'exposició.

1. Els riscos derivats de l'exposició a radiacions òptiques artificials s'han d'eliminar a l'origen o reduir-se al nivell més baix possible, tenint en compte els avenços tècnics i la disponibilitat de mesures de control del risc a l'origen.

La reducció d'aquests riscos s'ha de basar en els principis generals de prevenció que estableix l'article 15 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre.

2. Sobre la base de l'avaluació del risc que esmenta l'article 6, si hi ha possibilitat que se superin els valors límit d'exposició, l'empresari ha d'elaborar i aplicar un pla d'acció, que s'ha d'integrar en la planificació de l'activitat preventiva, on ha d'incloure mesures tècniques i/o organitzatives destinades a impedir que l'exposició superi els esmentats valors límit, prestant particular atenció als aspectes següents:

- a) Altres mètodes de treball que redueixin el risc derivat de la radiació òptica;
- b) l'elecció d'equips que generin nivells més baixos de radiació òptica, tenint en compte el treball a què es destinen;
- c) mesures tècniques per reduir l'emissió de radiació òptica, incloent, quan sigui necessari, l'ús de sistemes de tancament, blindatges o mecanismes similars de protecció de la salut;
- d) programes apropiats de manteniment dels equips de treball, del lloc de treball i dels llocs de treball;
- e) la concepció i disposició dels espais i llocs de treball;
- f) la limitació de la durada i del nivell de l'exposició;
- g) la disponibilitat de l'equip adequat de protecció individual;
- h) les instruccions del fabricant de l'equip, quan estigui cobert per una directiva comunitària pertinent.

3. Els llocs de treball en què els treballadors puguin estar exposats a nivells que superin els valors límit establerts en els annexos I i II han de ser objecte d'una senyalització apropiada de conformitat amb el que disposa el Reial decret 485/1997, de 14 d'abril, sobre disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball. Així mateix, quan sigui possible des del punt de vista tècnic i el risc d'exposició ho justifiqui, s'han d'identificar els esmentats llocs i s'ha de limitar l'accés a aquests.

4. De conformitat amb el que disposa l'article 25 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, l'empresari ha d'adaptar les mesures esmentades en aquest article a les necessitats dels treballadors especialment sensibles.

Article 5. Valors límit d'exposició.

Als efectes d'aquest Reial decret:

- a) A l'apartat A de l'annex I s'estableixen els valors límit d'exposició a la radiació incoherent emesa per les fonts artificials.
- b) A l'apartat A de l'annex II s'estableixen els valors límit d'exposició a la radiació làser.

Article 6. *Avaluació dels riscos.*

1. En compliment de les obligacions que estableix l'article 16 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, i del capítol II, secció I, del Reial decret 39/1997, de 17 de gener, en cas que els treballadors estiguin exposats a fonts artificials de radiació òptica, l'empresari ha d'avaluar els nivells de radiació a què estiguin exposats els treballadors, de manera que es puguin definir i posar en pràctica les mesures necessàries per reduir l'exposició als límits aplicables. Per realitzar l'avaluació, el mesurament dels nivells d'exposició no és necessària en els casos en què la directa apreciació professional acreditada permeti arribar a una conclusió sense necessitat de fer-la, tenint en compte, si s'escau, per al càlcul dels nivells esmentats, les dades facilitades pels fabricants dels equips de conformitat amb la normativa de seguretat en el producte que els sigui aplicable.

2. La metodologia aplicada en l'avaluació, el mesurament i/o els càlculs s'ha d'ajustar a les normes de la Comissió Electrotècnica Internacional (CEI) per a la radiació làser i a les recomanacions de la Comissió Internacional d'Il·luminació (CIE) i del Comitè Europeu de Normalització (CEN) per a la radiació incoherent i, quan aquestes no siguin aplicables, als mètodes o criteris als quals es refereix l'article 5.3 del Reial decret 39/1997, de 17 de gener.

3. Les avaluacions esmentades a l'apartat 1 s'han de programar i efectuar amb la periodicitat adequada de conformitat amb l'article 6 del Reial decret 39/1997, de 17 de gener. Les avaluacions han de ser realitzades per personal qualificat per al desenvolupament de funcions de nivell superior amb l'especialitat d'higiene industrial, atenent el que disposen els articles 36 i 37 i el capítol III del Reial decret 39/1997, de 17 de gener, quant a l'organització de recursos per al desenvolupament d'activitats preventives.

Les dades obtingudes de l'avaluació i/o del mesurament del nivell d'exposició a radiació òptica s'han de conservar de manera que permeti la consulta posterior. La documentació de l'avaluació s'ha d'ajustar al que disposa l'article 23 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, i a l'article 7 del Reial decret 39/1997, de 17 de gener.

