ANEXO I

Radiaciones ópticas incoherentes

A. Tabla A.1 Valores Límite para las Radiaciones ópticas incoherentes y sus efectos sobre la salud

Nº orden	Longitud de onda λ (nm)	Valor límite (unidades)		Parte del cuerpo/Riesgo
1	180-400 (UV A-B-C)	$H_{eff}=30$ (J/m²) *valor referido a 8 horas*		**Ojos**: Córnea-----fotoqueratitis Onjuntiva----conjuntivitis Cristalino—cataratas **Piel**: Eritema, elastosis, cáncer de piel
2	315-400 (UVA)	$H_{UVA}=10^4$ (J/m²) *valor referido a 8 horas*		**Ojos**: Cristalino------cataractogénesis
3 a	(α ≥ 11mrad) 300-700 (luz azul) (1)	Para t ≤ 10.000 s	$L_B=10^6/t$ (W/ m²·sr)	**Ojos**: Retina-----fotoretinitis
		Para t > 10.000 s	$L_B=100$ (W/ m²·sr)	
3 b	(α < 11mrad)(2) 300-700 (luz azul) (1)	Para t ≤ 10.000 s	$E_B=100/t$ (W/ m²)	
		Para t > 10.000 s	$E_B=0,01$ (W/ m²)	
4	380 – 1400 (visible e IRA)	Para t > 10 s $L_R=(2,8\cdot10^{7})/C_a$ (W/ m²·sr)	Para: α ≤ 1,7mrad $C_a= 1,7$ 1,7 ≤ α ≤ 100 mrad $C_a= \alpha$ α >100 mrad $C_a= 100$	**Ojos:** Retina-----quemaduras
		Para 10µs ≤ t ≤ 10s $L_R=(5\cdot10^{7}) / (C_a\cdot t^{0,25})$ (W/ m²·sr)		
		Para t < 10µs $L_R=(8,89\cdot10^{8}) / C_a$ (W/ m²·sr)		
5	780 – 1400 (IRA)	Para t >10 s $L_R=(6\cdot10^{6}) / C_a$ (W/ m²·sr)	Para: α ≤ 11 mrad $C_a= 11$ 11 ≤ α ≤ 100 mrad $C_a= \alpha$ α >100 mrad $C_a= 100$	**Ojos**: Retina-----quemaduras
		Para 10µs ≤ t ≤ 10 s $L_R=(5\cdot10^{7}) / (C_a\cdot t^{0,25})$ (W/ m²·sr)		
		Para t < 10µs $L_R=(8,89\cdot10^{8})/C_a$ (W/ m²·sr)		
6	780-3000 (IRA e IRB	Para t ≤ 1.000 s $E_{IR}=18.000\cdot t^{0,75}$ (W/ m²)		**Ojos**: Córnea-----Quemaduras Cristalino---cataratas
		Para t > 1.000 s $E_{IR}=100$ (W/ m²)		
7	380-3000 (visible, IRA e IRB)	Para t < 10 s $H_{piel} = 20.000\cdot t^{0,25}$ (J/ m²)		**Piel**----Quemaduras

[1] El intervalo de 300 a 700 nm comprende parte de los rayos UVB, todos los UVA y la mayor parte de las radiaciones visibles; denominándose riesgo «de luz azul». En sentido estricto, la luz azul corresponde únicamente al intervalo de 400 a 490 nm aproximadamente.

[2] Para fijar la mirada sobre fuentes muy pequeñas con un α <11 mrad, L_B puede convertirse a E_B. Esto es aplicable únicamente en el caso de instrumentos oftalmológicos o al ojo estabilizado durante la anestesia. El tiempo máximo de «mirada fija» se calcula mediante la fórmula: $t_{max} = 100/E_B$, este valor debido a los movimiento ocular no es superior a 100s.

cve: BOE-A-2010-6485

B. Expresiones

Los valores de exposición a las radiaciones ópticas que son pertinentes desde un punto de vista biofísico pueden determinarse mediante las fórmulas recogidas a continuación. Las fórmulas que deben utilizarse dependen de las longitudes de onda (λ) de emisión de la fuente. A una determinada fuente de radiación óptica pueden corresponder varios valores de exposición con sus correspondientes límites de exposición.

