

HD2402

**Fotoradiómetro / Dosímetro
para medir las radiaciones ópticas
artificiales incoherentes (R.O.A.)**

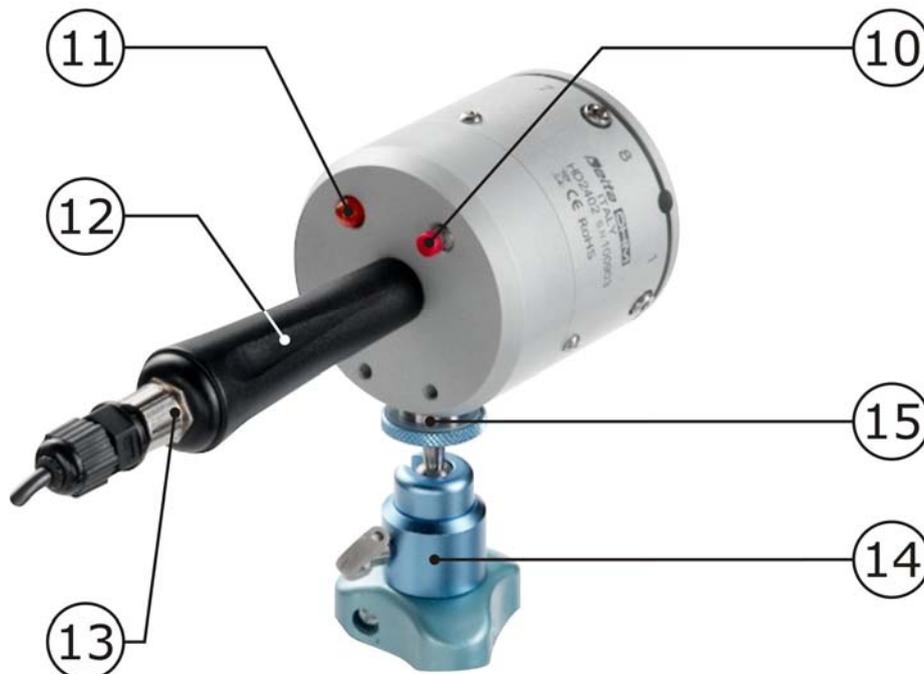
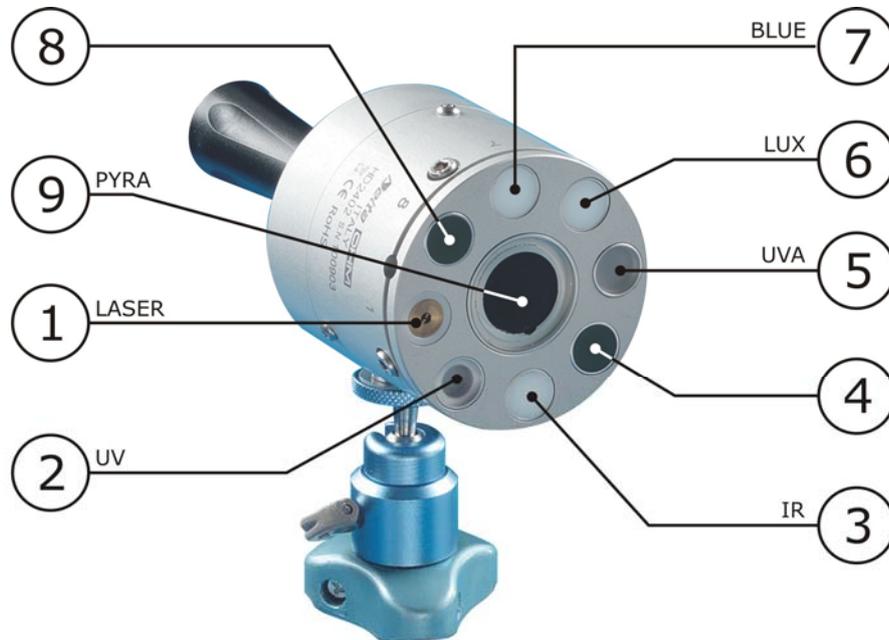
ESPAÑOL

El nivel cualitativo de nuestros instrumentos es el resultado de una continua evolución del producto. Esto puede llegar a tener unas diferencias entre lo que está escrito en este manual y el instrumento que han comprado. No podemos excluir completamente la existencia de errores en el manual. Lo sentimos.

Los datos, las figuras y las descripciones contenidos en este manual no tienen una valencia jurídica. Nos reservamos el derecho de realizar cambios y correcciones sin previo aviso.

HD2402

Fotorradiómetro / Dosímetro R.O.A.



FRENTE

1. LÁSER LED
2. Sensor radiométrico para la medición de la banda ultravioleta (220 ÷ 400 nm)
3. Sensor radiométrico para la medición de la banda NIR (700÷1300 nm)
4. No usado
5. Sensor radiométrico para la medición de la banda UVA (315÷400 nm)
6. Sensor fotométrico para la medición de la luz visible (Luxómetro)
7. Sensor radiométrico para la medición de la banda AZUL (400÷600 nm)
8. No usado
9. Sensor de termopila para la medición de la banda NIR-FIR (400÷2800 nm)

PARTE TRASERA Y LATERAL

10. Botón para encender el diodo LÁSER que apunta y para controlar el instrumento cuando no esté conectado al ordenador
11. Indicador de LED: visualiza el estado del instrumento
12. Mango
13. Conector M12 para conectar el instrumento al ordenador o al alimentador
14. Trípode
15. Unión para la fijación del instrumento al trípode



¡CUIDADO!

CUANDO SE PULSA LA TECLA PARA ENCENDER EL LÁSER, EVITAR EXPONER LOS OJOS O LA PIEL A LA RADIACIÓN DIRECTA DEL LÁSER.

CUANDO EL LÁSER ESTÁ ENCENDIDO, ASEGURARSE DE QUE OTRAS PERSONAS NO SE HALLEN INADVERTIDAMENTE EN LA TRAYECTORIA DE LA LUZ EMITIDA POR EL LÁSER.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
2	NOCIONES DE RADIOMETRÍA	8
	2.1 Irradiancia	8
	2.2 Radiancia.....	9
3	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	11
4	INSTALACIÓN DEL INSTRUMENTO	15
	4.1 Conexión al ordenador	15
5	DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES	16
6	GESTIÓN DE UNA CAMPAÑA DE MEDICIÓN CON EL DELTALOG13	18
	6.1 Configuración de las escalas de medición.....	18
	6.2 Modalidad de registro	19
	6.3 Descarga de las medidas adquiridas en el ordenador.....	20
	6.4 Análisis de los datos e informe de evaluación	21
	6.4.1 Parámetros geométricos	25
	6.4.2 Tabla Luxómetro	26
	6.4.3 Tabla a. 180-400.....	27
	6.4.4 Tabla b. 315-400.....	27
	6.4.5 Tabla c.d. 300-700	28
	6.4.6 Tabla g.h.i. 380-1400.....	33
	6.4.7 Tabla j.k.l. 780-1400	38
	6.4.8 Tabla m.n.o. 380-3000.....	43
	6.4.9 Tabla Notas	44
	6.4.10 Tabla Informe	44
7	CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES	46
	7.1 Rango espectral 180-400nm	46
	7.2 Rango espectral 315-400nm (UVA).....	47
	7.3 Rango espectral 300-700nm	47
	7.4 Rango espectral 380-1400nm	48
	7.5 Rango espectral 780-1400nm	48
	7.6 Rango espectral 380-3000nm	49
8	CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES	50
9	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	51
10	ALMACENAMIENTO	53
11	INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	53
12	CÓDIGOS DE PEDIDO	54

1 INTRODUCCIÓN

El **HD2402** es un fotoradiómetro datalogger portátil para realizar mediciones de radiaciones ópticas incoherentes **de acuerdo con la Directiva Europea 2006/25/CE y con el Decreto Ley núm. 81 fechado 9 de Abril de 2008.**

El instrumento consiste en una serie de sensores para cubrir distintas porciones del espectro y en un pequeño LÁSER utilizado para indicar la fuente analizada.

Los distintos sensores trabajan en los siguientes rangos de espectro:

- Sensor fotométrico para medir la iluminancia (luxómetro) dentro del rango de espectro 380÷780 nm.
- Sensor radiométrico para la banda ultravioleta (220÷400 nm) con factor de peso espectral $S(\lambda)$.
- Sensor radiométrico para la banda de los rayos UVA (315÷400 nm)
- Sensor radiométrico para la banda 400÷700 nm (azul) con factor de peso espectral $B(\lambda)$.
- Sensor radiométrico para la banda IR (700÷1300 nm) con factor de peso espectral $R(\lambda)$.
- Sensor de termopila para la medición de la iluminancia en el infrarrojo, rango espectral 400÷2800 nm.

El **HD2402** es un instrumento que puede ser alimentado conectándolo a un ordenador, recibiendo la alimentación directamente del puerto USB del ordenador o a través de un alimentador externo con salida USB (código **SWD05**). El cable de conexión **CP24** tiene un conector M12 por el lado del instrumento y un conector USB de tipo A por el lado del ordenador o hacia el alimentador **SWD05**.

Usando el **software DeltaLog13 de la versión 1.0.1.0** y un ordenador se pueden configurar el **HD2402** (calendario, fecha, hora, hora de inicio y duración del logging), y usted puede descargar y analizar los datos almacenados y adquirir datos en tiempo real. Una vez configurado, el datalogger puede ser desconectado del ordenador y conectado a su alimentador para adquirir y almacenar los datos de acuerdo a las configuraciones programadas.

El instrumento está equipado con un botón para permitir cualquier inicialización y parada manual del almacenamiento cuando no esté conectado al ordenador.

Un indicador de LED en la parte posterior indica el estado de adquisición del instrumento.

El Decreto Ley 81/08 en el Capítulo V requiere la medición de las radiaciones ópticas artificiales (ROA) producidas por la luz incoherente y luz coherente (LÁSER). Con el HD2402 es posible caracterizar las fuentes incoherentes y, en este manual, si no está escrito lo contrario, nos referiremos sólo a este tipo de fuentes.

El Anexo XXXVII del Decreto Ley 81/08 proporciona las fórmulas (Tabla 1) para determinar los límites de exposición a las radiaciones ópticas importantes de vista un punto de vista biofísico.

a)	$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda = 180 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$	(H_{eff} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 180 y 400 nm)
b)	$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda = 315 \text{ nm}}^{\lambda = 400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	(H_{UVA} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 315 y 400 nm)
c, d)	$L_B = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	(L_B es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 300 y 700 nm)
e, f)	$E_B = \int_{\lambda = 300 \text{ nm}}^{\lambda = 700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$	(E_B es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 300 y 700 nm)
g a l)	$L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$	(véase la tabla 1.1 para los valores adecuados de λ_1 y λ_2)
m, n)	$E_{\text{IR}} = \int_{\lambda = 780 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$	(E_{IR} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 780 y 3 000 nm)
o)	$H_{\text{piel}} = \int_0^t \int_{\lambda = 380 \text{ nm}}^{\lambda = 3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$	(H_{piel} es pertinente únicamente en el intervalo de la longitud de onda entre 380 y 3 000 nm)

Tabla 1: fórmulas para calcular los valores límite

Donde:

- $E_{\lambda}(\lambda, t)$, 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 [$\text{W}/(\text{m}^2 \text{ nm})$]; los valores de $E_{\lambda}(\lambda, t)$ y E_{λ} son los resultados de mediciones o pueden ser proporcionados por el fabricante del equipo;
- E_{eff} irradiancia eficaz: irradiancia calculada dentro el rango de longitud de onda UV de 180-400 nm, ponderada espectralmente con $S(\lambda)$, expresado en vatios por metro cuadrado [W/m^2];
- H exposición radiante: integral en el tiempo de irradiancia, expresada en joule por metro cuadrado [J/m^2]
- H_{eff} exposición radiante eficaz: exposición radiante ponderada espectralmente con $S(\lambda)$, expresada en joule por metro cuadrado [J/m^2];
- E_{UVA} irradiancia total (UVA): irradiancia calculada dentro el rango de longitud de onda UVA de 315-400 nm, expresada en vatios por metro cuadrado [W/m^2];
- H_{UVA} exposición radiante: integral o suma en el tiempo y en la longitud de onda de la irradiancia en el rango de longitud de onda UVA de 315 a 400 nm, expresada en joule por metro cuadrado [J/m^2];
- $S(\lambda)$ factor de peso espectral que tiene en cuenta la dependencia de la longitud de onda de los efectos sobre la salud de las radiaciones UV sobre los ojos y la piel [sin dimensiones];
- $t, \Delta t$ tiempo, duración de la exposición, expresado en segundos [s];
- λ longitud de onda, expresada en nanómetros [nm];
- $\Delta\lambda$ ancho de banda, expresada en nanómetros [nm], de los intervalos de cálculo o de medición;

- $L_{\lambda}(\lambda)$, radiancia espectral de la fuente, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián por nanómetro [$W/(m^2 \text{ sr nm})$];
- L_{λ} radiancia espectral de la fuente, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián por nanómetro [$W/(m^2 \text{ sr nm})$];
- $R(\lambda)$ factor de peso espectral que tiene en cuenta la dependencia de la longitud de onda de las lesiones térmicas provocadas sobre los ojos por las radiaciones visibles e IRA [sin dimensiones];
- L_R radiancia eficaz (lesión térmica): radiancia calculada y ponderada espectralmente con $R(\lambda)$, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián [$W/(m^2 \text{ sr})$];
- $B(\lambda)$ ponderación espectral que tiene en cuenta de la dependencia de la longitud de onda de la lesión fotoquímica causada en los ojos de la radiación de luz azul [sin dimensiones];
- L_B radiancia eficaz (luz azul): radiancia calculada y ponderada espectralmente con $B(\lambda)$, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián [$W/(m^2 \text{ sr})$];
- E_B irradiancia eficaz (luz azul): irradiancia calculada y ponderada espectralmente con $B(\lambda)$, expresada en vatios por metro cuadrado [W/m^2];
- E_{IR} irradiancia total (lesión térmica): irradiancia calculada dentro el rango de longitud de onda del infrarrojo de 780 nm a 3000 nm, expresada en vatios por metro cuadrado [W/m^2];
- E_{skin} irradiancia total (visible, IRA e IRB): irradiancia calculada dentro el rango de longitud de onda visible y del infrarrojo de 380 nm a 3000 nm, expresada en vatios por metro cuadrado [W/m^2];
- H_{skin} exposición radiante: integral o suma en el tiempo y en la longitud de onda de la irradiancia en el rango de longitud de onda visible y del infrarrojo de 380 a 3000 nm, expresada en joule por metro cuadrado [J/m^2];
- α ángulo subtendido: el ángulo subtendido por una fuente aparente, percibido en un punto del espacio, expresado en miliradianes (mrad). La fuente aparente es el objeto real o virtual que forma la imagen retiniana más pequeña posible.

Los límites dependen de las longitudes de onda de luz examinada y del tipo de daño que usted quiere considerar.

Incluso las magnitudes físicas de interés (irradiancia [W/m^2], radiancia [$W/(m^2sr)$]) varían en función del tipo de daño que desea tener en cuenta.

2 NOCIONES DE RADIOMETRÍA

Estas notas, lejos de ser exhaustivas, se consideran útiles para comprender el funcionamiento del instrumento HD2402 y las aproximaciones hechas por el instrumento para calcular las distintas magnitudes radiométricas requeridas por el Decreto Ley 81/08.

2.1 IRRADIANCIA

La irradiancia E_i en punto se define como la densidad de flujo energético $d\Phi_i$ que pasa por la unidad de área dA (Figura 1):

$$E_i = \frac{d\Phi_i}{dA}$$

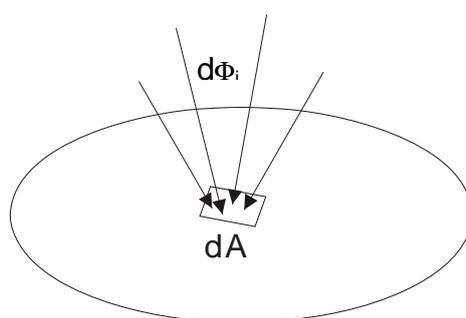


Figura 1: irradiancia

La unidad de medida de la irradiancia es $[W/m^2]$ y, si se calcula a las distintas longitudes de onda, se obtiene la irradiancia espectral $[W/(m^2 nm)]$.

De la definición de irradiancia, se obtienen unas propiedades útiles para comprender el comportamiento de la luz:

1. La irradiancia sobre una superficie es máxima cuando la luz incide perpendicularmente sobre la superficie y disminuye con el ángulo de incidencia según la ley (Ley del coseno):

$$E_i = E_{i_0} \cdot \cos(\theta)$$

donde:

E_i es la irradiancia sobre la superficie de interés,

E_{i_0} es la irradiancia que se tendría si la superficie fuese perpendicular al flujo,

θ es el ángulo entre la perpendicular a la superficie y la dirección del flujo.

2. Para una fuente por picaduras (o que puede considerarse como tal) que se irradia de manera uniforme en todas las direcciones (isótropa), la irradiancia producida en un área disminuye con el cuadrado de la distancia.

2.2 RADIANCIA

La **radiancia** L_i en un punto se define como el flujo energético $d^2\Phi_i$ a través de una superficie dA para unidad de ángulo sólido $d\Omega$ (Figura 2):

$$L_i = \frac{d^2\Phi}{dA \cdot d\Omega}$$

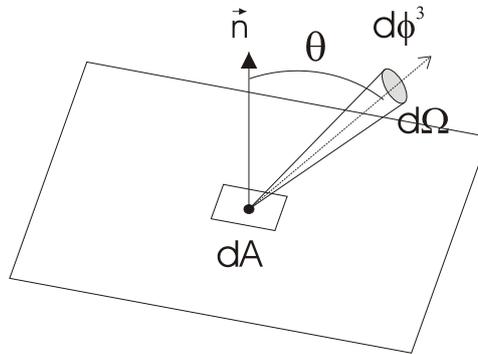


Figura 2: radiancia

La unidad de medida de la radiancia es $[W/(m^2 \text{ sr})]$ y, si se calcula a las distintas longitudes de onda, se obtiene la radiancia espectral $[W/(m^2nm \text{ sr})]$.

