2025

Comisión de Investigación y Desarrollo

Evaluación de la exposición ocupacional a radiaciones UV de fuentes artificiales

AHRA
Asociación de Higienistas Ocupacionales y Ambientales de la República Argentina

Evaluación de la exposición ocupacional a radiaciones UV de fuentes artificiales

Publicación de AHRA

Abril 2025

La AHRA

La Asociación de Higienistas Ocupacional y Ambientales de la República Argentina, es una asociación sin fines de lucro que nació en el año 2009 de la mano de un grupo de profesionales preocupados por la ausencia de una institución que se erigiera en pos de los objetivos de la Higiene Ocupacional.

Desde entonces, crece constantemente y promueve acciones de vinculación entre profesionales y organizaciones, para potenciar los recursos y lograr verdaderos resultados en la prevención de las enfermedades profesionales.

Derechos de autor

Este documento está protegido por los derechos de autor ISB 978-631-01-0312-9, según fue registrado en la Dirección nacional de Derechos de Autor como Obra Inédita - No Musical Expediente EX-2025-94123128.

Imagen de portada *https://www.freepik.es/foto-gratis/corte-metal-equipo-plasma-planta_7813771.htm #fromView=search&page=1&position=16&uuid=772fb0bc-6558-4e86-b5a3-468b2acd1359">*

Autores

Ing. Alberto Agustín Riva

Ing. Civil Universidad de Buenos Aires, Ing. Laboral Universidad Tecnológica Nacional Regional Haedo.

Docente en los seminarios de Higiene Ocupacional e iluminación en las especializaciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo de la UTN Buenos Aires y Resistencia, Chaco. Docente en el Seminario de Elementos de Protección Personal de la UTN, UBA y de Higiene Operativa en la UTN de La Plata y la Diplomatura de Higiene Ocupacional del COPIME.

Coautor de la versión mejorada del método de medición de la iluminación de la Variante AHRA-INAHE y de la Evaluación de la Exposición Ocupacional a la RUV de origen solar. Autor del libro Evolución de la Higiene Ocupacional, Capítulo Argentino.

Coordinador de la Comisión de Investigación y Desarrollo de AHRA.

Lic. Valeria Edith Frankrajch

Lic. en Higiene y Seguridad en el Trabajo, Universidad Nacional de Tres de Febrero. Diplomada en Higiene Laboral, Diplomada en Toxicología Laboral, Diplomada en Pericias Judiciales en el ámbito de la seguridad y salud ocupacional.

Miembro de la Comisión Directiva de AHRA, así como de la Comisión de Investigación y Desarrollo del mismo organismo. Coordinadora de equipo de Higiene Ocupacional de Asociart ART; partícipe activo de las comisiones de Prevención de Unión de Aseguradoras de Riesgos del Trabajo (UART) y comisiones cuatripartitas de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT).

Co-autora de "Evaluación de la exposición ocupacional a la RUV de origen Solar". Disertante en congresos Nacionales e internacionales para la promoción de la Seguridad y Salud Ocupacional.

Dr. Eduardo Alfredo Luccini

Dr. en Física, especialidad en física de la atmósfera. Investigador desde el año 2005 en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina). Licenciado en Física en 1996 en la Universidad Nacional de Córdoba, y Doctorado en Física en 2003 en la Universidad Nacional de Rosario. Entre 2003 y 2005 fue becario post-doctoral de CONICET, incluyendo una beca de pasantía internacional de CONICET.

Ha publicado numerosos trabajos de investigación sobre la capa de ozono atmosférica, radiación solar en atmósfera y superficie terrestre, particularmente en rango UV, y variables relacionadas como parámetros ópticos de nubes y aerosoles. Ha representado a Argentina ante organismos internacionales que tratan la protección de la capa de ozono atmosférica e integra comisiones internacionales sobre investigación y aplicaciones en radiación UV.

Actualmente se desempeña como investigador Independiente de CONICET en el Centro de Excelencia en Productos y Procesos de Córdoba (CEPROCOR, Provincia de Córdoba, Argentina) y realiza investigación y docencia en la Universidad Católica Argentina sede Rosario.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los siguientes profesionales quienes realizaron importantes contribuciones para darle mayor valor agregado a esta obra.

Colaboraciones

Mg. Maximiliano Simaz *(en el Evaluación de la exposición, aportó las figuras 11 a, 11b, 12ª y 12b sobre la relación entre irradiancia efectiva, la efectividad espectral y las longitudes de onda)*

Esp. Gerardo Carrasco *(revisó las distintas técnicas de soldadura)*

Ing. Ruben Gabellini (ejemplos de mediciones de campo)

Revisiones

Luego de su puesta a discusión pública, se recibieron aportes de los siguientes profesionales a quienes se agradece su tiempo, dedicación y conocimiento:

Mg. Berta Emma Vera

Ing. Fabio López

Mg. Lic. Norma Adriana Chautemps

Lic. Marisabel Olivares

Ing. Roberto Fiorito

Lic. Pablo Re

Este documento fue promovido y publicado por la AHRA, producido por profesionales preocupados por mejorar la prevención ante riesgos laborales asociados a fuentes artificiales de radiación UV.

Fecha de puesta a disposición del público: Junio 2025

Prólogo

Luego de la publicación "Evaluación de la exposición ocupacional a radiaciones ultravioletas (RUV) de origen solar", la mayoría de quienes integramos aquel equipo de trabajo, vimos como ineludible que el paso siguiente sería abordar la exposición de la RUV producidas por fuentes artificiales, ya que los conceptos, a los efectos del cuidado de la salud laboral, son los mismos.

Al igual que en aquel entonces, el trabajo de recopilación de bibliografía sobre antecedentes, fuentes de emisión, medidas de protección, legislación, etc., fue extenso, e implicó una adaptación y puesta en contexto local con el objetivo de lograr nuevamente un documento de vanguardia para los profesionales, entregando así una poderosa herramienta de referencia y consulta.

La Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés), comprobó que la radiación ultravioleta (ancho de banda de 100 a 400 nm, que abarca UV-C, UV-B y UV-A) generada por fuentes artificiales es cancerígena para los seres humanos (Grupo 1), enfatizando dos situaciones en particular: las soldaduras y los dispositivos de bronceado artificiales. La primera, una actividad típicamente industrial, mientras que la segunda, con sesgo social, aunque también implica un determinado riesgo de exposición para los operadores de camas solares. Al igual que en la exposición solar – también tipificada por sus efectos cancerígenos – la IARC define el peligro, pero no el riesgo, es decir, las condiciones que marcan el grado de la exposición y, por ende, del posible daño para la salud.

A través de este nuevo abordaje los autores, como parte de un proceso que lleva adelante la Asociación de Higienistas Ocupacionales y Ambientales de la República Argentina (AHRA), buscan acercar y esclarecer conceptos, aportando ideas y propuestas, que conlleven a una mejor protección de los trabajadores.

Índice

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA RUV 13
NOMENCLATURA Y UNIDADES DE REFERENCIA 16
Unidades según sus características físicas 16
EFECTOS DE LA RUV SOBRE EL CUERPO HUMANO 18
Efecto dérmico 19
Efectos sobre la piel sobre la piel 19
Efectos a largo plazo sobre la piel 20
El ojo 22
Efectos agudos oculares 24
Efectos crónicos oculares 24
Sistema inmunológico 26
EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN 27
Límites de exposición 27
Evaluación de la exposición 34
Medición 34
Planificación 34
Selección del método de medición 35
Estimación 36
Identificación del peligro 37
Las fuentes y sus grupos de pertenencia 38
Decidir sobre la aceptabilidad del riesgo 40
CONTROL DE LA EXPOSICIÓN 45
Eliminación o sustitución 45
Medidas de Ingeniería 45
Blindaje 45
Protección colectiva 46
Biombos o Cortinas para soldadura 46
Protección ocular y facial 48
Protección ocular y facial en tareas de soldadura 51

Protectores oculares y antiparras 55
Mascaras o Caretas para Soldadura 55
Ropa de trabajo 57
Controles administrativos 58
Relevamiento y conocimiento del riesgo 58
Señalización del riesgo 58
Capacitación y formación de los trabajadores 60
Controles para la salud 60
MARCO NORMATIVO EN LA REP. ARGENTINA 62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65
ANEXOS 67
Valores de irradiancia en diferentes fuentes, distancias y tiempos de exposición 68
Descripción de los tipos de fuentes generadoras de RUV artificial 72
La soldadura como fuente de emisión de RUV 76

Abreviaturas, siglas y acrónimos

AHRA	*Asociación de Higienistas Ocupacionales y Ambientales de la República Argentina*
BAUA	*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Instituto Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo. Alemania*
CCB	*Cáncer de células basales*
CCE	*Cáncer de células escamosas*
CIE	*Commission Internationale de l'éclairage. Comisión Internacional de Iluminación.*
CPNM	*Cáncer de piel No Melanoma*
EPP	*Equipo de Protección Personal*
HSE	*Health and Safety Executive. Ejecutivo de Seguridad y Salud. Reino Unido.*
IARC	*International Agency for Research on Cancer. Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer*
ICNIRP	*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Comisión Internacional para la protección contra las radiaciones no ionizantes.*
INSST	*Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. España*
LV	*Luz Visible*
OIT	*Organización Internacional del Trabajo*
OMS	*Organización Mundial de la Salud*
ROA	*Radiaciones Ópticas Artificiales*
RUV	*Radiación Ultravioleta*
RUV-A	*Radiación Ultravioleta del rango del espectro A*
RUV-B	*Radiación Ultravioleta del rango del espectro B*
RUV-C	*Radiación Ultravioleta del rango del espectro C*
NRPB	*National Radiological Protection Board. Junta Nacional de Protección Radiológica, Reino Unido*
SRT	*Superintendencia de Riesgos del Trabajo*
WHO	*World Heath Organization*

Resumen

Los dos primeros capítulos se focalizan en las características físicas de la RUV. Se incluyen tópicos y gráficos que ayudan a entender mejor el problema de la RUV y las fuentes artificiales.

Los efectos para la salud son tratados en el tercer capítulo. Se revisan las consecuencias sobre el organismo humano, especialmente ojos y piel.

En el cuarto capítulo se trata sobre la evaluación de la exposición, en el cual se propone una metodología doble para hacerla. Previamente se actualizan los valores límites siguiendo pautas de reconocidas agencias internacionales.

Uno de los capítulos más importantes es el desarrollo de las medidas de prevención en forma exhaustiva y moderna, considerando los cambios en la tecnología.

Por último, para aproximarlo a la realidad de Argentina, el capítulo de su normativa relacionada.

En esta oportunidad se optó por trasladar a Anexos aquellos aspectos complementarios pero fundamentales para sostener los criterios adoptados, pero tratando de evitar que le resten fluidez al esqueleto central del trabajo.

Hipervínculos:
La AHRA no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo, la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte de la del sitio web, del propietario de este o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA RUV

La radiación es un fenómeno que, macroscópicamente, consiste en ondas electromagnéticas cuyo rango ultravioleta (RUV) comprende longitudes de onda entre 100 y 400 nm (ICNIRP, https://www.icnirp.org/en/frequencies/uv/index.html), recordando que 1 nanómetro (abreviado nm) equivale a 10^{-9} metros. Para longitudes de onda mayores a 400 nm la radiación se vuelve visible y el primer color es el violeta, por ello la denominación de ultravioleta a las ondas invisibles adyacentes. La RUV puede segmentarse en tres rangos[1]: RUV-C (100-280 nm), RUV-B (280-315 nm) y RUV-A (315-400 nm). En la siguiente tabla se resume dichos rangos:

Tabla 1: Rangos de radiación visible y ultravioleta

Subtipo	λ = Longitud de onda (nm)
Luz visible	400-700
RUV- A	315-400
RUV- B	280-315
RUV- C	100-280

Cuando nos referimos a la emisión natural de RUV por el sol, el rango RUV-C es totalmente atenuado en la atmósfera terrestre, básicamente por la fotodisociación de O_2 en O+O en las capas superiores de la atmósfera. La RUV-B solar es principalmente atenuada por la capa de ozono atmosférica en la estratósfera terrestre, a través de la fotodisociación de O_3 en O_2+O, pero una fracción de ella llega a la superficie del planeta con capacidad para producir importantes efectos biológicos. En tanto, gran parte de la RUV-A solar efectivamente alcanza la superficie del planeta sin mayor atenuación, aunque sus efectos son menos nocivos a corto plazo. De tal modo, la mayor intensidad de RUV solar que llega a la superficie terrestre consiste en RUV-A (90 a 95%), mientras que un 5 a 10% es RUV-B.

Sin embargo, las fuentes artificiales de RUV, producto de artefactos construidos por el ser humano para emitir radiación, o que la emiten a consecuencia de su uso, no tienen esa restricción que la atmósfera terrestre impone sobre la radiación solar. Por lo tanto, la RUV generada artificialmente puede contener los tres rangos: RUV-A, RUV-B y RUV-C. Sumado al hecho de que la RUV artificial que trata este informe se genera siempre muy cerca del habitual usuario u operador, ello la transforma en más peligrosa en muchos aspectos.

[1] Esta división puede variar según la fuente consultada.

Muchas de las fuentes artificiales de RUV emiten de forma confinada, blindada, direccionada o localizada (por ejemplo, aparatos de esterilización, de terapia de radiaciones en salud, láseres industriales) y, por lo tanto, siguiendo las precauciones aconsejadas para su uso, no implican un riesgo para el trabajador que las manipula.