1	$H_{eff} = \int_0^t \int_{\lambda=180\ nm}^{\lambda=400\ nm} E_\lambda(\lambda,t)\cdot S(\lambda)\cdot d\lambda\cdot dt$	(H_{eff} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 180 y 400 nm)
2	$H_{UVA} = \int_0^t \int_{\lambda=315\ nm}^{\lambda=400\ nm} E_\lambda(\lambda,t)\cdot d\lambda\cdot dt$	(H_{UVA} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 315 y 400 nm)
3a	$L_B = \int_{\lambda=300\ nm}^{\lambda=700\ nm} L_\lambda(\lambda)\cdot B(\lambda)\cdot d\lambda$	(L_B es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 300 y 700 nm)
3b	$E_B = \int_{\lambda=300\ nm}^{\lambda=700\ nm} E_\lambda(\lambda)\cdot B(\lambda)\cdot d\lambda$	(E_B es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 300 y 700 nm)
4 y 5	$L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda(\lambda)\cdot R(\lambda)\cdot d\lambda$	(véase la tabla A.1 para los valores adecuados de λ_1 y λ_2)
6	$E_{IR} = \int_{\lambda=780\ nm}^{\lambda=3000\ nm} E_\lambda(\lambda)\cdot d\lambda$	(E_{IR} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 780 y 3 000 nm)
7	$H_{piel} = \int_0^t \int_{\lambda=380\ nm}^{\lambda=3000\ nm} E_\lambda(\lambda,t)\cdot d\lambda\cdot dt$	(H_{piel} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 380 y 3 000 nm)

cve: BOE-A-2010-6485

Las fórmulas mencionadas anteriormente pueden sustituirse por las siguientes expresiones y el uso de los valores discretos establecidos en las siguientes tablas. El número indicado en la columna 'Nº orden' corresponde al respectivo en la tabla A.1. Los resultados deberán compararse con los correspondientes valores límite de exposición indicados en la tabla A.1

Tabla A.2 Fórmulas

Nº orden	Expresión	Descripción
1	$E_{eff} = \sum_{\lambda = 180\,nm}^{\lambda = 400\,nm} E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ $H_{eff} = E_{eff} \cdot \Delta t$	E_λ (λ, t), E_λ : Irradiancia espectral o densidad de potencia espectral»: la potencia radiante que incide, por unidad de área, sobre una superficie, expresada en vatios por metro cuadrado por nanómetro ($W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$). Los valores E_λ (λ, t) y E_λ pueden proceder de mediciones o pueden ser facilitados por el fabricante del equipo. E_{eff}: Irradiancia efectiva calculada para el intervalo de las radiaciones UV (180 a 400 nm) ponderado espectralmente por S(λ), expresada en vatios por metro cuadrado ($W \cdot m^{-2}$) H : Exposición radiante, la irradiancia integrada respecto al tiempo, expresada en julios por metro cuadrado ($J \cdot m^{-2}$) H_{eff}: Exposición radiante efectiva ponderado espectralmente por S(λ), expresada en julios por metro cuadrado ($J \cdot m^{-2}$) S(λ): Ponderación espectral que tiene en cuenta la relación entre la longitud de onda y los efectos para la salud de la radiación UV sobre los ojos y la piel . (valores en la tabla A.3) **λ:** Longitud de onda, expresada en nanometros (nm) **Δλ** : Ancho de banda, expresada e nánometros (nm). Intervalo de cálculo o de medida. **Δt:** Duración de la exposición, expresado en segundos (s) E_{UVA} : Irradiancia total (UVA), calculada para el intervalo de las longitudes de onda UVA (315 a 400 nm), expresada en vatios por metro cuadrado ($W \cdot m^{-2}$) H_{UVA} : Exposición radiante, a integral o la suma de la irradiancia con respecto al tiempo y a la longitud de onda calculada para el intervalo de las longitudes de onda UVA (315 y 400 nm), expresada en julios por metro cuadrado ($J \cdot m^{-2}$)
2	$E_{UVA} = \sum_{\lambda = 315\,nm}^{\lambda = 400\,nm} E_\lambda \cdot \Delta\lambda$ $H_{UVA} = E_{UVA} \cdot \Delta t$	
3 a	$L_B = \sum_{\lambda = 300\,nm}^{\lambda = 700\,nm} L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	
3 b	$E_B = \sum_{\lambda = 300\,nm}^{\lambda = 700\,nm} E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	
4 y 5	$L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ (véase la tabla A.1 para los valores adecuados de λ_1 y λ_2)	