4. En el marc del que disposen els articles 15 i 16 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, l'empresari, en avaluar els riscos, ha de prestar particular atenció als aspectes següents:

- a) el nivell, l'interval de longituds d'ona i la durada de l'exposició a fonts artificials de radiació òptica;
- b) els valors límit d'exposició que estableix l'article 5 del present Reial decret;
- c) els possibles efectes en la salut i la seguretat dels treballadors pertanyents a grups de risc particularment sensibles;
- d) els possibles efectes en la salut i la seguretat dels treballadors, resultants de les interaccions, en el lloc de treball, entre la radiació òptica i les substàncies químiques fotosensibilitzants;
- e) els possibles efectes indirectes, com l'enlluernament temporal, l'explosió o l'incendi;
- f) l'existència d'equips substitutius concebuts per reduir els nivells d'exposició a radiacions òptiques artificials;
- g) la informació apropiada derivada de la vigilància de la salut, inclosa la informació científicotècnica publicada, en la mesura que sigui possible;
- h) L'exposició a múltiples fonts de radiacions òptiques artificials;
- i) La classificació d'un làser d'acord amb la norma UNE EN 60825-1/A2 «Seguretat dels productes làser. Part 1: Classificació de l'equip, requisits i guia de seguretat» i, pel que fa a qualsevol altra font de radiació òptica artificial susceptible d'ocasionar lesions similars a les provocades per un làser de classe 3B o 4, qualsevol classificació anàloga;
- j) la informació facilitada pels fabricants de fonts de radiació òptica i equips de treball de conformitat amb les directives comunitàries aplicables.

5. En funció dels resultats de l'avaluació, l'empresari ha de determinar les mesures que s'hagin d'adoptar d'acord amb els articles 4, 7, 8 i 9, i planificar-ne l'execució d'acord amb el que estableix el capítol II, secció 2a, del Reial decret 39/1997, de 17 de gener.

Article 7. Limitació d'exposició.

1. En cap cas l'exposició del treballador ha de superar els valors que estableix l'article 5 d'aquest Reial decret.
2. Si, malgrat les mesures adoptades en aplicació d'aquest Reial decret, es comproven exposicions per damunt dels valors límit d'exposició, l'empresari:
 - a) ha de prendre immediatament mesures per reduir l'exposició per sota dels valors límit;
 - b) ha de determinar les causes de la sobreexposició;
 - c) ha de corregir les mesures de prevenció i protecció, a fi d'evitar que es torni a produir una reincidència;
 - d) ha d'informar els delegats de prevenció d'aquestes circumstàncies.

Article 8. Informació i formació dels treballadors.

De conformitat amb el que disposen els articles 18.1 i 19 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, l'empresari ha de vetllar perquè els treballadors que es vegin exposats en el lloc de treball als riscos derivats de les radiacions òptiques artificials i/o els seus representants rebin la informació i formació necessàries sobre el resultat de l'avaluació de riscos que preveu l'article 6, en particular sobre:

- a) Les mesures preses en aplicació del present Reial decret.
- b) Els valors límit d'exposició que estableix l'article 5 i els riscos potencials associats.
- c) Els resultats de l'avaluació i, si s'escau, mesurament dels nivells d'exposició a radiacions òptiques artificials efectuats en aplicació de l'article 6 del present Reial decret, juntament amb una explicació del seu significat i riscos potencials.
- d) La forma de detectar els efectes nocius per a la salut deguts a l'exposició i la forma d'informar sobre aquests.
- e) Les circumstàncies en què els treballadors tenen dret a una vigilància de la salut, i la finalitat d'aquesta vigilància de la salut, de conformitat amb l'article 10.
- f) Les pràctiques de treball segures, amb la finalitat de reduir al mínim els riscos derivats de l'exposició a radiacions òptiques artificials.
- g) L'ús correcte dels equips de protecció individual.

Article 9. Consulta i participació dels treballadors.

La consulta i la participació dels treballadors i/o dels seus representants sobre les qüestions a què es refereix aquest Reial decret s'han de realitzar de conformitat amb el que disposa l'article 18.2 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre.

Article 10. Vigilància de la salut.

1. L'empresari ha de garantir una adequada vigilància de la salut dels treballadors en funció dels riscos inherents al treball amb exposició a radiacions òptiques artificials, tal com preveu l'article 22 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, amb la finalitat de la detecció precoç de qualsevol efecte nociu així com de la prevenció de qualsevol risc, inclosos els que són a llarg termini o els riscos de malaltia crònica.

La vigilància de la salut s'ha de realitzar a través de l'organització preventiva que hagi adoptat l'empresa i de conformitat amb l'article 37.3 del Reial decret 39/1997, de 17 de gener.