Otras fuentes de RUV, sin embargo, implican distintos niveles de riesgo para el usuario. Se las puede catalogar básicamente en tres fuentes (Ahmad, 2017): 1) la principal y más riesgosa la constituyen decididamente los distintos tipos de soldaduras, a las cuales siguen 2) las camas solares, aparatos de diagnóstico y fototerapia, y 3) la iluminación de interiores. A modo de ejemplo, las figuras 1, 2 y 3 muestran el espectro de emisión de RUV de distintas fuentes de radiación artificiales con connotaciones para el trabajador que las manipula:

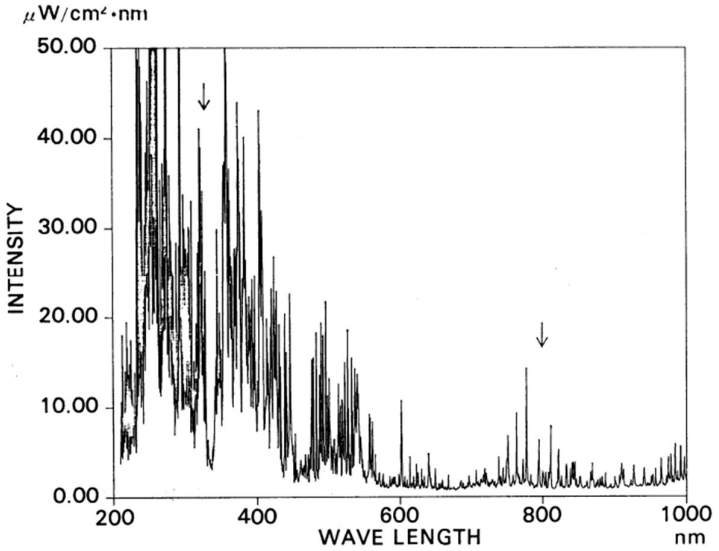
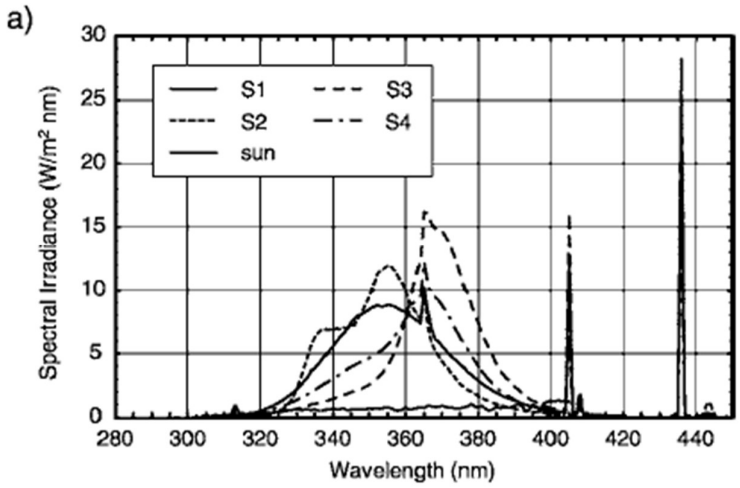


Figura 1: Emisión espectral de soldadura MAG de acero dulce con varilla sólida (ref: Okuno, 1985).



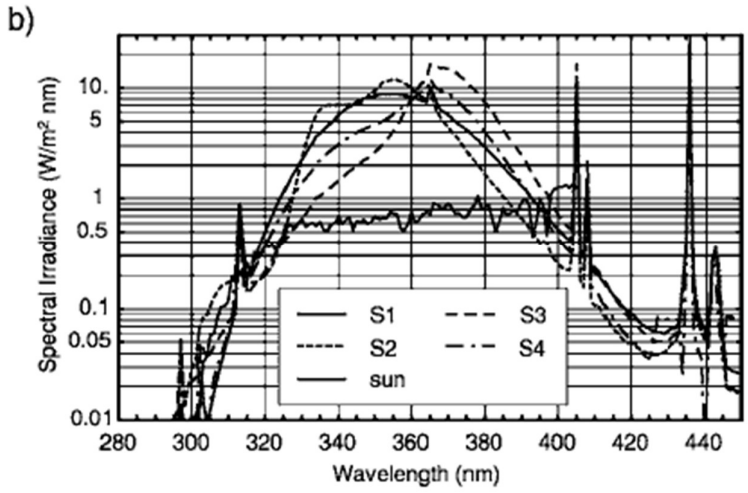


Figura 2: Espectro de emisión típico de distintos tipos de camas solares (basadas en lámparas fluorescentes), junto con un espectro solar característico medido en superficie del planeta por comparación (a mediodía solar durante Julio en una latitud de 47º N) en escala lineal (a) y en escala logarítmica (b) (ref: Gerber et al, 2002)

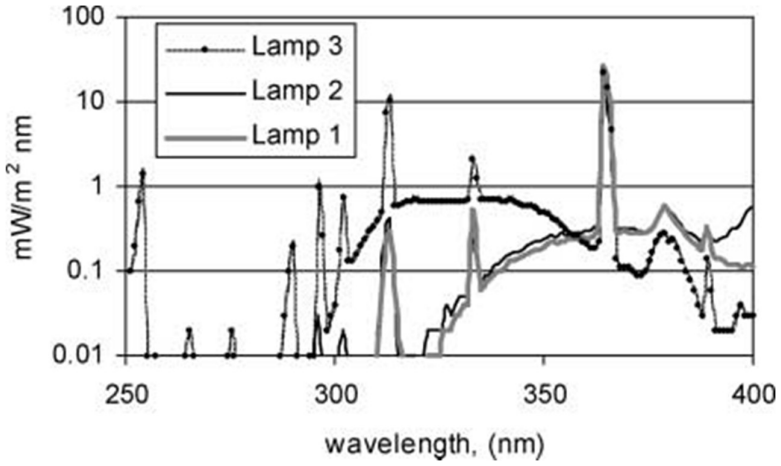


Figura 3: Espectro de emisión UV de tres lámparas fluorescentes compactas (lamp 1: lámpara de doble envoltura, lamps 2 y 3: lámparas de envoltura simple) (ref: Khazova y O'Hagan, 2008)

NOMENCLATURA Y UNIDADES DE REFERENCIA

Unidades según sus características físicas

Hablar de radiaciones ultravioletas implica caracterizarlas a través de una serie de unidades radiométricas[2] (Tabla 2).

- La **energía radiante** o irradiada se expresa en Joules (J).
- La **potencia o flujo radiante** es la energía irradiada por unidad de tiempo o también llamada potencia. La unidad típica es el watt (W), 1 W = 1 J/s.
- La **irradiancia** o tasa de dosis es la magnitud de radiación en unidades de potencia incidente por unidad de superficie (W/m^2).
- La **dosis** es la energía irradiada o absorbida por unidad de superficie (J/m^2). Es la integral en el tiempo de la irradiancia, durante un periodo dado.
- La **irradiancia eritémica** es la irradiancia efectiva, (UV-B+UV-A) "filtrada" o "ponderada" por la función respuesta de la piel típica definida por convención (Comisión Internacional Electrotécnica, CIE). Se determina como la magnitud de radiación instantánea en unidades de potencia por unidad de superficie (W/m^2).
- **Dosis efectiva** es la dosis ponderada de acuerdo con su capacidad para producir un efecto biológico particular, por ejemplo, la dosis eritémica en su acción sobre la piel humana.

Dado que la radiación UV tiene un efecto acumulativo, y los efectos crónicos que produce se manifiestan con posterioridad a la exposición, hay que considerar la intensidad de la radiación incidente, el tiempo de exposición, y a partir de ello la dosis UV asimilada.

[2] La radiometría es la ciencia que se ocupa del estudio de las mediciones de la radiación electromagnética

Tabla 2: Magnitudes radiométricas

Magnitud	Sinónimo	Concepto	Unidad
Energía radiante	Energía irradiada		Joule = J
Potencia	Flujo radiante	Energía irradiada por unidad de tiempo	Watt=W= 1 J/s
Irradiancia (E)	Dosis radiante	Energía irradiada por unidad de superficie	J / m2
Irradiancia eritémica	Tasa de dosis	Radiación (UV-B y UV-A) en unidades de potencia incidente por unidad de superficie	W / m2
Irradiancia efectiva (Eef)	Dosis efectiva	Dosis ponderada de acuerdo con su capacidad para producir un efecto biológico particular	J / m2

En la Tabla 3 se detallan distintas unidades y sus equivalencias, algo útil debido a la diversidad de unidades con las que suelen expresarse las magnitudes, que complican la conversión de valores.

Tabla 3: Equivalencias

Unidad	Equivalencia
1 µW / cm2	0,01 W / m2
1 W / m2	100 µW / cm2
1 W	J / s
1 Wh	3600 J
1 KWh	3,6 MJ
1 mJ / cm2	10 J / m2
1 J / m2	0,1 mJ / cm2

Las expresiones “eritémica”, “eritemal” o “eritemática” son equivalentes y refieren al "eritema", o efecto observable de "enrojecimiento" de la piel debido a procesos inflamatorios o inmunológicos ante una determinada dosis absorbida de RUV.

EFECTOS DE LA RUV SOBRE EL CUERPO HUMANO

Sabemos que el exceso de RUV natural o artificial sobre las personas, puede producir efectos dañinos a corto y/o largo plazo (agudos y/o crónicos).

Cuando los rayos UV y ondas de longitud más corta son absorbidos por la piel, hay moléculas específicas de los órganos diana – incluido el ADN-, llamadas cromóforos, que sufren efectos fotoquímicos. Estos efectos dependen de la dosis total recibida, obtenida como el producto entre la duración de la exposición (t) y la intensidad de la radiación (E). Esto quiere decir que una exposición a radiación de alta intensidad, pero por poco tiempo, puede dar efectos similares que una exposición a intensidades menores, pero por más tiempo. Esta característica se conoce como el principio de reciprocidad en Fotobiología[3], o Ley de Bunsen-Roscoe[4].

Los factores que influyen al evaluar el riesgo de la exposición son la intensidad de la RUV incidente sobre el cuerpo, la duración y la frecuencia de la exposición, la sensibilidad individual según el tipo de piel, la genética y otros.

Tabla 4: Efectos adversos para la salud causados por la excesiva exposición a RUV

Objetivo		Efectos adversos para la salud por la exposición excesiva a radiación UV artificial
Sistema inmune	**Agudo**	La reactivación de la infección por herpes labial virales latentes (1); supresión de la inmunidad mediada por células; aumento de la susceptibilidad a la infección; deterioro de la inmunización profiláctica.
	Crónico	La reactivación de la infección latente del virus del papiloma; alteraciones de la respuesta inmune (3).
Ojo	**Agudo**	Queratitis actínica; fotoconjuntivitis (1+2); retinopatía solar (1).
	Crónico	Pterigión (1); catarata: (1+3) cortical, nuclear, y subcapsular; pinguécula; melanoma; degeneración macular; carcinoma de células escamosas corneal y conjuntival (1+3).
Piel	**Agudo**	Quemaduras solares (1); fotodermatitis (1) (fotoalérgica y fototóxica, es decir, reacciones cutáneas alérgicas y no alérgicas producidas por la luz).
	Crónico	Fotoenvejecimiento (1+3); queratosis actínica (1+2); carcinoma de células basales (1); carcinoma de células escamosas (1+2); melanoma maligno cutáneo (1).

Los números hacen referencia a la fuente bibliográfica que menciona tales efectos:
(1) Efectos con una fuerte evidencia de causalidad según la OMS.
(2) Decreto 658/96, Argentina.
(3) Guía de actuación y diagnóstico de enfermedades profesionales. Exposición a radiaciones ultravioletas, SRT, Argentina.

[3] La Fotobiología es la ciencia que estudia el efecto de la radiación no ionizante sobre los sistemas vivos.
[4] Solar Radiation Exposure and Outdoor Work.en.es

Los órganos afectados son la piel y los ojos, a los que se suma el sistema inmune. La piel retiene la RUV en sus diferentes capas (epidermis, dermis, hipodermis), dependiendo de la longitud de onda. La RUV de longitud de onda más larga penetra más profundamente. Por ejemplo, la RUV-C es retenida en la epidermis (estrato córneo de la piel) y, en cambio, hasta el 25-50% de la RUV-A puede alcanzar la dermis. Otros tipos de ondas más largas como las infrarrojas (la infrarroja A) o visibles, pueden llegar hasta la hipodermis. La RUV no llega a otros órganos del cuerpo.

La literatura científica indica que los límites umbrales de lesión, son significativamente diferentes según la longitud de onda de la RUV y del efecto obtenido. Es decir, los límites difieren bastante si se trata de la exposición a ondas de las regiones del UV-B y UV-C, comparando, por ejemplo, con efectos agudos como la queratoconjuntivitis y el eritema. Se busca en esos casos que exista una reciprocidad de efectos basados en el tiempo de exposición (t) y la irradiancia E (que el producto de E y t sea constante para un efecto dado).

Efecto dérmico

La RUV que impacta sobre la piel es mayor que la que efectivamente reciben las distintas capas de la piel, ya que cada rayo que incide tiene componentes absorbidos, reflejados y dispersados.

La piel se protege de dos maneras frente a la RUV: aumentando la cantidad del pigmento que oscurece la piel; e incrementa la proliferación celular, por la componente UV-B, para permitir el engrosamiento del estrato córneo (capa externa de la epidermis conformada por células muertas).

