

Protección ocular frente a la radiación solar.

Si trabajas al sol, ten vista

María del Carmen García Vico

Centro Nacional de Medios de Protección. INSST

Gran parte de la radiación nociva procedente del sol es absorbida por la atmósfera. No obstante, a la superficie terrestre llega radiación ultravioleta (UV) susceptible de causar, entre otros, daños oculares. En el ámbito laboral, los profesionales que desarrollan su actividad a la intemperie constituyen el colectivo con mayor exposición a este tipo de radiación. Si bien el Real Decreto 486/2010 sobre exposición laboral a radiaciones ópticas artificiales excluye de su ámbito de aplicación la radiación solar, al amparo de la Ley 31/1995 el riesgo derivado de la radiación solar debe ser tenido en consideración como un aspecto más relacionado con el trabajo que puede afectar a la seguridad y salud de las personas trabajadoras. La evaluación de riesgos del puesto de trabajo, ante un potencial riesgo por exposición a radiación solar, deberá prever un plan de actuación que puede requerir, entre otras medidas, el uso de equipos de protección individual (EPI) específicos, como pueden ser las gafas de protección frente a la radiación solar.

INTRODUCCIÓN

La población, en general, está expuesta en mayor o menor medida a radiación ultravioleta (UV); si bien una pequeña cantidad de esta radiación procede de fuentes artificiales (lámparas de bronceado, lámparas fluorescentes, lámparas de xenón, lámparas germicidas, lámparas de mercurio, procesos de soldadura por

arco eléctrico,...), la mayor parte tiene su origen en el sol.

Todos, en mayor o menor medida, podemos sufrir las **consecuencias adversas** asociadas a una exposición excesiva **en la piel y en los ojos**; aun así, no hay que olvidar que una exposición moderada a la luz solar es importante para una buena salud, de modo que hay que

buscar un equilibrio para una exposición beneficiosa.

Si nos centramos en el ámbito laboral, quienes desarrollan su actividad durante el día y al aire libre son el colectivo con mayor riesgo de exposición a la radiación UV. El personal dedicado a tareas agrícolas, de la construcción, del mar, a jardinería o a la vigilancia recreativa en

■ Figura 1 ■ Trabajador del sector de la construcción



■ Figura 2 ■ Socorrista de playa



piscinas y playas reúne a las profesiones con mayor exposición a esta radiación. Según los resultados nacionales de la 6ª Encuesta Europea de Condiciones de Vida y de Trabajo (EWCS) promovida por la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y Trabajo (Eurofound), en torno a un 11% del total de la población trabajadora española tiene su lugar habitual de trabajo en un sitio exterior, entendiéndose como tal una obra

de construcción, un campo agrícola, las calles de una ciudad, etc.

El Real Decreto 486/2010 sobre exposición laboral a radiaciones ópticas artificiales excluye de su ámbito de aplicación la radiación solar; sin embargo, atendiendo al artículo 14 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), en cumplimiento del deber de protección que se atribuye al

empresario para garantizar la seguridad y salud del personal a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo, debe tenerse en consideración el riesgo derivado de la exposición a la radiación solar.

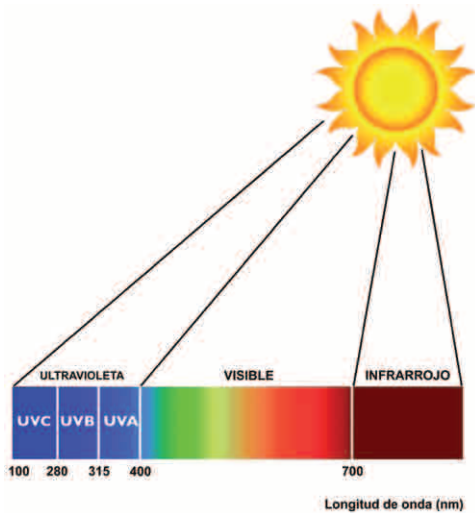
La LPRL, en aplicación de las medidas que integran el deber general de prevención, establece en su artículo 15 los principios de la acción preventiva, en base a los cuales se debe establecer un **plan de actuación** con arreglo al resultado que arroje la **preceptiva evaluación de riesgos**. Si particularizamos para el caso de un potencial riesgo por exposición a radiación solar, puede requerir, entre otras medidas, el uso de un equipo de protección individual (EPI) específico como pueden ser las **gafas de protección frente a la radiación solar**.

Las gafas de protección frente a la radiación solar (en adelante, gafas de sol) están dotadas de oculares filtrantes frente a esta radiación. **El cometido principal de los oculares filtrantes** (en lo que sigue, **oculares solares**) **es el de proteger el ojo humano de los efectos nocivos de una radiación solar excesiva**. La idea de que la radiación solar puede ser perjudicial para la vista no es nueva: desde hace más de un siglo se publican datos sobre los efectos perjudiciales de la misma y, en particular, sobre **patologías causadas por la radiación UV** que se materializa en párpados, conjuntiva, córnea, cristalino, iris, vítreo e incluso en la retina.