2. Quan es detecti una exposició que superi els valors límit, el treballador o els treballadors afectats tenen dret a un examen mèdic. També hi tenen dret els treballadors que, com a resultat de la vigilància de la salut, s'estableixi que pateixen una malaltia o efecte nociu per a la salut identificable, que segons el parer d'un metge o un especialista de medicina del treball sigui conseqüència de l'exposició a radiacions òptiques artificials en la feina. En els dos casos:

- a) El metge o altre personal sanitari competent ha de:
- 1r Proposar que els treballadors exposats se sotmetin a un examen mèdic.
 - 2n Comunicar al treballador el resultat que l'afecta personalment. També ha d'assessorar el treballador sobre qualsevol mesura de vigilància de la salut a la qual sigui convenient sotmetre's després del cessament de l'exposició.
 - 3r Informar l'empresari de qualsevol resultat significatiu de la vigilància de la salut, de conformitat amb l'article 22.4 de la Llei 31/1995, de 8 de novembre.
- b) Per la seva part, l'empresari ha de:
- 1r Revisar l'avaluació dels riscos efectuada d'acord amb l'article 6.
 - 2n Revisar les mesures previstes per eliminar o reduir els riscos d'acord amb el que disposa l'article 4.
 - 3r Tenir en compte les recomanacions del metge responsable de la vigilància de la salut en aplicar qualsevol altra mesura que es consideri necessària per eliminar o reduir riscos d'acord amb el que disposa l'article 4.
 - 4t Disposar una vigilància sistemàtica de la salut i l'examen de l'estat de salut dels altres treballadors que hagin patit una exposició similar.
3. La vigilància de la salut inclou l'elaboració i actualització de la història clinicolaboral dels treballadors que hi estan subjectes d'acord amb el que disposa l'apartat 1. L'accés, confidencialitat i contingut de les històries s'ha d'ajustar al que estableix l'article 22, apartats 2, 3 i 4, de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, i a l'article 37.3.c) del Reial decret 39/1997, de 17 de gener. El treballador ha de tenir accés, prèvia sol·licitud, a l'historial que l'afecti personalment.

Article 11. *Infraccions i sancions.*

Els incompliments al que disposa aquest Reial decret s'han de sancionar d'acord amb el que disposa la Llei d'infraccions i sancions en l'ordre social, Text refós aprovat pel Reial decret legislatiu 5/2000, de 4 d'agost.

Disposició addicional única. *Elaboració i actualització de la Guia tècnica.*

L'Institut Nacional de Seguretat i Higiene en el Treball, d'acord amb el que disposa l'article 5.3 del Reial decret 39/1997, de 17 de gener, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis de prevenció, ha d'elaborar i mantenir actualitzada una Guia tècnica de caràcter no vinculant, per a l'avaluació i prevenció dels riscos derivats de l'exposició a les radiacions òptiques artificials en els llocs de treball.

Disposició derogatòria única. *Abast de la derogació normativa.*

Queden derogades totes les disposicions del mateix rang o inferior que s'oposin al que preveu aquest Reial decret.

Disposició final primera. *Títol competencial.*

Aquest Reial decret es dicta a l'empara de l'article 149.1.7a de la Constitució, que atribueix a l'Estat la competència en matèria de legislació laboral sense perjudici de la seva execució pels òrgans de les comunitats autònomes.

Disposició final segona. *Incorporació de dret de la Unió Europea.*

Mitjançant aquest Reial decret s'incorpora al dret espanyol la Directiva 2006/25/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 5 d'abril de 2006, sobre les disposicions mínimes de seguretat i de salut relatives a l'exposició dels treballadors a riscos derivats dels agents físics (radiacions òptiques artificials).

Disposició final tercera. *Facultat de desplegament.*

S'autoritza el ministre de Treball i Immigració, amb l'informe previ de la Comissió Nacional de Seguretat i Salut en el Treball, a dictar totes les disposicions que siguin necessàries per a l'aplicació i el desplegament d'aquest Reial decret, així com per a les adaptacions de caràcter estrictament tècnic dels seus annexos, en funció del progrés tècnic i de l'evolució de les normatives o especificacions internacionals o dels coneixements en matèria de protecció davant els riscos relacionats amb l'exposició a les radiacions òptiques artificials.

Disposició final quarta. *Entrada en vigor.*

El present Reial decret entra en vigor el dia 27 d'abril de 2010.

Madrid, 23 d'abril de 2010.

JUAN CARLOS R.

El ministre de Treball i Immigració,
CELESTINO CORBACHO CHAVES

ANNEX I.