Nº orden	Expresión	Descripción
6	$E_{IR} = \sum_{\lambda = 780\ nm}^{\lambda = 3\,000\ nm} E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	L_λ : Radiancia espectral de la fuente, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián por nanómetro ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot nm^{-1}$). L_B: Radiancia efectiva (luz azul), calculada y ponderada espectralmente por B (λ), expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$) B(λ)**:** Ponderación espectral, tiene en cuenta la relación entre la longitud de onda y la lesión fotoquímica causada en los ojos por la radiación de luz azul. (valores en la tabla A.4) E_B : Irradiancia efectiva (luz azul), ponderada espectralmente por B (λ), expresada en vatios por metro cuadrado ($W \cdot m^{-2}$) L_R: Radiancia efectiva (efecto térmico), calculada y ponderada espectralmente por R (λ), expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$) R(λ): Ponderación espectral, tiene en cuenta la relación entre la longitud de onda y las lesiones en los ojos por efecto térmico provocado por la radiación visible y IRA. (valores en la tabla A.4) E_{IR} : Irradiancia total (efecto térmico), calculada para el intervalo de las longitudes de onda de infrarrojos (780 a 3.000 nm), expresada en vatios por metro cuadrado ($W \cdot m^{-2}$) E_{piel} : Irradiancia total (visible, IRA e IRB), calculada para el intervalo de las longitudes de onda visibles e infrarrojos (380 a 3.000 nm), expresada en vatios por metro cuadrado ($W \cdot m^{-2}$) H_{piel} : Exposición radiante total , la integral o la suma de la irradiancia con respecto al tiempo y a la longitud de onda calculada para el intervalo de longitudes de onda visibles e infrarrojos (380 a 3.000 nm), expresada en julios por metro cuadrado ($J \cdot m^{-2}$) α : Ángulo subtendido por una fuente aparente, percibido en un punto del espacio, expresado en milirradianes (mrad). La fuente aparente es el objeto real o virtual que forma la imagen retiniana lo más pequeña posible.
7	$E_{piel} = \sum_{\lambda = 380\ nm}^{\lambda = 3\,000\ nm} E_\lambda \cdot \Delta\lambda$ $H_{piel} = E_{piel} \cdot \Delta t$	

C. Curvas de Ponderación

Tabla A3 Valores de la curva de ponderación S(λ).
(Valores para longitudes de onda de 180 a 400 nm.)

)λ en nm	S (λ	λ en nm	S (λ)	λ en nm	S (λ)	λ en nm	S (λ)	λ en nm	S (λ)
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		

cve: BOE-A-2010-6485

Tabla A.4 Valores de las curvas de ponderación, B(λ), y R(λ)
(Valores para longitudes de onda de 300 a 1.400 nm)

Longitud de onda (nm)	B(λ)	R(λ)
300≤λ<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<λ≤600	0,05	1,0
600<λ≤700	$10^{0,02\cdot(450-\lambda)}$	1,000
700<λ≤1050	---------	$10^{0,002\cdot(700-\lambda)}$
1050<λ≤1150	---------	0,2
1150<λ≤1200	---------	$0,2\cdot 10^{0,02\cdot(1150-\lambda)}$
1200<λ≤1400	---------	0,02