El ángulo sólido es el ángulo subtendido de una superficie cerrada A con respecto a un punto P . Se calcula como la relación entre la superficie proyectada sobre una esfera con radio R con centro en P y R^2 . La unidad de medida del ángulo sólido es el estereorradián $[\text{sr}]$ y su valor está entre 0 y 4π .

La radiancia y la irradiancia son dos magnitudes distintas. La radiancia describe la distribución angular de la radiación, mientras que la irradiancia suma la radiación en todas las direcciones. La relación esencial que une la irradiancia y la radiancia es:

$$E_i = \int_{\Omega} L_i(\theta, \phi) \cdot \cos(\theta) d\omega$$

Si la radiancia es uniforme, el término $L(\theta, \phi)$ puede ser extraído del integral y la expresión se simplifica de la siguiente manera:

$$E_i = L_i \int_{\Omega} \cos(\theta) d\omega = L_i \cdot F$$

Donde F depende sólo de la geometría.

En estas condiciones especiales, se puede obtener el valor de radiancia del valor de irradiancia. En efecto, a través de la fórmula se obtiene:

$$L_i = \frac{E_i}{F}$$

Nota: Para ángulos pequeños, F es el ángulo sólido bajo el cual se ve la fuente.

Usando esta simplificación, el instrumento HD2402 permite calcular la radiancia por los valores medidos de irradiancia.

Definiciones similares se aplican en el campo fotométrico donde la irradiancia será remplazada por la iluminancia [lux] y la radiancia por la luminancia [cd/m²].

Más en general, la relación entre una cualquier magnitud radiométrica espectral $GR(\lambda)$ y su magnitud fotométrica GF se obtiene de la fórmula siguiente:

$$GF = 683 \cdot \int_{380}^{780} GR(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda$$

donde:

$V(\lambda)$ es la curva de visión fotópica (Figura 3), 380nm y 780nm son los extremos de integración, fuera de estos extremos $V(\lambda)=0$.

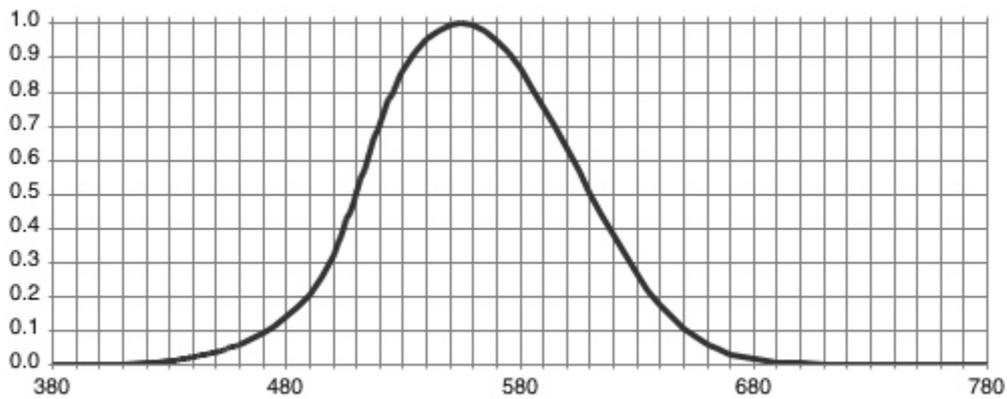


Figura 3: curva de eficiencia luminosa para la visión fotópica

La curva de visión fotópica representa la eficiencia luminosa fotópica del ojo humano en condiciones de luz del día (en condiciones de baja iluminancia, la curva de respuesta del ojo humano cambia y, entonces, se llama visión escotópica).

3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El instrumento utiliza 6 sensores para medir radiaciones ópticas. Cada sensor cubre un determinado rango espectral y mediante la combinación de las señales de varios sensores, se puede realizar medidas de acuerdo a los requerimientos del Decreto Ley 81/08. Los sensores utilizados son los fotodiodos, con excepción del canal 9, que utiliza un sensor de termopila.

El instrumento está equipado con un puntero diodo LÁSER para indicar al usuario la zona enmarcada por el instrumento. El diodo LÁSER se enciende con el botón en la parte posterior del instrumento. Al pulsar el botón, el LÁSER se enciende por 10 segundos.

El HD2402 es alimentado por el cable USB cuando se conecta al ordenador. El testigo rojo en la parte posterior del instrumento indica que el instrumento está recibiendo energía.

La Tabla 2 muestra los canales disponibles en el instrumento con su rango espectral y la curva de ponderación espectral asociada ($V[\lambda]$, $S[\lambda]$, $B[\lambda]$, $R[\lambda]$), implementado a través del uso de filtros adecuados.

Canal	Magnitud medida	Campo espectral y curva de ponderación asociada	Tipo de sensor
6	Iluminancia [Lux]	380nm÷780nm; $V[\lambda]$	Fotodiodo + Filtro
2	Irradiancia [W/m^2]	220nm÷400nm; $S[\lambda]$	Fotodiodo + Filtro
5	Irradiancia [W/m^2]	315nm÷400nm; UVA	Fotodiodo + Filtro
7	Irradiancia [W/m^2]	400nm÷600nm; $B[\lambda]$	Fotodiodo + Filtro
3	Irradiancia [W/m^2]	660nm÷1300nm; $R[\lambda]$	Fotodiodo + Filtro
9	Irradiancia [W/m^2]	400nm÷3000nm	Termopila

Tabla 2: canales de medición disponibles en el instrumento

El procesamiento de la señal de salida de los sensores se gestiona de forma independiente para cada canal y de diferentes maneras. Para los canales 3, 5 y 6 se utilizan amplificadores de transimpedancia. La señal se adquiere a 1.000 veces por segundo. Tanto el valor promedio en un segundo que la señal máxima de 1000 muestras adquiridas aparecen en el software. Los amplificadores tienen 4 escalas cada uno, de forma independiente el uno del otro. El cambio de escala es automático o manual. Los canales 2 y 7 utilizan un integrador de carga. El tiempo de integración varía según la sensibilidad requerida y va de 1 ms en la escala menos sensible a 1 segundo en la escala más sensible (las escalas son cuatro, 4 independientes por los dos canales). Una vez más, el instrumento visualiza el promedio en un segundo y el valor máximo de las muestras adquiridas (en la escala más sensible, cuando el tiempo de integración es de 1 segundo, el promedio y el pico se superponen). El cambio de escala es automático o manual. El canal 9 es un amplificador de voltaje. La escala es única. En este caso, sólo se muestra el valor promedio, ya que el tiempo de respuesta del sensor es de aproximadamente 9 segundos.

La Tabla 3 muestra los fondos escala disponibles para cada canal:

Canal	Unidad medida	Fondo escala 1	Fondo escala 2	Fondo escala 3	Fondo escala 4
6	Lux	399.9	$3.999 \cdot 10^3$	$39.99 \cdot 10^3$	$399.9 \cdot 10^3$
2	W/m^2	$39.99 \cdot 10^{-3}$	$399.9 \cdot 10^{-3}$	3.999	39.99
5	W/m^2	3.999	39.99	399.9	$3.999 \cdot 10^3$
7	W/m^2	$399.9 \cdot 10^{-3}$	3.999	39.99	399.9
3	W/m^2	3.999	39.99	399.9	$3.999 \cdot 10^3$
9	W/m^2	$3.999 \cdot 10^3$			

Tabla 3: escalas disponibles para cada canal del instrumento

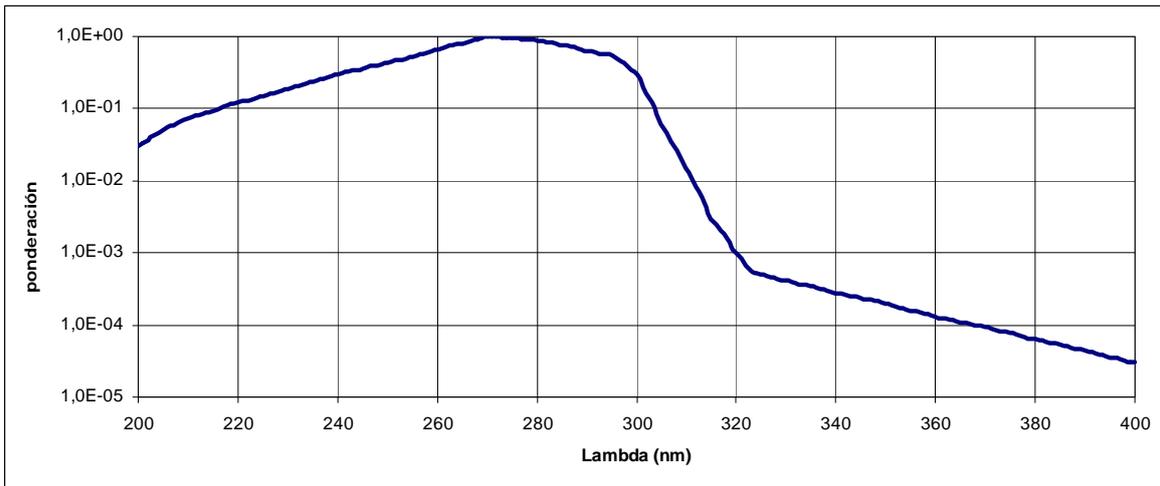


Figura 4: Curva de ponderación espectral $S(\lambda)$ (no se consideran las longitudes de onda menores que 200nm ya que van a ser absorbidas en el aire)

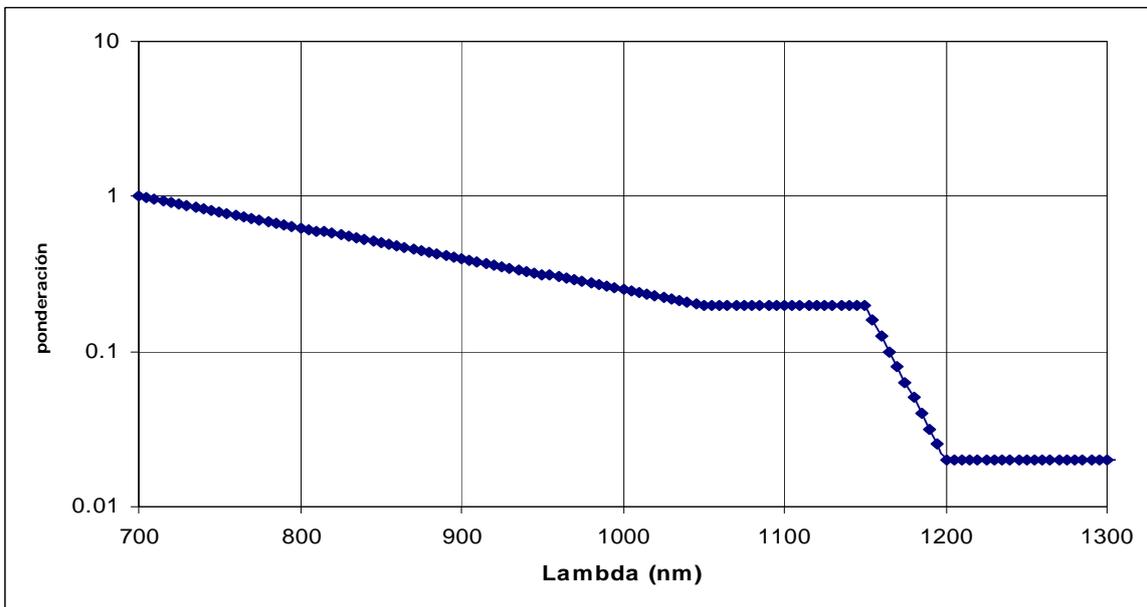


Figura 5: Curva de ponderación espectral $R(\lambda)$

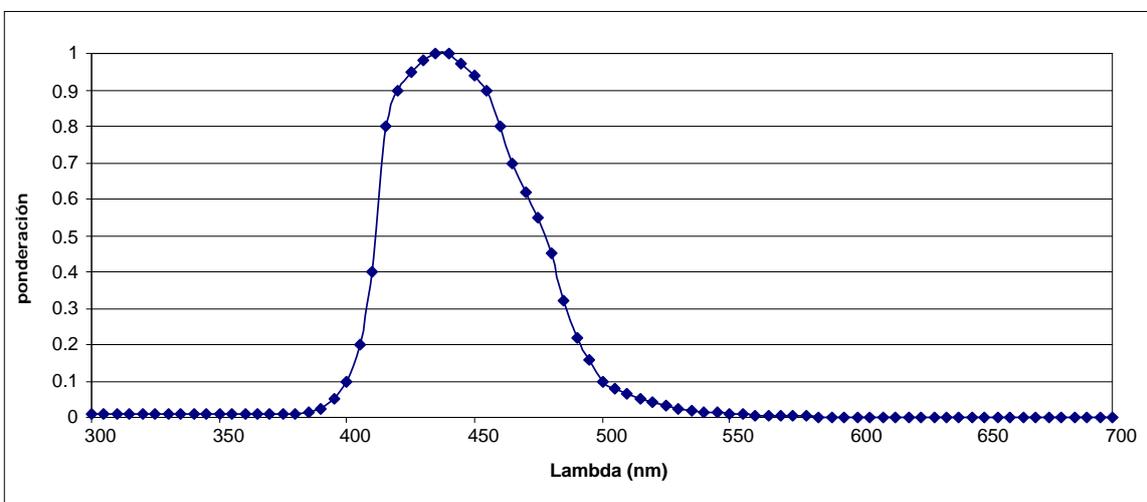


Figura 6: Curva de ponderación espectral $B(\lambda)$

La tabla 4 indica los 15 valores límite a calcular según el anexo XXXVII del Decreto Ley 81/08.

Orden	Longitud de onda nm	Valores límite de exposición	Unidades	Observación	Partes del cuerpo	Riesgo
a.	180 — 400 (UVA, UVB y UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ Valor diario: 8 horas	[J m ⁻²]		ojos córnea onjuntiva cristalino piel	fotoqueratitis conjuntivitis cataratas eritema elastosis cáncer de piel
b.	315 — 400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ Valor diario: 8 horas	[J m ⁻²]		ojos cristalino	cataractogénesis
c.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ para $t \leq 10\,000$ s	L_B : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [segundos]	para $\alpha \geq 11$ mrad		
d.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$L_B = 100$ para $t > 10\,000$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]		ojos retina	fotorretinitis
e.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$E_B = \frac{100}{t}$ para $t \leq 10\,000$ s	E_B : [W m ⁻²] t: [segundos]	para $\alpha < 11$ mrad véase la nota 2		
f.	300 — 700 (luz azul) véase la nota 1	$E_B = 0,01$ t > 10 000 s	[W m ⁻²]			
g.	380 — 1 400 (visible e IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_a}$ para $t > 10$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]	$C_a = 1,7$ para $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_a = \alpha$ para $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = 100$ para $\alpha > 100$ mrad $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1\,400$	ojos retina	quemadura de la retina
h.	380 — 1 400 (visible e IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ para $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	L_R : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [segundos]			
i.	380 — 1 400 (visible e IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ para $t < 10 \mu\text{s}$	[W m ⁻² sr ⁻¹]			
j.	780 — 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_a}$ para $t > 10$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]	$C_a = 11$ para $\alpha \leq 11$ mrad $C_a = \alpha$ para $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = 100$ para $\alpha > 100$ mrad (tamaño del campo visual: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1\,400$	ojos retina	quemadura de la retina
k.	780 — 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a t^{0,25}}$ para $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	L_R : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [segundos]			
l.	780 — 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ para $t < 10 \mu\text{s}$	[W m ⁻² sr ⁻¹]			
m.	780 — 3 000 (IRA e IRB)	$E_{\text{IR}} = 18\,000 t^{0,75}$ para $t \leq 1\,000$ s	E: [W m ⁻²] t: [segundos]		ojos córnea cristalino	quemadura de la córnea cataratas
n.	780 — 3 000 (IRA e IRB)	$E_{\text{IR}} = 100$ para $t > 1\,000$ s	[W m ⁻²]			
o.	380 — 3 000 (Visible, IRA e IRB)	$H_{\text{piel}} = 20\,000 t^{0,25}$ para $t < 10$ s	H: [J m ⁻²] t: [segundos]		piel	quemadura

Tabla 4: valores límites de exposición para radiaciones incoherentes

A intervalos espectrales diferentes corresponden límites diferentes. Algunas bandas espectrales coinciden con la respuesta espectral de los sensores utilizados, para otros es necesario combinar canales múltiples de manera oportuna. La tabla muestra cómo los canales del HD2402 se combinan para obtener 13 de los 15 límites requeridos. Los límites **e**, **f** no se basan en mediciones realizadas con el instrumento y, en todo caso, se aplican a fuentes específicas (por lo general instrumentos para la oftalmología).

Límite	Rango espectral nominal	Rango espectral efectivo	Canales
a	180nm÷400nm	220nm÷400nm	<i>f</i> (ch2, ch5)
b	315nm÷400nm	315nm÷400nm	ch5
c, d	300nm÷700nm	315nm÷700nm	<i>f</i> (ch5, ch6, ch7)
g, h, i	380nm÷1400nm	380nm÷1400nm	<i>f</i> (ch3, ch6, ch7)
j, k, l	780nm÷1400nm	700nm÷1400nm	ch3
m, n	780nm÷3000nm	400nm÷3000nm	ch9
o	400nm÷3000nm	400nm÷3000nm	ch9

Tabla 5: cálculo de los límites a-o por los canales disponibles en el instrumento.

La magnitud medida con el HD2402 es siempre la irradiancia (o la iluminancia en relación con el canal 0), mientras que los límites de **c** a **l** se calculan a partir del valor de radiancia. Como se muestra en el capítulo 2 ("Nociones de radiometría"), las dos magnitudes se relacionan, y siempre y cuando se conozcan los parámetros geométricos de la fuente medida, es posible obtener la radiancia por la irradiancia (suponiendo que la radiancia es constante).

En la descripción del software se muestran los detalles de los cálculos. Incluso si los parámetros geométricos de la fuente son desconocidos, puede ser posible dar una estimación de las magnitudes requeridas.

4 INSTALACIÓN DEL INSTRUMENTO

El instrumento tiene un único cable (cód. **CP24**), acabado con conector M12 por la parte del instrumento y un conector USB tipo A a la extremidad opuesta. El cable se utiliza para la conexión al alimentador externo **SWD05** y al ordenador. En este caso el instrumento está alimentado directamente por el puerto USB del ordenador.