Radiacions òptiques incoherents

A. Taula A.1 Valors límit per a les radiacions òptiques incoherents i els seus efectes sobre la salut.

Núm. ordre	Longitud d'ona λ (nm)	Valor límit (unitats)		Part del cos/risc
1	180-400 (UV A-B-C)	$H_{\text{eff}}=30$ (J/m ²) <i>valor referit a 8 hores</i>		Ulls: Còrnia----fotoqueratitis Conjuntiva----conjuntivitis Cristal·lí---cataractes Pell: Eritema, elastosi, càncer de pell
2	315-400 (UVA)	$H_{\text{UVA}}=10^4$ (J/m ²) <i>valor referit a 8 hores</i>		Ulls: Cristal·lí-----cataractogènesi
3 a	$(\alpha \geq 11 \text{ mrad})$ 300-700 (llum blava) ⁽¹⁾	Per a $t \leq 10.000$ s	$L_B=10^6/t$ (W/ m ² ·sr)	Ulls: Retina----fotoretinitis
		Per a $t > 10.000$ s	$L_B=100$ (W/ m ² ·sr)	
3 b	$(\alpha < 11 \text{ mrad})^{(2)}$ 300-700 (llum blava) ⁽¹⁾	Per a $t \leq 10.000$ s	$E_B=100/t$ (W/ m ²)	
		Per a $t > 10.000$ s	$E_B=0,01$ (W/ m ²)	
4	380 – 1400 (visible i IRA)	Per a $t > 10$ s	$L_R=(2,8 \cdot 10^7)/C_a$ (W/ m ² ·sr)	Ulls: Retina----cremades
		Per a $10\mu\text{s} \leq t \leq 10\text{s}$	$L_R=(5 \cdot 10^7) / (C_a \cdot t^{0,25})$ (W/ m ² ·sr)	
		Per a $t < 10\mu\text{s}$	$L_R=(8,89 \cdot 10^8) / C_a$ (W/ m ² ·sr)	
5	780 – 1400 (IRA)	Per a $t > 10$ s	$L_R=(6 \cdot 10^6) / C_a$ (W/ m ² ·sr)	Ulls: Retina----cremades
		Per a $10\mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	$L_R=(5 \cdot 10^7) / (C_a \cdot t^{0,25})$ (W/ m ² ·sr)	
		Per a $t < 10\mu\text{s}$	$L_R=(8,89 \cdot 10^8) / C_a$ (W/ m ² ·sr)	
6	780-3000 (IRA i IRB)	Per a $t \leq 1.000$ s	$E_{\text{IR}}=18.000 \cdot t^{0,75}$ (W/ m ²)	Ulls: Còrnia----cremades Cristal·lí---cataractes
		Per a $t > 1.000$ s	$E_{\text{IR}}=100$ (W/ m ²)	
7	380-3000 (visible, IRA i IRB)	Per a $t < 10$ s	$H_{\text{pell}}=20.000 \cdot t^{0,25}$ (J/ m ²)	Pell----Cremades

¹ L'interval de 300 a 700 nm comprèn part dels raigs UVB, tots els UVA i la major part de les radiacions visibles; es denomina risc «de llum blava». En sentit estricte, la llum blava correspon únicament a l'interval de 400 a 490 nm aproximadament.

² Per fixar la mirada sobre fonts molt petites amb un $\alpha < 11$ mrad, L_B es pot convertir en E_B . Això és aplicable únicament en el cas d'instruments oftalmològics o a l'ull estabilitzat durant l'anestèsia. El temps màxim de «mirada fixa» es calcula mitjançant la fórmula: $t_{\text{max}} = 100/E_B$, aquest valor degut als moviments ocular no és superior a 100s.

B. Expressions.

Els valors d'exposició a les radiacions òptiques que són pertinents des d'un punt de vista biofísic es poden determinar mitjançant les fórmules recollides a continuació. Les fórmules que s'han d'utilitzar depenen de les longituds d'ona (λ) d'emissió de la font. A una determinada font de radiació òptica poden correspondre diversos valors d'exposició amb els seus límits d'exposició corresponents.

$1 \quad H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$	(H_{eff} és pertinent únicament en l'interval de la longitud d'ona entre 180 i 400 nm)
$2 \quad H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	(H_{UVA} és pertinent únicament en l'interval de la longitud d'ona entre 315 i 400 nm)
$3a \quad L_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	(L_B és pertinent únicament en l'interval de la longitud d'ona entre 300 i 700 nm)
$3b \quad E_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	(E_B és pertinent únicament en l'interval de la longitud d'ona entre 300 i 700 nm)
$4 \text{ i } 5 \quad L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$	(vegeu la taula A.1 per als valors adequats de λ_1 i λ_2)
$6 \quad E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$	(E_{IR} és pertinent únicament en l'interval de la longitud d'ona entre 780 i 3 000 nm)
$7 \quad H_{\text{piel}} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	(H_{pell} és pertinent únicament en l'interval de la longitud d'ona entre 380 i 3 000 nm)