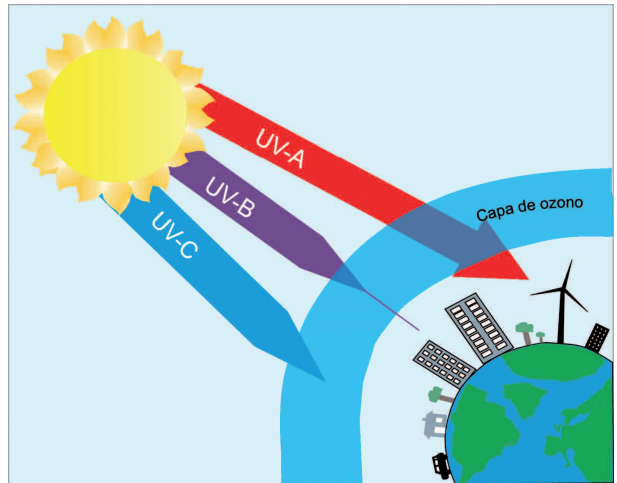
RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar comprende el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. En la superficie terrestre el espectro de la radiación solar abarca, aproximadamente, de los 300 nm a los 2500 nm, comprendiendo las bandas

■ Figura 3 ■ Espectro solar



■ Figura 4 ■ Absorción de radiación solar UV en la atmósfera



espectrales del UV, el visible (VIS) y el infrarrojo (IR) (ver Figura 3). Fuera de este rango, la atmósfera terrestre bloquea la energía radiante del sol.

La luz del **sol es la principal fuente de radiación UV terrestre**. La región UV se divide en tres regiones: UVC (100–280 nm), UVB (280–315 nm) y UVA (315–400 nm); la radiación UVC solar no es un problema en la superficie de la Tierra, ya que la capa de ozono de la atmósfera, que absorbe más eficientemente las longitudes de onda cortas, la retiene en su totalidad, de modo que la radiación UV que llega a la superficie de la Tierra está formada en un 95% por UVA y un 5% por UVB (ver Figura 4).

INTENSIDAD DE RADIACIÓN UV. FACTORES CRÍTICOS

Entender los factores que determinan la exposición solar resulta imprescindible para evaluar de forma precisa los riesgos de la radiación UV en general, siendo fundamental para establecer estrategias de defensa adecuadas.

Ángulo solar

Es el factor más determinante y varía en función del **momento del día** en

que nos encontremos (la intensidad de la luz solar alcanza su máximo cuando el sol llega a su cénit), la **época del año** (mayor intensidad en verano) y también según la **latitud** (mayor intensidad en zonas próximas al ecuador).

Capa de ozono

Actúa como escudo de la luz UV, absorbe toda la radiación UVC y hasta el 90% de la UVB.

La actividad humana ha reducido la concentración de ozono atmosférico. Se estima que por cada 1% de reducción en la capa de ozono habrá una penetración de entre el 0,2% y el 2% más de radiación UV.

Nubosidad

Las nubes cambian constantemente y estimar cómo afectan a la intensidad de la radiación solar que llega a la superficie terrestre es complejo. Una capa de nubes espesa reduce drásticamente la cantidad de radiación UVA y UVB que llega a la superficie terrestre, mientras que las nubes finas y dispersas tienen un efecto mucho menor, incluso los cúmulos pueden aumentar la radiación UVB debido a la reflexión de sus extremos.

Reflexión de las superficies

La reflexión del suelo y las superficies circundantes puede incrementar notablemente los niveles de radiación UV ambiental. A modo orientativo, la Tabla 1 incluye valores de reflectancia¹ para distintos tipos de materiales.

Debido a esta reflexión se puede estar expuesto a radiación UV incluso en zonas a la sombra.

Altitud

A cotas más altas, la radiación UV atraviesa menos atmósfera hasta llegar a la superficie, teniendo así menos posibilidades de ser absorbida por los aerosoles atmosféricos como el ozono. Se calcula que por cada 300 metros que disminuye la altitud la radiación UV se reduce entre un 3,5% y un 4%.

ÍNDICE UV SOLAR

El índice UV solar (UVI), según definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS), es una medida sencilla de la intensidad de la radiación UV en la superficie terrestre y un indicador de su

¹ Relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre ella. Se expresa en tanto por ciento.

capacidad de producir lesiones cutáneas, que sirve como vehículo importante para concienciar y advertir a las personas de la necesidad de adoptar medidas de protección cuando se exponen a la radiación UV.

El Índice se calcula siguiendo un método estándar internacional que tiene en cuenta la fecha, la latitud y altitud del lugar, y las condiciones previstas de ozono, nubosidad, aerosoles y reflexión del suelo. Cuanto más elevado es el valor, más intensos son los rayos UV ambientales y más probabilidades hay de que sean nocivos para la piel y los ojos expuestos al sol (ver Figura 5).

Aunque el UVI es un índice destinado al público en general, puede ser utilizado por los servicios de prevención para establecer programas preventivos para trabajos a la intemperie cuando exista riesgo por exposición a radiación solar. En la Figura 6 se muestran algunas medidas a adoptar en función del índice UVI.

El UVI se ha ido incorporando en las previsiones meteorológicas y, en España, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) es la encargada de informar sobre la categoría de exposición o UVI actual o previsto.

CÓMO AFECTA LA RADIACIÓN UV AL OJO

A pesar de que la radiación UV supone únicamente el 5% de la energía radiante del sol, es la responsable de gran parte de los efectos nocivos del sol en nuestro organismo.