cve: BOE-A-2010-6485

ANEXO II

Radiaciones ópticas láser

A. Tabla B.1 Valores límite de exposición de los ojos al láser ($T_{Exposición} \geq 10s$)

Longitud de onda λ (nm) (1)		Apertura	VALOR Límite Duración 10^1 ---10^2	10^2 ---10^4	10^4 ---$3\cdot10^4$	Efecto
UVC	180-280	3.5 mm	$H=30$ (J/m²)			Lesiones fotoquímicas y térmicas
UVB	280-302	3.5 mm	$H=30$ (J/m²)			Lesiones fotoquímicas y térmicas
	303		$H=40$ (J/m²)			
	304		$H=60$ (J/m²)			
	305		$H=100$ (J/m²)			
	306		$H=160$ (J/m²)			
	307		$H=250$ (J/m²)			
	308		$H=400$ (J/m²)			
	309		$H=630$ (J/m²)			
	310		$H=1\cdot10^3$ (J/m²)			
	311		$H=1{,}6\cdot10^3$ (J/m²)			
	312		$H=2{,}5\cdot10^3$ (J/m²)			
	313		$H=4{,}0\cdot10^3$ (J/m²)			
	314		$H=6{,}3\cdot10^3$ (J/m²)			
UVA	315-400	3,5 mm	$H=1\cdot10^4$ (J/m²)			Lesiones fotoquímicas y térmicas
Visible (2)	400-600	7mm	$H=100\cdot C_B$ (J/m²) $\gamma = 11$ mrad (3)	$E=1\cdot C_B$ (W/m²) $\gamma = 1{,}1\cdot t^{0,5}$ mrad (3)	$E=1\cdot C_B$ (W/m²) $\gamma = 110$ mrad (3)	Lesiones de la retina (fotoquímica)
	400-700		Si $\alpha \leq 1{,}5$ mrad Si $\alpha > 1{,}5$ mrad y $t \leq T_2$ Si $\alpha > 1{,}5$ mrad y $t > T_2$	Entonces $E=10$ (W/m²) Entonces $H=18\cdot C_E \cdot t^{0,75}$ (J/m²) Entonces $E=18\cdot C_E \cdot T_2^{-0,25}$ (W/m²)		Lesiones de la retina (térmica)
IRA	700-1400	7 mm	Si $\alpha \leq 1{,}5$ mrad Si $\alpha > 1{,}5$ mrad y $t \leq T_2$ Si $\alpha > 1{,}5$ mrad y $t > T_2$	Entonces $E=10\cdot C_A\cdot C_C$ (W/m²) Entonces $H=18\cdot C_A\cdot C_C\cdot C_E\cdot t^{0,75}$ (J/m²) Entonces $E=18\cdot C_A\cdot C_C\cdot C_E\cdot T_2^{-0,25}$ (W/m²)		Lesiones térmicas
IRB e IRC	1400- 10^6	Véase(4)	$E=1000$ (W/m²)			Lesiones térmicas

(1) Si aparecen dos límites para la longitud de onda del láser, se aplicará el más restrictivo.

(2) En el caso de una fuente pequeña con un $\alpha \leq 1{,}5$mrad, los valores límite de E para la radiación visible (400 a 600nm) se reducen a los límites térmicos para $10 \leq t < T_1$ y a los límites fotoquímicos para exposiciones mayores. Los valores de T_1 y T_2 véase el apartado B de este anexo. Los valores límite para las lesiones de retina fotoquímica también pueden expresarse como $G=10^6 \cdot C_B$ ($J\cdot m^{-2}\cdot sr^{-1}$) para $10 < t \leq 10\,000$s y $L=100 \cdot CB$ para $1\ t > 10\,000$s. Para medir G y L, $\gamma_{m=}$ debe emplearse como campo visual para el cálculo de los promedios. La frontera oficial entre la radiación visible y la infrarroja es de 780 nm según la CIE. (La notación G la utiliza CEN, Lp la utiliza CEI y CENELEC) (G, radiancia integrada, es la integral de la radiancia con respecto a un tiempo de exposición, expresada como energía radiante por unidad de área de la superficie radiante y por unidad de ángulo sólido de emisión, en julios por metro cuadrado por estereorradián ($J\cdot m^{-2}\cdot sr^{-1}$)

(3) γ: Ángulo del cono límite del campo visual de medición expresado en milirradianes (mrad); $\gamma_{m=}$ campo visual de medición (mrad). Si $\alpha > \gamma$, entonces $\gamma_m = \alpha$ (si se emplea un campo visual de medición mayor , el riesgo resulta sobrevalorado.) Si $\alpha < \gamma$, γ_m debe ser lo suficientemente amplio para incluir la fuente en su totalidad, pero no está limitado de otro modo y podría ser mayor que γ
α : ángulo subtendido de una fuente en milirradianes (mrad). Abertura límite: la superficie circular sobre la que se calculan los promedios de la irradiancia y la exposición radiante.

(4) Para λ entre 1.400 y 10.000 nm el diámetro de apertura es 3,5mm. Para λ entre 10^5 a 10^6 el diámetro de apertura es 11 mm

Tabla B.2 Valores límite de exposición de los ojos al láser ($T_{Exposición}$ < 10s)