El instrumento requiere aproximadamente 15 segundos para ser operativo después de la conexión al alimentador o al ordenador. Durante esta temporada, el LED en la parte trasera del instrumento parpadea una vez por segundo. Cuando el LED comienza a parpadear una vez cada tres segundos, el instrumento es operativo.

En su interior, el instrumento tiene una batería recargable para permitir el funcionamiento del reloj interno también en ausencia de alimentación externa. La batería se recarga cuando el instrumento está alimentado. En ausencia de alimentación externa, la autonomía de la batería es de aproximadamente dos meses. Si el instrumento no va a ser conectado al alimentador o al ordenador para más de dos meses, la fecha y la hora se pierden y se debe programarlas de nuevo a través del software DeltaLog13.

Durante las mediciones, se debe fijar el instrumento al trípode **VTRAP20**, a través de la unión que hay en el lado del instrumento para obtener una mayor precisión y estabilidad cuando se apunta hacia la fuente de radiaciones ópticas.

Para medir, quitar, si presente, el tapón en caucho que protege los sensores.

Para orientar con mayor precisión el instrumento hacia la fuente de radiaciones, encender el LÁSER, pulsando el botón que está en la parte trasera.

4.1 CONEXIÓN AL ORDENADOR

Los instrumentos se proporcionan con el **software DeltaLog13**. Con el software se gestionan las operaciones de conexión al ordenador, la configuración de los parámetros de funcionamiento del instrumento, la configuración de las mediciones, la transferencia de datos, la presentación gráfica, la impresión de las medidas adquiridas o guardadas.

Conectar el instrumento a un puerto USB libre del ordenador mediante el cable **CP24**.

La conexión a través del puerto USB requiere la instalación previa de los controladores del instrumento, contenidos en el CD-ROM proporcionado con el instrumento. **Antes de conectar el cable USB al ordenador, instalar los controladores** siguiendo las instrucciones de la guía contenida en la sección documentación del CD-ROM DeltaLog13.

5 DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES

El instrumento tiene dos modalidades de funcionamiento:

- *Instrumento conectado al puerto USB del ordenador y gestionado a través del software DeltaLog13*

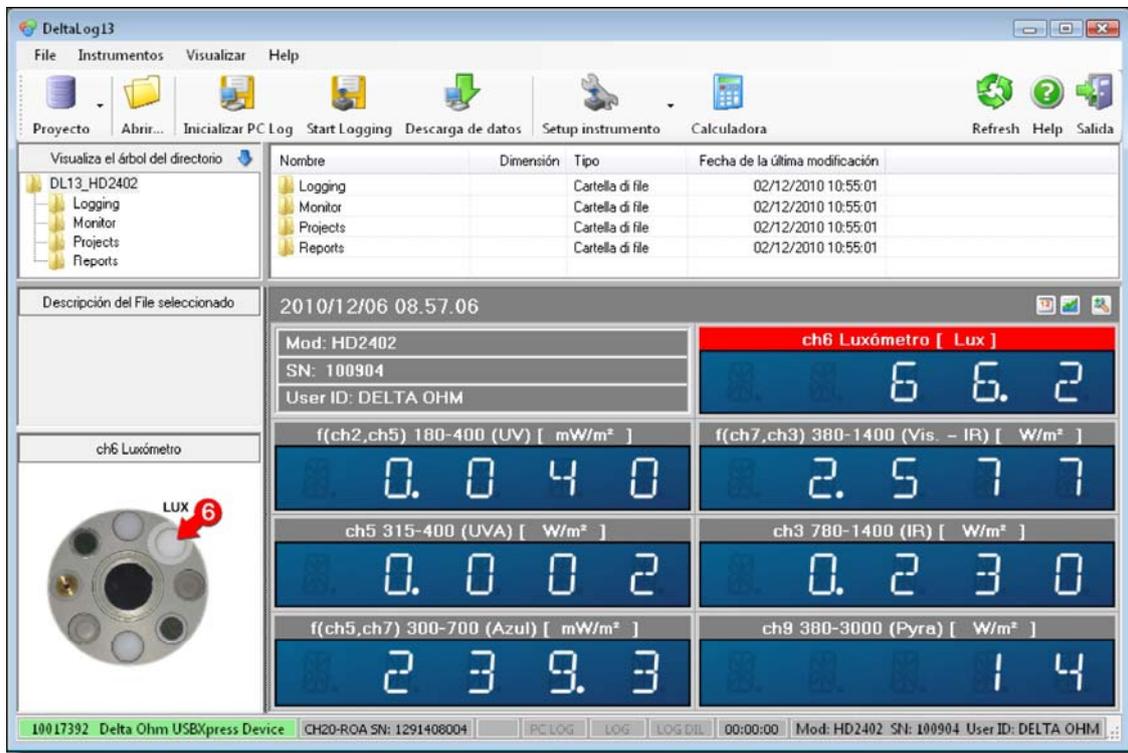
La alimentación del instrumento ocurre a través del puerto USB del ordenador.

Un destello rápido cada 3 segundos del LED en la parte posterior del instrumento indica que el instrumento está recibiendo energía.

Para utilizar el software DeltaLog13, se debe insertar la llave hardware CH20 proporcionada en un segundo puerto USB del ordenador.

El instrumento conectado al ordenador es reconocido automáticamente por el software.

Después de haber inicializado el software, el ordenador muestra todas las mediciones en tiempo real.



Los valores indicados son los de los rangos espectrales requeridos por el anexo XXXVII, párrafo V Capítulo 8 del Decreto Ley 81/08. La ventana también proporciona todos los mandos para iniciar la campaña de medición (ver el capítulo 6 en la página 18.).

En la barra de los mandos, que se encuentra en la parte superior de la ventana del programa, usted tiene las siguientes funciones (más información sobre el uso de estos mandos se enumera en la Ayuda en línea del software DeltaLog13):

Icono Proyecto: seleccionando el icono, usted puede crear un nuevo proyecto (opción *Nuevo Proyecto*) o abrir uno ya existente (opción *Abrir Proyecto*).

Icono Abrir...: permite abrir archivos de datos o informes sobre las medidas ya aplicadas y guardadas en el ordenador. Los archivos de datos y los informes se guardan en carpetas, respectivamente, *Logging* y *Reports* dentro de la carpeta predefinida (preconfigurada a *C:\DL13_HD2402* pero no modificable por el usuario).

Icono Inicializar PC Log: inicializa manualmente el registro de las medidas que se guardarán directamente en el ordenador. Tras la inicialización del registro, el icono cambiará a *Parar PC Log*, lo que le permite detener el registro cuando lo desee.

Icono Start Logging: inicializa manualmente el registro de las medidas que se guardarán en la memoria interna del instrumento. Tras la inicialización del registro, el icono cambiará a *Stop Logging*, lo que le permite detener el registro cuando lo desee.

Icono Descarga de datos: permite transferir al ordenador las medidas registradas en la memoria interna del instrumento.

Icono Setup instrumento: permite realizar las siguientes configuraciones:

- instante de inicialización y duración de un registro programado;
- fondo escala del campo de medición para cada canal del instrumento;
- reloj del instrumento;
- código de identificación del instrumento.

Icono Calculadora: Permite calcular los índices de riesgo insertando los datos de irradiancia manualmente.

- *Instrumento no conectado al ordenador y alimentado a través del alimentador externo.*

En esta modalidad el instrumento puede ser programado a través del Software DeltaLog13 y puede adquirir con un inicio programado y un cierto intervalo de tiempo configurado o puede ser controlado a través del botón en la parte trasera del instrumento.

El LED parpadea cada 3 segundos hasta que no comienza la adquisición; cuando comienza la adquisición, el LED comienza a parpadear una vez por segundo.

Para inicializar y parar el registro a través del botón en la parte trasera, proceder como sigue:

Inicialización del registro

- 1 mantener pulsado el botón por lo menos por 3 segundos;
- 2 el LED comenzará a parpadear 2 veces por segundo;
- 3 mantener pulsado el botón por otros 2 segundos;
- 4 si la medición ha comenzado, el LED parpadea brevemente cada segundo.

Parada del registro

- 1 mantener pulsado el botón por lo menos por 3 segundos;
- 2 el LED comenzará a parpadear 2 veces por segundo;
- 3 mantener pulsado el botón por otros 2 segundos;
- 4 si la medición se ha parado, el LED parpadea brevemente cada 3 segundos.

Capacidad de memoria

El instrumento guarda los datos cada segundo. La memoria interna puede almacenar 96.000 muestras equivalentes a cerca de 26 horas de continua adquisición. La memoria es cíclica, por lo que si ya no hay espacio disponible, los datos son sobrescritos a partir de la muestra más vieja.

6 GESTIÓN DE UNA CAMPAÑA DE MEDICIÓN CON EL DELTALOG13

En este capítulo se describe todas las fases para realizar una campaña de medición para evaluar y analizar una o más fuentes y sitios en el mismo lugar.

La gestión de una campaña de medición se actúa a través de las fases siguientes:

1. Configuración de las escalas de medición de los varios canales;
2. Configuración de la modalidad y de la duración del registro de las mediciones;
3. Registro de las mediciones;
4. Descarga de las mediciones adquiridas en el ordenador, si no se han registrado en la memoria interna del instrumento.
5. Análisis de los datos y emisión del informe de evaluación.

6.1 CONFIGURACIÓN DE LAS ESCALAS DE MEDICIÓN

Antes de cada medición es de suma importancia comprobar que en el instrumento se establezcan los correctos rangos de medición. Si el rango de medición es demasiado pequeño, las medidas pueden ser más allá del fondo de escala, lo que no permite una evaluación adecuada de las detecciones.

Aparte del canal 9, que tiene una sola escala de medida, todos los demás canales tienen 4 escalas de medidas disponibles (Tabla 3 en la página 11).

Para establecer los rangos de medida, conectar el instrumento al ordenador, inicializar el DeltaLog13 y esperar el reconocimiento automático del instrumento. Seleccionar el icono *Setup instrumento* y, a continuación, *Configuración entrada*. Aparece la ventana siguiente:

2010/12/06 09.40.02			Hondo escala			
	Medición	Pico		Configuración	Actual	Ovf
ch2 UV	0,06	0,06	mW/m ²	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> AUTO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/>
ch3 IR	0,354	0,399	W/m ²	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> AUTO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/>
ch5 UVA	0,004	0,005	W/m ²	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> AUTO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/>
ch6 Luz	88,9	103,8	Lux	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> AUTO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/>
ch7 Azul	0,336	0,341	W/m ²	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> AUTO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/>
ch9 Pyra	13		W/m ²	Aplicar		Reseteo

Para cada canal de medición, excepto el canal 9, se muestran: el valor medido (valor promedio en un segundo), el valor máximo (en un segundo), la escala de medición configurada y la escala actual, que es la escala utilizada desde la última adquisición.

La escala configurada aparece de color azul. De fábrica todas las escalas están configuradas sobre *AUTO* (automática). Puede establecer la escala para cada canal de forma manual, mediante la realización de un clic del ratón en la escala deseada (la barra más pequeña indica la escala más sensible).

En caso de duda, hay que seleccionar el ajuste *AUTO*, dejando al instrumento la elección de la escala más adecuada a usar.

Una vez configurada una nueva escala, se debe pulsar la tecla *Aplicar* para activar el cambio. Cuando se pulsa la tecla *Aplicar*, la configuración de las entradas se almacena en el instrumento y se mantendrá activa incluso si el dispositivo se desconecta.

Si la medida de un canal es más allá del fondo escala, el indicador correspondiente en la columna *Ovf* aparecerá en rojo.

6.2 MODALIDAD DE REGISTRO

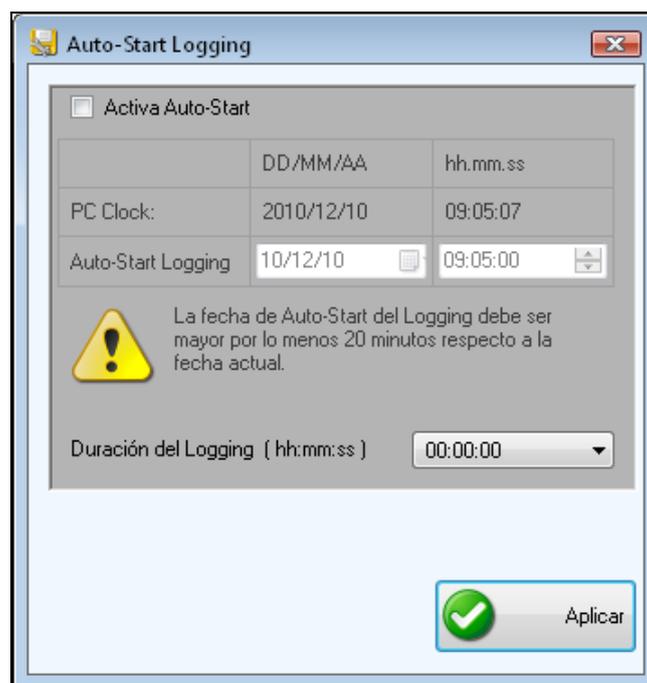
Las medidas pueden ser registradas directamente en el ordenador o en la memoria interna del instrumento.

El registro de los datos en el ordenador puede ser inicializado sólo manualmente seleccionando el icono *Inicializar PC Log*.



En este caso, durante el registro de datos, el instrumento necesariamente debe estar conectado al ordenador. Después de haber inicializado el registro, el icono *Inicializar PC Log* va a ser remplazada por el icono *Parar PC Log*. Para parar el registro, seleccionar el icono *Parar PC Log*. Los datos van a ser guardados en la carpeta Visualizador dentro de la carpeta predefinida; el archivo se puede identificar según los momentos de inicialización y parada del logging.

El registro de los datos en la memoria del instrumento puede ser inicializado de manera programada o manual. Para configurar el registro programado, seleccionar el icono *Setup instrumento* y luego *Configuración Logging*. Aparece la ventana siguiente:



Seleccionar la casilla *Activa Auto-Start*, configurar la fecha y la hora del registro en la línea *Auto-Start Logging* (el instante de inicialización debe ser sucesivo de por lo

menos 20 minutos con respecto al instante actual indicado en la línea *PC Clock*), configurar la Duración del registro en el campo *Duración del Logging (hh:mm:ss)*. Seleccionar la tecla *Aplicar* para guardar las configuraciones en el instrumento; el registro se iniciará automáticamente según la fecha y la hora configuradas. El instrumento puede ser desconectado del ordenador y conectado al alimentador. El LED en la parte posterior del instrumento parpadeará cada 3 segundos hasta el comienzo de la adquisición; a partir del momento de la adquisición, el LED comenzará a parpadear una vez por segundo.

La inicialización manual del registro en la memoria del instrumento ocurre seleccionando el icono *Start Logging* (o, alternativamente, pulsando para 5 segundos la tecla en la parte trasera del instrumento).



Después de haber inicializado el registro, el icono *Start Logging* va a ser remplazada por el icono *Stop Logging*. Para parar manualmente el registro, seleccionar el icono *Stop Logging* (o, alternativamente, pulsando para 5 segundos la tecla en la parte trasera del instrumento). Los datos van a ser guardados en la carpeta Logging dentro de la carpeta predefinida; el archivo se puede identificar según los momentos de inicialización y parada del logging.

Se puede inicializar manualmente el logging y pararlo automáticamente configurando en la ventana Auto-Start Logging el campo *Duración del Logging (hh:mm:ss)*. En este caso, la casilla *Activa Auto-Start* no debe ser seleccionada.

Nota: Antes de inicializar el registro, asegurarse de que la fecha y la hora en el instrumento son correctas, seleccionando el icono *Setup instrumento* y luego *Configuración reloj*.

6.3 DESCARGA DE LAS MEDIDAS ADQUIRIDAS EN EL ORDENADOR

Si los datos han sido registrados en la memoria interna del instrumento, se debe transferirlos al ordenador para poderlos analizar.

Conectar el instrumento al ordenador, inicializar el DeltaLog13 y esperar el reconocimiento automático del instrumento. Seleccionar el icono *Descarga de datos*.



Aparece la lista de los registros que hay en la memoria del instrumento.

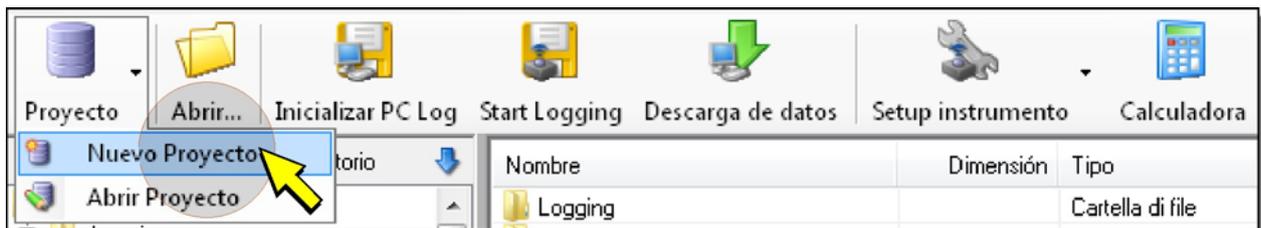
	Fecha de inicio	Fecha de término	Número de páginas	Ruta de descargas
<input checked="" type="checkbox"/>	2010/11/30 09.40.26	2010/11/30 09.40.39	0002	
<input type="checkbox"/>	2010/11/30 09.45.47	2010/11/30 09.46.47	0006	
<input type="checkbox"/>	2010/11/30 09.47.32	2010/11/30 09.49.01	0008	

Cada registro indica el instante de inicialización y parada. Seleccionar los registros que se desea descargar y pulsar el icono *Descargar de datos*. Los datos van a ser guardados en la carpeta Logging dentro de la carpeta predefinida; los archivos se pueden identificar según los momentos de inicialización y parada del logging.