La radiación UV puede causar daños celulares directos e indirectos. El daño directo se produce cuando la radiación UV penetra en la célula y las moléculas absorben la radiación; así, por ejemplo,

Tabla 1 Factores orientativos de reflectancia del terreno para superficies horizontales

Material	Reflectancia (%)
Nieve recién caída (2 días)	88
Olas del mar, espuma blanca	25 - 30
Arena de playa del Atlántico seca, clara	15-18
Acera, hormigón ligero	10 - 12
Cubierta de barco, fibra de vidrio blanca	9,1
Acera, hormigón viejo	7,0 - 8,2
Carretera asfaltada, dos años de antigüedad (gris)	5,0 - 8,9
Arena de playa del Atlántico, húmeda, escasamente sumergida	7,1
Cubierta de barco, madera desgastada	6,4
Tierra, arcilla/humus	4,0 - 6,0
Carretera asfaltada, recién colocada (negra)	4,1 - 5,0
Hierba	2,0 - 5,0

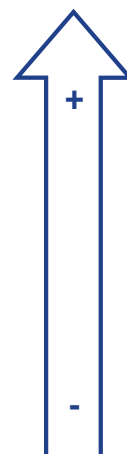
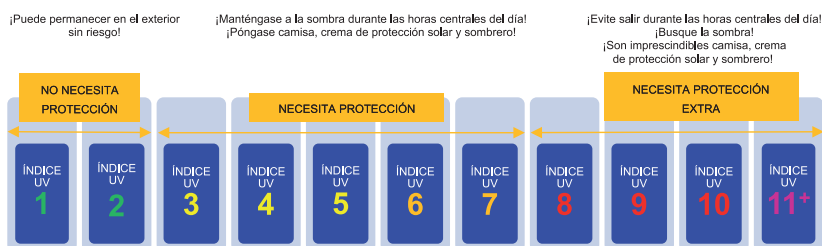


Figura 5 Categorías de exposición a la radiación UV

Categoría de exposición	Intervalo de valores del UVI
BAJA	< 2
MODERADA	3 a 5
ALTA	6 a 7
MUY ALTA	8 a 10
EXTREMADAMENTE ALTA	11 +

Fuente: "Índice UV Solar Mundial. Guía Práctica" – OMS

Figura 6 Sistema de protección solar recomendado en función del valor del índice UV



Fuente: "Índice UV Solar Mundial. Guía Práctica" – OMS

el ADN, que absorbe fácilmente la radiación UVB, puede sufrir cambios estructurales como consecuencia de reacciones

fotodinámicas. El daño producido en el ADN por la radiación UV se repara por mecanismos inherentes al organismo,

■ Figura 7 ■ Distintos modelos de gafas de sol



si bien puede presentarse un desbordamiento por una exposición repentina de radiación o por una exposición, de menor nivel, pero prolongada en el tiempo.

La radiación UVA que origina daños indirectos no es absorbida por la molécula de ADN, pero sí por otras estructuras celulares, desencadenando reacciones fotomecánicas que generan radicales libres susceptibles de afectar a componentes celulares importantes.

En la exposición del ojo a la radiación UV también hay que considerar mecanismos de protección natural que incluyen entrecerrar los ojos, oprimir la pupila y otros factores geométricos relacionados con la anatomía orbital.

Afortunadamente la mayor parte de la radiación UV no alcanza la retina ni las estructuras oculares posteriores, ya que es filtrada por las estructuras oculares anteriores: córnea y cristalino. El filtrado de esta radiación por los tejidos depende de su longitud de onda; así, por ejemplo, la córnea absorbe longitudes de onda por debajo de 295 nm, mientras que las características de absorción de radiación UV por el cristalino, de 300 a 370 nm, varía a medida que este envejece (el grado de transmisión disminuye con la edad).

La córnea y el cristalino funcionan como un eficiente sistema de filtración de radiación UV; sin em-

bargo, esta ventaja natural conlleva en sí misma un grave peligro, debido a la exposición acumulada de radiación UV en dichos tejidos. En este sentido, las patologías oculares más comunes asociadas a la exposición solar ocular (fotoqueratitis, fotoconjuntivitis, catarata cortical, carcinomas escamosos de córnea y de conjuntiva,...) se manifiestan en la parte anterior del ojo.

GAFAS DE SOL

EPI de protección ocular frente a la radiación solar

Frecuentemente se recurre a gafas de sol para proteger el ojo humano de las alteraciones en las estructuras oculares debidas a la exposición a una radiación solar excesiva. Las gafas de sol reducen el deslumbramiento disminuyendo la luminancia de la radiación visible que llega al ojo, y también atenúan la radiación UV, si bien este último efecto no es apreciable a simple vista. Además, el uso de oculares solares, desde un punto de vista ergonómico, aumenta la comodidad y la percepción visual del usuario.

En Europa existen normas técnicas para **gafas de sol** que regulan los requisitos que deben cumplir tanto las de **uso general** (para la población en general), como las de **uso laboral**. Ambos tipos de gafas de sol **están incluidas**

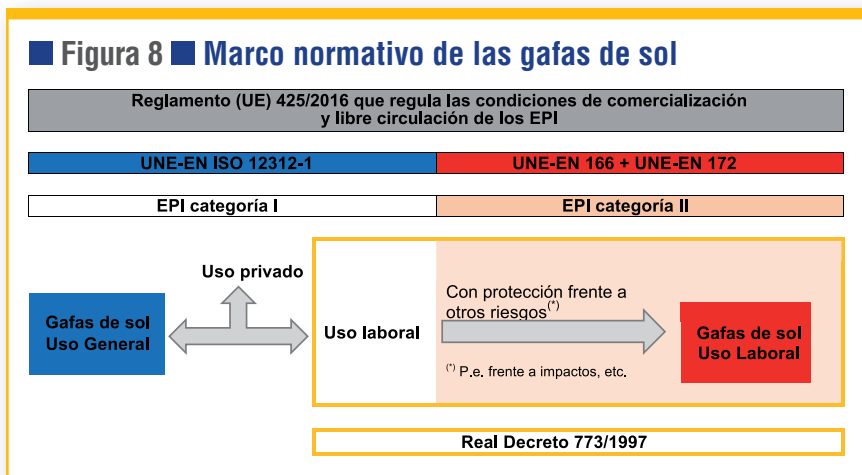
en el ámbito de aplicación del Reglamento (UE) 2016/425, que regula las condiciones de comercialización y de libre circulación de los EPI y, conforme a su Anexo I, cualquiera de ellos tiene la consideración de EPI. Las gafas de sol de uso general, atendiendo al riesgo mínimo frente al que protegen (lesiones oculares causadas por la luz solar, salvo durante la observación del sol), están clasificadas como EPI de categoría I, mientras que las gafas de sol de uso laboral, que además incluyen protección frente a otros riesgos (p.e. frente a impactos), se consideran EPI de categoría II.