Longitud de onda λ (nm) (1)		Aper-tura	VALOR Límite — Duración 10^{-13}--10^{-11}	10^{-11}--10^{-9}	10^{-9}--10^{-7}	10^{-7}--$1{,}8\cdot10^{-5}$	$1{,}8\cdot10^{-5}$--$5\cdot10^{-5}$	$5\cdot10^{-5}$--10^{-3}	$5\cdot10^{-3}$--10	Efecto
UVC	180-280	1 mm para t<0,3s $1{,}5\cdot t^{0,375}$ para 0,3<t<10s	$E=3\cdot10^{10}$ (W/m²) (Véase nota 2)		H= 30 (J/m²)					Lesiones fotoquímicas y térmicas
UVB	280-302				H= 30 (J/m²)					Lesiones fotoquímicas y térmicas
	303				H= 40 (J/m²)	Si $t < 2{,}6\cdot10^{-9}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	304				H= 60 (J/m²)	Si $t < 1{,}3\cdot10^{-8}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	305				H=100 (J/m²)	Si $t < 1{,}0\cdot10^{-7}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	306				H=160 (J/m²)	Si $t < 6{,}7\cdot10^{-7}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	307				H= 250 (J/m²)	Si $t < 4{,}0\cdot10^{-6}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	308				H= 400 (J/m²)	Si $t < 2.6\cdot10^{-5}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	309				H= 630 (J/m²)	Si $t < 1{,}6\cdot10^{-4}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	310				$H=1\cdot10^{3}$ (J/m²)	Si $t < 1{,}0\cdot10^{-3}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	311				$H=1{,}6\cdot10^{3}$ (J/m²)	Si $t < 6{,}7\cdot10^{-3}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	312				$H=2{,}5\cdot10^{3}$ (J/m²)	Si $t < 4{,}0\cdot10^{-2}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	313				$H=4{,}0\cdot10^{3}$ (J/m²)	Si $t < 2{,}6\cdot10^{-1}$ entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
	314				$H=6{,}3\cdot10^{3}$ (J/m²)	Si t < 1,6 entonces $H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (3)				
UVA	315-400				$H= 5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$ (J/m²)					Lesiones fotoquímicas y térmicas
Visible e IRA	400-700	7 mm	$H=1{,}5\cdot10^{-4}\cdot C_E$ (J/m²)	$H=2{,}7\cdot10^{4}\cdot t^{0,75}\cdot C_E$ (J/m²)	$H=5\cdot10^{-3}\cdot C_E$ (J/m²)	$H= 18\cdot t^{0,75}\cdot C_E$ (J/m²)				Lesiones térmicas
	700-1050		$H=1{,}5\cdot10^{-4}\cdot C_A\cdot C_E$ (J/m²)	$H=2{,}7\cdot10^{4}\cdot t^{0,75}\cdot C_A\cdot C_E$ (J/m²)	$H=5\cdot10^{-3}\cdot C_A\cdot C_E$ (J/m²)	$H= 18\cdot t^{0,75}\cdot C_A\cdot C_E$ (J/m²)				
	1050-1400		$H=1{,}5\cdot10^{-3}\cdot C_C\cdot C_E$ (J/m²)	$H=2{,}7\cdot10^{5}\cdot t^{0,75}\cdot C_C\cdot C_E$ (J/m²)	$H=5\cdot10^{-2}\cdot C_C\cdot C_E$ (J/m²)		$H= 90\cdot t^{0,75}\cdot C_C\cdot C_E$ (J/m²)			
IRB e IRC	1400-1500	Véase (4)	$E=1\cdot10^{12}$ (W/m²) (2)		$H=1\cdot10^{3}$ (J/m²)				$H= 5{,}6\cdot10^{3}\, t^{0,25}$ (J/m²)	Lesiones térmicas
	1500-1800		$E=1\cdot10^{13}$ (W/m²) (2)		$H=1\cdot10^{4}$ (J/m²)					
	1800-2600		$E=1\cdot10^{12}$ (W/m²) (2)		$H=1\cdot10^{3}$ (J/m²)				$H= 5{,}6\cdot10^{3}\, t^{0,25}$ (J/m²)	
	2600-10^{6}		$E=1\cdot10^{11}$ (W/m²) (2)		H=100 (J/m²)	$H= 5{,}6\cdot10^{3}\, t^{0,25}$ (J/m²)				

(1) Si aparecen dos límites para la longitud de onda del láser, se aplicará el más restrictivo.
(2) habida cuenta de la falta de datos para estas duraciones de los pulso, se recomienda la utilización de límites de irradiancia para 1ns establecidos por la ICNIRP
(3) En caso de múltiples pulsos, las duraciones del pulso láser de los pulsos producidos en un intervalo T_{min} (Tabla B.7) deberán ser sumado y el valor del tiempo resultante sustituirse por t en $5{,}6\cdot10^{3}\cdot t^{0,25}$
(4) Cuando $1400\leq \lambda<10^{5}$ el diámetro de apertura es 1mm para $t \leq 0{,}3$ y $1{,}5\cdot t^{0,375}$ para $0{,}3 < t < 10$ .Cuando $10^{5}\leq \lambda<10^{6}$ el diámetro de apertura es 11mm.