Efectos sobre la piel sobre la piel

Las **quemaduras** por sobrexposición a la RUV, incluyen entre sus efectos visibles inmediatos la formación de eritema (enrojecimiento de la piel) que aparece entre minutos y pocas horas después de la exposición, con un pico entre las 8 y 24 horas, que pueden durar varios días, y que, dependiendo de su intensidad, puede estar acompañado de ampollas. Es importante remarcar que, como toda quemadura, aquella producida por la RUV implica daño a la piel

Distintos estudios han confirmado que el “umbral eritemal” varía con el sitio anatómico, la longitud de onda y el tiempo entre la exposición y la evaluación. A esto deben sumársele las diferencias clínicas entre la dosis de RUV que causa un eritema mínimo y las técnicas de medición radiométrica. Se llegó a la conclusión que un análisis matemático de los espectros de acción obtenidos con monocromadores y láseres que el espectro de acción de referencia CIE[5] era un indicador válido de la efectividad eritemal de las diferentes longitudes de onda de la RUV.[6]

[5] Comisión Internacional de Iluminación.
[6] Guía de límites de exposición – ICNIRP UV 2004

La elasticidad y resistencia que tiene la dermis se logra por el contenido de fibras de colágeno. Estas fibras se descomponen frente a altos niveles de RUV, produciendo un envejecimiento prematuro de la piel.

Se llama **fotosensibilidad** al efecto que se produce en la piel de algunas personas por la exposición a niveles muy bajos de la RUV. También hay productos químicos, alimenticios y farmacéuticos que contienen ingredientes que pueden causar fotosensibilidad. Este efecto se pone en evidencia con erupciones o quemaduras exageradas.

Efectos a largo plazo sobre la piel

Los efectos sobre la salud pueden ser no cancerígenos y cancerígenos. Para los primeros distinguimos los siguientes:

- **Sequedad.** La piel pierde humedad por el engrosamiento de sus capas externas.
- **Manchas.** Pueden resultar una temprana señal, por la pequeña rotura de vasos sanguíneos.
- **Envejecimiento.** Son principalmente los rayos UV-A los que alcanzan en un 80% la dermis, causando pérdida de la elasticidad natural de la piel (arrugas); la excesiva exposición genera, además, la apariencia de envejecimiento de la piel.

Pero en sus efectos más dañinos, la exposición a la RUV aumenta el riesgo de desarrollar cáncer de piel, el más común entre los seres humanos. La OMS, a través de la IARC, consideró que las investigaciones llevadas adelante durante años permiten confirmar que la exposición a RUV aumenta el riesgo de desarrollar cáncer de piel, el carcinoma más frecuente del mundo[7], según lo expresado en Tabla 5.

Tabla 5: Tipos de cáncer de piel

Cáncer de piel no melanoma (95%) - CPNM	Carcinoma de células basales (CCB)
	Carcinoma de células escamosas (CCE)8
Cáncer de piel melanoma (5%)	Melanoma maligno (MM)

Nota: Las abreviaturas en inglés son: carcinoma de células escamosas (SCC); carcinoma de células basales (BCC)

Tal como se observa en el cuadro anterior, el 95% de los cánceres son de piel no melanoma (CPNM) y el 5% restante de piel melanoma maligno (MM). En Figura 4 se puede observar la diferencia y profundidad afectada de cada uno de ellos

[7] El problema con las estadísticas es que dejan afuera el cáncer de piel no melanoma porque no es obligatoria su reporte en los registros de cáncer. Se pueden ver la página 24 de este documento: https://www.cancer.org/content/dam/cancer-org/research/cancer-facts-and-statistics/annual-cancer-facts-and-figures/2020/cancer-facts-and-figures-2020.pdf

[8] También conocido como carcinoma de células fusiformes.

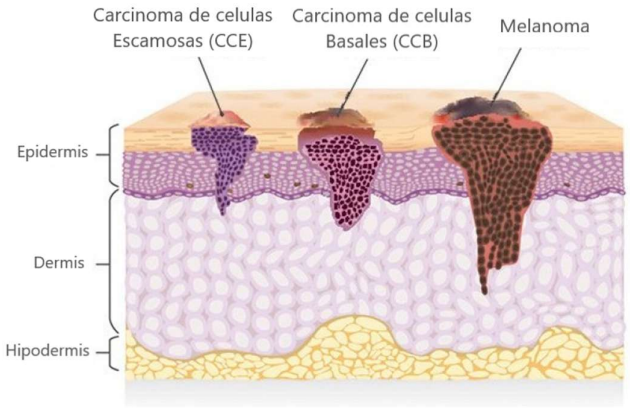


Figura 4: Tipos de cáncer de piel[9]

a. Cáncer de piel no melanoma (CPNM)

La llamada queratosis actínica, marcada en el primer cuadro de este capítulo como enfermedad causada por los rayos UV de fuente natural o artificial, aunque preponderantemente del sol, es considerada un carcinoma de células escamosas; al conjunto de CPNM se los suele llamar también "carcinomas de queratinocitos".

Según el estrato de células afectadas de la piel, los CPNM pueden ser de células basales (CCB) o de células escamosas (CCE). La mortalidad por contraer un CPNM tiene una baja probabilidad, pero puede ser muy desfigurante si no es tratado a tiempo. Por la misma razón, el cáncer de células basales puede invadir el hueso u otros tejidos debajo de la piel, cercanos al área afectada.

En la Figura 5 pueden apreciarse las capas de la piel y las células afectadas para relacionarlas con el carcinoma correspondiente. Su ubicación, tiene relación directa con el tipo de RUV que le llega.

b. Cáncer de piel melanoma

El melanoma es un tumor, un tipo de cáncer de piel, que se forma cuando los melanocitos (las células que contienen abundante melanina y que da la pigmentación a la piel) inician un crecimiento descontrolado.

[9] https://mavink.com/explore/Cancer-De-Piel-Y-Sintomas

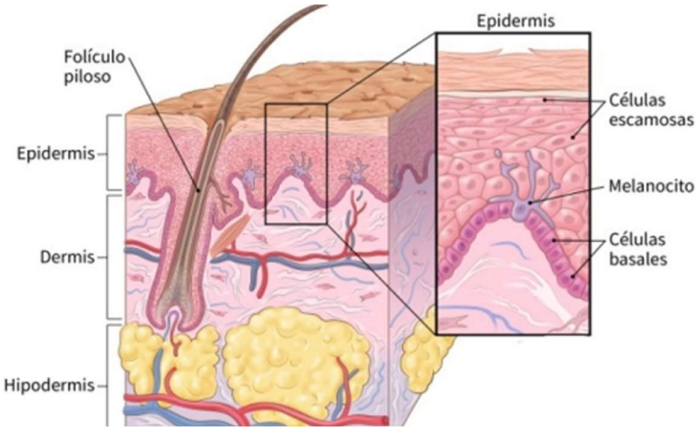


Figura 5: Corte esquemático de las capas que conforman la piel[10]

El ojo

Como se ha explicado anteriormente el riesgo por exposición a RUV esta relacionados a un conjunto de factores, dentro de los cuales está incluido el fototipo de piel y la capacidad de absorber o asimilar los rayos UV en cada uno de ellos; esto mismo no ocurre en el ojo, donde la susceptibilidad y posibles efectos adversos son independientes del fototipo de piel, dado que los medios transparentes del ojo no tienen ningún pigmento de melanina; entonces, no hay correlación entre la sensibilidad RUV del ojo y el tipo de piel.

Nuestros ojos se encuentran fisiológicamente diseñados para protegernos mayoritariamente de las agresiones ocasionadas por rayos UV; el ojo está cubierto por los parpados, hundido en las órbitas, protegido por el arco superciliar, así como también por las cejas y pestañas; la misma acción en la que entrecerramos los ojos frente a una fuente de luz excesiva, nos brinda una mayor protección y disminuye el ingreso de la RUV. Las pupilas también cumplen función al regular el ingreso de luz a los ojos, pero en condiciones extremas o en espacios al aire libre donde hay presencia de superficies con gran poder reflexión, la eficacia de estas defensas naturales se ve disminuida.

La córnea no posee tanta facilidad de adaptación durante exposiciones crónicas, como la piel, aunque puede haber engrosamiento del epitelio y otros cambios relacionados con las estaciones del año. Por ello, la córnea es particularmente susceptible en exposiciones crónicas.

[10] Extraído de American Society Cancer: https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel-de-celulas-basales-y-escamosas/acerca/que-es-cancer-de-piel-de-celulas-basales-y-escamosas.html

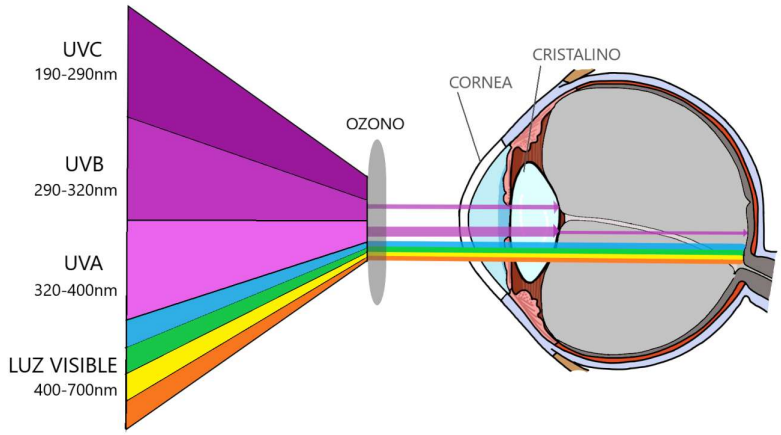


Figura 6. Fuentes naturales: La cornea filtra Longitudes de onda inferiores a 290nm las que serán absorbidas casi completamente, mientras que aquellas comprendidas en el rango de 300-370 nm serán atenuadas mayormente en el lente.

La córnea es sensible en sí misma (Figura 6) y ha servido como un verdadero mecanismo de control de la exposición ocular cuando los cambios sutiles y transitorios de la córnea se correlacionaron con los valores de exposición a rayos UV ambientales. La atenuación que otorga el lente se incrementa con el avance de la edad (siendo un caso particular aquellos operados de cataratas, sin la implantación de una lente absorbente de RUV o, si no hay lente, donde una fracción significativa de la RUV incidente, de 290-400 nm, puede llegar a la retina).

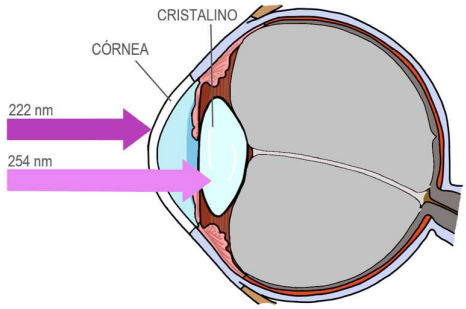


Figura 7. Fuentes artificiales UV-C: La cornea filtra Longitudes de onda inferiores a 222nm serán absorbidas casi completamente por la córnea, mientras que otras, por ejemplo, en el orden de 254nm podrán filtrarse ocasionando daño ocular.

Cuando hablamos de RUV y las lesiones oculares, en general, damos por descartadas aquellas vinculadas a los rayos UV-C, dado que estos son filtrados en su totalidad por nuestra atmosfera; entonces, ¿qué sucede cuando la RUV artificiales entran en juego? Pues allí es necesario contemplar los rayos UV-C, dado que son nocivos para nuestra salud (Figura 7), como por ejemplo en la soldadura de arco, donde existe emisión directa sin filtros naturales debiendo recurrir a medidas de protección colectiva e individual.

Efectos agudos oculares

A continuación, se describirán los distintos efectos agudos de la RUV sobre el ojo.

- **Fotoqueratoconjuntivitis (fotoqueratitis y fotoconjuntivitis)**

La fotoqueratitis es una quemadura ocular en el ojo producto de la exposición única a RUV de origen natural y artificial. Es una enfermedad de carácter aguda, dolorosa, con corto periodo de recuperación y de carácter reversible. Esta afección se manifiesta principalmente como producto de los rayos UV cuando la reflectancia es superior al 15% en superficies tales como: la arena, el agua, el hielo y la nieve ("ceguera de la nieve"). También puede darse en forma artificial por el uso de camas solares o en tareas de soldadura (donde recibe diversos nombres, tales como: resplandor del soldador, ojo de arco "eye flash burn").

Los síntomas aparecen a las pocas horas de la exposición, van desde dolor, enrojecimiento, visión borrosa, inflamación, dolor de cabeza, sensación arenosa, lagrimeo, fotofobia, entre otros, dependiendo del tiempo de exposición. Los efectos de fotoconjuntivitis, que normalmente es acompañada por la fotoqueratitis, perduran cortos periodos de tiempo, lo que dura el proceso de reparación en la córnea y la conjuntiva.

Efectos crónicos oculares

- **Cataratas**

La catarata (Figura 8) es unas de las principales causas de ceguera en el mundo, está relacionada con el envejecimiento a partir de los 40 años aproximadamente y, aún más frecuente, en mayores de 60 años. El cristalino, que es la lente natural del ojo, por efecto de la exposición a los rayos UV-B también es un factor contribuyente o participe en la producción de la ceguera o disminución de la visión. Este efecto es evolutivo conforme pasan los años, mientras que la lente comienza a perder proteínas ocasionando opacidad del mismo, efecto de visión borrosa o nublada terminando por afectar la visión.

Los datos epidemiológicos muestran un mayor riesgo de catarata cortical con la exposición a los rayos UV-B. La prevalencia de la enfermedad cegadora de cataratas en todo el mundo supera los 50 millones. Los experimentos con animales han demostrado claramente que las exposiciones a RUV producen cataratas.

Figura 8. Cataratas

Los soldadores pueden llegar a la instancia de ceguera, por quemaduras reiteradas o cataratas no tratadas.

- **Pinguécula**

La pinguécula (Figura 9) es un tumor benigno que se desarrolla en la conjuntiva, es de color amarillento, conformado por la acumulación de grasas y proteínas en la córnea, afectando su transparencia y ha sido epidemiológicamente asociado con la exposición a la RUV.