Con carácter general, para cumplir con este Reglamento, **el fabricante de un EPI debe garantizar que el equipo es seguro y, además, disponer de una adecuada evidencia**. El equipo es seguro cuando cumple con los **requisitos esenciales de salud y seguridad** (RESS) que le son de aplicación (Anexo II del Reglamento), y para tener la adecuada evidencia, los EPI deberán someterse a los procesos de **evaluación de la conformidad** que sean de aplicación en función de la categoría a la que pertenezca el EPI.

Habitualmente para certificar los EPI se recurre a normas técnicas armonizadas que son de aplicación voluntaria, pero cuyo cumplimiento confiere presunción de conformidad con los RESS del Reglamento.

Las **gafas de sol de uso general**, al estar consideradas equipos de categoría I, **no deben someterse a Examen UE de Tipo** y, por tanto, no disponen del correspondiente certificado. No obstante, antes de comercializarlas se debe completar la Documentación Técnica (Anexo III del Reglamento) en base a la cual elaborará la Declaración UE de Conformidad (Artículo 15 y Anexo IX del Reglamento). En este documento, quien

Figura 8 Marco normativo de las gafas de sol



fabrila declara que su producto cumple con los requisitos esenciales de salud y seguridad que le son de aplicación y se compromete a comercializar productos idénticos a los descritos en la documentación técnica.

La Documentación Técnica y la Declaración de Conformidad evidencian que las gafas son seguras y se puede estampar el marcado CE de conformidad en ellas y comercializarlas. Mediante el marcado CE, quien fabrica el producto declara que este cumple todos los requisitos que le son de aplicación y asume plena responsabilidad al respecto. Adicionalmente al **marcado CE**, en aplicación del RESS 3.9.1., se debe marcar la **categoría o clase de protección del ocular filtrante**. Además, se deberán facilitar unas **instrucciones** que permitan el uso correcto de las gafas.

El procedimiento de evaluación de la conformidad de las **gafas de sol de uso laboral**, EPI de categoría II, implica que **deben someterse a Examen UE de Tipo** seguido de la conformidad con el tipo, basada en un control interno de la producción, requiriendo la **intervención de un Organismo Notificado** que emitirá el correspondiente Certificado UE de Tipo.

Además del marco normativo de seguridad del producto mediante el cumplimiento del Reglamento (UE) 2016/425, las **gafas de sol**, cuando están **destina-**

das a un uso laboral, deben cumplir las normas desde la óptica de la seguridad y salud en el trabajo establecidas en el **Real Decreto 773/1997**, de 30 de mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual (obligaciones del empresario y del personal) (ver Figura 8).

Gafas de sol de uso general

Estos equipos suelen reunir los requisitos de la norma UNE-EN ISO 12312-1² que especifica las propiedades mecánicas, ópticas, etc. de las **gafas de uso general que solo protegen frente a la radiación solar**.

Esta norma clasifica los oculares solares en función de su factor de transmisión en el visible en **categorías** que van de la 0 a la 4.

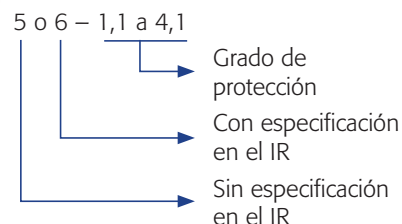
Gafas de sol de uso laboral

Estos equipos están habitualmente certificados conforme a la norma UNE-EN 166, que establece que los oculares solares deben ir marcados con la clase de protección (representa sus propiedades de transmisión), que es una combinación de dos números; el primero hace

² No aplicable a gafas de protección frente a radiaciones artificiales, gafas de protección para deportes específicos o equipos destinados a la observación directa del sol.

referencia al tipo de radiación frente al que protege (código de protección) y el segundo indica el grado de protección (a mayor grado de protección, mayor absorción de la radiación incidente, y, en general, menor transmisión en el visible).

Clase de protección = código de protección + grado de protección



De manera complementaria y particularizada, la norma UNE-EN 172 define las clases de protección y los requisitos del coeficiente de transmisión correspondiente a los oculares solares de uso laboral, estando el resto de requisitos para este tipo de oculares contenidos en la norma UNE-EN 166. En este caso, la gafa de sol, además de protección frente a la radiación solar, ofrece protección frente a otros riesgos adicionales como impactos, salpicaduras, etc. y pasa a ser clasificada como EPI de categoría II.