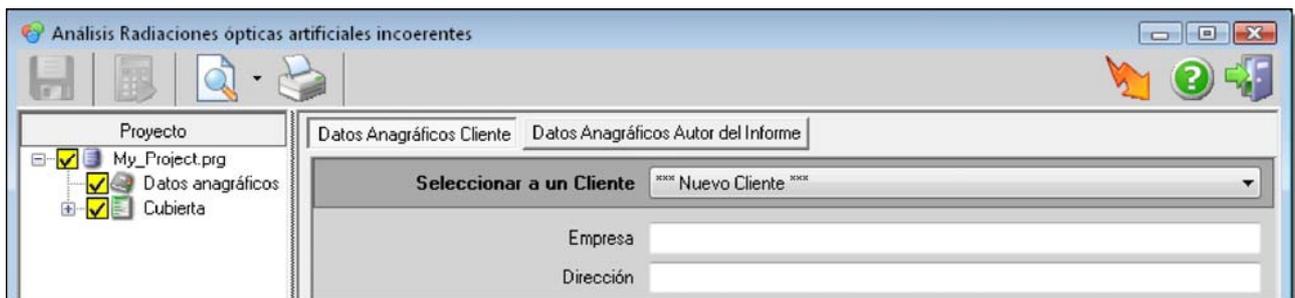
Para más información sobre las funciones del software disponibles en la ventana que contiene la lista de los registros, ver el manual o la ayuda en línea del software.

6.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS E INFORME DE EVALUACIÓN

Para analizar los datos detectados por el instrumento, seleccionar el icono *Proyecto* y luego *Nuevo Proyecto*.



Se le pedirá el nombre a asignar al archivo del proyecto y la ruta donde guardarlo; insertar la información requerida y pulsar *Guardar*. Se abre la ventana del proyecto.



En el panel derecho de la ventana, se puede insertar la información del cliente y del autor de la evaluación de los datos. Para las funciones de gestión de los datos personales, ver el manual del software.

En el panel izquierdo de la ventana, seleccionar el nombre del proyecto, pulsar el botón derecho del "ratón" y seleccionar *Nueva fuente*.



Se le pedirá que escriba una descripción de la fuente y el lugar donde se encuentra; introducir la información necesaria y pulsar *OK*. La información insertada se muestra en el panel derecho. En el panel izquierdo, entre los elementos del proyecto, aparece la fuente.



El panel derecho contiene dos columnas adicionales: *Núm. mediciones realizadas* (número de mediciones realizadas sobre la fuente) y *Núm. mediciones Informe* (número de mediciones utilizadas para preparar el informe de evaluación). El contenido de las columnas es cero por ahora y será actualizado más tarde, cuando a la fuente se asociarán unas medidas.

Seguir el mismo procedimiento para agregar otras fuentes para evaluar el proyecto.



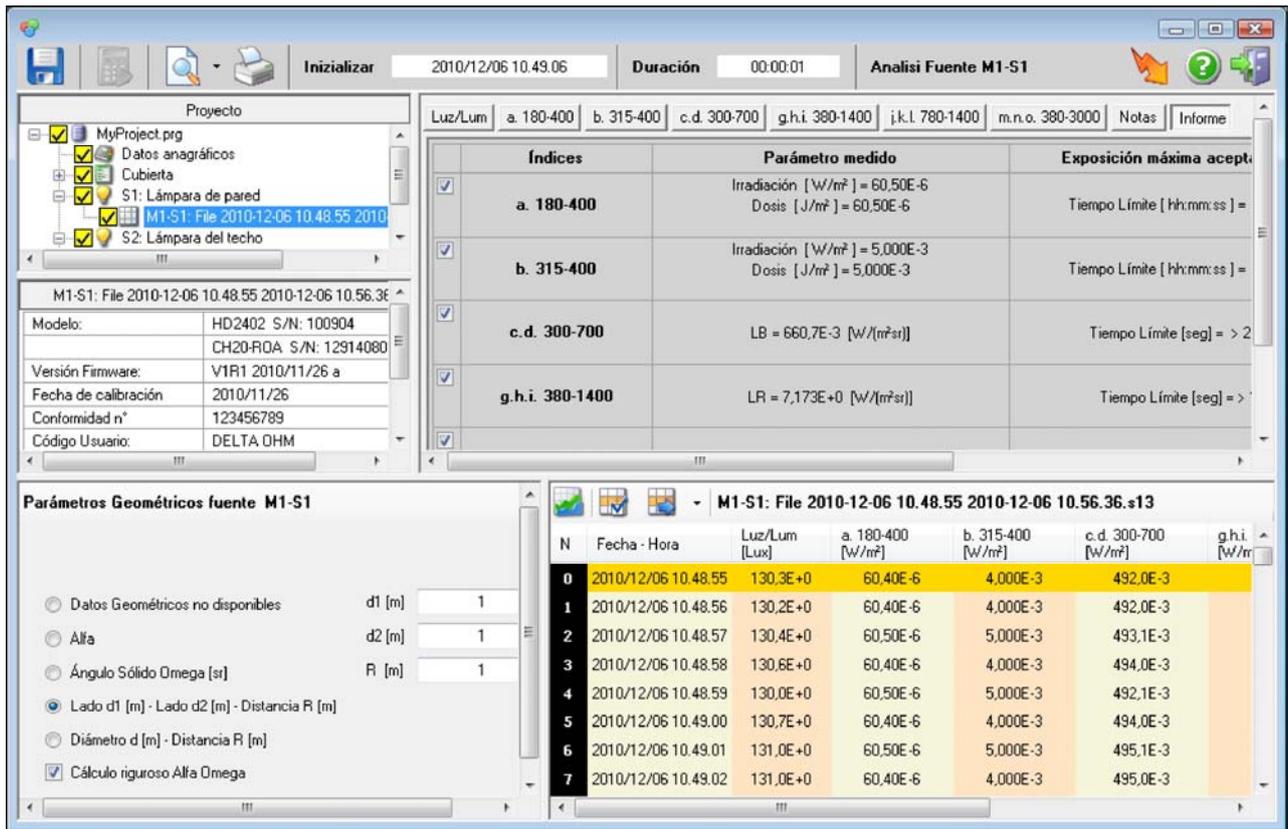
Ahora se puede asociar a cada fuente las medidas relativas. Seleccionar una fuente y pulsar el botón derecho del "ratón" y seleccionar *Nueva Medición* y luego una de las dos opciones siguientes:

- *De Archivo*: para analizar datos ya registrados y guardados en el ordenador;
- *De Instrumento*: para adquirir y analizar una nueva serie de mediciones en tiempo real.



Después de seleccionar la opción *De Archivo*, se abre la ventana para la búsqueda del archivo con los registros, seleccionar el archivo deseado y pulsar *Abrir*.

Después de haber elegido el origen de los datos, seleccionando un archivo de medidas asociado a una fuente la ventana del proyecto aparece como se muestra en seguida.



La ventana está dividida en cinco paneles:

- El panel que contiene los elementos del proyecto (arriba a la izquierda), incluyendo ahora también el archivo con los registros.
- El panel que contiene la información del archivo seleccionado (justo debajo del panel de los elementos del proyecto).
- El panel para la inclusión de los parámetros geométricos de la fuente analizada (abajo a la izquierda).
- El panel con la lista de medidas registradas (parte inferior derecha) si se ha elegido la opción *De Archivo*, o en el campo para la visualización de las mediciones detectadas por el instrumento si fue elegida la opción *De Instrumento*.
- El panel con los resultados de la evaluación de los índices de riesgo (arriba a la derecha).

Si, como origen de datos, se ha elegido la opción *De instrumento*, seleccionar el icono *Start* (flecha verde) para comenzar a registrar; el panel inferior derecho muestra en tiempo real las mediciones. Para detener la adquisición, seleccionar el icono *Stop* (cuadrado rojo), el panel inferior derecho de la ventana del proyecto mostrará una lista de todas las medidas adquiridas. Las mediciones se guardan en un archivo ubicado dentro la carpeta *Monitor*, el archivo aparecerá entre los elementos del proyecto en el panel superior izquierdo.

Los resultados de la evaluación que aparecen en el panel superior derecho se refieren únicamente a las medidas seleccionadas de la lista, y no a todas las medidas listadas.

Usted puede mantener la memoria de las medidas seleccionadas guardándolas en el proyecto, pulsando el icono *Guardar*. Después de haber guardado, la selección aparecerá con fondo oro. Sólo se utilizarán medidas con fondo oro para preparar el informe de evaluación final.

Puede llevar a cabo la evaluación utilizando múltiples medidas consecutivas, seleccionándolas con la ayuda de la tecla SHIFT en el teclado del ordenador (se selecciona la primera medida de la serie, a continuación, se mantiene presionada la tecla SHIFT y se selecciona la última medida de la serie) y siempre presionando el icono *Guardar*.

Si desea hacer una evaluación teniendo en cuenta todas las medidas en el archivo, seleccionar el icono *Seleccionar Todo* y luego siempre el icono *Guardar* si se desea guardar la selección en el proyecto.

The screenshot shows the 'Parámetros Geométricos fuente M1-S1' window. On the left, there are radio buttons for selecting geometric data: 'Datos Geométricos no disponibles', 'Alfa', 'Ángulo Sólido Omega [sr]', 'Lado d1 [m] - Lado d2 [m] - Distancia R [m]' (selected), and 'Diámetro d [m] - Distancia R [m]'. There are also input fields for d1 [m], d2 [m], and R [m], all set to 1. A checkbox for 'Cálculo riguroso Alfa Omega' is checked. On the right, a table displays measurement data for source M1-S1. A yellow arrow points to the 'Guardar' icon above the table.

N	Fecha y hora	Luz/Lum [Lux]	a. 180-400 [W/m²]	b. 315-400 [W/m²]	c.d. 300-700 [W/m²]
0	2010/12/06 10.48.55	130.3E+0	60.40E-6	4.000E-3	492.0E-3
1	2010/12/06 10.48.56	130.2E+0	60.40E-6	4.000E-3	492.0E-3
2	2010/12/06 10.48.57	130.4E+0	60.50E-6	5.000E-3	493.1E-3
3	2010/12/06 10.48.58	130.6E+0	60.40E-6	4.000E-3	494.0E-3
4	2010/12/06 10.48.59	130.0E+0	60.50E-6	5.000E-3	492.1E-3
5	2010/12/06 10.49.00	130.7E+0	60.40E-6	4.000E-3	494.0E-3
6	2010/12/06 10.49.01	131.0E+0	60.50E-6	5.000E-3	495.1E-3
7	2010/12/06 10.49.02	131.0E+0	60.40E-6	4.000E-3	495.0E-3

Puede adjuntar varias veces el mismo archivo de mediciones a una fuente, con el fin de realizar el análisis con diferentes parámetros geométricos, o con una diferente selección de medidas.

Seleccionando el icono *Visualizar Informe*, el informe de evaluación se puede ver y luego imprimir o exportar en varios formatos. Usted puede incluir o excluir del informe las diversas fuentes y registros simplemente activando o desactivando las casillas en el panel superior izquierdo que muestra los componentes del proyecto.

Para guardar el proyecto, seleccionar el icono *Guardar* arriba de la ventana del proyecto. En el archivo de proyecto se guardan todos los parámetros geométricos, todos los datos de medición y la selección de medidas para cada archivo de datos asociados al proyecto.

Para eliminar las fuentes o los registros del proyecto, seleccionarlas en el cuadro superior izquierdo y pulsar el botón derecho del "ratón" y luego seleccionar *Borrar Fuente o Borrar Medición*.

Aquí están los detalles de la configuración de los parámetros geométricos y el cálculo de los valores límite de exposición requeridos por el Decreto Ley 81/08 e indicados en las varias tablas del panel superior derecho.

6.4.1 Parámetros geométricos

El instrumento mide la irradiancia para calcular unos valores límite de exposición (VLE), se debe conocer la radiancia. Si se conocen los parámetros geométricos, se puede calcular ambas magnitudes (se debe conocer el ángulo sólido subtendido de la fuente al sensor) a través del cálculo del parámetro geométrico F.

Las geometrías previstas son 5:

- *Datos Geométricos no disponibles*; está previsto el caso en el cual no es posible proporcionar ninguna indicación sobre la geometría de la fuente. En este caso, la información proporcionada por el software será menos completa; los detalles se indican en los párrafos siguientes que muestran el cálculo de los VLE.
- *Alfa [deg]*: el usuario proporciona el tamaño angular de la fuente en grados.
- *Ángulo Sólido Omega [sr]*: El usuario proporciona el ángulo sólido bajo el cual se ve la fuente del instrumento de medición (la unidad de medida es el estereorradián).
- *Lado d1 [m] - Lado d2 [m] - Distancia R [m]*: suponiendo que la fuente tenga una forma rectangular con los lados de longitud d1 y d2 a una distancia R del instrumento de medición (donde las tres magnitudes son expresadas en metros), el software calcula el ángulo (alfa) y el ángulo sólido (omega) subtendido por la fuente al instrumento de medición. El cálculo puede ser realizado exactamente seleccionando la casilla *Cálculo riguroso Alfa Omega* o de manera aproximativa. En esta modalidad, los ángulos subtendidos por los dos lados del rectángulo se calculan con la fórmula:

$$\alpha_1 = \frac{d_1}{R} [\text{rad}] \quad \alpha_2 = \frac{d_2}{R} [\text{rad}]$$

- *Diámetro d [m] - Distancia R [m]*: suponiendo que la fuente tenga una forma circular con diámetro d y que la distancia R del instrumento de medición (ambas las medidas son expresadas en metros), el software calcula el ángulo (alfa) y el ángulo sólido (omega) subtendido por la fuente al instrumento de medición. El cálculo puede ser realizado exactamente seleccionando la casilla *Cálculo riguroso Alfa Omega* o de manera aproximativa. En esta modalidad, el ángulo subtendido por la fuente con respecto al instrumento de medición se calcula con la fórmula:

$$\alpha = \frac{d}{R} [\text{rad}]$$

Una vez conocido el ángulo sólido, la radiancia L_i [W/(m²sr)] se obtiene de la fórmula:

$$L_i = \frac{E_i}{F}$$

Donde:

E_i es la irradiación expresada en W/m²,

F es el parámetro geométrico en estereorradianes, tal como se define en la sección 2.2 en la pág. 9.

Si se ha seleccionado la opción Cálculo no riguroso (adecuada para ángulos pequeños), $F=\Omega$ en todos los casos.

6.4.2 Tabla Luxómetro

En la tabla **Luxómetro** hay los valores medidos por el luxómetro.

Luz/Lum	a. 180-400	b. 315-400	c.d. 300-700	g.h.i. 380-1400	j.k.l. 780-1400	m.n.o. 380-3000	Notas	Informe
Luxómetro								
Datos de entrada			Luminancia L		[cd/m²]			
Iluminación [Lux]	1,000E+0		L	4,180E+3				
Alfa [deg]	1,000E+0		L @ 100 mrad	100,0E+0				
Alfa [rad]	17,45E-3		L @ 11 mrad	8,264E+3				
Omega [sr]	239,2E-6							
<input checked="" type="checkbox"/> Insertar en el Informe								

Los datos indicados son:

- El valor de iluminancia en Lux (si se considera una sola muestra corresponde al valore instantáneo; si se consideran más muestras, corresponde al valor promedio).
- Ángulo Alfa en grados, ángulos bajo el cual se ve la fuente analizada.
- Ángulo Alfa en radianes, igual al precedente, pero expresado en radianes.
- Ángulo sólido Omega en estereorradianes, ángulos sólidos bajo el cual se ve la fuente analizada. Este ángulo se usa para calcular la luminancia.
- Luminancia calculada a partir de los parámetros geométricos, si disponibles. El valor de la luminancia de la fuente analizada se obtiene dividiendo la iluminancia para el factor F calculado por los datos geométricos. En el caso de medidas relativas a luces para iluminación ordinaria(luz blanca), si el valor calculado es inferior a 10000 cd/m² no son necesarias nuevas inspecciones y la fuente se considera segura ("A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directiva 2006/25/CE "a la página 74).
- Luminancia calculada considerando una apertura angular de 100 mrad.
- Luminancia calculada considerando una apertura angular de 11 mrad.

Nota: Los dos últimos valores de luminancia se proporcionan si no son disponibles los parámetros geométricos o si el ángulo Alfa obtenido de los parámetros geométricos es inferior a 100 mrad.

Si la casilla *Insertar en el Informe* está seleccionada, los datos de la tabla serán insertados en el informe final.

6.4.3 Tabla a. 180-400

En la tabla a. 180-400 hay el límite de exposición para el parámetro "a".

Luz/Lum	a. 180-400	b. 315-400	c.d. 300-700	g.h.i. 380-1400	j.k.l. 780-1400	m.n.o. 380-3000	Notas	Informe
Índice de riesgo: a								
Datos de entrada				Resultado				
Irradiación [W/m ²]	1,000E+0			Tiempo Límite [hh:mm:ss]				
Dosis [J/m ²]	1,000E+0			00:00:30				
<input checked="" type="checkbox"/> Insertar en el Informe								

Los datos indicados son:

- El valor de irradiancia eficaz E_{eff} [W/m²] (si se considera una sola muestra corresponde al valore instantáneo; si se consideran más muestras, corresponde al valor promedio).
- El valor de la dosis eficaz H_{eff} [J/m²] relativo a las muestras consideradas.
- El tiempo en horas/minutos/segundos para la superación de la dosis cotidiana máxima de 30 J_{eff}/m^2 calculado a partir del valor de irradiancia promedio.

Si la casilla *Insertar en el Informe* está seleccionada, los datos de la tabla serán insertados en el informe final.

6.4.4 Tabla b. 315-400

En la tabla b. 315-400 hay el límite de exposición para el parámetro "b".

Luz/Lum	a. 180-400	b. 315-400	c.d. 300-700	g.h.i. 380-1400	j.k.l. 780-1400	m.n.o. 380-3000	Notas	Informe
Índice de riesgo: b								
Datos de entrada				Resultado				
Irradiación [W/m ²]	1,000E+0			Tiempo Límite [hh:mm:ss]				
Dosis [J/m ²]	1,000E+0			02:46:40				
<input checked="" type="checkbox"/> Insertar en el Informe								

Los datos indicados son:

- El valor de irradiancia E_{UVA} [W/m²] (si se considera una sola muestra corresponde al valore instantáneo; si se consideran más muestras, corresponde al valor promedio).
- El valor de la dosis H_{UVA} [J/m²] relativo a las muestras consideradas.
- El tiempo en horas/minutos/segundos para la superación de la dosis cotidiana máxima de 10000 J_{UVA}/m^2 calculado a partir del valor de irradiancia promedio.

Si la casilla *Insertar en el Informe* está seleccionada, los datos de la tabla serán insertados en el informe final.

6.4.5 Tabla c.d. 300-700

En la tabla c.d. 300-700 hay el límite L_B de exposición para los parámetros "c" y "d".