Figura 9. Pinguécula

- **Pterigión**

El pterigión (Figura 10) es un crecimiento benigno de la conjuntiva ocular y avanza sobre la superficie de la córnea tornándola opaca y pudiendo dañar la visión. Los datos epidemiológicos apoyan firmemente una correlación entre la exposición crónica a RUV y pterigión.

Figura 10. Pterigión

- **Degeneración macular (DMAE)**

La degeneración macular, es una enfermedad crónica que afecta la mácula[11] y es una causa frecuente de ceguera intratable; se trata de una enfermedad lenta, que demora muchos años hasta que se aprecie una deficiencia visual.

Esta patología generalmente se comienza a evidenciar en personas comprendidas en el rango de 50-60 años, con antecedentes hereditarios o malos hábitos de salud (alimentación, consumo de tabaco) u otros factores como ser la hipertensión arterial y la mala circulación sanguínea.

Hasta la fecha no hemos podido hallar suficiente información que determine su vinculación con la RUV natural o artificial como causal única (más que un factor, un agravante de aquellos preexistentes), a los fines de determinar su vínculo con el ámbito laboral.

- **Melanoma Ocular**

El melanoma es el tipo de tumor ocular más común en adultos. Aun así, el melanoma que comienza en el ojo es poco frecuente. Un factor de riesgo importante para el melanoma es la exposición excesiva a RUV de origen natural o artificial, como aquellas personas sometidas a cama solares, tareas de soldaduras de arco; estas últimas, poseen de 2 a 10 veces más probabilidades de desarrollar una Melanoma Ocular, según estudios reconocidos por la IARC.

- **Carcinoma de células escamosas (CCE) de la córnea y la conjuntiva**

Las neoplasias escamosas conjuntivales son los tumores más frecuentes de la superficie ocular. Dentro de este espectro se encuentra el carcinoma de células escamosas (CCE) invasivo[12]. Es

[11] **La mácula ocular** es una pequeña zona ubicada en el centro de la retina, que permite tener la **visión de los detalles y el movimiento**.

[12] Yin VT, Merritt HA, Sniegowski M, Esmaeli B. Eyelid and ocular Surface carcinoma: diagnosis and management. Clin

un tumor de crecimiento lento y generalmente afecta a los individuos entre los 50 y 75 años. En RUV de origen natural posee mayor incidencia en zonas geográficas cercanas al ecuador y al continente africano, donde existe una alta exposición RUV de origen solar. La presencia de lesiones cutáneas actínicas, como la Queratosis solar y el carcinoma escamoso de piel han sido asociados también entre sí. [13] [14]

Diversos factores se han vinculado a este tipo de lesiones: RUV, humo de tabaco, piel clara, tratamiento con inmunosupresores e infecciones por virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), virus del papiloma humano (VPH) y virus herpes (VH)[15].

Sistema inmunológico

La sobreexposición la RUV actúa como inhibidor del sistema inmunológico y de las defensas naturales de la piel; provocando ciertos efectos adversos, tales como, la disminución de las defensas y el incremento del riesgo de infecciones virales, bacterianas, parasitarias o fúngicas[16].

Dermatol. 2015 Mar-Apr; 33(2)

[13] Coroi MC, Roşca E, Muţiu G, Coroi T. Squamous carcinoma of the conjunctiva. Rom J Morphol Embryol. 2011;52(1 Suppl):513-5. | PubMed |

[14] Lee GA, Hirst LW. Ocular surface squamous neoplasia. Surv Ophthalmol. 1995 May-Jun;39(6):429-50. | PubMed |

[15] Mata E, Conesa E, Castro M, Martínez L, de Pablo C, Gonzalez ML. Conjuntival squamous cell carcinoma: paradoxical response to interferon eyedrops. Arch Soc Esp Oftalmol. 2014 Jul: 89 (7): 293-6

[16] https://www.insst.es/-/-cuales-son-los-efectos-sobre-la-salud-huma-10

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Límites de exposición

Tal como se ha desarrollado en los capítulos anteriores, la discusión sobre los efectos biológicos de la RUV se centra desde hace unos años en el rango de 100 a 400 nm de longitud de onda y, dentro de ella, la subdivisión del espectro en tres bandas según la consideración de la Comisión Internacional de Iluminación[17]: RUV-A entre los 315 a 400 nm, RUV-B entre 280 a 315 nm y 100 a 280 nm de la RUV-C. Los efectos negativos pueden ser a corto y largo plazo, sobre la piel o sobre los ojos.

Todo el espectro de radiación UV puede generar algún tipo de daño para el cuerpo humano, dependiendo de: 1) el espectro de emisión y la intensidad espectral de la fuente; 2) tiempo de exposición; 3) la distancia y posición del trabajador respecto a la fuente emisora.

Para estas radiaciones están definidos límites de exposición por los organismos internacionales más importantes, como la ACGIH y el ICNIRP. Por encima de esos límites de exposición existe un nivel de riesgo que debe evitarse.

Tomando como referencia la versión del año 2025 de la Guía de la ACGIH[18], los valores límite hacen referencia a la RUV con longitudes de onda en el aire comprendidas entre 180 y 400 nm y representan las condiciones en las que se cree que casi todos los trabajadores sanos pueden estar expuestos repetidamente sin que se produzcan efectos agudos adversos para la salud tales como eritema y fotoqueratitis. Estos valores para la exposición del ojo o de la piel se aplican a la radiación ultravioleta originada por arcos de soldadura, descargas de gases o vapores, fuentes fluorescentes o incandescentes y germicidas y la radiación solar, pero no a los láseres ultravioletas (que tienen sus propios valores límites para láser). Estos valores no se aplican a la exposición a la RUV de individuos sensibles a la luz o de individuos expuestos simultáneamente a agentes fotosensibilizantes ni a los individuos con ojos afáquicos[19]. En este último caso se deben ver los valores límite para la radiación luminosa y del infrarrojo próximo que no son parte de este documento. Estos valores deben servir de orientación para el control de la exposición a fuentes continuas cuando la duración de la exposición sea igual o superior a 0,1 segundos y sirven para el control de la exposición a las fuentes de ultravioleta, no debiendo considerárseles como un límite definido entre los niveles seguros y peligrosos. Aclara

[17] CIE, por sus siglas en francés
[18] 2025 ACGIH Thereshold Limit Value TLV
[19] Personas a las que se les ha extirpado el cristalino en una intervención quirúrgica por cataratas

también que las fuentes pueden tener un ángulo inferior a 80 grados en el detector, pero si subtienden un ángulo mayor, no es necesario medir.

Esos límites de exposición toman como variables el tipo de radiación incidente (UV-A y UV-B), el tiempo de exposición y la magnitud de la radiación, expresada como irradiancia (E). Dada la mencionada variación espectral de la radiación, la influencia de cada longitud de onda debe ponderarse, utilizando la irradiancia efectiva (Eef), que se calcula de la siguiente manera:

$$E_{ef} = \sum_{180}^{400} E_{\lambda}\ S\ (\lambda)\ \Delta\lambda$$

En la que:

E_{ef} = irradiancia efectiva neta para el efecto que se está analizando (ej. sobre la piel humana, en unidades de W/cm^2)

E_{λ} = irradiancia espectral que llega a la superficie estudiada (ej. en $W/(cm^2.nm)$)

S (λ) = efectividad espectral relativa del sistema estudiado (ej. el espectro de acción eritémico, de la piel humana, adimensional)

Δλ = ancho de banda en nm

La Tabla 6 brinda una referencia estimativa de las dosis espectrales límite de exposición ocupacional a las radiaciones UV sobre la piel o los ojos sin proteger, durante un período de 8 horas, los cuales se presentan gráficamente en la figura 11a (ACGIH[17]). Estos valores de TLV son frecuentemente actualizados por la ACGIH, y al emplearlos se debe tener presente que representan una estimación cuantitativa de referencia, teniendo en cuenta la enorme variabilidad de los sistemas biológicos (en particular la diversidad en características de piel y ojos humanos sobre los cuales esos TLV sean aplicados en casos reales).

Asimismo, si bien la mayoría de las fuentes de RUV artificial son altamente variables en el tiempo, así como las condiciones de exposición, asumiendo como una simplificación que la intensidad de la radiación incidente es constante en el tiempo, se puede calcular el tiempo máximo de exposición (T_{max}) para alcanzar el valor TLV sobre la piel o los ojos sin proteger, mediante la siguiente expresión que aquí se aplica a la irradiancia efectiva de una fuente monocromática en 270 nm (E_{ef}):

$$T_{max} = 30\ (J/m^2)\ /\ E_{ef}\ (W/m^2)$$

donde los 30 J/m^2 se corresponden al TLV en 270 nm de la tabla 6.

En la figura 11a, la línea punteada marca los valores TLV según la versión 2025 de la ACGIH mientras que otra línea, lo exigido por Res. MTESS 295/03 de Argentina; cuando coinciden, no se aprecia la diferencia. Esto se debe a que en el ámbito local (Argentina) los valores límites toman como referencia los TLV de la ACGIH, pero del año 2001. Esta Tabla se aplica para la exposición de la piel y de los ojos cuando éstos no están protegidos. En cambio, cuando los ojos están protegidos, en el rango de la RUV-C, para la exposición de la piel se aplica la Tabla 7, dando TLV mayores.

Tabla 6: Valor límite para la radiación ultravioleta. Fuente ACGIH 2025

UV	Longitud de onda (nm) (a)	Valor límite (TLV) (J / m2)	S (λ) Efectividad espectral relativa
C	180	16260	0,00185
	190	16260	0,00185
	200	16260	0,00185
	205	16260	0,00185
	210	10233	0,00293
	215	4732	0,00634
	220	2188	0,0137
	225	1012	0,0297
	230	468	0,0641
	235	216	0,139
	240	100	0,300
	245	83	0,360
	250	70	0,430
	254 (b)	60	0,500
	255	58	0,520
	260	46	0,650
	265	37	0,810
	270	30	1,00
	275	31	0,960
	280 (b)	34	0,880
B	285	39	0,770
	290	47	0,640
	295	56	0,540
	297 (b)	65	0,460
	300	100	0,300
	303 (b)	250	0,120
	305	500	0,060
	308	1.200	0,026
	310	2.000	0,015
	313	5.000	0,006
	315	10.000	0,003
A	316	13.000	0,0024
	317	15.000	0,0020
	318	19.000	0,0016
	319	25.000	0,0012

320	29.000	0,0010
322	45.000	0,00067
323	56.000	0,00054
325	60.000	0,00050
328	68.000	0,00044
330	73.000	0,00041
333	81.000	0,00037
335	88.000	0,00034
340	110.000	0,00028
345	130.000	0,00024
350	150.000	0,00020
355	190.000	0,00016
360	230.000	0,00013
365	270.000	0,00011
370	320.000	0,000093
375	390.000	0,000077
380	470.000	0,000064
385	570.000	0,000053
390	680.000	0,000044
395	830.000	0,000036
400	1.000.000	0,000030

(a) Las longitudes de onda elegidas son representativas: otros valores deben interpolarse en longitudes de onda intermedias.