Les fórmules esmentades anteriorment es poden substituir per les expressions següents i l'ús dels valors discrets establerts a les taules següents. El número indicat a la columna 'Núm. ordre' correspon al respectiu a la taula A.1. Els resultats s'han de comparar amb els corresponents valors límit d'exposició indicats a la taula A.1

Taula A.2. Fórmules

Núm. ordre	Expressió	Descripció
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>E_{λ} (λ, t), E λ: Irradiància espectral o densitat de potència espectral»: la potència radiant que incideix, per unitat d'àrea, sobre una superfície, expressada en watts per metre quadrat per nanòmetre ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$).</p> <p>Els valors E_{λ} (λ, t) i E_{λ} poden procedir de mesuraments o poden ser facilitats pel fabricant de l'equip.</p> <p>E_{eff}: Irradiància efectiva calculada per a l'interval de les radiacions UV (180 a 400 nm) ponderat espectralment per $S(\lambda)$, expressada en watts per metre quadrat ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)</p> <p>H: Exposició radiant, la irradiància integrada respecte al temps, expressada en joules per metre quadrat ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)</p> <p>$H_{\text{eff}}$: Exposició radiant efectiva ponderada espectralment per $S(\lambda)$, expressada en joules per metre quadrat ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)</p> <p>$S(\lambda)$: Ponderació espectral que té en compte la relació entre la longitud d'ona i els efectes per a la salut de la radiació UV sobre els ulls i la pell: (valors a la taula A.3)</p> <p>λ: Longitud d'ona, expressada en nanòmetres (nm)</p> <p>$\Delta\lambda$: Amplada de banda, expressada e nanòmetres (nm). Interval de càlcul o de mesura.</p> <p>Δt: Durada de l'exposició, expressat en segons (s)</p> <p>E_{UVA}: Irradiància total (UVA), calculada per a l'interval de les longituds d'ona UVA (315 a 400 nm), expressada en watts per metre quadrat ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)</p> <p>$H_{\text{UVA}}$: Exposició radiant, a integral o la suma de la irradiància respecte al temps i a la longitud d'ona calculada per a l'interval de les longituds d'ona UVA (315 i 400 nm), expressada en joules per metre quadrat ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)</p> <p>$L_{\lambda}$: Radiància espectral de la font, expressada en watts per metre quadrat per estereoradiant per nanòmetre ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$).</p> <p>LB: Radiància efectiva (llum blava), calculada i ponderada espectralment per $B(\lambda)$, expressada en watts per metre quadrat per estereoradiant ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$)</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 i 5	$L_{\text{R}} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ <p>(vegeu la taula A.1 per als valors adequats de λ_1 i λ_2)</p>	

6	$E_{IR} = \sum_{\lambda = 3\,000\text{ nm}}^{\lambda = 780\text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	<p>B(λ): Ponderació espectral, té en compte la relació entre la longitud d'ona i la lesió fotoquímica causada als ulls per la radiació de llum blava. (valors a la taula A.4)</p> <p>E_B: Irradiància efectiva (llum blava), ponderada espectralment per B(λ), expressada en watts per metre quadrat ($W \cdot m^{-2}$)</p> <p>L_R: Radiància efectiva (efecte tèrmic), calculada i ponderada espectralment per R(λ), expressada en watts per metre quadrat per estereoradiant ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$)</p>
7	$E_{pell} = \sum_{\lambda = 380\text{ nm}}^{\lambda = 3\,000\text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$ $H_{pell} = E_{pell} \cdot \Delta t$	<p>R(λ): Ponderació espectral, té en compte la relació entre la longitud d'ona i les lesions als ulls per efecte tèrmic provocat per la radiació visible i IRA. (valors a la taula A.4)</p> <p>E_{IR}: Irradiància total (efecte tèrmic), calculada per a l'interval de les longituds d'ona d'infrarojos (780 a 3.000 nm), expressada en watts per metre quadrat ($W \cdot m^{-2}$)</p> <p>E_{pell}: Irradiància total (visible, IRA i IRB), calculada per a l'interval de les longituds d'ona visibles i infrarojos (380 a 3.000 nm), expressada en watts per metre quadrat ($W \cdot m^{-2}$)</p> <p>H_{pell}: Exposició radiant total, la integral o la suma de la irradiància respecte al temps i a la longitud d'ona calculada per a l'interval de longituds d'ona visibles i infrarojos (380 a 3.000 nm), expressada en joules per metre quadrat ($J \cdot m^{-2}$)</p> <p>α: Angle subestès per una font aparent, percebut en un punt de l'espai, expressat en mil·liadians (mrad). La font aparent és l'objecte real o virtual que forma la imatge retiniana al més petita possible.</p>

C. Corbes de ponderació

Taula A3. Valors de la corba de ponderació $S(\lambda)$.
(Valors per a longituds d'ona de 180 a 400 nm.)