Luz/Lum		a. 180-400	b. 315-400	c.d. 300-700	g.h.i. 380-1400	j.k.l. 780-1400	m.n.o. 380-3000	Notas	Informe
Indices de riesgo: c d									
Datos de entrada				Radiancia LB		[W/(m²sr)]		Tiempo Límite [seg]	
Irradiación [W/m ²]		1,000E+0		LB		1,329E+0		> 24 horas	
Alfa [deg]		53,13E+0		LB @ 100 mrad		1,329E+0		-	
Alfa [rad]		927,3E-3		LB @ 11 mrad		1,329E+0		-	
Omega [sr]		805,4E-3		LB @ 1.7 mrad		1,329E+0		-	
<input checked="" type="checkbox"/> Insertar en el Informe									

El límite varía según el tiempo de fijación de la fuente y de los tamaños angulares, luego a tiempos de fijación distintos y tamaños distintos corresponden límites de exposición distintos. En particular:

$$L_B = 10^6/t \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}] \text{ para } t \leq 10000\text{s (límite c)}$$

$$L_B = 100 \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}] \text{ para } t > 10000\text{s (límite d)}$$

Los valores visualizados son:

- El valor de irradiancia E_B [W/m²] (si se considera una sola muestra corresponde al valor instantáneo; si se consideran más muestras, corresponde al valor promedio).
- Ángulo Alfa en grados, ángulos bajo el cual se ve la fuente analizada.
- Ángulo Alfa en radianes, igual al precedente, pero expresado en radianes.
- Ángulo sólido Omega en estereorradianes, ángulos sólidos bajo el cual se ve la fuente analizada. Este ángulo se usa para calcular la luminancia.

Este parámetro va a ser evaluado según el valor de radiancia y no de irradiancia, luego más detallados son los parámetros geométricos insertados, mayor es la información sobre el valor límite.

En seguida se analizan todos los casos posibles.

- **Datos geométricos no disponibles:**

- L_B (100mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada asumiendo que toda la lux venga de un área semicircular con tamaño angular de 100 mrad.

Esto se aplica para cada fuente (también con tamaño angular inferior a 100mrad) si el tiempo de fijación es mayor de 10000s. En efecto, para largas temporadas, cualquier fuente tiene tamaño angular (para el sistema visivo humano) mínimo de 100mrad (CEI IEC 62471).

Si el valor $L_{B,100} \leq 100$ [W/(m² sr)], el valor límite no ha sido superado y no es necesario considerar los otros límites. La fuente pertenece a la clase de riesgo 0.

Si $L_{B,100} > 100$ [W / (m² sr)], se supera el límite y es necesario tener en cuenta el límite siguiente (el tiempo de fijación es inferior a 10000s, por lo que incluso el más pequeño tamaño angular que el ojo humano se puede enmarcar va a ser más pequeño, el siguiente límite es el ángulo de 11mrad).

- t_{100} [s], tiempo para el cual se puede fijar la fuente sin dañar el sistema visivo.

Si no se supera el límite precedente, t_{100} será mayor de 10000s; si menor, se debe considerar el límite sucesivo.

- L_B (11mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada asumiendo que toda la luz venga de un área semicircular con tamaño angular de 11 mrad.

Esto se aplica si el tiempo de fijación es mayor que 10s e inferior de 100s. En efecto, para temporadas dentro de este rango, la fuente más pequeña percibida por el ojo humano es de 11mrad (CEI IEC 62471).

Si el valor $L_{B_{11}} \leq 10000$ [$W/(m^2 sr)$], el límite no ha sido superado y no es necesario considerar los otros límites. La fuente pertenece a la clase de riesgo 1.

Si $L_{B_{11}} > 10000$ [$W/(m^2 sr)$], se supera el límite y es necesario tener en cuenta el límite siguiente (el tiempo de fijación es inferior a 100s, por lo que incluso el más pequeño tamaño angular que el ojo humano se puede enmarcar va a ser más pequeño, el siguiente límite es el ángulo de 1.7mrad).

- t_{11} [s], tiempo para el cual se puede fijar la fuente sin dañar el sistema visivo. Si no se supera el límite precedente, t_{11} será mayor de 10s; si menor, se debe considerar el límite sucesivo.

- L_B (1.7mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada asumiendo que toda la luz venga de un área circular con tamaño angular de 1.7mrad.

Esto se aplica si el tiempo de fijación es inferior a 0.25s (CEI IEC 62471).

Si el valor $L_{B_{1.7}} < 4 \cdot 10^6$ [$W/(m^2 sr)$], el límite no se ha superado. La fuente pertenece a la clase de riesgo 2.

En cada caso, se puede calcular el máximo tiempo de exposición que será siempre inferior a 0.25s.

- $t_{1.7}$ [s], tiempo para el cual se puede fijar la fuente sin dañar el sistema visivo, calculado de $t_{1.7} = 10^6 / L_{B_{11}}$.

• **Alfa [rad]** , el usuario proporciona el tamaño angular de la fuente en radianes y grados.

- Alfa [rad] ángulo subtendido por la fuente en radianes o grados.
- Omega [sr], ángulo sólido subtendido por la fuente, calculado a partir del ángulo Alfa asumiendo que la fuente no tenga forma circular:

$$\text{Omega} = 2\pi (1 - \cos(\text{Alfa}/2))$$

- L_B (100mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.
- L_B (11mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 11mrad.
- L_B (1.7mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 1.7mrad.
- L_B (real) [$W/(m^2 sr)$] es la radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.

- o t_{lim} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valore se calcula con el siguiente procedimiento:

$$\text{si Alfa} \geq 100\text{mrad} \Rightarrow \begin{cases} \text{si } L_{B_real} < 100, \text{ entonces } t_{lim} > 10000\text{s} \\ \text{(índice d satisfecho)} \\ \text{en contra } t_{lim} = 10^6 / L_{B_real} \\ \text{(índice c satisfecho)} \end{cases}$$

$$\text{si } 11\text{mrad} \leq \text{Alfa} < 100\text{mrad} \Rightarrow \begin{cases} \text{si } L_{B_100} < 100, \text{ entonces } t_{lim} > 10000\text{s} \\ \text{(índice d satisfecho)} \\ \text{en contra } t_{lim} = 10^6 / L_{B_real} \\ \text{(índice c satisfecho)} \end{cases}$$

$$\text{si Alfa} < 11\text{mrad} \Rightarrow \begin{cases} \text{si } L_{B_100} < 100, \text{ entonces } t_{lim} > 10000\text{s} \\ \text{(índice d satisfecho)} \\ \text{en contra } t_{lim} = 10^6 / L_{B_11} \end{cases}$$

• **Omega [sr]** , el usuario proporciona el ángulo sólido bajo el cual el instrumento ve la fuente:

- o Alfa [sr], ángulo subtendido por la fuente, calculado a partir del ángulo Omega asumiendo que la fuente tenga forma circular:

$$\text{Alfa} = 2(\text{Cos}^{-1}(1-\text{Omega}/2\pi))$$

- o Omega [sr], ángulo sólido subtendido por la fuente.
- o L_B (100mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.
- o L_B (11mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 11mrad.
- o L_B (1.7mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 1.7mrad.
- o L_B (real) [W/(m² sr)], radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.
- o t_{lim} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valore se calcula con el siguiente procedimiento:

$$\text{si Alfa} \geq 100\text{mrad} \Rightarrow \begin{cases} \text{si } L_{B_real} < 100, \text{ entonces } t_{lim} > 10000\text{s} \\ \text{(índice d satisfecho)} \\ \text{en contra } t_{lim} = 10^6 / L_{B_real} \\ \text{(índice c satisfecho)} \end{cases}$$

- o t_{lim} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valore se calcula con el siguiente procedimiento:

$$\text{si Alfa} \geq 100\text{mrad} \Rightarrow \begin{cases} \text{si } L_{B_real} < 100, \text{ entonces } t_{lim} > 10000\text{s} \\ \text{(índice d satisfecho)} \\ \text{en contra } t_{lim} = 10^6 / L_{B_real} \\ \text{(índice c satisfecho)} \end{cases}$$

$$\text{si } 11\text{mrad} \leq \text{Alfa} < 100\text{mrad} \Rightarrow \begin{cases} \text{si } L_{B_100} < 100, \text{ entonces } t_{lim} > 10000\text{s} \\ \text{(índice d satisfecho)} \\ \text{en contra } t_{lim} = 10^6 / L_{B_real} \\ \text{(índice c satisfecho)} \end{cases}$$

$$\text{si Alfa} < 11\text{mrad} \Rightarrow \begin{cases} \text{si } L_{B_100} < 100, \text{ entonces } t_{lim} > 10000\text{s} \\ \text{(índice d satisfecho)} \\ \text{en contra } t_{lim} = 10^6 / L_{B_11} \end{cases}$$

- **Diámetro d [m] - Distancia R [m]:**

- o Alfa [rad], ángulo subtendido por la fuente.
- o Omega [sr], ángulo sólido subtendido por la fuente.
- o L_B (100mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.
- o L_B (11mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 11mrad.
- o L_B (1.7mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 1.7mrad.
- o L_B (real) [W/(m² sr)], radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.
- o t_{lim} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valore se calcula con el siguiente procedimiento:

$$\text{si Alfa} \geq 100\text{mrad} \Rightarrow \begin{cases} \text{si } L_{B_real} < 100, \text{ entonces } t_{lim} > 10000\text{s} \\ \text{(índice d satisfecho)} \\ \text{en contra } t_{lim} = 10^6 / L_{B_real} \\ \text{(índice c satisfecho)} \end{cases}$$

si $11\text{mrad} \leq \text{Alfa} < 100\text{mrad} \Rightarrow$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{si } L_{B_{100}} < 100, \text{ entonces } t_{\text{lim}} > 10000\text{s} \\ \text{(índice d satisfecho)} \\ \text{en contra } t_{\text{lim}} = 10^6 / L_{B_{\text{real}}} \\ \text{(índice c satisfecho)} \end{array} \right.$$

si $\text{Alfa} < 11\text{mrad} \Rightarrow$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{si } L_{B_{100}} < 100, \text{ entonces } t_{\text{lim}} > 10000\text{s} \\ \text{(índice d satisfecho)} \\ \text{en contra } t_{\text{lim}} = 10^6 / L_{B_{11}} \end{array} \right.$$

Cerca de los valores de radiancia, se indica el valor límite de exposición en segundos.

Si la casilla *Insertar en el Informe* está seleccionada, los datos de la tabla serán insertados en el informe final.

6.4.6 Tabla g.h.i. 380-1400

En la tabla **g.h.i. 380-1400** hay el límite L_R de exposición para los parámetros "g", "h", "i".

Luz/Lum				
a. 180-400	b. 315-400	c.d. 300-700	g.h.i. 380-1400	j.k.l. 780-1400
m.n.o. 380-3000				
Notas				
Informe				
Índices de riesgo: g h i				
Datos de entrada		Radiancia LR	[W/(m²sr)]	Tiempo Límite [seg]
Irradiación [W/m²]	1,000E+0	LR	1,329E+0	> 10 seg
Alfa [deg]	53,13E+0	LR @ 100 mrad	-	-
Alfa [rad]	927,3E-3	LR @ 1.7 mrad	-	-
Omega [sr]	805,4E-3			
<input checked="" type="checkbox"/> Insertar en el Informe				

El límite varía según el tiempo de fijación de la fuente y de los tamaños angulares, luego a tiempos de fijación distintos y tamaños distintos corresponden límites de exposición distintos. En particular:

$$L_R = 2.8 \cdot 10^7 / C_\alpha \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}] \text{ para } t > 10\text{s (límite g)}$$

$$L_R = 5 \cdot 10^7 / (t^{0.25} C_\alpha) \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}] \text{ para } 10\mu\text{s} \leq t \leq 10\text{s (límite h)}$$

$$L_R = 8.89 \cdot 10^8 / C_\alpha \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}] \text{ para } t < 10\mu\text{s (límite i)}$$

C_α es un coeficiente que depende de las dimensiones α de la fuente y se aplica:

$$C_\alpha = 1.7 \quad \text{para } \alpha \leq 1.7\text{mrad}$$

$$C_\alpha = \alpha \quad \text{para } 1.7 \leq \alpha \leq 100\text{mrad}$$

$$C_\alpha = 100 \quad \text{para } \alpha > 100\text{mrad}$$

Los valores visualizados son:

- El valor de irradiancia E_r [W/m²] (si se considera una sola muestra corresponde al valor instantáneo; si se consideran más muestras, corresponde al valor promedio).
- Ángulo Alfa en grados, ángulos bajo el cual se ve la fuente analizada.

- Ángulo Alfa en radianes, igual al precedente, pero expresado en radianes.
- Ángulo sólido Omega en estereorradianes, ángulos sólidos bajo el cual se ve la fuente analizada. Este ángulo se usa para calcular la luminancia.

Este parámetro va a ser evaluado según el valor de radiancia y no de irradiancia, luego más detallados son los parámetros geométricos insertados, mayor es la información sobre el valor límite.

En seguida se analizan todos los casos posibles.

- **Datos geométricos no disponibles:**

- L_R (100mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada asumiendo que toda la luz venga de un área circular con tamaño angular de 100 mrad. Este valor debe ser comparado con los tres valores límite.
- t_{lim100} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valor va a ser calculado con el siguiente procedimiento (todos los valores de radiancia se expresan en [$W m^{-2} sr^{-1}$]):

se asume $C_\alpha = 100$

si $L_{R_{100}} < 2.8 \cdot 10^5 \Rightarrow t_{lim} > 10s$ (límite g satisfecho)

si $2.8 \cdot 10^5 \leq L_{R_{100}} \leq 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^5 / L_{R_{100}})^4$ (límite h satisfecho)

si $L_{R_{100}} > 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_{lim} < 10\mu s$ (límite i)

- L_R (1.7mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada asumiendo que toda la luz venga de un área circular con tamaño angular de 1.7mrad. Este valor debe ser comparado con los tres valores límite.
- $t_{lim1.7}$ [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valor va a ser calculado con el siguiente procedimiento (todos los valores de radiancia se expresan en [$W m^{-2} sr^{-1}$]):

se asume $C_\alpha = 1,7$

si $L_{R_{1.7}} \leq 1.65 \cdot 10^7 \Rightarrow t_{lim} > 10s$ (límite g satisfecho)

si $1.65 \cdot 10^7 \leq L_{R_{1.7}} \leq 5.2 \cdot 10^8 \Rightarrow t_{lim} = (2.94 \cdot 10^7 / L_{R_{1.7}})^4$ (límite h satisfecho)

si $L_{R_{1.7}} > 5.2 \cdot 10^8 \Rightarrow t_{lim} < 10\mu s$ (límite i)

- **Alfa [rad]** , el usuario proporciona el tamaño angular de la fuente en radianes.

- Alfa [rad], ángulo subtendido por la fuente.
- Omega [sr], ángulo sólido subtendido por la fuente, calculado a partir del ángulo Alfa asumiendo que la fuente no tenga forma circular:

$$\Omega = 2\pi (1 - \cos(\alpha/2))$$

- L_R (100mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.
- L_R (1.7mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 1.7mrad.

- L_R (real) [$W/(m^2 sr)$] es la radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.
- t_{lim} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valor va a ser calculado con el siguiente procedimiento (todos los valores de radiancia se expresan en [$W m^{-2} sr^{-1}$]):

si $\text{Alfa} > 100\text{mrad}$ se asume $C_\alpha = 100$

si $L_{R_real} \leq 2.8 \cdot 10^5 \Rightarrow t > 10\text{s}$ (límite g satisfecho)

si $2.8 \cdot 10^5 \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^5 / L_{R_real})^4$ [s] (límite h satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^6 \leq L_{R_real} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu\text{s}$ (límite i)

si $1.7\text{mrad} < \text{Alfa} < 100\text{mrad}$ se asume $C_\alpha = \text{Alfa}$

si $L_{R_real} \leq 2.8 \cdot 10^7 / \text{Alfa} \Rightarrow t > 10\text{s}$ (límite g satisfecho)

si $2.8 \cdot 10^7 / \text{Alfa} \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^8 / \text{Alfa} \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^7 / (L_{R_real} \cdot \text{Alfa}))^4$ [s]
(límite h satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^8 / \text{Alfa} \leq L_{R_real} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu\text{s}$ (límite i)

si $\text{Alfa} < 1.7\text{mrad}$ se asume $C_\alpha = 1.7$

si $L_{R_1.7} \leq 1.65 \cdot 10^7 \Rightarrow t > 10\text{s}$ (límite g satisfecho)

si $1.65 \cdot 10^7 \leq L_{R_1.7} \leq 5.23 \cdot 10^8 \Rightarrow t_{lim} = (2.94 \cdot 10^7 / (L_{R_1.7}))^4$ [s] (límite h satisfecho)

si $5.23 \cdot 10^8 \leq L_{R_1.7} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu\text{s}$ (límite i)

- **Omega [sr]**, el usuario proporciona el ángulo sólido bajo el cual el instrumento ve la fuente en estereorradianes.