Recientemente se ha publicado la norma ISO 16321-1:2021: "Eye and face protection for occupational use. Part 1: General Requirements", desarrollada paralelamente por ISO y CEN bajo el acuerdo de Viena, y que, por tanto, se adoptará como norma EN, quedando pendiente su armonización. La citada norma establece, para los oculares solares de uso laboral, cinco números de escala, del F0 al F4, donde la letra "F" hace referencia al código que indica el tipo de filtro (filtro solar de uso laboral que proporciona protección frente a la radiación UV) y el número hace referencia al factor de transmisión correspondiente. En caso de que el ocular reúna tam-

Tabla 2 ■ Coeficientes de transmisión admisible para filtros solares

Clase de protección UNE-EN 172:1994	Banda espectral UV			Banda espectral Visible		Banda espectral IR ⁽²⁾	Categoría del filtro UNE-EN ISO 12312-1:2013
	Valor máximo del coeficiente espectral de transmisión $T(\lambda)$		Valor medio máximo del coeficiente espectral de transmisión	Rangos de valores del coeficiente de transmisión en el visible (T_v)		Valor máximo del coeficiente de transmisión en el IR (T_{SIR})	
	280 a 315 nm	315 a 350 nm 315 a 380 nm	315 a 380 nm	380 a 780 nm		780 a 2000 nm	
				desde	hasta		
5 o 6 ⁽¹⁾ - 1,1	0,1 T_v 0,05 T_v	T_v	T_v	100,0	80,0	T_v	0
5 o 6 ⁽¹⁾ - 1,4				80,0	58,1		1
5 o 6 ⁽¹⁾ - 1,7				58,1	43,2		2
5 o 6 ⁽¹⁾ - 2	43,2	29,1					
5 o 6 ⁽¹⁾ - 2,5	0,1 T_v máx. (1% absoluto: 0,05 T_v)	T_v 0,5 T_v	0,5 T_v	29,1	17,8		3
5 o 6 ⁽¹⁾ - 3,1	0,01 T_v 1% absoluto	0,5 T_v 0,5 T_v máx. (1% absoluto: 0,25 T_v)		17,8	8,0		4
5 o 6 ⁽¹⁾ - 4,1			8,0	3,0			

- En la banda comprendida entre 500 y 650 nm el coeficiente espectral de transmisión $\geq 0,2 T_v$

(1) Código de protección: 5 para filtros de protección solar de uso laboral sin especificación en IR, 6 para filtros de protección solar de uso laboral con especificación en IR.

(2) Requisito aplicable para filtros con requisito de protección en IR.

Leyenda: En rojo: especificación conforme UNE EN 172:1994

En azul: especificación conforme UNE-EN ISO 12312-1:2013

En negro: especificación común UNE EN 172:1994 y UNE-EN ISO 12312-1:2013

Tabla 3 ■ Requisitos generales de transmisión

Escala de protección UNE-EN 172:1994	Variaciones en transmitancia luminosa ⁽²⁾		Requisitos para conducción y uso en carretera (Reconocimiento mejorado del color)		Categoría del filtro UNE-EN ISO 12312-1:2013	
	Diferencia relativa de T_v entre dos puntos	Diferencia relativa de T_v entre los filtros para ojo derecho e izquierdo	Coeficiente de transmisión espectral 500 a 650 nm 475 a 650 nm	Reconocimiento de señales luminosas		
				Rojas		Verdes, azules y amarillas
5 (6) ⁽¹⁾ - 1,1	$\Delta T_v \leq 10\%$	$\Delta T_v \leq 20\%$ $\Delta T_v \leq 15\%$	$\geq 0,2 T_v$	Coeficiente de atenuación visual $\geq 0,8$	Coeficiente de atenuación visual $\geq 0,6$	0
5 (6) ⁽¹⁾ - 1,4						1
5 (6) ⁽¹⁾ - 1,7						2
5 (6) ⁽¹⁾ - 2						
5 (6) ⁽¹⁾ - 2,5						3
5 (6) ⁽¹⁾ - 3,1	$\Delta T_v \leq 10\%$ $\Delta T_v \leq 20\%$					4
5 (6) ⁽¹⁾ - 4,1						

- Requisitos para conducción y uso en carretera; los filtros de categoría 0 a 3 deben cumplir, además:

- El valor de *Wide Angle Scattering* debe ser $\leq 3\%$.
- En conducción nocturna o al anochecer $T_v \geq 75\%$.

(1) Código de protección: 5 para filtros de protección solar de uso laboral sin especificación en IR, 6 para filtros de protección solar de uso laboral con especificación en IR.

(2) Los puntos de medida se sitúan en la interior de un círculo de 40 mm de \varnothing alrededor del punto de referencia (centro visual para oculares montados y centro geométrico para oculares sueltos).

Leyenda: En rojo: especificación conforme UNE EN 172:1994

En azul: especificación conforme UNE-EN ISO 12312-1:2013

En negro: especificación común UNE EN 172:1994 y UNE-EN ISO 12312-1:2013

bién los requisitos de protección frente al infrarrojo, se emplearán las letras "FI" seguidas del factor de transmisión del filtro, del F10 al F14.

Requisitos de protección frente a la radiación solar

Las normas técnicas UNE-EN ISO 12312-1, para las gafas de sol de uso general, y UNE-EN 166, para las de uso laboral, especifican las propiedades físicas (mecánicas, ópticas, etc.) que deben reunir las gafas con oculares filtrantes frente a la radiación solar de graduación nula, incluidas las requeridas para la conducción de automóviles.

En las gafas de sol, desde el punto de vista óptico, es necesario conocer el análisis de las propiedades de transmisión de los oculares filtrantes de los que están provistas. Los oculares solares deben garantizar, además de una cierta absorción de la radiación VIS, la protección del ojo en la región espectral del UV y, en algunos casos, en la del IR. En este sentido no existen diferencias significativas en los **requisitos de protección** entre ambas normas (UNE-EN ISO 12312-1 y UNE-EN 172), tal y como se puede apreciar en la Tabla 2.