λ en nm	$S(\lambda)$	λ en nm	$S(\lambda)$	λ en nm	$S(\lambda)$	λ en nm	$S(\lambda)$	λ 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		

Taula A.4. Valors de les corbes de ponderació, $B(\lambda)$, i $R(\lambda)$
(Valors per a longituds d'ona de 300 a 1.400 nm)

Longitud d'ona (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

ANNEX II. Radiacions òptiques làser.

A. Taula B.1. Valors límit d'exposició dels ulls al làser ($T_{\text{Exposició}} \geq 10\text{s}$)

Longitud d'ona λ (nm)	Obertura	VALOR límit		Efecte
		$10^1 \text{ --- } 10^2$	$10^2 \text{ --- } 10^4$	
UVC 180-280	3,5 mm		$H=30 \text{ (J/m}^2\text{)}$	Lesions fotoquímiques i tèrmiques
UVB 280-302			$H=30 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
303			$H=40 \text{ (J/m}^2\text{)}$	Lesions fotoquímiques i tèrmiques
304			$H=60 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
305			$H=100 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
306			$H=160 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
307			$H=250 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
308	3,5 mm		$H=400 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
309			$H=630 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
310			$H=1 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
311			$H=1,6 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
312			$H=2,5 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
313			$H=4,0 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
314			$H=6,3 \cdot 10^3 \text{ (J/m}^2\text{)}$	
UVA 315-400	3,5 mm		$H=1 \cdot 10^4 \text{ (J/m}^2\text{)}$	Lesions fotoquímiques i tèrmiques
Visible (2)	400-600	$H=100 \cdot C_B \text{ (J/m}^2\text{)}$ $\gamma = 1,1 \cdot t^{0,5} \text{ mrad (3)}$	$E=1 \cdot C_B \text{ (W/m}^2\text{)}$ $\gamma = 1,10 \text{ mrad (3)}$	Lesions de la retina (fotoquímica)
	400-700	Si $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$	Llavors $E=10 \text{ (W/m}^2\text{)}$	Lesions de la retina (tèrmica)
		Si $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ i $t \leq T_2$	Llavors $H=18 \cdot C_E \cdot t^{0,75} \text{ (J/m}^2\text{)}$	
IRA	7 mm	Si $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ i $t > T_2$	Llavors $E=18 \cdot C_E \cdot T_2^{-0,25} \text{ (W/m}^2\text{)}$	Lesions tèrmiques
		Si $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$	Llavors $E=10 \cdot C_A \cdot C_C \text{ (W/m}^2\text{)}$	
		Si $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ i $t \leq T_2$	Llavors $H=18 \cdot C_A \cdot C_C \cdot C_E \cdot t^{0,75} \text{ (J/m}^2\text{)}$	
IRB e IRC	Vegeu(4)		$E=1000 \text{ (W/m}^2\text{)}$	Lesions tèrmiques

(1) Si apareixen dos límits per a la longitud d'ona del làser, s'aplica el més restrictiu.

(2) En el cas d'una font petita amb un $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$, els valors límit de E per a la radiació visible (400 a 600 nm) es redueixen als límits tèrmics per a $10^5 t < T_1$ i als límits fotoquímics per a exposicions més altes. Els valors de T_1 i T_2 , vegeu l'apartat B d'aquest annex. Els valors límit per a les lesions de retina fotoquímica també es poden expressar com a $G=10^6 \cdot C_B \text{ (J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}\text{)}$ per a $10 < t \leq 10.000\text{s}$ i $L=100 \cdot C_B$ per a $t > 10.000\text{s}$. Per mesurar G i L, $\gamma_{\text{m}} \text{ s'ha d'utilitzar com a camp visual per al càlcul de les mitjanes. La frontera oficial entre la radiació visible i la infraroja és de 780 nm segons la CIE. (La notació G la utilitza CEN, Lp la utilitza CEI i CENELEC) (G, radiància integrada, és la integral de la radiància respecte a un temps d'exposició, expressada com a energia radiant per unitat d'àrea de la superfície radiant i per unitat d'angle sòlid d'emissió, en joules per metre quadrat per estereoradiant (J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}\text{))}$

(3) γ : Angle del con límit del camp visual de mesurament expressat en miliradians (mrad), $\gamma_{\text{m}} =$ camp visual de mesurament (mrad). Si $\alpha > \gamma$, llavors $\gamma_{\text{m}} = \alpha$ (si s'utilitza un camp visual de mesurament més gran, el risc resulta sobrevalorat.) Si $\alpha < \gamma$, $\gamma_{\text{m}} = \gamma$ ha de ser prou ampli per incloure la font en la seva totalitat, però no està limitat d'una altra manera i podria ser més gran que γ .