Tabla B.3 Valores límite de exposición de la piel al láser

Longitud de onda λ (nm) (1)		Apertura	VALOR Límite – Duración $<10^{-9}$	10^{-9}--10^{-7}	10^{-7}--10^{-3}	10^{-3} – 10^{1}	10^{1} --10^{3}	10^{3} – $3\cdot10^{4}$	Efecto
UV (A,B,C)	180-400	3,5 mm	$E=3\cdot10^{10}$ (W/m²)	Mismos valores que los límites de exposición para los ojos (tabla B.1 y B.2)					Eritema
Visible e IRA	400-700		$E=2\cdot10^{11}$ (W/m²)	$H=200\cdot C_A$ (J/m²)	$H= 1,1\cdot10^{4}\cdot C_A \cdot t^{0,25}$ (J/m²)		$E= 2\cdot10^{3}\cdot C_A$ (W/m²)		Lesiones térmicas
	700-1400		$E=2\cdot10^{11}\cdot C_A$ (W/m²)						
IRB e IRC	1400-1500		$E=1\cdot10^{12}$ (W/m²)	Mismos valores que los límites de exposición para los ojos (tabla B.1 y B.2)					Lesiones térmicas
	1500-1800		$E=1\cdot10^{13}$ (W/m²)						
	1800-2600		$E=1\cdot10^{12}$ (W/m²)						
	2600-10^{6}		$E=1\cdot10^{11}$ (W/m²)						

(1) Si aparecen dos límites para la longitud de onda del láser, se aplicará el más restrictivo.

B. Expresiones y factores de corrección

Los valores de exposición a las radiaciones ópticas que son pertinentes desde un punto de vista biofísico pueden determinarse mediante las fórmulas recogidas a continuación. Los resultados deben compararse con los correspondientes valores límite establecidos en las tablas B.1 , B.2 y B.3

A una determinada fuente de radiación óptica láser pueden corresponder varios valores de exposición con sus correspondientes límites de exposición.

Para el cálculo de los coeficientes de las expresiones de las tablas B.1, B.2 y B.3 deben consultarse las tablas B.4, B.5, B.6 y B.7 (Parámetros utilizados por la ICNIRP)

Donde:

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

dP: Potencia, expresada en vatios (W)
dA: Área o superficie, expresada en metros (m)

E(t), E : Irradiancia o densidad de potencia espectral, la potencia radiante que incide, por unidad de área, sobre una superficie, expresada en vatios por metro cuadrado ($W\cdot m^{-2}$). Los valores E(t) y E pueden proceder de mediciones o pueden ser facilitados el fabricante.

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

H : Exposición radiante, la integral con respecto al tiempo de la irradiancia, expresada en julios por metro cuadrado ($J\cdot m^{-2}$)
t: Duración de la exposición, expresada en segundos (s).
λ: Longitud de onda, expresada en nanometros (nm)

Tabla B.4 Determinación del cálculo del C_A, C_B, C_C y T_1

Factor	Longitud de onda λ (nm)	Valor
C_A	λ< 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	λ < 450	$T_1 = 10$ (s)
	450 --- 500	$T_1 = 10\cdot 10^{0{,}02\cdot(\lambda-450)}$ (s)
	λ > 500	$T_1 = 100$ (s)

cve: BOE-A-2010-6485

Tabla B.5 Determinación del cálculo del C_E

Factor	Intervalo de α (mrad) α_{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 $\alpha_{max=100mrad}$
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)

Tabla B.6 Determinación del cálculo del γ

Factor	Intervalo 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)

Tabla. B.7 Factores para exposiciones reiteradas

Factor	Intervalo 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 las tres reglas siguientes debería aplicarse a todas las exposiciones reiteradas que se produzcan por una utilización repetitiva de sistemas de láser de pulsos o de barrido:

1) La exposición a cualquier pulso único de un tren de pulsos no deberá superar el valor límite de exposición para un pulso único de esa duración;

2) La exposición a cualquier grupo de pulsos (o subgrupo de pulsos de un tren) durante un tiempo t no deberá superar el valor límite de exposición para el tiempo t;

3) La exposición de cualquier pulso único dentro de un grupo de pulsos no deberá superar el valor límite de exposición para un pulso único multiplicado por el factor de corrección térmico acumulativo $C_p = N^{-0{,}25}$, en el que N representa el número de pulsos. Esta regla sólo se aplica a los límites de exposición con objeto de evitar las lesiones térmicas, cuando todos los pulsos producidos en menos de T_{min} se consideran como un pulso único.

cve: BOE-A-2010-6485