(b) Líneas de emisión de un espectro de descarga de mercurio

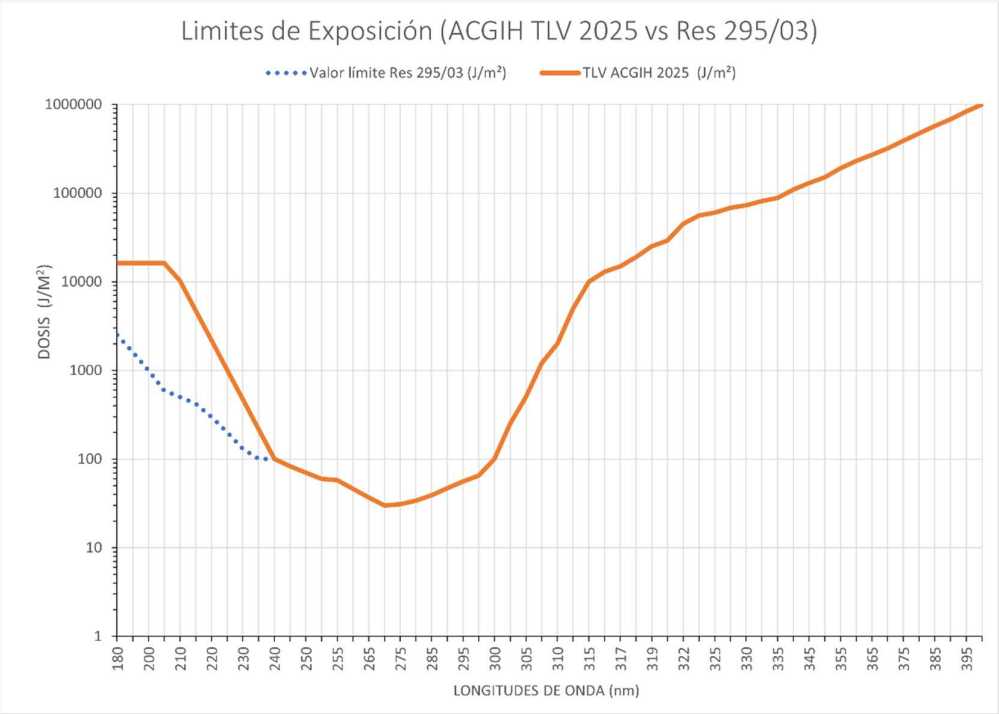


Figura 11a: Dosis límite de exposición a la RUV según la longitud de onda

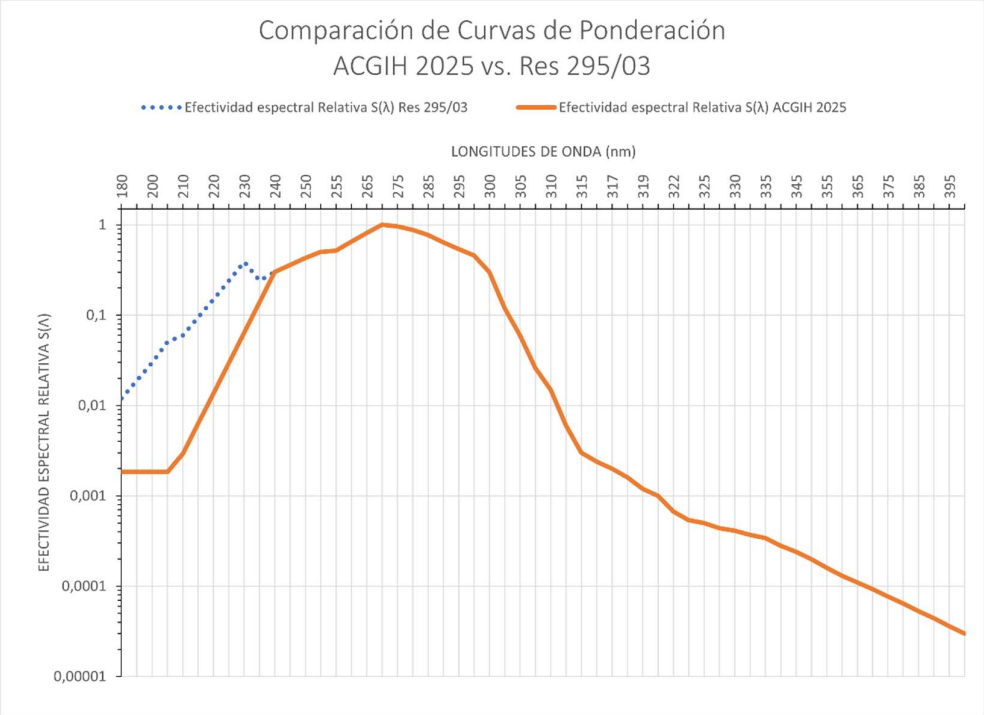


Figura 11b. Representación gráfica de la efectividad espectral relativa según la longitud de onda de la Tabla 6. Téngase la precaución de observar que el eje de abscisas está invertido respecto a la posición de lectura de la Figura 11a.

Tabla 7. TLV de RUV y efectividad espectral relativa para la piel en el rango de UV-C. Fuente ACGIH 2025.

UV	Longitud de onda (nm) (a)	Valor límite (TLV) (J / m2)	S (λ) Efectividad espectral relativa
C	180	100.000	$3{,}0 \times 10^{-4}$
	190	100.000	$3{,}0 \times 10^{-4}$
	200	100.000	$3{,}0 \times 10^{-4}$
	205	50.120	6.0×10^{-4}
	210	25.120	1,19
	215	12.540	2,38
	220	6310	4,75
	225	3.162	9,49
	230	1.585	0,0189
	235	794	0,0380
	240	398	0,075
	245	200	0,150
	250	100	0,30
	260	100	0,30
	270	100	0,30
	280	100	0,30
	290	100	0,30
	300	100	0,30

(a) Las longitudes de onda elegidas son representativas: otros valores deben interpolarse en longitudes de onda intermedias.

La Tabla 7 se representa gráficamente en la figura 11b.

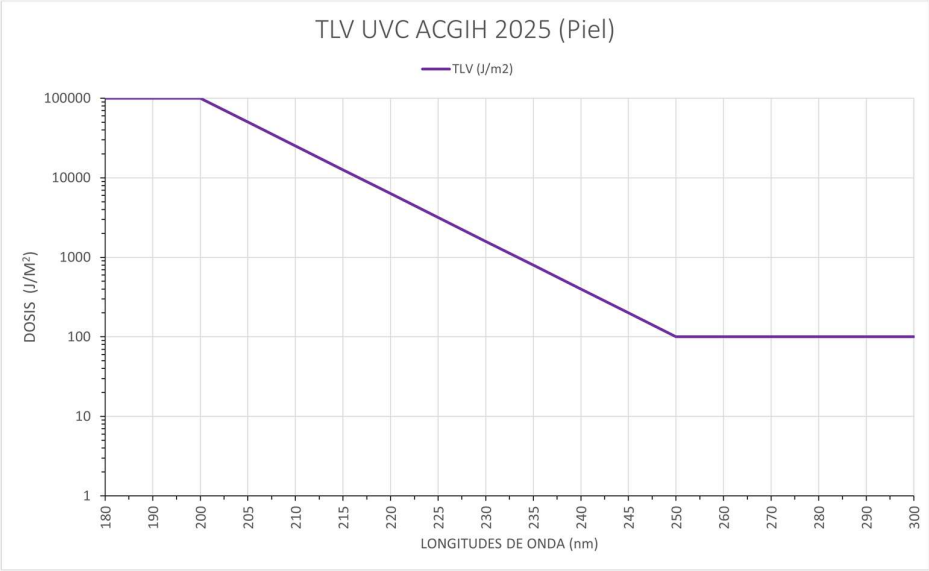


Figura 12a. Representación gráfica del TLV de RUV para la piel en el rango de UV-C. Fuente ACGIH 2025.

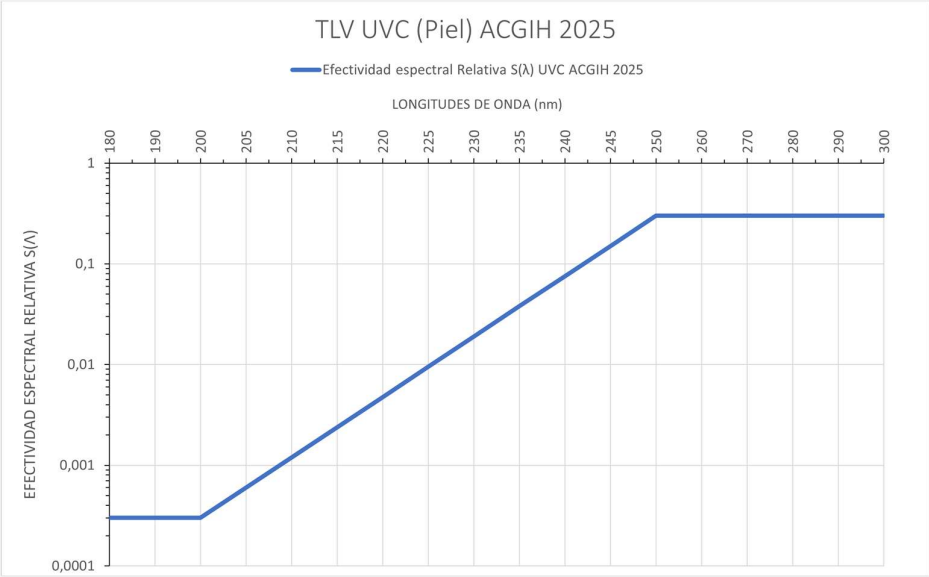


Figura 12b. Representación gráfica de la efectividad espectral relativa en función de la longitud de onda de la Tabla 7, rango UV-C y exposición de la piel.

Las figuras 12a y 12b representan gráficamente los valores de TLV y efectividad espectral relativa respectivamente, de la Tabla 7 para la piel expuesta a la RUV-C.

Las figuras 11a, 11b, 12a y 12b son desarrollos propios para este documento con el fin de visualizar mejor los distintos valores tabulados en las tablas respectivas.

Evaluación de la exposición

La evaluación de la exposición parte de identificar primero la presencia de un tipo de radiación – en este caso interesa la RUV -, clasificarla – es decir, establecer el rango del espectro electromagnético en la cual está ubicada – para luego definir los valores de la radiación, compararlos con los valores límites y determinar el nivel de riesgo o exposición; por último, adoptar medidas preventivas, en caso de corresponder. Es decir, la evaluación del riesgo consiste en definir la magnitud de la exposición al compararlo con los valores límites establecidos y, a partir de allí, establecer las medidas de protección y control de la salud, si correspondieran.

Por lo tanto, se hace necesario establecer el grado de exposición de las personas cuando están expuestas a estas radiaciones en la región espectral de 180 a 400 nm, lo cual se puede hacer por medio de mediciones en el campo[20] - según veremos a continuación – o por estimaciones basadas en conocer la fuente de generación.

La evaluación de riesgos pueden realizarla solamente profesionales idóneos en la materia, con los conocimientos legales, técnicos y de campo suficientes para lograr resultados confiables. Cuando se trata de exposición laboral, los conocimientos de la normativa aplicable deben focalizarse en la específica para este caso.

Las evaluaciones se realizarán sobre los puestos de trabajo o Grupo Homogéneo de Exposición (GHE)[21], pero en ciertos casos también podrán hacerse en forma personal, con dosimetrías, cuando, por ejemplo, se detecte mayor fotosensibilidad del trabajador.

Medición

Planificación

La medición requiere de una planificación previa por la cual se identifiquen las fuentes de radiación (cantidad y ubicación) y el tipo de radiación que puede esperarse. Si no se tuviera esto último, habría que realizar una medición espectral de la radiación para conocer las magnitudes de las longitudes de onda a las que deberemos prestar atención.

Hay que considerar, además:

- Geometría y espacialidad del lugar, en donde las paredes, techos pisos y objetos reflejan y dispersan la radiación (por eso, es probable que no coincida una medición espectral con la

[20] La evaluación de la exposición de los trabajadores a menudo se realiza a partir del conocimiento de la fuente y del análisis de las tareas laborales sin el uso de instrumentos de medición o monitoreo de la RUV. Sin embargo, puede ser necesario medir o monitorear la RUV de fuentes artificiales o de la luz solar para evaluar la exposición del trabajador en caso de exposición accidental o debido a preocupaciones sobre la seguridad. Fuente: *Declaración ICNIRP de Protección de los trabajadores contra la Radiación Ultravioleta, página 81, 2010, en su versión en inglés.*

[21] Definidos como grupos de trabajadores que realicen las mismas tareas, con las mismas exposiciones.

aportada por el fabricante de la fuente debido a la dispersión, refracción o reflexión, transmisión y absorción en torno al trabajador expuesto).

- Distancia de las fuentes a las personas expuestas.
- Movimientos de esas personas durante la exposición.
- Tiempos de exposición de esas personas en las cercanías de las fuentes de radiación.
- Presencia o uso de Fotosensibilizantes.
- Barreras, dispositivos y medidas de protección utilizadas en general.

Selección del método de medición

De acuerdo con la planificación previa, se determinará si la medición de la exposición laboral puede hacerse por aparatos de medición fijos o, por el contrario, es recomendable el uso de dosímetros personales, que llevarán colocados los trabajadores expuestos o considerados "testigos" en cada GHE.

Comercialmente hay distintos equipos e instrumentos como discos UV[22], sensores, tiras de prueba, sondas, medidores portátiles, tubo UV (integrador para medir dosis e intensidad), radiómetro espectral UV, monitor continuo, dosímetro, etc. pero, básicamente, tal como la BAUA23 plantea[24] los siguientes requisitos para el método de medición:

(1) Los métodos de medición se dividen en el método espectral y el método integral. Uno de los requisitos más importantes para los instrumentos de medición es la incertidumbre de medición que debe mantenerse. Se requiere una incertidumbre de medición de ≤ 30 % para los procedimientos en los que el resultado se debe comparar con el EGW[25]. Para las mediciones generales se debe mantener una incertidumbre de medición de ≤ 50 %.

(2) Un método de medición debe cubrir un rango de medición suficientemente amplio para permitir tomar una decisión sobre si se cumple o se supera el VLE. Si es necesario, se pueden utilizar varios métodos de medición que se complementen entre sí en el rango de medición. Otros requisitos se refieren a la sensibilidad espectral del sistema receptor, el área del receptor, la apertura, el ángulo de apertura de la óptica de entrada y la dependencia del ángulo de la óptica de entrada. El tiempo promedio (tiempo de integración) de los dispositivos utilizados y

[22] https://www.uv-technik.co.uk/products/view/UV-Disc
[23] La BAUA, por sus siglas en alemán Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin es la agencia federal alemana, que integra el Ministerio Federal de Trabajo y Asuntos sociales, responsable de la seguridad y salud en el trabajo en toda Alemania.
[24] TROS. Radiación Óptica Incoherente. Parte 2: Mediciones y cálculos de exposiciones a la radiación incoherente.
[25] Límite de exposición para la BAUA

el tiempo de medición para todo el procedimiento debe elegirse de tal manera que se pueda decidir si se cumple o se supera el VLE.

(3) La dependencia temporal de la exposición debe poder registrarse mediante el dispositivo de medición (criterio del pulso).

(4) Los requisitos especificados deberán cumplirse mediante los procedimientos de medición en las condiciones ambientales prevalecientes en el sitio durante la medición (temperatura, humedad, presión, polvo, campos electromagnéticos, etc.).

(5) Se deberán cumplir requisitos adicionales con respecto a la calibración del equipo, el rango de longitud de onda sensible y el tamaño del paso, el ancho de banda y la sensibilidad a la luz parásita al medir el espectro de radiación.