α : angle subtès d'una font en miliradians (mrad). Obertura límit: la superfície circular sobre la qual es calculen les mitjanes de la radiància i l'exposició radiant.

(4) Per a λ entre 1.400 i 10.000 nm el diàmetre d'obertura és 3,5 mm. Per a λ entre 10^5 a 10^6 el diàmetre d'obertura és 11 mm

Taula B.2. Valors límit d'exposició dels ulls al làser ($T_{\text{Exposició}} < 10\text{s}$)

Longitud d'ona λ (nm)	UVC	UVA	Obertura	VALOR límit				Efecte		
				Durada						
				10^{-13} - 10^{-11}	10^{-11} - 10^{-9}	10^{-9} - 10^{-7}	0^7 - $1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ - $5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$ - 10^{-3}	$5 \cdot 10^{-3}$ - 10^{-1}
180-280						H=30 (J/m ²)				Lesions fotoquímiques i tèrmiques
280-302						H=30 (J/m ²)				
303						H=40 (J/m ²)				
304						H=60 (J/m ²)				
305						H=100 (J/m ²)				
306						H=160 (J/m ²)				
307						H=250 (J/m ²)				
308						H=400 (J/m ²)				
309						H=630 (J/m ²)				
310						H=1·10 ³ (J/m ²)				
311						H=1,6·10 ³ (J/m ²)				
312						H=2,5·10 ³ (J/m ²)				
313						H=4,0·10 ³ (J/m ²)				
314						H=6,3·10 ³ (J/m ²)				
315-400						H=5,6·10 ³ ·t ^{0,25} (J/m ²)				Lesions fotoquímiques i tèrmiques
400-700						H=1,5·10 ⁴ ·C _E (J/m ²)	H=2,7·10 ⁴ ·t ^{0,75} ·C _E (J/m ²)	H=5·10 ³ ·C _E (J/m ²)	H=18·t ^{0,75} ·C _E (J/m ²)	Lesions tèrmiques
700-1050			7 mm			H=1,5·10 ⁴ ·C _A ·C _E (J/m ²)	H=2,7·10 ⁴ ·t ^{0,75} ·C _A ·C _E (J/m ²)	H=5·10 ³ ·C _A ·C _E (J/m ²)	H=18·t ^{0,75} ·C _A ·C _E (J/m ²)	
1050-1400						H=1,5·10 ³ ·C _C ·C _E (J/m ²)	H=2,7·10 ⁵ ·t ^{0,75} ·C _C ·C _E (J/m ²)	H=5·10 ² ·C _C ·C _E (J/m ²)	H=90·t ^{0,75} ·C _C ·C _E (J/m ²)	
1400-1500						E=1·10 ¹² (W/m ²)	(2)	H=1·10 ³ (J/m ²)	H=5,6·10 ³ ·t ^{0,25} (J/m ²)	
1500-1800			Vegeu (4)			E=1·10 ¹³ (W/m ²)	(2)	H=1·10 ⁴ (J/m ²)	H=5,6·10 ⁶ ·t ^{0,25} (J/m ²)	
1800-2600						E=1·10 ¹² (W/m ²)	(2)	H=1·10 ³ (J/m ²)	H=5,6·10 ³ ·t ^{0,25} (J/m ²)	
2600-10 ⁶						E=1·10 ¹¹ (W/m ²)	(2)	H=100 (J/m ²)	H=5,6·10 ³ ·t ^{0,25} (J/m ²)	

(1) Si apareixen dos límits per a la longitud d'ona del làser, s'aplica el més restrictiu.
 (2) tenint en compte la falta de dades per a aquestes durades dels impulsos, es recomana la utilització de límits d'irradiància per a ls establers per la ICNIRP
 (3) En cas de múltiples impulsos, les durades de l'impuls làser dels impulsos produïts en un interval T_{min} (taula B.7) han de ser sumats i el valor del temps resultant s'ha de substituir per t en $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$
 (4) Quan $1400 \leq \lambda < 10^6$ el diàmetre d'obertura és 1 mm per a $t \leq 0,3$ i $1,5 \cdot t^{0,375}$ per a $0,3 < t < 10$. Quan $10^5 \leq \lambda < 10^6$ el diàmetre d'obertura és 11 mm.