Las gafas de sol aptas para la conducción deben permitir el reconocimiento de las señales luminosas (reconocimiento mejorado del color), además de disponer de una transmisión media en el visible por encima del 8%. También, considerando que con luz escasa los oculares solares previstos para la luz diurna intensa reducen la percepción visual (cuanto más bajo sea el valor de la transmisión en el visible, tanto más se altera la visión), la norma de gafas de sol de uso general incluye, para limitar este efecto, requisitos adicionales de transmisión luminosa en los oculares solares aptos para

■ Figura 9 ■ Funcionamiento de oculares solares fotocromáticos



la conducción en el crepúsculo o la noche (ver Tabla 3).

En cuanto a la uniformidad del coeficiente de transmisión en el visible de los oculares solares de las gafas de sol, los requisitos incluidos en ambas normas técnicas también son similares (ver Tabla 3) e incluyen variaciones máximas permitidas dentro del mismo ocular y entre ocular izquierdo y derecho.

Oculares solares especiales

Por tipos especiales de oculares solares podemos entender aquellos que reúnen propiedades adicionales que pueden facilitar la visión, desde un punto de vista ergonómico, incrementando el bienestar durante su uso.

Oculares solares fotocromáticos

Estos oculares modifican de forma reversible su factor de transmisión en el visible bajo la influencia de la intensidad de la radiación solar, la temperatura y otros parámetros (ver Figura 9). Esta modificación no es instantánea sino que varía en función de la temperatura y del material.

Si se utilizan durante la conducción, hay que tener en cuenta que el parabris-

as filtra la radiación UV del sol impidiendo el oscurecimiento de la mayoría de los oculares solares de este tipo.

La categoría (gafas de sol de uso general) o el grado de protección (gafas de sol de uso laboral) se determinan por el coeficiente de transmisión en estado claro (C_0) y después de ser sometido a radiación con una fuente simuladora de la luz de día durante un determinado tiempo (C_1). En cualquiera de los casos deben cumplirse las especificaciones recogidas en la Tabla 2 y, además, para que el filtro tenga la denominación de fotocromático, $C_0/C_1 \geq 1,25$.

Oculares solares polarizados

La luz solar no está polarizada; cuando se refleja en algunas superficies horizontales brillantes (agua, nieve, carreteras, canchales de pizarra, etc.), se polariza en un solo plano, generalmente el horizontal. El uso de oculares solares polarizados permite eliminar esta luz polarizada parásita (reflejos), evitando el deslumbramiento.

Comparando los requisitos adicionales de transmisión para los oculares solares de uso general y los de uso laboral, podemos encontrar cierta correspondencia entre ellos, si bien en lo referente a la

Tabla 4 ■ Comparativa requisitos adicionales de transmisión para oculares solares polarizados

Escala de protección UNE-EN 172:1994	Desviación del plano de polarización respecto a la vertical ⁽²⁾	Desviación entre planos de polarización ocular izquierdo y derecho	Eficiencia de polarización ⁽³⁾	Categoría del filtro UNE-EN ISO 12312-1:2013	
5 (6) ⁽¹⁾ – 1,1	≤ 3% ≤ 5%	≤ 6%	> 20:1	(4)	
5 (6) ⁽¹⁾ – 1,4				>4:1	
5 (6) ⁽¹⁾ – 1,7				> 8:1	
5 (6) ⁽¹⁾ – 2					2
5 (6) ⁽¹⁾ – 2,5					3
5 (6) ⁽¹⁾ – 3,1					4
5 (6) ⁽¹⁾ – 4,1					

(1) Código de protección: 5 para filtros de protección solar de uso laboral sin especificación en IR, 6 para filtros de protección solar de uso laboral con especificación en IR.
 (2) Una vez instalado el ocular en la montura.
 (3) Relación entre los coeficientes de transmisión en el visible paralelo y perpendicular al plano de polarización.
 (4) Sin efecto polarizante útil.

Leyenda: En rojo: especificación conforme UNE EN 172:1994
 En azul: especificación conforme UNE-EN ISO 12312-1:2013
 En negro: especificación común UNE EN 172:1994 y UNE-EN ISO 12312-1:2013

eficiencia de polarización la norma UNE-EN 172 es más exigente (ver Tabla 4).

Oculares solares degradados

En estos oculares el tono se aclara de forma gradual; la parte superior es más oscura y la inferior, más clara.

Son los más adecuados para llevar en interiores y en horas de poco sol; no obstante, hay que tener en cuenta que, por la parte inferior más degradada, es más fácil que penetren reflejos provenientes de superficies horizontales brillantes.

La categoría (gafas de sol de uso general) o el grado de protección (gafas de sol de uso laboral) se determinan para la zona más clara y la más oscura comprendida en un círculo de 15 mm alrededor del centro visual para los oculares montados.

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN SOLAR

La **evaluación de la exposición a radiación solar es bastante compleja** ya que depende de numerosos factores, entre los que destaca el ángulo solar de exposición. Además, en el ámbito laboral hay que tener en consideración otros factores que

pueden no ser tan evidentes y que implican un conocimiento del puesto de trabajo.

La **tarea** realizada y la **postura** adoptada son fundamentales, ya que afectan a la duración y a la geometría de la exposición. Por ejemplo: muchas tareas agrícolas requieren que la persona se incline, favoreciendo la exposición de la nuca, pero, por el contrario, reduce la exposición de la cara y, en particular, de los ojos. En sentido opuesto, si pensamos en las tareas que se realizan en el sector pesquero, muchas de ellas con requerimientos posturales similares a las agrícolas, la reflectancia del agua puede suponer una mayor exposición en cara y en ojos.