- Alfa [sr], ángulo subtendido por la fuente, calculado a partir del ángulo Omega asumiendo que la fuente tenga forma circular:

$$\text{Alfa} = 2(\text{Cos}^{-1}(1 - \text{Omega}/2\pi))$$

- Omega [sr], ángulo sólido subtendido por la fuente.
- L_R (100mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.
- L_R (1.7mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 1.7mrad.
- L_R (real) [$W/(m^2 sr)$], radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.
- t_{lim} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valor va a ser calculado con el siguiente procedimiento (todos los valores de radiancia se expresan en [$W m^{-2} sr^{-1}$]):

si $\text{Alfa} > 100\text{mrad}$ se asume $C_\alpha = 100$

si $L_{R_real} \leq 2.8 \cdot 10^5 \Rightarrow t > 10\text{s}$ (límite g satisfecho)

si $2.8 \cdot 10^5 \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^5 / L_{R_100})^4$ [s] (límite h satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^6 \leq L_{R_real} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu\text{s}$ (límite i)

si $1.7\text{mrad} < \text{Alfa} < 100\text{mrad}$ se asume $C_\alpha = \text{Alfa}$

si $L_{R_real} \leq 2.8 \cdot 10^7 / \text{Alfa} \Rightarrow t > 10\text{s}$ (límite g satisfecho)

si $2.8 \cdot 10^7 / \text{Alfa} \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^8 / \text{Alfa} \Rightarrow t_lim = (5 \cdot 10^7 / (L_{R_real} \cdot \text{Alfa}))^4 \text{ [s]}$
(límite h satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^8 / \text{Alfa} \leq L_{R_real} \Rightarrow t_lim < 10\mu\text{s}$ (límite i)

si $\text{Alfa} < 1.7\text{mrad}$ se asume $C_\alpha = 1.7$

si $L_{R_1.7} \leq 1.65 \cdot 10^7 \Rightarrow t > 10\text{s}$ (límite g satisfecho)

si $1.65 \cdot 10^7 \leq L_{R_1.7} \leq 5.23 \cdot 10^8 \Rightarrow t_lim = (2.94 \cdot 10^7 / (L_{R_1.7}))^4 \text{ [s]}$ (límite h satisfecho)

si $5.23 \cdot 10^8 \leq L_{R_1.7} \Rightarrow t_lim < 10\mu\text{s}$ (límite i)

• **Lado d1 [m] - Lado d2 [m] - Distancia R [m]:**

- Alfa_1 [rad], ángulo subtendido por la fuente a lo largo del lado d1 (ver tabla siguiente).
- Alfa_2 [rad], ángulo subtendido por la fuente a lo largo del lado d2 (ver tabla siguiente).

Nota: los valores Alfa_1 y Alfa_2 son los que percibe el sistema visivo y se calculan a partir de los ángulos α_1, α_2 calculados por los solos parámetros geométricos.

α_1, α_2	Alfa_1	Alfa_2
$\alpha_1 > 100, \alpha_2 > 100$	$2 \times \text{Tan}^{-1}(d1/2R)$	$2 \times \text{Tan}^{-1}(d2/2R)$
$1.7 \leq \alpha_1 \leq 100, \alpha_2 > 100$	$2 \times \text{Tan}^{-1}(d1/2R)$	100mrad
$1.7 > \alpha_1, \alpha_2 > 100$	1.7mrad	100mrad
$1.7 > \alpha_1, 11 \leq \alpha_2 < 100$	1.7mrad	$2 \times \text{Tan}^{-1}(d2/2R)$
$1.7 \leq \alpha_1 < 100, 1.7 \leq \alpha_2 \leq 100$	$2 \times \text{Tan}^{-1}(d1/2R)$	$2 \times \text{Tan}^{-1}(d2/2R)$
$\alpha_1 > 100, 1.7 \leq \alpha_2 \leq 100$	100mrad	$2 \times \text{Tan}^{-1}(d2/2R)$
$1.7 > \alpha_1, 1.7 > \alpha_2$	1.7mrad	1.7mrad
$1.7 < \alpha_1 < 100, 1.7 > \alpha_2$	$2 \times \text{Tan}^{-1}(d1/2R)$	1.7mrad
$\alpha_1 > 100, 11 > \alpha_2$	100mrad	1.7mrad

- Alfa [rad], ángulo promedio subtendido por la fuente calculado como el promedio entre Alfa_1 y Alfa_2. El conocimiento de este ángulo es necesaria para poder calcular la real radiancia percibida por el ojo humano (CEI IEC 62471).
- Omega [sr], ángulo sólido bajo el cual se ve el rectángulo. El cálculo puede ser realizado de manera rigurosa o aproximada.
- L_R (100mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.
- L_R (1.7mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 1.7mrad.
- L_R (real) [W/(m² sr)], radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.
- t_lim [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valore se calcula con el siguiente procedimiento:

si Alfa > 100mrad se asume $C_\alpha = 100$

si $L_{R_real} \leq 2.8 \cdot 10^5 \Rightarrow t > 10s$ (límite g satisfecho)

si $2.8 \cdot 10^5 \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_lim = (5 \cdot 10^5 / L_{R_100})^4 [s]$ (límite h satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^6 \leq L_{R_real} \Rightarrow t_lim < 10\mu s$ (límite i)

si $1.7mrad \leq Alfa < 100mrad$ se asume $C_\alpha = Alfa$

si $L_{R_real} \leq 2.8 \cdot 10^7 / Alfa \Rightarrow t > 10s$ (límite g satisfecho)

si $2.8 \cdot 10^7 / Alfa \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^8 / Alfa \Rightarrow t_lim = (5 \cdot 10^7 / (L_{R_real} \cdot Alfa))^4 [s]$
(límite h satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^8 / Alfa \leq L_{R_real} \Rightarrow t_lim < 10\mu s$ (límite i)

• **Diámetro d [m] - Distancia R [m]:**

- Alfa [rad], ángulo subtendido por la fuente.
- Omega [sr], ángulo sólido subtendido por la fuente.
- L_R (100mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.
- L_R (1.7mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 1.7mrad.
- L_R (real) [W/(m² sr)], radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.
- t_lim [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valor se calcula con el siguiente procedimiento:

si Alfa > 100mrad se asume $C_\alpha = 100$

si $L_{R_real} \leq 2.8 \cdot 10^5 \Rightarrow t > 10s$ (límite g satisfecho)

si $2.8 \cdot 10^5 \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_lim = (5 \cdot 10^5 / L_{R_100})^4 [s]$ (límite h satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^6 \leq L_{R_real} \Rightarrow t_lim < 10\mu s$ (límite i)

si $1.7mrad < Alfa < 100mrad$ se asume $C_\alpha = Alfa$

si $L_{R_real} \leq 2.8 \cdot 10^7 / Alfa \Rightarrow t > 10s$ (límite g satisfecho)

si $2.8 \cdot 10^7 / Alfa \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^8 / Alfa \Rightarrow t_lim = (5 \cdot 10^7 / (L_{R_real} \cdot Alfa))^4 [s]$
(límite h satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^8 / Alfa \leq L_{R_real} \Rightarrow t_lim < 10\mu s$ (límite i)

si Alfa < 1.7mrad se asume $C_\alpha = 1.7$

si $L_{R_1.7} \leq 1.65 \cdot 10^7 \Rightarrow t > 10s$ (límite g satisfecho)

si $1.65 \cdot 10^7 \leq L_{R_1.7} \leq 5.23 \cdot 10^8 \Rightarrow t_lim = (2.94 \cdot 10^7 / (L_{R_1.7}))^4 [s]$ (límite h satisfecho)

si $5.23 \cdot 10^8 \leq L_{R_1.7} \Rightarrow t_lim < 10\mu s$ (límite i)

Cerca de los valores de radiancia, se indica el valor límite de exposición en segundos.

Si la casilla *Insertar en el Informe* está seleccionada, los datos de la tabla serán insertados en el informe final.

6.4.7 Tabla j.k.l. 780-1400

En la tabla **j.k.l. 780-1400** hay el límite L_R de exposición para los parámetros "j", "k", "l".

Luz/Lum	a. 180-400	b. 315-400	c.d. 300-700	g.h.i. 380-1400	j.k.l. 780-1400	m.n.o. 380-3000	Notas	Informe
Índices de riesgo: j k l								
Datos de entrada		Radiancia LR		[W/(m²sr)]	Tiempo Límite [seg]			
Irradiación [W/m²]	1,000E+0	LR	1,329E+0	> 10 seg				
Alfa [deg]	53,13E+0	LR @ 100 mrad	-	-				
Alfa [rad]	927,3E-3	LR @ 11 mrad	-	-				
Omega [sr]	805,4E-3							
<input checked="" type="checkbox"/> Insertar en el Informe								

El límite varía según el tiempo de fijación de la fuente y de los tamaños angulares, luego a tiempos de fijación distintos y tamaños distintos corresponden límites de exposición distintos. En particular:

$$L_R = 6.6 \cdot 10^6 / C_\alpha \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}] \quad \text{para } t > 10\text{s (límite j)}$$

$$L_R = 5 \cdot 10^7 / (t^{0.25} C_\alpha) \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}] \quad \text{para } 10\mu\text{s} \leq t \leq 10\text{s (límite k)}$$

$$L_R = 8,89 \cdot 10^8 / C_\alpha \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}] \quad \text{para } t < 10\mu\text{s (límite l)}$$

C_α es un coeficiente que depende de las dimensiones α de la fuente y se aplica:

$$C_\alpha = 11 \quad \text{para } \alpha \leq 11\text{mrad}$$

$$C_\alpha = \alpha \quad \text{para } 11 \leq \alpha \leq 100\text{mrad}$$

$$C_\alpha = 100 \quad \text{para } \alpha > 100\text{mrad}$$

Los valores visualizados son:

- Valor de irradiancia E_r [W/m²] (si se considera una sola muestra corresponde al valore instantáneo; si se consideran más muestras, corresponde al valor promedio).
- Ángulo Alfa en grados, ángulos bajo el cual se ve la fuente analizada.
- Ángulo Alfa en radianes, igual al precedente, pero expresado en radianes.
- Ángulo sólido Omega en estereorradianes, ángulos sólidos bajo el cual se ve la fuente analizada. Este ángulo se usa para calcular la luminancia.

Este parámetro va a ser evaluado según el valor de radiancia y no de irradiancia, luego más detallados son los parámetros geométricos insertados, mayor es la información sobre el valor límite.

En seguida se analizan todos los casos posibles.

- **Datos geométricos no disponibles:**

- L_r (100mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada asumiendo que toda la luz venga de un área circular con tamaño angular de 100mrad. Este valor debe ser comparado con los tres valores límite.
- t_{lim100} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valor va a ser calculado con el siguiente procedimiento (todos los valores de radiancia se expresan en [W m⁻² sr⁻¹]):

se asume $C_\alpha = 100$

si $L_{r_{100}} < 6 \cdot 10^4 \Rightarrow t_{lim} > 10s$ (límite j satisfecho)

si $2.8 \cdot 10^5 \leq L_{r_{100}} \leq 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^5 / L_{r_{100}})^4$ (límite k satisfecho)

si $L_{r_{100}} < 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_{lim} < 10\mu s$ (límite l)

o L_r (11mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada asumiendo que toda la luz venga de un área circular con tamaño angular de 11mrad. Este valor debe ser comparado con los tres valores límite.

o t_{lim11} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valor va a ser calculado con el siguiente procedimiento (todos los valores de radiancia se expresan en [$W m^{-2} sr^{-1}$]):

se asume $C_\alpha = 11$

si $L_{R_{11}} \leq 5.45 \cdot 10^5 \Rightarrow t_{lim} > 10s$ (límite j satisfecho)

si $5.45 \cdot 10^5 \leq L_{R_{11}} \leq 8.08 \cdot 10^7 \Rightarrow t_{lim} = (4.54 \cdot 10^6 / L_{R_{11}})^4$ (límite k satisfecho)

si $L_{R_{11}} > 8.08 \cdot 10^7 \Rightarrow t_{lim} < 10\mu s$ (límite l)

• **Alfa [rad]** , el usuario proporciona el tamaño angular de la fuente en radianes.

o Alfa [rad], ángulo subtendido por la fuente.

o Omega [sr], ángulo sólido subtendido por la fuente, calculado a partir del ángulo Alfa asumiendo que la fuente no tenga forma circular:

$$\Omega = 2\pi (1 - \cos(\text{Alfa}/2))$$

o L_R (100mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.

o L_R (11mrad) [$W/(m^2 sr)$], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 11mrad.

o L_R (real) [$W/(m^2 sr)$], radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.

o t_{lim} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valor va a ser calculado con el siguiente procedimiento (todos los valores de radiancia se expresan en [$W m^{-2} sr^{-1}$]):

si Alfa > 100mrad se asume $C_\alpha = 100$

si $L_{R_{real}} \leq 6 \cdot 10^4 \Rightarrow t > 10s$ (límite j satisfecho)

si $6 \cdot 10^4 \leq L_{R_{real}} \leq 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^5 / L_{R_{real}})^4$ [s] (límite k satisfecho)

Si $8.89 \cdot 10^6 \leq L_{R_{real}} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu s$ (límite l)

si 11mrad < Alfa < 100mrad se asume $C_\alpha = \text{Alfa}$

si $L_{R_{real}} \leq 6 \cdot 10^6 / \text{Alfa} \Rightarrow t > 10s$ (límite j satisfecho)

si $6 \cdot 10^6 / \text{Alfa} \leq L_{R_{real}} \leq 8.89 \cdot 10^8 / \text{Alfa} \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^7 / (L_{R_{real}} \cdot \text{Alfa}))^4$ [s]
(límite k satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^8 / \text{Alfa} \leq L_{R_{real}} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu s$ (límite l)

si Alfa > 11mrad se asume $C_\alpha = 11$

si $L_{R_11} \leq 5.45 \cdot 10^5 \Rightarrow t > 10s$ (límite j satisfecho)

si $.45 \cdot 10^5 \leq L_{R_11} \leq 8.08 \cdot 10^7 \Rightarrow t_lim = (4.54 \cdot 10^6 / (L_{R_11}))^4$ [s] (límite k satisfecho)

Si $8.08 \cdot 10^7 \leq L_{R_real} \Rightarrow t_lim < 10\mu s$ (límite l)

• **Omega [sr]**, el usuario proporciona el ángulo sólido bajo el cual el instrumento ve la fuente en estereorradianes.

- Alfa [sr], ángulo subtendido por la fuente, calculado a partir del ángulo Omega asumiendo que la fuente tenga forma circular:

$$\text{Alfa} = 2(\text{Cos}^{-1}(1 - \text{Omega}/2\pi))$$

- Omega [sr], ángulo sólido subtendido por la fuente.
- L_R (100mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.
- L_R (11mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 11mrad.
- L_R (real) [W/(m² sr)], radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.
- t_lim [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valor va a ser calculado con el siguiente procedimiento (todos los valores de radiancia se expresan en [W m⁻² sr⁻¹]):

si Alfa > 100mrad se asume $C_\alpha = 100$

si $L_{R_real} \leq 6 \cdot 10^4 \Rightarrow t > 10s$ (límite j satisfecho)

si $6 \cdot 10^4 \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_lim = (5 \cdot 10^5 / L_{R_real})^4$ [s] (límite k satisfecho)

Si $8.89 \cdot 10^6 \leq L_{R_real} \Rightarrow t_lim < 10\mu s$ (límite l)

si 11mrad < Alfa < 100mrad se asume $C_\alpha = \text{Alfa}$

si $L_{R_real} \leq 6 \cdot 10^6 / \text{Alfa} \Rightarrow t > 10s$ (límite j satisfecho)

si $6 \cdot 10^6 / \text{Alfa} \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^8 / \text{Alfa} \Rightarrow t_lim = (5 \cdot 10^7 / (L_{R_real} \cdot \text{Alfa}))^4$ [s]
(límite k satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^8 / \text{Alfa} \leq L_{R_real} \Rightarrow t_lim < 10\mu s$ (límite l)

si Alfa > 11mrad se asume $C_\alpha = 11$

si $L_{R_11} \leq 5.45 \cdot 10^5 \Rightarrow t > 10s$ (límite j satisfecho)

si $.45 \cdot 10^5 \leq L_{R_11} \leq 8.08 \cdot 10^7 \Rightarrow t_lim = (4.54 \cdot 10^6 / (L_{R_11}))^4$ [s] (límite k satisfecho)

Si $8.08 \cdot 10^7 \leq L_{R_real} \Rightarrow t_lim < 10\mu s$ (límite l)

• **Lado d1 [m] - Lado d2 [m] - Distancia R [m]:**

- Alfa_1 [rad], ángulo subtendido por la fuente a lo largo del lado d1 (ver tabla siguiente).
- Alfa_2 [rad], ángulo subtendido por la fuente a lo largo del lado d2 (ver tabla siguiente).

Nota: los valores Alfa_1 y Alfa_2 son los que percibe el sistema visivo y se calculan a partir de los ángulos α_1 , α_2 calculados por los solos parámetros geométricos.

α_1, α_2	Alfa_1	Alfa_2
$\alpha_1 > 100, \alpha_2 > 100$	$2 \times \tan^{-1}(d1/2R)$	$2 \times \tan^{-1}(d2/2R)$
$11 \leq \alpha_1 \leq 100, \alpha_2 > 100$	$2 \times \tan^{-1}(d1/2R)$	100mrad
$11 > \alpha_1, \alpha_2 > 100$	11mrad	100mrad
$11 > \alpha_1, 11 \leq \alpha_2 \leq 100$	11mrad	$2 \times \tan^{-1}(d2/2R)$
$11 \leq \alpha_1 \leq 100, 11 \leq \alpha_2 \leq 100$	$2 \times \tan^{-1}(d1/2R)$	$2 \times \tan^{-1}(d2/2R)$
$\alpha_1 > 100, 11 < \alpha_2 < 100$	100mrad	$2 \times \tan^{-1}(d2/2R)$
$11 > \alpha_1, 11 > \alpha_2$	11mrad	11mrad
$11 < \alpha_1 < 100, 11 > \alpha_2$	$2 \times \tan^{-1}(d1/2R)$	11mrad
$\alpha_1 > 100, 11 > \alpha_2$	100mrad	11mrad

- Alfa [rad], ángulo promedio subtendido por la fuente calculado como el promedio entre Alfa_1 y Alfa_2. El conocimiento de este ángulo es necesaria para poder calcular la real radiancia percibida por el ojo humano (CEI IEC 62471).
- Omega [sr], ángulo sólido bajo el cual se ve el rectángulo. El cálculo puede ser realizado de manera rigurosa o aproximada.
- L_R (100mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.
- L_R (11mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 11mrad.
- L_R (real [W/(m² sr)]), radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.
- t_{lim} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valore se calcula con el siguiente procedimiento:

si Alfa > 100mrad se asume $C_\alpha = 100$

si $L_{R_real} \leq 6 \cdot 10^4 \Rightarrow t > 10s$ (límite j satisfecho)

si $6 \cdot 10^4 \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^5 / L_{R_real})^4$ [s] (límite k satisfecho)

Si $8.89 \cdot 10^6 \leq L_{R_real} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu s$ (límite l)

si 11mrad < Alfa < 100mrad se asume $C_\alpha = Alfa$

si $L_{R_real} \leq 6 \cdot 10^6 / Alfa \Rightarrow t > 10s$ (límite j satisfecho)

si $6 \cdot 10^6 / Alfa \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^8 / Alfa \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^7 / (L_{R_real} \cdot Alfa))^4$ [s]
(límite k satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^8 / Alfa \leq L_{R_real} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu s$ (límite l)

● **Diámetro d [m] - Distancia R [m]:**

- Alfa [rad], ángulo subtendido por la fuente.
- Omega [sr], ángulo sólido subtendido por la fuente.
- L_R (100mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 100mrad.
- L_R (11mrad) [W/(m² sr)], radiancia calculada suponiendo que la fuente tenga un tamaño angular de 11mrad.