Taula B.3. Valors límit d'exposició de la pell al làser

Longitud d'ona λ (nm)	Obertura (1)	VALOR límit						Efecte	
		Durada							
		10^{-9} - 10^{-7}	10^{-7} - 10^{-3}	10^{-3} - 10^1	10^1 - 10^3	10^3 - $3 \cdot 10^4$			
UV (A,B,C)	180-400	$E=3 \cdot 10^{10}$ (W/m ²)	Mateixos valors que els límits d'exposició per als ulls (taula B.1 i B.2)						Eritema
Visible i IRA	400-700	$E=2 \cdot 10^{11}$ (W/m ²)	$H=200 \cdot C_A$ (J/m ²)	$H=1,1 \cdot 10^4 \cdot C_A \cdot t^{0,25}$ (J/m ²)	$E=2 \cdot 10^3 \cdot C_A$ (W/m ²)	Lesions tèrmiques			
	700-1400	$E=2 \cdot 10^{11} \cdot C_A$ (W/m ²)							
IRB i IRC	1400-1500	$E=1 \cdot 10^{12}$ (W/m ²)	Mateixos valors que els límits d'exposició per als ulls (taula B.1 i B.2)						Lesions tèrmiques
	1500-1800	$E=1 \cdot 10^{13}$ (W/m ²)							
	1800-2600	$E=1 \cdot 10^{12}$ (W/m ²)							
	2600-10 ⁶	$E=1 \cdot 10^{11}$ (W/m ²)							

(1) Si apareixen dos límits per a la longitud d'ona del làser, s'aplica el més restrictiu.

B. Expressions i factors de correcció.

Els valors d'exposició a les radiacions òptiques que són pertinents des d'un punt de vista biofísic es poden determinar mitjançant les fórmules recollides a continuació. Els resultats s'han de comparar amb els corresponents valors límit que estableixen les taules B.1, B.2 i B.3

A una determinada font de radiació òptica làser poden correspondre diversos valors d'exposició amb els seus límits d'exposició corresponents.

Per al càlcul dels coeficients de les expressions de les taules B.1, B.2 i B.3 s'han de consultar les taules B.4, B.5, B.6 i B.7 (Paràmetres utilitzats per la ICNIRP)

$E = \frac{dP}{dA} [W m^{-2}]$	<p>On:</p> <p>dP: Potència, expressada en watts (W)</p> <p>dA: Àrea o superfície, expressada en metres (m)</p> <p>E(t), E: Irradiància o densitat de potència espectral, la potència radiant que incideix, per unitat d'àrea, sobre una superfície, expressada en watts per metre quadrat ($W \cdot m^{-2}$).</p> <p>Els valors E(t) i E poden procedir de mesuraments o poden ser facilitats pel fabricant.</p>
$H = \int_0^t E(t) \cdot dt [J m^{-2}]$	<p>H: Exposició radiant, la integral respecte al temps de la irradiància, expressada en joules per metre quadrat ($J \cdot m^{-2}$)</p> <p>t: Durada de l'exposició, expressada en segons (s).</p> <p>λ: Longitud d'ona, expressada en nanòmetres (nm)</p>

Taula B.4 Determinació del càlcul del C_A , C_B , C_C i T_1 .

Factor	Longitud d'ona λ (nm)	Valor
C_A	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700 --- 1050	$C_A = 10^{0,002 \cdot (\lambda - 700)}$
	1050 --- 1400	$C_A = 5,0$
C_B	400 --- 450	$C_B = 1,0$
	450 --- 700	$C_B = 10^{0,02 \cdot (\lambda - 450)}$
C_C	700 --- 1150	$C_C = 1,0$
	1150 --- 1200	$C_C = 10^{0,018 \cdot (\lambda - 1150)}$
	1200 --- 1400	$C_C = 8,0$
T_1	$\lambda < 450$	$T_1 = 10$ (s)
	450 --- 500	$T_1 = 10 \cdot 10^{0,02 \cdot (\lambda - 450)}$ (s)
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100$ (s)

Taula B.5 Determinació del càlcul del C_E

Factor	Interval de α (mrad) $\alpha_{\min} = 1,5$ mrad (efectes tèrmics)	Valor
C_E	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max})$ amb $\alpha_{\max} = 100$ 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)

Taula B.6 Determinació del càlcul del γ

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

Taula B.7. Factors per a exposicions reiterades.

Factor	Interval de t_{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 una de les tres regles següents s'hauria d'aplicar a totes les exposicions reiterades que es produeixin per una utilització repetitiva de sistemes de làser d'impulsos o d'escombrada:

- 1) l'exposició a qualsevol impuls únic d'un tren d'impulsos no ha de superar el valor límit d'exposició per a un impuls únic d'aquesta durada;
- 2) l'exposició a qualsevol grup d'impulsos (o subgrup d'impulsos d'un tren) durant un temps t no ha de superar el valor límit d'exposició per al temps t ;
- 3) l'exposició de qualsevol impuls únic dins d'un grup d'impulsos no ha de superar el valor límit d'exposició per a un impuls únic multiplicat pel factor de correcció tèrmic acumulatiu $C_p = N^{-0,25}$, en què N representa el nombre d'impulsos. Aquesta regla només s'aplica als límits d'exposició per tal d'evitar les lesions tèrmiques, quan tots els impulsos produïts en menys de T_{\min} es consideren com un impuls únic.