Se debe valorar la **duración** de la tarea, la **intermitencia** de la exposición e incluso aspectos relacionados con el **turno de trabajo**, debido a que la exposición a la radiación solar es mayor durante el mediodía. Así, por ejemplo, la duración de las pausas para el almuerzo puede influir en la exposición diaria e incluso la intermitencia debido a la alternancia de tareas al aire libre y de interior.

También habrá que valorar la **influencia estacional**. Consideremos que hay tareas, entre las que podemos encontrar la vigilancia recreativa en piscinas y playas o








las tareas de asfaltado de carreteras, que se realizan únicamente durante los meses más cálidos en latitudes altas, mientras que por el contrario, hay actividades que se realizan únicamente durante los meses de invierno, por ejemplo las que se pueden acometer en el exterior de una estación de esquí, que, si bien no suponen una exposición directa a la radiación solar, sí requieren una valoración de la exposición por la elevada reflectancia de la nieve.

La presencia de edificios, árboles, montañas y otras **estructuras de sombra** pueden afectar en gran medida a la exposición a la radiación solar, aunque hay que tener en cuenta que la mayor parte de las estructuras pensadas para dar sombra han sido diseñadas para reducir la exposición directa al sol, sin tener en consideración la reflectancia de los elementos de alrededor.

No menos importante es la consideración de las **características personales**, fototipo de piel, sistema inmune, interacciones medicamentosas, etc.

Todos los factores mencionados, en mayor o menor medida, deben ser tenidos en cuenta en la evaluación del riesgo por exposición a la radiación solar. En base a los resultados de la evaluación la empresa debe establecer un plan de actuación.

Tabla 5 ■ Correlación usos previstos para gafas de sol de uso general y de uso laboral

UNE-EN ISO 12312-1 Gafas de sol de uso general			Rangos de valores del coeficiente de transmisión en el VIS (C _v) %		UNE-EN 172 Gafas de sol de uso laboral		
Categoría del filtro	Utilización/Símbolo	Designación	380 a 780 nm		Designación	Utilización/Símbolo	Clase protección
			desde	hasta			
0	Reducción muy limitada de la radiación solar  IEC 60417-5955	Gafas de sol de tintado claro	100,0	80,0	-	Solo se aplica a ciertos filtros fotocromicos en estado claro y para el rango de mayor transmisión en el visible	5 o 6 – 1,1
1	Reducción limitada de la radiación solar  ISO 7000-2948		80,0	58,1	Muy claro	Como filtro muy claro	5 o 6 – 1,4
2	Buena protección frente a la radiación solar  ISO 7000-2949	Gafas de sol de uso común	43,2	29,1	Mediano	Como filtro universal recomendado para la mayoría de las situaciones	5 o 6 – 2
			29,1	17,8	Oscuro	Generalmente utilizado en Centroeuropa	5 o 6 – 2,5
3	Alta protección frente a la radiación solar  ISO 7000-2950		17,8	8,0	Muy oscuro	En regiones tropicales o subtropicales, para la observación directa del cielo, en alta montaña, para las superficies nevadas, extensiones de agua brillante o de arena, canteras de tiza o de pizarra. No recomendado para la conducción vial	5 o 6 – 3,1
4	Protección muy alta frente a la radiación solar extrema, en el mar, sobre nieve, en alta montaña o en el desierto.  ISO 7000-2951 No apto para su empleo en conducción y carretera (1)  ISO 7000-2952A y B	Gafas de sol de uso especial, reducción muy alta de la radiación solar	8,0	3,0	Extremadamente oscuro	Para las radiaciones muy intensas. No apto para su empleo en conducción y carretera 	5 o 6 – 4,1

(1) Se pueden usar en condiciones de alta luminosidad, como desiertos o zonas nevadas a plena luz de sol.

■ Figura 10 ■ Gafas de sol envolventes



Dicho plan contendrá o combinará diferentes aspectos, entre ellos elementos para producir sombra, uso de ropa de trabajo adecuada, uso de sombreros o gorras sobre la cabeza, formación e información a las personas expuestas y, llegado el caso, el uso de EPI de protección específicos para la radiación solar entre los que estarán las gafas de sol. En este sentido, hay que tener en cuenta que los EPI deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

SELECCIÓN DE GAFAS DE SOL ADECUADAS

La elección de un ocular solar depende del nivel de iluminación ambiente y de la sensibilidad individual al deslumbramiento, a fin de garantizar una visión sin fatiga, incluso en caso de uso prolongado.

Previamente se ha analizado la similitud en los requisitos de protección frente a la radiación solar de las gafas de sol de uso general y las de uso laboral; esta semejanza permite establecer entre ellas cierta **corre-**

lación en lo que respecta a los usos previstos, tal y como se recoge en la Tabla 5.

Cuando la norma "ISO 16321-1:2021: *Eye and face protection for occupational use. Part 1: General Requirements*" se adopte como norma EN, la correlación entre las categorías de los filtros de protección solar de uso general (0 a 4) y los números de escala (F0 a F4 y, en su caso, F10 a F14) para los filtros de protección solar de uso laboral será máxima en referencia a los citados usos.

Además de la categoría del filtro o, en su caso, de la clase de protección del ocular, en la selección de las gafas de sol adecuadas hay que tener en cuenta otras consideraciones que se abordan seguidamente.

Color del ocular y forma de la montura

El color del ocular solar está relacionado con la longitud de onda de la radiación visible que deja pasar y no es determinante en su elección, mientras que el tono, más o menos oscuro, se relaciona con su capacidad de absorción. No obstante, es el material el que determina el coeficiente de

transmisión espectral en el visible, de modo que un filtro oscuro no necesariamente implica una alta capacidad de absorción ni un filtro claro necesariamente es apto para la conducción.