Estimación

Las fuentes de radiación artificial son conocidas y sus radiancias muchas veces definidas por el mismo fabricante. Varios países tienen normas de referencia (por ejemplo, normas DIN) a las cuales se deben ceñir los fabricantes y que permiten informar el espectro de radiación en cada equipo que emite RUV. En otros casos, la emisión de RUV es tan conocida, que tampoco es necesaria una medición para conocer el resultado. Es el caso, por ejemplo, de la soldadura de arco eléctrico, donde los límites de exposición son superados en muy poco tiempo. En otros, la irradiancia tiene valores muy bajos respecto a los límites de exposición, por lo que la fuente puede clasificarse como de riesgo aceptable.

Por lo antedicho, la medición de las fuentes que emiten RUV no siempre es necesaria para conocer el grado de la exposición, lo cual contribuye a reducir los costos y alejar el problema de las dificultades de obtener mediciones confiables, sin que por ello se reduzca el grado de protección de los trabajadores. En este trabajo se estudiaron mecanismos o herramientas procedimentales adicionales que agreguen nuevas posibilidades y alternativas para lograr la evaluación al riesgo y con ello un adecuado nivel de protección de los trabajadores. A tales efectos, se tomaron como referencia principal los siguientes documentos:

- Orientación para los empleadores sobre el control de las radiaciones ópticas artificiales en el lugar de trabajo (ROA) 2010[26] de la HSE (Health and Safety Executive)[27] en donde se propone un diagrama de flujo que bien podría tomarse como referencia para hacer la evaluación.

[26] Guidance for Employers on the Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations (AOR) 2010
[27] Agencia del gobierno del Reino Unido responsable de fomentar, regular y hacer cumplir la salud, seguridad en el lugar de trabajo

- Guía Técnica para la Evaluación y Control de las Radiaciones Ópticas Artificiales, según real Decreto 486/2010 del INSST[28] de España, 2015.

- NTP 755 Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral. INSHT. España. 2007

- NTP 903. Radiaciones Ópticas Artificiales: criterios de evaluación. INSHT. España 2011.

- Normas técnicas para la regulación de la seguridad laboral para radiación óptica artificial. BAUA. Noviembre 2013 (Technische Regeln zur Arbeitsschutz-verordnung zu künstlicher optischer Strahlung).

Se parte del hecho de que se conoce en forma bastante precisa la irradiancia de las fuentes artificiales, dependiendo de su uso y características propias y esa fuente permite definir el grado de exposición del trabajador que la utiliza o cercano a ella.

Por eso, el primer paso sería tener fuentes cuya irradiancia estén debidamente certificadas por el fabricante, en las condiciones de venta, con las protecciones correspondientes. Otro paso que puede considerarse es clasificar a las fuentes según su grado de peligrosidad basándose en la información y experiencia disponibles a nivel internacional. Sintetizando los pasos del procedimiento de evaluación que se propone son:

1. Identificación del peligro y análisis del origen (natural y/o artificial) y tipo de fuentes presentes
2. Definir los grupos de pertenencia de las fuentes artificiales
3. Decidir las acciones a tomar

Identificación del peligro

El procedimiento se inicia con la identificación del peligro, es decir, indagar y confirmar la existencia de alguna forma de radiación UV del espectro electromagnético en el lugar de trabajo bajo análisis, y de la cual es necesario clasificar primero el origen de la fuente como natural o artificial. La fuente de RUV de origen natural es el sol y su estudio queda fuera de este documento, ya que tiene características muy diferentes que influyen en la exposición de las personas y, en particular, de los trabajadores. Se recomienda remitirse al documento desarrollado y publicado por la AHRA para la evaluación de la exposición ocupacional a la RUV en Argentina. Allí se explican los métodos cualitativos como el ICNIRP y la propuesta AHRA, así como estimaciones o evaluaciones rápidas.

[28] Instituto Nacional de Salud y Seguridad en el Trabajo.

En cambio, nos abocaremos a tratar de definir un proceso para evaluar la exposición a la RUV de origen artificial. En la figura 13 se esquematiza por medio de un diagrama de flujo la secuencia inicial de este procedimiento.

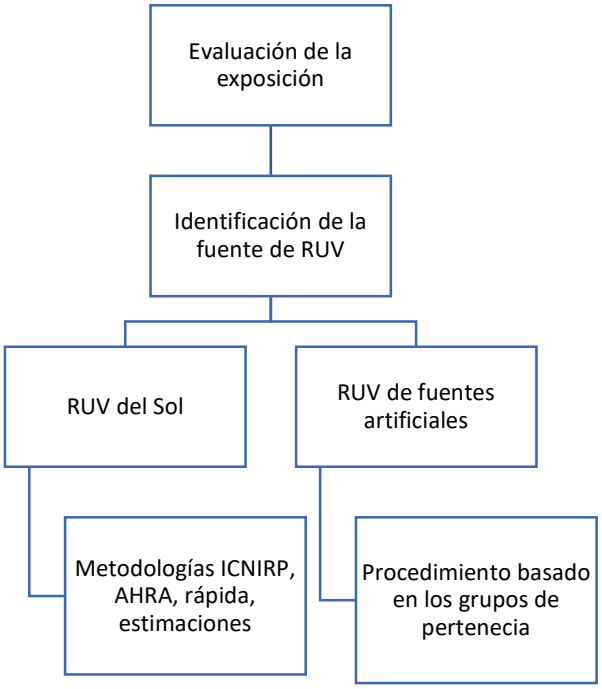


Figura 13: Inicio del tratamiento diferenciado de la evaluación de la exposición a la RUV según se trate de una fuente natural o artificial

Las fuentes y sus grupos de pertenencia

La RUV artificial es producida por numerosas fuentes artificiales, todas con diversos fines. Se conoce con certeza que, dependiendo de las fuentes, la magnitud de la radiación emitida es muy diferente. Al efecto, es sumamente ilustrativo para el lector interesado remitirse en este punto al **Anexo A**.

En la Tabla A1 se indica como el tipo de fuente y la distancia a ella, afectan los niveles de irradiancia. Si se comparan distintos casos se apreciarán diferencias notables que sirven para fundamentar el esquema de decisiones que se tomarán más adelante. La Tabla A2 permite visualizar la relación entre tiempos de exposición posibles en función de los límites permisibles y la fuente en cuestión.

Los comentarios anteriores, apoyados en lo expresado en la totalidad del Anexo A permiten llegar a la Tabla 8, en donde se identifican las distintas fuentes y se indica el riesgo de sobreexposición (en algunos casos este concepto se toma cuando no hay un blindaje adecuado o en condiciones) de los trabajadores, con una breve descripción del riesgo y las posibles precauciones de seguridad básica (las cuales se desarrollarán con mayor detalle en el capítulo respectivo de este documento)

Tabla 8: Estimación del riesgo de sobreexposición a la RUV artificial de acuerdo con la fuente.

IT	Fuente	Riesgo de sobre exposición	Descripción del riesgo	Precauciones de seguridad
1	Arcos eléctricos abiertos (por ej., soldadura eléctrica)	Muy alto	Los arcos de soldar eléctricos pueden exceder los límites de exposición a la radiación UV, en cuestión de segundos Los trabajadores, los observadores y los transeúntes pueden ser sobreexpuesto a la radiación UV de los arcos si los controles de ingeniería no son adecuados	Ingeniería, controles administrativos y protección personal. Equipos de protección personal y capacitación
2	Lámparas germicidas para esterilización y desinfección	Alto	Las lámparas que emiten UV-C se utilizan para esterilizar áreas de trabajo en hospitales, industria alimentaria y laboratorios.	Controles de ingeniería para reducir la exposición
2	Desinfección del agua	Alto	Utiliza UV-C con longitudes de onda de 257 nm. Al trabajarse sin el blindaje se ocasiona la exposición. Fuente: 321 - INTI Argentina - desinfección agua por UV-C.	Mantener el blindaje en todo momento y evitar mirar siempre a las lámparas de RUV. Si es necesario, usar gafas de protección. Capacitar sobre su uso.
3	Fototerapia	Alto	La RUV utilizada en aplicaciones dermatológicas generalmente no excede los límites de exposición para los pacientes, pero su uso intensivo puede ser riesgos para el personal médico, el cual debe estar protegido de la exposición a la RUV.	Administrativo y de ingeniería
4	Camas solares o de bronceado	Alto a medio	La mayoría de las lámparas de bronceado emiten principalmente radiación UV-A, pero las lámparas modernas también emiten UV-B. Las lámparas de bronceado generalmente deben exceder los límites de exposición ocupacional para causar bronceado.	EPP (protección para los ojos) y capacitación
5	Fotocurado, fotoendureci-miento y fotograbado	Medio	Si bien las lámparas UV están generalmente dentro de gabinetes, la radiación emitida a través de aberturas puede exceder potencialmente el límite de exposición Dependiendo el uso, puede generarse cualquiera de las tres categorías de UV.	Controles de ingeniería en las aberturas. Capacitación
6	“Las luces negras” utilizadas en ensayos no destructivos (END)	Medio a bajo	UV-A lámparas utilizadas en ensayos no destructivos en la banca, el comercio, inspección de materiales y entretenimiento.	Controles de ingeniería para reducir exposición de los ojos (por ejemplo, pantallas o escudos) por escudos). Si no es posible, utilizar EPP.

IT	Fuente	Riesgo de sobre exposición	Descripción del riesgo	Precauciones de seguridad
7	"Las luces negras" utilizadas en entretenimientos	Bajo	Las luces negras utilizadas en entretenimiento están por lo general por debajo de los límites de exposición.	No hay precauciones necesarias para entretenimientos lámparas para END de menor poder.
8	Iluminación general	Bajo	La mayoría de las lámparas que se utilizan para la iluminación están diseñadas para emitir poca o ninguna UVR. Cuando se emite UVR, como en las lámparas de descarga de alta intensidad, el UVR es absorbido por la cubierta de la lámpara. Si la envoltura protectora se rompe, puede producirse una sobreexposición.	No se necesitan precauciones bajo condiciones normales. Se debe tener precaución si el envolvente protectora está rota o agrietada.
9	Trampas para insectos	Muy bajo	Utiliza UV-A y bajas intensidades de radiación.	No hay precauciones necesarias para estos usos.

Nota: esta tabla fue confeccionada tomando como referencia la tabla 8 del documento denominado Declaración ICNIRP de Protección de los trabajadores contra la Radiación Ultravioleta, página 80, 2010, de su versión en inglés.

En la Tabla 8 no se discrimina el tipo de población muestreada, pero debe entenderse que este estudio se focaliza en las actividades laborales, a pesar de que existen casos de exposición en actividades combinadas (laborales y no laborales) como, por ejemplo, las camas para bronceado solar o los tratamientos estéticos. En el Anexo B se detallarán cada una de las fuentes mencionadas en esta tabla.

Decidir sobre la aceptabilidad del riesgo

La finalidad de la evaluación del riesgo es evitar exposiciones peligrosas cercanas a los límites permisibles impuestos por las fuentes internacionales o la propia normativa de cada país. Como se mencionó, una primera opción para evaluar el riesgo es medirlo utilizando los equipos adecuados. Pero esto no siempre puede ser necesario cuando los datos suministrados o existentes de las fuentes de emisión de RUV son conocidos y proporcionan la base para una correcta evaluación. En las Tablas A1, A2, A3 del Anexo A y, del presente capítulo, en Tabla 8; se dieron abundantes ejemplos de distintas fuentes y de la gran diferencia que existen en la radiación UV emitida por cada una de ellas. Basándose en esa información, en la Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los riesgos relacionados con las Radiaciones Ópticas Artificiales del INSST[29] de España y la Guidance for Employers on the Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations (AOR) 2010, del HSE del Reino Unido, se propone una clasificación de las fuentes según la seguridad para prevenir el daño o el riesgo de sobreexposición.

[29] Instituto Nacional de Salud y Seguridad en el Trabajo.

Para ello, se usará la Tabla 8 – Estimación del riesgo de sobreexposición a la RUV de acuerdo con la fuente, en donde se clasifican las distintas actividades, según la descripción previa de sus fuentes. Las mediciones serían innecesarias cuando se presuponen exposiciones por debajo del límite permisible de exposición. Esto es posible en muchos casos, cuando la fuente, aún de riesgo moderado o alto, está debidamente protegida, encapsulada o blindada para evitar emisiones al exterior que puedan afectar a las personas. La existencia y el estado del blindaje son fundamentales para esta hipótesis de exposición.

Por ejemplo, los tubos fluorescentes pueden emitir RUV si la envolvente estuviera dañada, pero esa es una situación atípica y, si se produjera, deberían retirarse de uso esos equipos. Además, a la distancia que están habitualmente instalados para iluminar, la RUV no es significativa. No justifica la medición de RUV en ese caso, simplemente porque el fabricante garantiza valores inocuos para la exposición permanente.

En consecuencia, en aquellos casos en los que la fuente está definida en cuanto a su riesgo de exposición y está debidamente protegida (en muchas ocupaciones, las fuentes, en condiciones normales están adecuadamente contenidas dentro de un recinto) o se usan los equipos de protección personal cuando corresponda, no será necesaria la medición.

También interesa el tiempo de exposición: cuanto más prolongadas sean las exposiciones, más probable que se deban tomar medidas de protección o que deba realizarse una medición para una cuantificación más detallada y precisa. No obstante, esta variable no es medida en todos los estudios epidemiológicos del tema lo cual hace casi imposible su cuantificación.

En base a lo anterior surgen tres grupos de fuentes:

Grupo 1 - Fuentes de RUV seguras

En este grupo, se incluyen todas las fuentes con riesgo muy bajo a bajo de exposición, sea por la baja intensidad de la radiación, el rango espectral de la aplicación y la forma en que se encuentra la fuente, y que, en condiciones normales de uso son perfectamente seguras.