- L_R (real) [$W/(m^2 sr)$], radiancia real calculada a partir de los parámetros geométricos insertados.
- t_{lim} [s], tiempo límite de exposición, es decir, el tiempo para el cual se puede ver la fuente sin dañar el sistema visivo. Este valor se calcula con el siguiente procedimiento:

si $\text{Alfa} > 100\text{mrad}$ se asume $C_\alpha = 100$

si $L_{R_real} \leq 6 \cdot 10^4 \Rightarrow t > 10\text{s}$ (límite j satisfecho)

si $6 \cdot 10^4 \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^6 \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^5 / L_{R_real})^4$ [s] (límite k satisfecho)

Si $8.89 \cdot 10^6 \leq L_{R_real} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu\text{s}$ (límite l)

si $11\text{mrad} < \text{Alfa} < 100\text{mrad}$ se asume $C_\alpha = \text{Alfa}$

si $L_{R_real} \leq 6 \cdot 10^6 / \text{Alfa} \Rightarrow t > 10\text{s}$ (límite j satisfecho)

si $6 \cdot 10^6 / \text{Alfa} \leq L_{R_real} \leq 8.89 \cdot 10^8 / \text{Alfa} \Rightarrow t_{lim} = (5 \cdot 10^7 / (L_{R_real} \cdot \text{Alfa}))^4$ [s]
(límite k satisfecho)

si $8.89 \cdot 10^8 / \text{Alfa} \leq L_{R_real} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu\text{s}$ (límite l)

si $\text{Alfa} < 11\text{mrad}$ se asume $C_\alpha = 11$

si $L_{R_11} \leq 5.45 \cdot 10^5 \Rightarrow t > 10\text{s}$ (límite j satisfecho)

si $.45 \cdot 10^5 \leq L_{R_11} \leq 8.08 \cdot 10^7 \Rightarrow t_{lim} = (4.54 \cdot 10^6 / (L_{R_11}))^4$ [s] (límite k satisfecho)

Si $8.08 \cdot 10^7 \leq L_{R_real} \Rightarrow t_{lim} < 10\mu\text{s}$ (límite l)

Cerca de los valores de radiancia, se indica el valor límite de exposición en segundos.

Si la casilla *Insertar en el Informe* está seleccionada, los datos de la tabla serán insertados en el informe final.

6.4.8 Tabla m.n.o. 380-3000

En la tabla **m.n.o. 380-3000** hay los valores de exposición para los parámetros "m", "n", "o".

Luz/Lum	a. 180-400	b. 315-400	c.d. 300-700	g.h.i. 380-1400	j.k.l. 780-1400	m.n.o. 380-3000	Notas	Informe
Índices de riesgo: m n o								
Datos de entrada			Índices		Resultado			
Irradiación [W/m ²]	1,000E+0		o.		> 10 seg			
Dosis [J/m ²]	1,000E+0		m.n.		> 1000 seg			
<input checked="" type="checkbox"/> Insertar en el Informe								

Los valores visualizados son:

- El valor de irradiancia E_{skin} [W/m²] (si se considera una sola muestra corresponde al valore instantáneo; si se consideran más muestras, corresponde al valor promedio).
- El valor de la dosis H_{skin} [J/m²] relativo a las muestras consideradas.
- Tiempo límite (t_{lim}) de exposición para el índice "o" necesario para superar el umbral, calculado con la fórmula siguiente:

$$t_{lim} = 35600/E_{skin} \quad \text{si el tiempo detectado} > 10s$$

en contra:

$$t_{lim} = (20000/ E_{skin})^{4/3}$$

- Tiempo límite (t_{lim}) de exposición para los índices "m" y "n"

Los límites "m" y "n" deberían ser calculados dentro del rango espectral 780-3000. Como este rango espectral no está en el instrumento, se usa el mismo canal del límite "o"; en este caso los valores serán superiores a los reales y luego a favor de la seguridad del trabajador.

Para tiempos de exposición mayores que 1000 segundos, se calcula el límite "n":

si $E_{IR} \leq 100$ W/m², entonces el límite "n" es satisfecho;

si $E_{IR} > 100$ W/m², entonces se calcula el tiempo de exposición para estar dentro del límite "n", en particular:

$$t_{lim} = (18000/ E_{IR})^{4/3}$$

Si la casilla *Insertar en el Informe* está seleccionada, los datos de la tabla serán insertados en el informe final.

6.4.9 Tabla Notas

En la tabla *Notas* se puede indicar, a discreción del usuario, notas relativas a cada límite previsto por el Anexo XXXVII del Decreto Ley 81/08.

Luz/Lum	a. 180-400	b. 315-400	c.d. 300-700	g.h.i. 380-1400	j.k.l. 780-1400	m.n.o. 380-3000	Notas	Informe
Índices	Notas							
a.								
b.								
c.d.								
g.h.i.								
j.k.l.								
m.n.o.								

6.4.10 Tabla Informe

En la tabla *Informe* se listan los valores límite de exposición para cada índice de riesgo.

Luz/Lum	a. 180-400	b. 315-400	c.d. 300-700	g.h.i. 380-1400	j.k.l. 780-1400	m.n.o. 380-3000	Notas	Informe
Índices	Parámetro medido	Exposición máxima aceptable (MPE)	Evaluación					
<input checked="" type="checkbox"/>	a. 180-400 Irradiación [W/m²] = 1,000E+0 Dosis [J/m²] = 1,000E+0	Tiempo Límite [hh:mm:ss] = 00:00:30	a					
<input checked="" type="checkbox"/>	b. 315-400 Irradiación [W/m²] = 1,000E+0 Dosis [J/m²] = 1,000E+0	Tiempo Límite [hh:mm:ss] = 02:46:40	b					
<input checked="" type="checkbox"/>	c.d. 300-700 LB = 1,329E+0 [W/(m²sr)]	Tiempo Límite [seg] = > 24 horas	c	d				
<input checked="" type="checkbox"/>	g.h.i. 380-1400 LR = 1,329E+0 [W/(m²sr)]	Tiempo Límite [seg] = > 10 seg	g	h	i			
<input checked="" type="checkbox"/>	j.k.l. 780-1400 LR = 1,329E+0 [W/(m²sr)]	Tiempo Límite [seg] = > 10 seg	j	k	l			
<input checked="" type="checkbox"/>	m.n.o. 380-3000 Irradiación [W/m²] = 1,000E+0 Dosis [J/m²] = 1,000E+0	o. = > 10 seg m.n. = > 1000 seg	m	n	o			
<input type="checkbox"/> Indeterminado <input checked="" type="checkbox"/> OK <input checked="" type="checkbox"/> Peligro <input checked="" type="checkbox"/> ¡Cuidado!								

En la columna *Evaluación*, la situación de los índices de riesgo se indica por casillas coloradas que tienen el siguiente significado:

- Casilla blanca = índice de riesgo no determinado
- Casilla verde = índice de riesgo no superado
- Casilla amarilla = índice de riesgo con tiempo de exposición limitado
- Casilla roja = índice de riesgo superado

La tabla siguiente muestra la relación entre el color de la casilla y el tiempo de exposición para los distintos índices.

Índice de riesgo	Tiempo de exposición (t_lim)		
	Casilla verde	Casilla amarilla	Casilla roja
a	t_lim > 8h	-	t_lim < 8h
b	t_lim > 8h	-	t_lim < 8h
c	t_lim > 10000s	t_lim < 10000s	-
d	t_lim > 10000s	-	t_lim < 10000s
g	t_lim > 10s	-	t_lim < 10s
h	t_lim > 10s	t_lim < 10s	t_lim < 10μs
i	t_lim > 10s	t_lim < 10s	-
j	t_lim > 10s	-	t_lim < 10s
k	t_lim > 10s	t_lim < 10s	t_lim < 10μs
l	t_lim > 10s	t_lim < 10s	-
m	t_lim > 1000s	t_lim < 1000s	-
n	t_lim > 1000s	-	t_lim < 1000s
o	t_lim > 10s	t_lim < 10s	-

Tabla 6: correspondencia entre la evaluación de los índices de riesgo y el tiempo de exposición.

7 CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES

La medición de las radiaciones ópticas artificiales está conducida dentro de un amplio rango espectral que va de 180nm a 3000nm.

A diferentes rangos espectrales hay índices de riesgo distintos, unidos al tipo de daño que la radiación óptica produce sobre las partes del cuerpo humano expuestas: ojos y piel.

Las correctas curvas de respuesta espectral se obtienen sumando con pesos oportunos las señales que llegan de más sensores.

7.1 RANGO ESPECTRAL 180-400nm

El rango espectral debe ser evaluado con la curva de ponderación $S(\lambda)$.

La siguiente figura muestra la comparación entre la curva de respuesta espectral obtenida por la combinación de los canales (en púrpura) y la curva de ponderación $S(\lambda)$ (en negro).

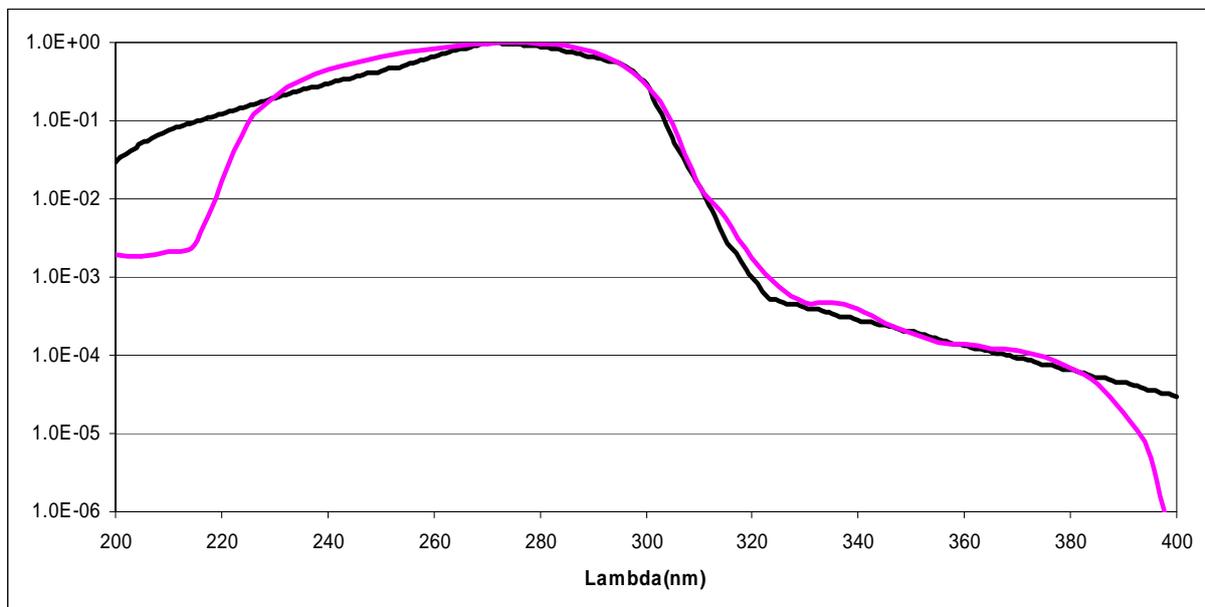


Figura 7: Comparación entre la curva de respuesta espectral obtenida por la combinación de los canales (en púrpura) y la curva de ponderación $S(\lambda)$ (en negro)

7.2 RANGO ESPECTRAL 315-400nm (UVA)

El rango espectral no requiere ninguna ponderación.

La figura siguiente muestra la curva de respuesta espectral del canal UVA.

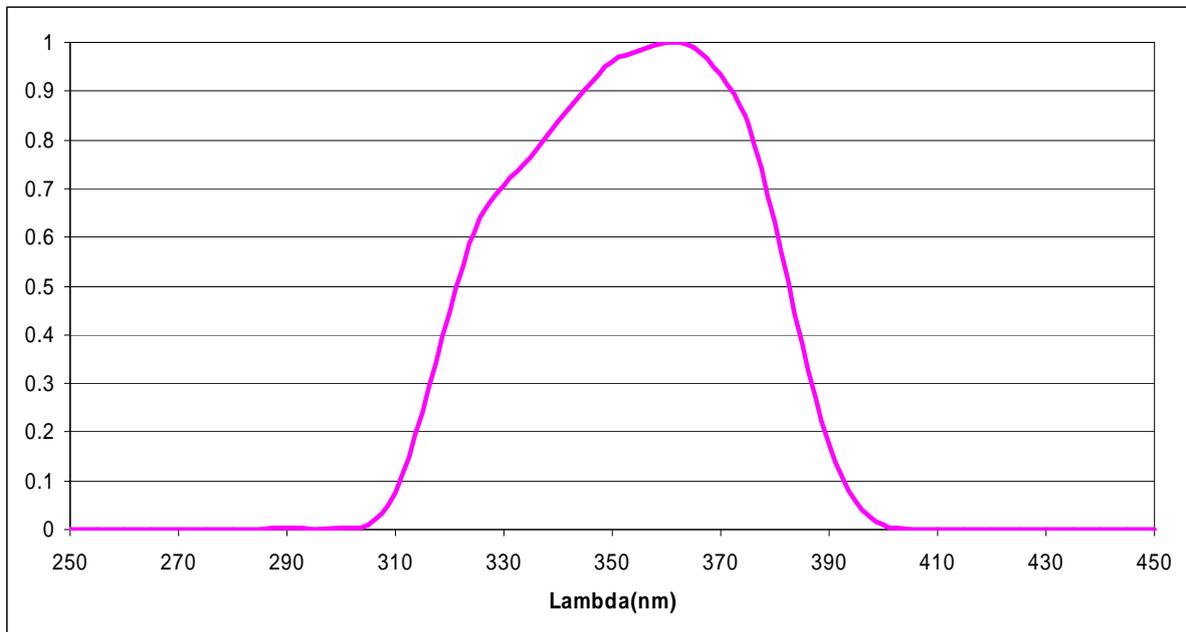


Figura 8: curva de respuesta espectral del sensor UVA

7.3 RANGO ESPECTRAL 300-700nm

El rango espectral debe ser evaluado con la curva de ponderación $B(\lambda)$.

La siguiente figura muestra la comparación entre la curva de respuesta espectral obtenida por la combinación de los canales y la curva de ponderación $B(\lambda)$.

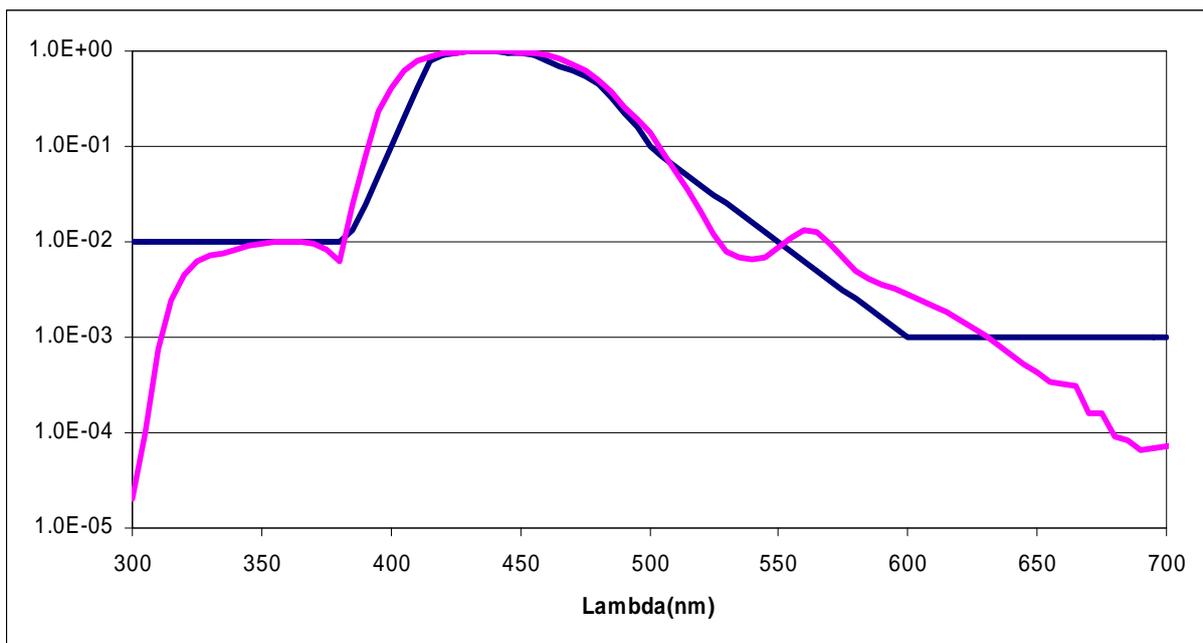


Figura 9: comparación entre la curva de respuesta espectral obtenida por la combinación de los canales (en púrpura) y la curva de ponderación $B(\lambda)$ (en negro)

7.4 RANGO ESPECTRAL 380-1400nm

El rango espectral debe ser evaluado con la curva de ponderación $R(\lambda)$.

La siguiente figura muestra la comparación entre la curva de respuesta espectral obtenida por la combinación de los canales y la curva de ponderación $R(\lambda)$.