La forma y el tamaño del ocular a menudo son cuestiones de moda. No obstante, en algunas circunstancias, por ejemplo cuando tenemos superficies con alta reflectancia, es apropiado elegir gafas de sol envolventes (ver Figura 10) o con protección lateral que limite la entrada en el ojo de la radiación solar reflejada.

Protección en el IR

En determinados casos, como en la exposición solar en ambientes desérticos y de alta montaña, puede ser necesario el uso de gafas de sol con requisito específico de protección en el IR (código de protección 6 en gafas de sol de uso laboral o con protección contra radiación IR en las de uso general).

Protección frente a luz azul

En condiciones de iluminación extrema, especialmente en zonas nevadas, debemos considerar el riesgo de exposición a la parte azul VIS (banda de energía más alta dentro del VIS) del espectro solar.

Subrayamos que la visión directa del sol es peligrosa debido a su alto contenido en luz azul (las especificaciones relativas a oculares para la observación directa del sol están recogidas en la norma UNE-EN ISO 12312-2).

La norma EN 172 no recoge requisitos de protección frente a la luz azul para las gafas de sol de uso laboral, a diferencia de la norma de gafas de uso general que sí las incluye. No obstante, la norma ISO 16321-1:2021: "*Eye and face protection for occupational use. Part 1: General Requirements*", sí los contempla.

Limitaciones de uso

En la selección del ocular solar se debe prestar especial atención a las limitaciones de uso del mismo en función de su clase de protección o categoría, por ejemplo: no apto para la conducción por la noche o en el crepúsculo o en condiciones de poca luz.

INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL FABRICANTE

Con carácter general, para el **almacenamiento, uso, limpieza, mante-**

nimiento, revisión y desinfección se deben seguir las indicaciones facilitadas por el fabricante en el **manual de instrucciones** del EPI, que deben estar redactadas en la lengua oficial del país de destino.

Todas las gafas de sol deben venir acompañadas, entre otras, de la siguiente información:

- Marcado CE visible, legible e indeleble.
- Identificación del modelo.

- Identificación del fabricante.

- Referencia a la norma conforme a la que se ha certificado el equipo.

- Clase de protección del ocular o, en su caso, categoría del mismo.

- Restricciones de uso.

La eficacia protectora del EPI de protección ocular frente a la radiación solar será óptima siempre que se utilice conforme a las instrucciones de uso recomendado. ●

Bibliografía

- Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. 2015 6ª EWCS-España. INSHT, 2017. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/encuesta-nacional-de-condiciones-de-trabajo-2015-6-ewcs-espana>
- Proyecto internacional INTERSUN. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/uv/intersunprogramme/en/>
- *Protecting Workers from Ultraviolet Radiation. International Commission on non-ionizing radiation protection, 2007.*
- Karl Citek, Bret Andre, Jan Bergmanson, James Butler, Ralph Choul Minas Coroneo, Eileen Crowley, Dianne Godar, Gregory Good, Stanley Pope y David Sliney, 2011. *Points de vue. International Review of ophthalmic optics.* El ojo y la radiación solar ultravioleta. Nuevos conceptos sobre peligros, costos y prevención de morbilidad. Disponible en: https://www.pointsdevue.com/sites/default/files/el-ojo-y-la-radiacion-solar-ultravioleta.pdf?utm_source=Website&utm_campaign=White%20Papers%20The%20eye%20and%20solar%20ultraviolet%20radiation%20ESP&utm_medium=PDF
- Herbert L. Hoover, 2012. *Points de vue. International Review of ophthalmic optics.* Transmisión de la radiación solar hacia el ojo humano y su interior. PDV N°67 Otoño 2012 [Ciencia].
- Norma UNE-EN ISO 12312-1:2013. Protección de los ojos y la cara. Gafas de sol y equipos asociados. Parte 1: Gafas de sol para uso general.
- Norma UNE-EN ISO 12312-1:2013/A1:2005. Protección de los ojos y la cara. Gafas de sol y equipos asociados. Parte 1: Gafas de sol para uso general.
- Norma UNE-EN ISO 12312-2:2015. Protección de los ojos y la cara. Gafas de sol y equipos asociados. Parte 2: Filtros para la observación directa del sol.
- Norma UNE-EN 166:2002. Protección individual de los ojos. Especificaciones.
- Norma UNE-EN 167:2002. Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo ópticos.
- Norma UNE-EN 168:2002. Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo no ópticos.
- Norma UNE-EN 172:1995. Protección individual del ojo. Filtros de protección solar para uso laboral.
- Norma UNE-EN 172/A2:2002. Protección individual del ojo. Filtros de protección solar para uso laboral.
- Norma ISO 16321-1:2021. *Eye and face protection for occupational use. Part 1: General requirements.*
- Beatriz Diego Segura, Dolores Guimaraens Juanena y María José Rupérez Calvo, 2010. Sol en el trabajo, un peligro olvidado. Seguridad y Salud en el Trabajo, N° 57, pp. 10-17. Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/175563/N%C3%BAmero+57+\(versi%C3%B3n+pdf\)](https://www.insst.es/documents/94886/175563/N%C3%BAmero+57+(versi%C3%B3n+pdf))
- INSST, 2019. Tríptico "Trabaja mirando por tus ojos. Gafas de protección frente a la radiación solar". F.40.1.19. NIPO 871-19-109-2. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/triptico-trabaja-mirando-por-tus-ojos-gafas-de-proteccion-frente-a-la-radiacion-solar-ano-2019>
- Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. BOE núm. 99, de 24 de abril. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-6485>
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269, de 10 de noviembre. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
- Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2016 relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0425&from=LT>