Todas las formas de iluminación general que tienen difusores sobre bombillas o lámparas sean para cielorraso, lámparas de escritorio y las lámparas halógenas de tungsteno equipadas con filtros de vidrio adecuados para eliminar la luz ultravioleta no deseada. Incluye la iluminación LED.

Proyector de mercurio de alta presión. Proyectores de sobremesa. Faros de vehículos. Aplicaciones médicas no láser como: quirófano e iluminación de tareas; cajas de luz / visualización de rayos X.

Trampas para insectos UV. Aplicaciones de arte y entretenimiento como iluminación con focos, luces de efectos y linternas (siempre que se hayan filtrado las emisiones ultravioletas). Varias linternas fotográficas, por ejemplo, en un estudio.

Fotocopiadoras, que mantienen su cubierta intacta.

Cuando se trata de fuentes de bajo riesgo de exposición, no se hacen mediciones y se descarta la exposición.

Grupo 2- Fuentes de RUV de riesgo medio o alto

Se refiere a todas las fuentes de la Tabla 8 que:

- Tienen un riesgo significativo pero que en condiciones normales de uso no es esperable una emisión que supere los límites permisibles, sea por su baja emisión o forma en que está protegida,

- la emisión es alta a pesar de tener blindajes y es conveniente la medición de la exposición.

Ejemplos de fuentes de luz peligrosas que presentan un riesgo 'razonablemente previsible' de dañar los ojos y la piel de los trabajadores y donde se necesitan medidas de control, incluyen:

- Farmacéutica y de investigación: fluorescencia ultravioleta y sistemas de esterilización.

- Impresión - Curado UV de tintas.

- Curado UV de pinturas y soldaduras. Tratamientos médicos y cosméticos: terapias con luz UV, fuentes de luz pulsada intensa (IPL), curado o secado de uñas de acrílico o gel, o el esmalte de gel para uñas.

Debe profundizarse la evaluación, recabar toda la información disponible para llegar a un diagnóstico certero o directamente medirlas. Ante la duda, debe considerarse expuesto al trabajador y realizar la vigilancia médica.

Grupo 3: Fuentes peligrosas

Trabajo de metales: soldadura de arco y corte por plasma.

En estos casos se descartan las mediciones y los trabajadores se consideran expuestos y debe vigilarse su salud en forma periódica; además no se posible realizar la tarea sin la debida protección personal. Sin embargo, debería sopesarse el tiempo de exposición, diferenciando entre exposiciones con riesgo agudo (accidente) de las exposiciones con riesgo crónico (enfermedad); por ejemplo, en el primer caso, un trabajador que no utilice la careta de soldador o la tenga mal colocada o no sea la adecuada, tendrá una muy alta probabilidad de sufrir efectos agudos en la piel, pero sobre todo oculares, los que deberán ser atendidos como un accidente de trabajo.

Nota: con el fin de profundizar en la probabilidad de los efectos y la tarea realizada, se propone seguir estudiando el riesgo relativo entre el nivel de exposición a la soldadura, en función del

tipo de soldadura realizada y la intensidad, pero sobre todo del tiempo de exposición, para asegurar o rechazar una relación dosis respuesta. En otras palabras, realizar exámenes periódicos a todo aquel trabajador que, en algún momento del día, de la semana, mes o año realice una tarea de soldadura, aunque sea puntual, ¿permitirá realmente obtener un perfil del riesgo? El hecho de considerar que la mera exposición a la soldadura, aunque sea muy corta y ocasional, ¿es suficiente para que el trabajador pueda desarrollar algunos de los cánceres de piel u de ojos que puede acarrear la exposición? Nuestra opinión es que se debe profundizar el estudio estadístico y epidemiológico del tema.

Resumen del procedimiento evaluador

El proceso evaluador explicado en los puntos anteriores comprende cuatro grandes pasos y se sintetiza en el diagrama de la Figura 14, el que se inicia a partir de la identificación de la presencia de RUV de una fuente artificial. Es decir:

1. **Identificación:** una vez reconocida la existencia de una fuente artificial de RUV (toda la información transmitida en parágrafos anteriores ayudará en esta etapa) podrá optarse por medir la dosis recibida por el o los trabajadores o hacer una estimación preliminar del riesgo.
2. **Elegir entre la evaluación cuantitativa (medición) o cualitativa (estimación).**
3. **Establecer el grupo de pertenencia:** esto es válido si se sigue por el camino cualitativo, de estimar el riesgo; significa clasificar a la fuente que se está evaluando dentro de los grupos 1, 2 o 3. En esta etapa es importante verificar el estado de las protecciones (blindajes) de las fuentes.
4. **Aceptabilidad del riesgo:** según el grupo de riesgo, se tomará un camino de decisiones diferentes; para el grupo 1, no hay que tomar ninguna medida especial; para el grupo 2 hay que medir y adoptar medidas al mismo tiempo; para el grupo 3, no es necesario medir; en este último caso la adopción de medidas de protección debe aplicarse siempre antes de comenzar la tarea. Es la situación típica de la soldadura por arco eléctrico que si o si debe hacerse con equipos de protección personal.

A partir de definir el tipo de fuente artificial, se establece:

- Trabajadores a los que no será necesario aplicar ninguna medida especial en su tarea ni vigilancia médica.
- Trabajadores cuyo puesto de trabajo deberá ser evaluado con más información e, incluso, por medio de mediciones con instrumental adecuado.
- Trabajadores que realizan tareas tales que inevitablemente están expuestos a un riesgo muy alto y requieren de protección personal, protección para su entorno y vigilancia médica. En estos casos, es innecesaria la medición de la RUV que le llega a él en su tarea y la aplicación de medidas correctivas es inmediata antes de realizar las tareas.

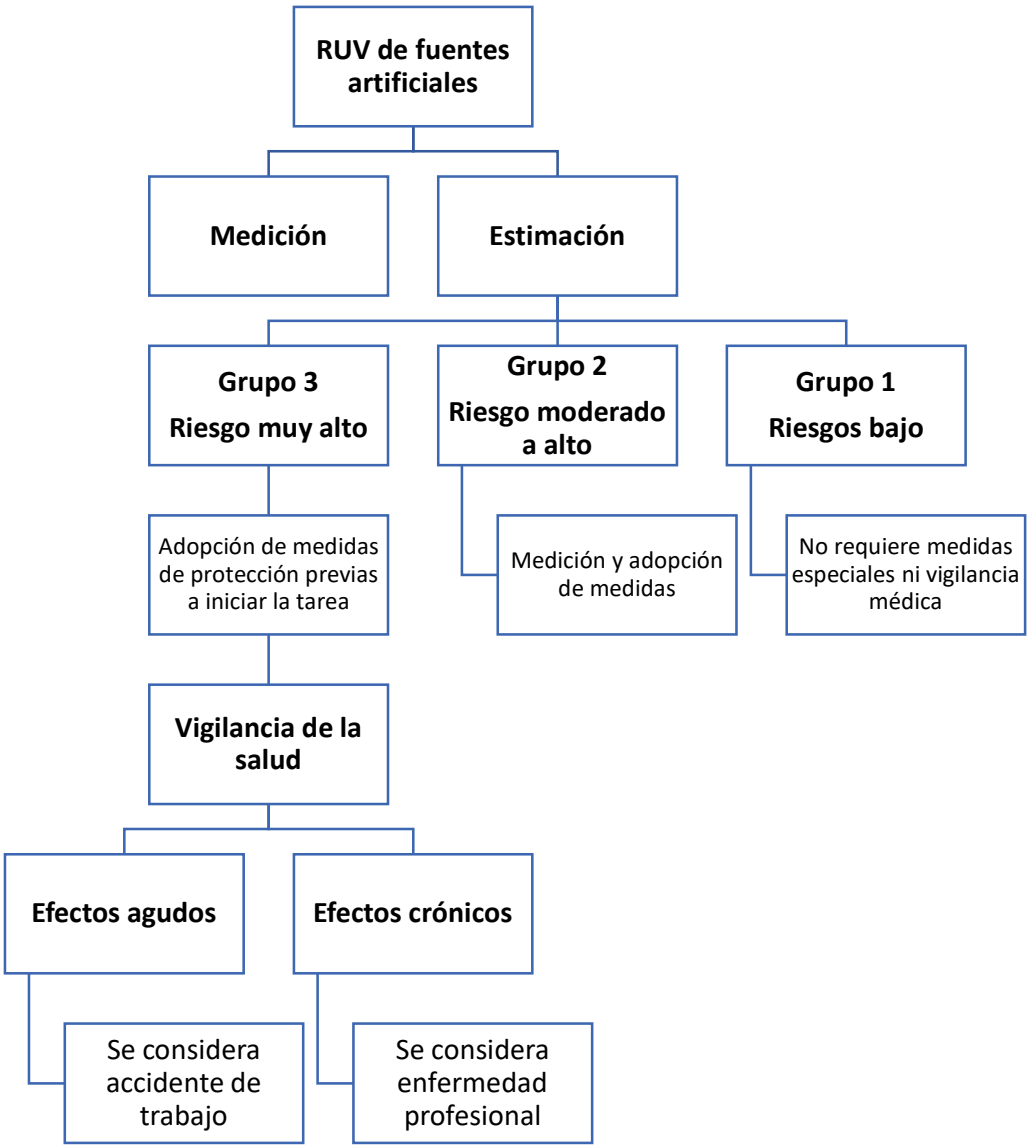


Figura 14: Esquema de evaluación a la exposición de fuentes artificiales de RUV

De esta manera, se entiende que las mediciones, pueden evitarse en algunos casos o posponerse hasta terminar esta evaluación preliminar y concentrarse, por el contrario, en otros dudosos, optimizando los recursos disponibles.

La evaluación propuesta entrega una herramienta superadora ante la ausencia de mediciones y permite que el profesional pueda tomar decisiones más certeras al momento de considerar la exposición de los trabajadores.

CONTROL DE LA EXPOSICIÓN

Antes de iniciar el desarrollo de las medidas preventivas es necesario recordar y advertir que el presente documento se enfoca en la RUV de origen artificial, pero que en la evaluación de un puesto de trabajo deben considerarse todos los riesgos asociados que ameritan ser estimados a la hora de efectuar un análisis profundo e integral de cada uno de ellos; como por ejemplo, en las tareas de soldaduras han de incluirse medidas preventivas por la presencia de radiaciones infrarrojas, luz visible, humos de soldadura, entre otros.

Eliminación o sustitución

Como primer paso, se ha de analizar la eliminación o sustitución, en este caso, de la fuente contaminante, eliminando de esta forma la exposición a los trabajadores. Para ello, la BAUA[30] propone ciertas medidas para las tareas de soldadura, tales como: pegar en lugar de soldar; limitación al rendimiento requerido o ajuste de la longitud de onda al rango necesario para el proceso.

Medidas de Ingeniería

Blindaje

En el caso de lámparas UV-A, UV-B, es posible llevar a cabo tareas eliminando o reduciendo al mínimo la exposición, considerando que desde su origen los artefactos deben estar diseñados con el blindaje o confinamiento adecuado de la fuente, o bien, con filtros que disminuyan la dispersión de los rayos UV. Es por ello que es imprescindible que las lámparas y/o artefactos no sean alterados y se realicen las tareas de mantenimiento según las medidas de seguridad informadas por el fabricante.

Cuando las tareas de mantenimiento deban efectuarse con la fuente activa, a luces de advertencia encendidas, se deberá avanzar con el uso de elementos de protección personal, controles administrativos y controles para la salud.

[30] Normas técnicas para la seguridad laboral; regulación de la radiación óptica artificial; Parte 3: Medidas de protección de los peligros de la radiación óptica incoherente

Protección colectiva

Biombos o Cortinas para soldadura

Se trata de estructuras fijas o móviles, provistas de una lámina o tiras de PVC para conformar biombos o cortinas, que son utilizadas para aislar el proceso de soldadura (por arco eléctrico) y corte por plasma, otorgando los siguientes beneficios:

- Protección a los trabajadores de puestos de trabajo aledaños u otras personas que circulen por el área, de las emisiones de los rayos UV, IR y LV generados durante el proceso de soldadura.
- Evitan la dispersión de chispas, reduciendo el riesgo de incendio.
- Visibilizan las áreas de riesgo permitiendo adoptar conductas preventivas.
- Resultando de esta forma una buena herramienta como protección colectiva.

La eficacia acabada de los biombos y cortinas dependerá de las características del material que los constituya, por ejemplo: color y espesor. Hasta la fecha, Argentina no cuenta con una norma específica que determine las características de fabricación para este tipo de protecciones[31], por lo que al igual que muchos países suelen adoptarse normas internaciones como:

- **Normas europeas,**

ISO-EN 25980-2014 (publicada en abril de 2015): "Seguridad e higiene en el soldeo y procesos afines. Cortinas, lamas y pantallas transparentes para procesos de soldeo por arco", la cual establece parámetros de transmitancia, reflectancia, estabilidad a los rayos UV, resistencia a la combustión y características de los ojales.

DIN 32504 "Pantallas translúcidas en los puestos de trabajo de los soldadores; procesos de soldadura por arco; requisitos de seguridad, ensayo y marcado"

- **Normativa estadounidense,**

AWS F2.3M:2001: "Especificación para el uso y desempeño de cortinas y pantallas de soldadura transparentes"

Luego, la Nota Técnica de Prevención **NTP 494** "Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad", si bien no establece condiciones específicas para la fabricación de los biombos, si

[31] En Argentina ciertos fabricantes han adoptado la Norma IRAM-INTI 3858/1998 para la fabricación de cortinas ignifugas para soldadura; siendo que esta norma está destinada a la elaboración de indumentaria de protección contra el calor y el fuego (para bomberos), aunque de ella es útil el método de ensayo de materiales o conjuntos de materiales, para la propagación limitada de la llama.

menciona que estos deben poseer una separación del piso para facilitar la ventilación y que han de estar confeccionados de material opaco o translúcido robusto, además de la obligatoriedad de señalizar la zona con “PELIGRO ZONA DE SOLDADURA”, para advertir al resto de los trabajadores.