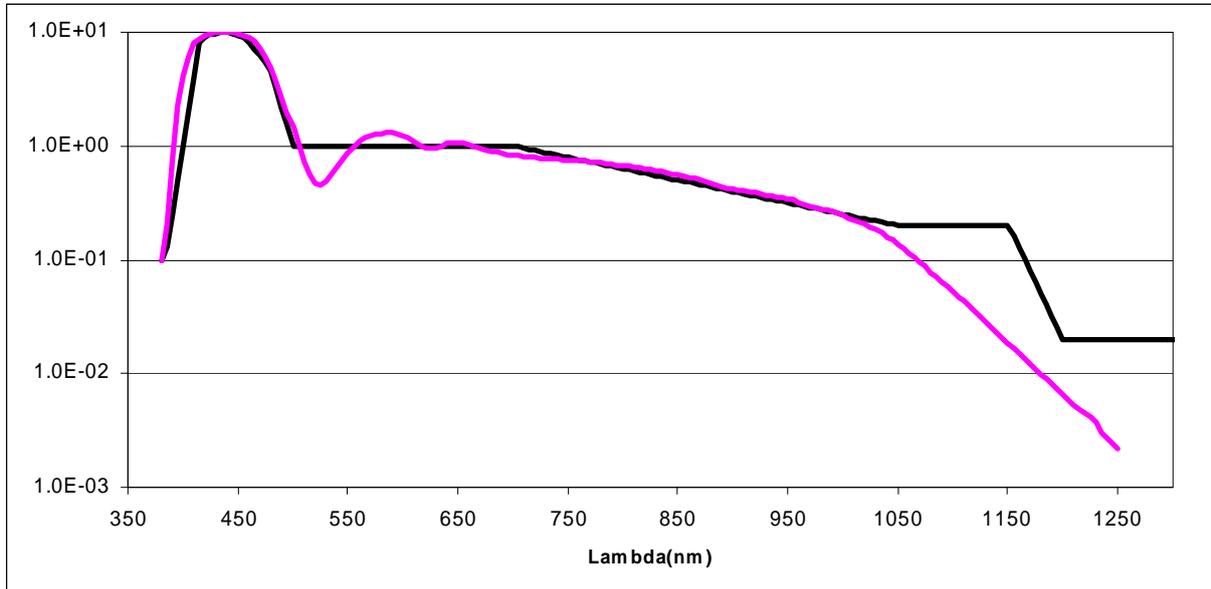


Figura 10: comparación entre la curva de respuesta espectral obtenida por la combinación de los canales (en púrpura) y la curva de ponderación $R(\lambda)$ (en negro)

7.5 RANGO ESPECTRAL 780-1400nm

El rango espectral debe ser evaluado con la curva de ponderación $R(\lambda)$ (en la sola parte que va de 780 nm a 1400 nm).

La siguiente figura muestra la comparación entre la curva de respuesta espectral del canal y la curva de ponderación $R(\lambda)$.

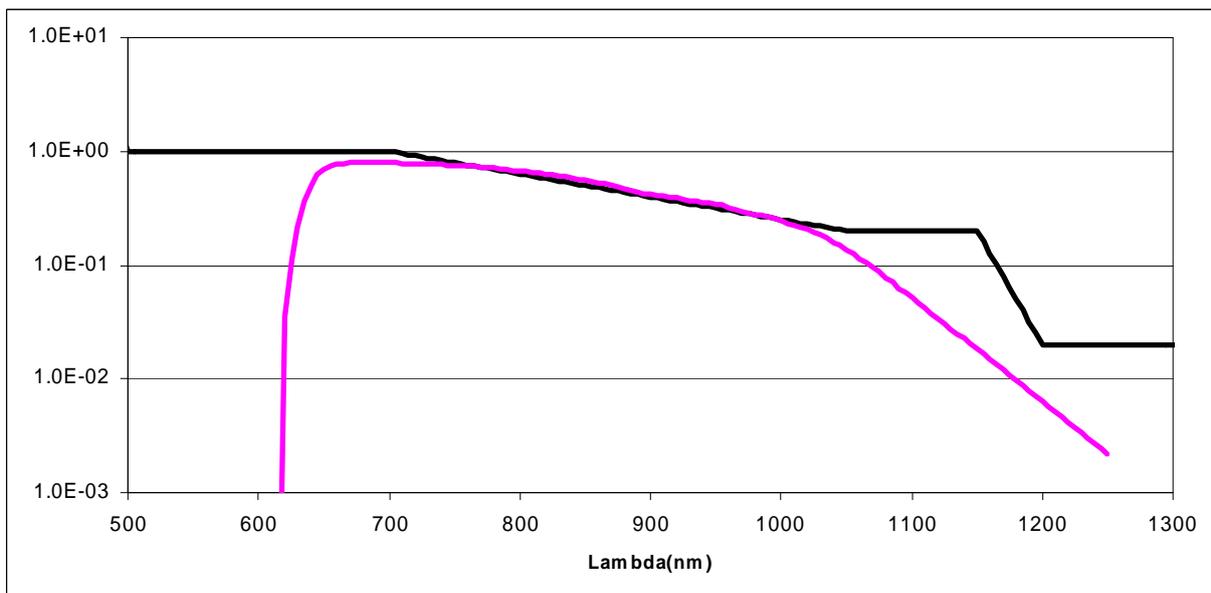


Figura 11: comparación entre la curva de respuesta espectral del canal (en púrpura) y la curva de ponderación $R(\lambda)$ (en negro)

7.6 RANGO ESPECTRAL 380-3000nm

El rango espectral no requiere ninguna ponderación.

La figura siguiente muestra la curva de respuesta espectral del piranómetro.

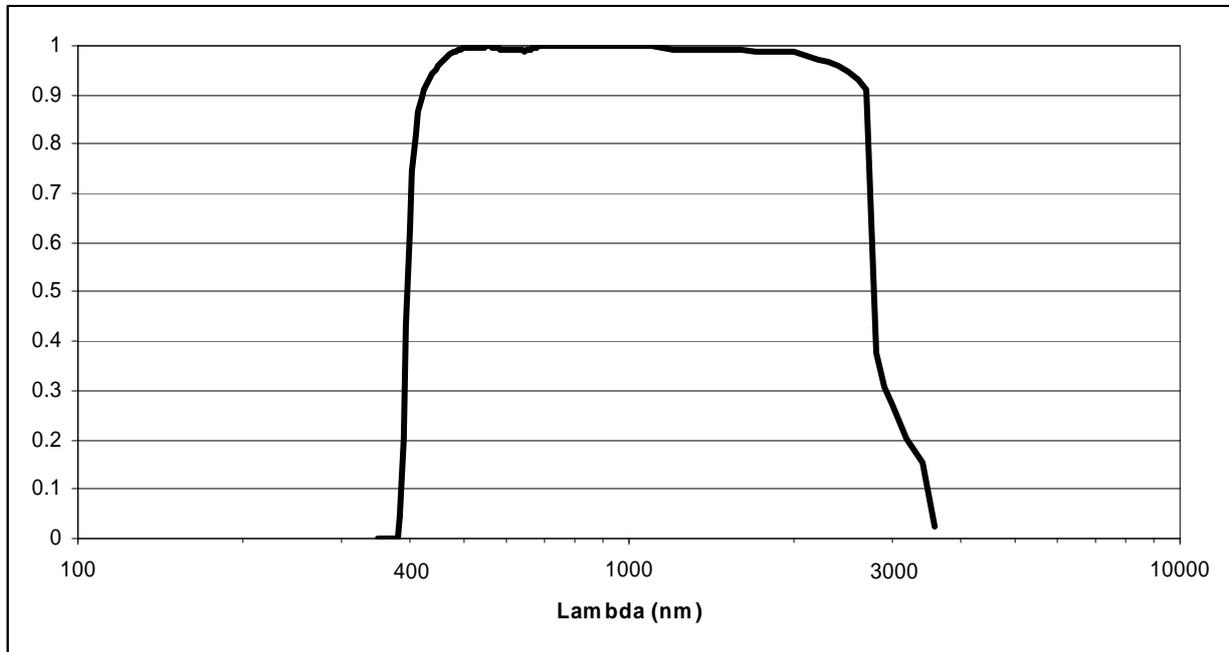


Figura 12: respuesta espectral del piranómetro

8 CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES

Los instrumentos son calibrados en la empresa y no requieren otras operaciones por el usuario. Cada sensor que forma el HD2402 está calibrado singularmente con modalidades distintas.

Luxómetro (Canal 6), la calibración se realiza comprando con el luxómetro muestra de segunda línea del laboratorio metrológico Delta OHM; el medio de comparación es una lámpara de incandescencia con temperatura de color de 2856K (Iluminante A).

Radiómetro UV (Canal 2), la calibración se realiza comprando con el radiómetro muestra de segunda línea del laboratorio metrológico Delta OHM; la calibración ocurre con luz monocromática de 270nm obtenida a la salida de un doble monocromador y usando como fuente una lámpara de Xe-Hg.

Radiómetro UVA (Canal 5), la calibración se realiza comprando con el radiómetro muestra de segunda línea del laboratorio metrológico Delta OHM; la calibración ocurre con luz monocromática de 365nm obtenida filtrando una lámpara de Xe-Hg con filtro interferencial de 365nm.

Radiómetro AZUL (Canal 7), la calibración se realiza comprando con el radiómetro muestra de segunda línea del laboratorio metrológico Delta OHM; la calibración ocurre con luz monocromática de 440nm obtenida filtrando una lámpara alógena con filtro interferencial de 440nm.

Radiómetro IR (Canal 3), la calibración se realiza comprando con el radiómetro muestra de segunda línea del laboratorio metrológico Delta OHM; la calibración ocurre con luz monocromática de 680nm obtenida filtrando una lámpara alógena con filtro interferencial de 680nm.

Piranómetro (Canal 9), la calibración se realiza comprando con el piranómetro muestra usando la luz producida por una lámpara alógena. La luz es perpendicular a la superficie de la termopila. La calibración ocurre de acuerdo con la regulación ISO 9847 ("Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer"), método IIc.

Se aconseja comprobar la calibración de los sensores por lo menos una vez al año.

9 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Instrumento

Dimensiones(Long. x Anch. x Altura)	70x70x160 mm 75x75x160 mm con caja protectora
Peso	500 g
Materiales	aleación de aluminio caja protectora en caucho

Condiciones de trabajo

Temperatura de trabajo	-5...50°C
Temperatura de almacenamiento	-25...65°C
Humedad de trabajo relativa	0 ... 85% HR, sin condensación

Alimentación

Adaptador de red (cód. SWD05)	5Vdc/1A
-------------------------------	---------

Seguridad de los datos guardados

ilimitada

Interfaz serial:

salida para la conexión a la entrada USB del ordenador a través del cable CP24

Capacidad de memoria

96.000 memorizaciones,
correspondientes a aproximadamente
26 horas de adquisición continua.

Intervalo de memorización

fijo a 1 segundo.

RANGOS DE MEDICIÓN

Medición de la iluminancia en el rango espectral 380÷780 nm

- 0 ÷ 399.9 lux
- 0 ÷ 3.999·10³ lux
- 0 ÷ 39,99·10³ lux
- 0 ÷ 399,9·10³ lux

Medición de la irradiancia UV en el rango espectral 220÷400 nm con factor de peso espectral S(λ)

- 0 ÷ 39.99·10⁻³ W/m²
- 0 ÷ 399,9·10⁻³ W/m²
- 0 ÷ 3.999 W/m²
- 0 ÷ 39,99 W/m²

Medición de la irradiancia ultravioleta en el rango espectral UVA (315÷400 nm)

- 0 ÷ 3.999 W/m²
- 0 ÷ 39,99 W/m²
- 0 ÷ 399,9 W/m²
- 0 ÷ 3.999·10³ W/m²

Medición de la irradiancia en el rango espectral 400÷700 nm (azul) con factor de peso espectral $B(\lambda)$

$$0 \div 399,9 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

$$0 \div 3.999 \text{ W/m}^2$$

$$0 \div 39,99 \text{ W/m}^2$$

$$0 \div 399,9 \text{ W/m}^2$$

Medición de la irradiancia en el infrarrojo, en el rango espectral 700÷1300 nm con factor de peso espectral $R(\lambda)$

$$0 \div 3.999 \text{ W/m}^2$$

$$0 \div 39,99 \text{ W/m}^2$$

$$0 \div 399,9 \text{ W/m}^2$$

$$0 \div 3.999 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$$

Medición de la irradiancia en el infrarrojo, rango espectral 400÷2800 nm

$$0 \div 3.999 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$$

10 ALMACENAMIENTO

Condiciones de almacenamiento del instrumento:

- Temperatura: -25...+70°C.
- Humedad: 10...90%RH sin condensación
- Durante el almacenamiento, evitar los sitios donde:
 - la humedad es alta.
 - El instrumento está expuesto a la radiación directa del sol.
 - El instrumento está expuesto a una fuente de temperatura alta.
 - Hay fuertes vibraciones.
 - Hay vapor, sal y/o gas corrosivo.

11 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Instrucciones generales de seguridad

Este instrumento fue fabricado y probado de acuerdo con las normas de seguridad EN 61010-1 relativas a los instrumentos electrónicos de medición y salió de la fábrica en perfectas condiciones técnicas de seguridad.

El buen funcionamiento y la seguridad operacional del instrumento sólo pueden ser garantizados si se respetan todas las medidas normales de seguridad, así como las especificaciones que se describen en este manual de funcionamiento.

El buen funcionamiento y la seguridad operacional del instrumento sólo se pueden garantizar según las condiciones climáticas especificadas en el manual.

No usar el instrumento donde hay:

- rápidos cambios de temperatura que pueden provocar condensación.
- Gas corrosivos o inflamables.
- Vibraciones directas o golpes al instrumento.
- Campos electromagnéticos de alta intensidad, electricidad estática.

Si el instrumento se transporta de un lugar frío a un lugar cálido o viceversa, la formación de condensación puede causar disturbios al funcionamiento. En este caso es necesario esperar que la temperatura del instrumento alcance la temperatura ambiente antes de reinicializarlo de nuevo.

Requisitos del usuario

El usuario del instrumento deberá garantizar el cumplimiento de las siguientes normas y directrices relativas al tratamiento de materiales peligrosos:

- Directiva CE sobre la seguridad durante el trabajo;
- regulaciones nacionales para la seguridad durante el trabajo;
- normas para la prevención de accidentes.

12 CÓDIGOS DE PEDIDO

HD2402 Instrumento multisensor, datalogger para medir las radiaciones ópticas incoherentes. Completo de: software **DeltaLog13 (de la versión 1.0.1.0)** para descargar los datos, para el visualizador y para el procesamiento de los datos sobre ordenador, llave hardware **CH20-ROA** para activar el software, cable de conexión **CP24**, alimentador **SWD05**, trípode **VTRAP20**, manual de instrucciones, maleta.

Accesorios:

CH20-ROA **Llave hardware** para ordenador con sistema operativo Windows®. Insertada en un puerto USB permite al ordenador usar el software DeltaLOG13 con el instrumento HD2402.

CP24 Cable de conexión al ordenador o al alimentador, con conector M12 por el lado del instrumento y con conector USB de tipo A por el lado ordenador/alimentador.

DeltaLog13 Otra copia del software para la conexión al ordenador para configurar el instrumento y descargar los datos en memoria. Para sistema operativos Windows®.

SWD05 Alimentador de tensión de red **100-240Vac/5Vdc-1A**. Salida con conector USB de tipo A.

VTRAP20 Trípode a fijar al instrumento, máx. altura 270 mm.

DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD DEL FABRICANTE

MANUFACTURER'S DECLARATION OF CONFORMITY

hecho por
issued by

DELTA OHM SRL STRUMENTI DI MISURA

FECHA 2010/09/28
DATE

Se certifica que los instrumentos abajo han superado positivamente todos los ensayos de producción y cumplen las especificaciones, válidas a la fecha del ensayo, indicadas en los documentos técnicos.

We certify that below mentioned instruments have been tested and passed all production tests, confirming compliance with the manufacturer's published specification at the date of the test.

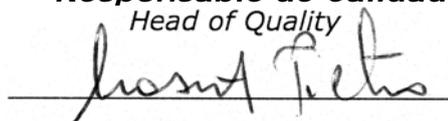
La trazabilidad de las mediciones a muestras internacionales e internacionales de las unidades del SIT es garantizada por la cadena de referibilidad ininterrumpida que se originó durante la calibración de las muestras de laboratorio en el Primario Instituto Nacional de Investigación Metrológica.

The traceability of measures assigned to international and national reference samples of SIT units is guaranteed by a uninterrupted reference chain which source is the calibration of laboratories samples at the Primary National Metrological Research Institute.

Tipo de producto: Fotoradiómetro Datalogger
Product Type: Photo-Radiometer Datalogger

Nombre producto: HD2402
Product Name:

Responsable de Calidad
Head of Quality



DELTA OHM SRL
35030 Caselle di Selvazzano (PD) Italy
Via Marconi, 5
Tel. +39.0498977150 r.a. - Telefax +39.049635596
Cod. Fisc./P.Iva IT03363960281 - N.Mecc. PD044279
R.E.A. 306030 - ISC. Reg. Soc. 68037/1998

GARANTIA



CONDICIONES DE GARANTIA

Todos los instrumentos DELTA OHM están sometidos a controles precisos. Se garantizan por 24 meses desde la fecha de adquisición. DELTA OHM reparará o reemplazará gratuitamente las partes que, dentro del período de garantía, se demostraran a su juicio defectuosas. Se excluye la sustitución integral y no se reconocen pedidos por daños. La garantía DELTA OHM cubre exclusivamente la reparación del instrumento. La garantía vence en el caso que el daño sea debido a roturas accidentales durante el transporte, negligencia, uso errado, conexiones distintas de las previstas para el aparato por parte del operador. Por último, se excluye de la garantía el producto reparado. El instrumento deberá ser restituido con coste a cargo del usuario a su revendedor. Ante cualquier desacuerdo, tendrá competencia el juzgado de Padova.



El instrumental eléctrico y electrónico con el símbolo indicado no puede ser eliminado en las descargas públicas de basura. De acuerdo con la Norma UE 2002/96/EC, los usuarios europeos de instrumental eléctrico o electrónico, tienen la posibilidad de restituir al Distribuidor o al Productor, el instrumental usado en el momento de adquisición de uno nuevo. El vertido ilegal de instrumental eléctrico o electrónico está penalizado con sanciones administrativas y pecuniarias.

El presente certificado debe estar acompañado del aparato enviado a la asistencia técnica.

IMPORTANTE: La garantía es válida solo si el presente recibo ha sido rellenado integralmente.

Código instrumento **HD2402**

Número de Serie _____

RENOVACIONES

Fecha _____

Inspector _____



Conformidad CE	
Seguridad	EN61010-1 LEVEL 3
Descargas electroestáticas	EN61000-4-2 LEVEL 3
Transistores eléctricos veloces	EN61000-4-4 LEVEL 3
Variaciones de tensión	EN61000-4-11
Susceptibilidad a las interferencias electromagnéticas	IEC1000-4-3
Emisión interferencias electromagnéticas	EN55022 class B