Las láminas de PVC pueden ser de distintos colores (Figura 15), que poseen la capacidad de filtrar los rayos UV e IR y han de ser seleccionadas en función de la intensidad lumínica del proceso con el que se trabaje y el grado de visualización necesario, para obtener una adecuada protección de la luz visible.:

Figura 15: Colores y su visibilidad

Por ejemplo, con biombos o cortinas de color verde oscuro (Figura 16), solo alcanzaríamos a ver el punto de soldadura, en cambio, utilizando una de color rojo (Figura 17), teniendo en cuenta su transparencia, es apropiada para proteger a aquellas personas que circulen por el área (o transeúntes, si fuera un trabajo en vía pública), pero resulta insuficiente ~~si~~ para proteger a aquellos trabajadores con puestos fijos cercanos al soldador.

En cuanto a las biombos o cortinas transparentes, solo podría proteger a los trabajadores de polvo, chispas, salpicaduras, corrientes de aire, etc.; pero podría no brindar protección suficiente para de tareas de soldadura.

Figura 16: cortinas de PVC roja[32]

Figura 17: cortinas de PVC verde [33]

Finalmente, es importante destacar que en general las láminas de PVC soportan hasta 70ºC, por lo que no están preparadas para recibir chispas de la soldadura fundida o caliente. Con el

[32] Extraída de https://pvcstripcurtains.com/polar-pvc-strip-curtain/
[33] Extraída de https://www.decaflexpvc.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Cortina-PVC-Flexivel.jpg

uso, la lámina de PVC puede sufrir deterioro y/o pérdida de visibilidad, debiendo ser reemplazadas en dichos casos.

Protección ocular y facial

Dejando de lado a las fuentes de RUV cerradas, entendiendo que, mientras que el sistema que integra la fuente emisora se encuentre en buen estado, siguiendo las tareas de mantenimiento adecuadas y el sistema no sea alterado, el trabajador no debería estar sometido a un nivel de RUV nocivo. Es por ello que, abordaremos los puestos de trabajo cuya labor diaria pueda implicar la presencia de rayos UV, generados por una fuente artificial, con la suficiente potencia que pueda afectar la salud de los trabajadores.

Los protectores oculares a utilizar deben ser diseñados específicamente para proteger de las radiaciones dentro de un rango especificado de longitudes de onda, pero también deben considerarse aquellos otros riesgos que puedan estar involucrados como, por ejemplo, los mecánicos (impactos, abrasión) o químicos. En estos casos el protector ocular (anteojo, antiparras o careta facial) posee un filtro óptico con capacidad para reducir la radiación transmitida por absorción, reflexión o ambas.

El diseño debe ser tal que no solo proteja contra las radiaciones directas sino también las dispersas y reflejadas, ya que incrementan la posibilidad de efectos en la retina. Por tal motivo, el mejor diseño es el envolvente o con protecciónlateral, que reduce la RUV periférica; sobre todo al utilizar lentes oscuros, dado que las pupilas y los párpados se abren proporcionalmente a la oscuridad que le suministra esa protección pudiendo aumentar en forma sustancial la exposición periférica del ojo y por lo tanto ingresa más luz y RUV. Es válido mencionar que no existe un único modelo de anteojo que se ajuste a todas las personas, sinodiferentes modelos que permitan ajustarlo a cada trabajador.

Por otro lado, para que la protección también sea efectiva, la transmisión de la RUV (transmitancia o coeficiente de transmisión) debe estar normalizada e identificada. Una protección ocular oscura, no necesariamente protege más que uno de lentes claras y tampoco el más costoso.

Figura 18: sellos se conformidad según Res.896/99

En Argentina se encuentra vigente la Resolución Nº 896/99 de seguridad industrial (Secretaria de Industria, Comercio y Minería) que regula la comercialización de elementos de protección personal, siendo necesario para ello hacer certificar o exigir la certificación según el caso, del cumplimiento de los requisitos esenciales de seguridad mencionados en la norma, mediante una certificación de producto por marca de conformidad (Figura 18), otorgada por un organismo de certificación reconocido, a tales efectos, considera seguros a todos aquellos que

satisfacen las exigencias de seguridad establecidas en las normas elaboradas por el Instituto Argentino de Normalización IRAM, regionales MERCOSUR (NM) y Europeas (EN) o internacionales ISO.

En la Tabla 9 se detallan las normas IRAM relacionadas con protectores oculares en nuestro país, y en la Tabla 10 las normas EN de la comunidad europea, con el mismo fin.

Tabla 9. Normas IRAM de protectores oculares

IRAM 3630	Protectores oculares
3630-1:1997	Definiciones. Clasificación y uso.
3630-2:1998	Métodos de ensayo no ópticos.
3630-3:1998	Métodos de ensayo ópticos.
3630-4:1996	Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
3630-5:1996	Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
3630-6:1996	Filtros para el infrarrojo. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
3630-7:2000	Requisitos generales.
3630-8:2000	Filtros contra radiación láser.
3630-9:2001	Anteojos de protección para trabajos de ajuste en láser y sistemas láser.
3630-10:2002	Filtros de protección solar para uso laboral
3630-11:2014	Equipos de protección ocular y facial para soldadura y técnicas afines
3630-12:2022	Filtros automáticos para soldadura

Tabla 10. Normas EN de protectores oculares

EN	Protección ocular
166	Especificaciones.
167	Métodos de ensayo ópticos.
168	Métodos de ensayo no ópticos.
169	Filtros para soldadura y técnicas relacionadas
170	Filtros para el ultravioleta.
171	Filtros para el infrarrojo.
172	Filtros de protección solar para uso laboral.
175	Equipos de protección de los ojos y la cara durante la soldadura o técnicas afines.
207	Protección ocular, gafas de protección láser
208	Protección ocular, gafas de ajuste láser.
379	Protección ocular, filtros automáticos para soldadura.

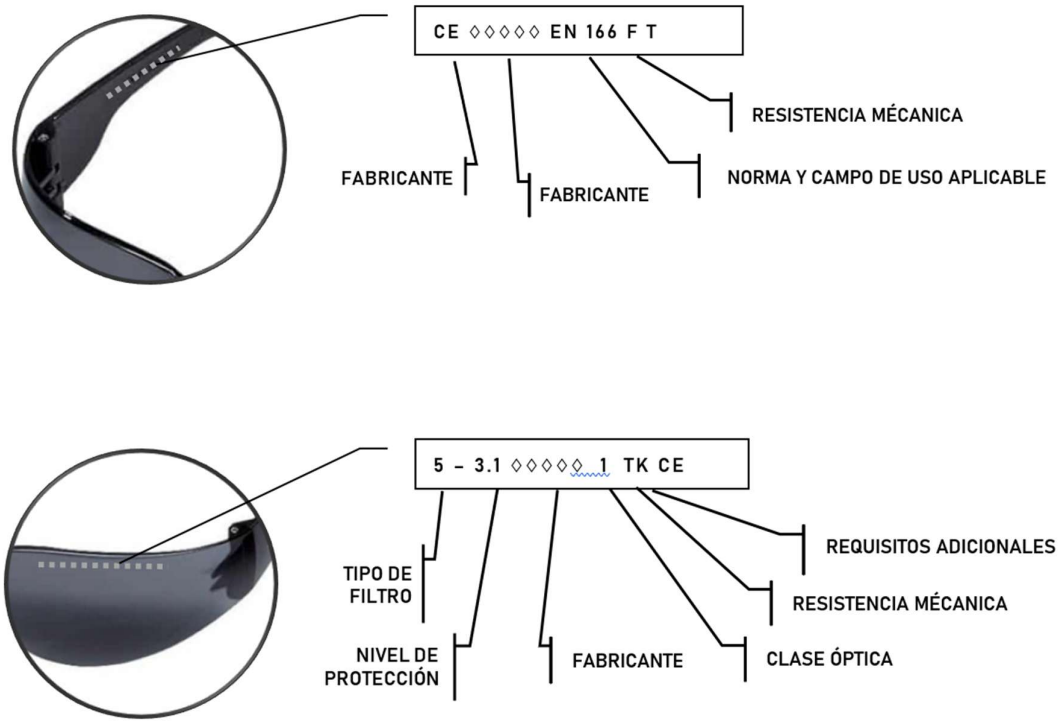


Figura 19: marcación de los protectores oculares, detalle de las especificaciones técnicas, en Tabla 11

Para definir el tipo de ocular y su filtro, se define la transmitancia o factor de transmitancia (τ) como la relación entre la radiación emitida y la radiación incidente de una dada composición espectral. Cuando nos referimos a la radiación UV, se notará como $\tau_{(\lambda)}$. En las normas IRAM se definen:

- **Clase de protección**: número que indica la opacidad o la atenuación del factor de transmitancia luminosa de un filtro. El ojo funciona como una escala logarítmica de luminosidad por lo que, a iguales clases de protección le corresponden en forma aproximada iguales niveles de luminosidad.

- **Grado de protección o Número de escala**: aquel que indica las características de transmitancia (y de absorción) de un filtro.

- **Número de código:** parte del número de escala que indica el tipo de filtro**,** definidos en la primera columna de la Tabla 11.

Tabla 11. Tipos de filtros según el número de código

Tipo de filtro o número de código	Campo de aplicación	Clase óptica	Resistencia mecánica	Requisitos adicionales
2: Filtro UV (EN 170) puede alterar el reconocimiento de luces para señales.	3: Líquidos (gotas, salpicaduras)	1: Trabajos continuos*	S: Solidez reforzada.	K: Resistencia al deterioro de superficie por partículas finas.
2C y 3: Filtro UV sin alteración de los colores (EN 170)	4: Partículas de polvo gruesa (hasta 5µm)	2: Trabajos intermitent es.	F: Impacto de baja energía (45 m/s)	N: Resistencia al empañamiento.
4: Filtro IR (EN 171)	5: Gas y polvo fino (hasta 5µm)	3: Trabajos ocasionales.	B: Impacto de media energía (120 m/s)	CLASE ÓPTICA
5: Filtros de protección de la luz solar para uso laboral (EN 172)	8: Arco eléctrico en cortocircuito.		A: Impacto de alta energía (190 m/s)	1: Trabajos continuos
6: Protección luz solar + IR (EN 172)	9: Salpicaduras de metal fundido.		T: Protege contra impacto y temperaturas extremas (-5 a 55ºC)	2: Trabajos intermitentes.
W -Sin código: Filtros para soldadura y técnicas relacionadas (EN 169)				3: Trabajos ocasionales.

*Calidad óptica perfecta sin distorsión

Protección ocular y facial en tareas de soldadura

La tarea de soldar implica las mayores emisiones de RUV y, por lo tanto, el mayor desafío para la protección personal. De hecho, es una actividad en donde no es posible pensar su ejecución sin equipo de protección personal. No existe ninguna duda de que su uso es obligatorio sin ningún tipo de evaluación previa dados los altos niveles de irradiancia emitidos, pero existen algunos puntos claves a tener en cuenta a la hora de seleccionar este tipo de elemento de protección personal, partiendo de preguntas tales como:

- ¿Qué tipo de soladura de arco o tipo de llama y corriente vamos a utilizar?
- ¿Con qué intensidad de corriente de soldadura o caudal de gas o gases vamos a trabajar?
- ¿Cuál es la posición y distancia del operario con relación a la fuente?
- ¿Cuál es el nivel de iluminación para el desarrollo de la tarea?

Al ir hallando estas respuestas, también hallaremos el filtro adecuado para ejecutar la tarea.

Una opción es aplicar la Norma IRAM 36360-4: en la Tabla 12 (también en la NTP 494 o ISO 4850:1979) en la que se determina el grado de protección según los procedimientos o técnicas

de soldadura relacionadas con la intensidad de corrientes en amperes. Para la misma técnica a mayor corriente utilizada mayor será el grado de protección necesario.

Tabla 12: Grados de protección y uso recomendado para la soldadura por arco eléctrico

| Proceso de la soldadura | CORRIENTE DE ARCO (amperios) | | |

La transmisión o transmitancia (τ) es una unidad que representa la cantidad de radiación electromagnética que atraviesa un cuerpo en la unidad de tiempo y puede tomar valores entre 0 y 1. [34]

La ecuación total de la energía que impacta contra un cuerpo sería: α + ρ + τ, donde α es la energía absorbida, ρ la energía reflejada y τ la trasmitida

Tabla 13. Valores de la transmitancia según el Grado de protección (Número de escala)

Número de escala	Transmitancia máxima en el espectro ultravioleta $\tau(\lambda)$		Transmitancia en la banda visible del espectro τ_v		Transmitancia media máxima en el espectro infrarrojo τ_{NIR}	τ_{MIR}
	313 nm %	365 nm %	Máx. %	Mín. %	IR cercano 1300 a 780 nm %	IR Medio 2.000 a 1.300 nm %
1.2	0,0003	50	100	74,4	37	37
1.4	0,0003	35	74,4	58,1	33	33
1.7	0,0003	22	58,1	43,2	26	26
2.0	0,0003	14	43,2	29,1	21	13
2.5	0,0003	6,4	29,1	17,8	15	9,6
3	0,0003	2,8	17,8	8,5	12	8,5
4	0,0003	0,95	8,5	3,2	6,4	5,4
5	0,0003	0,30	3,2	1,2	3,2	3,2
6	0,0003	0,10	1,2	0,44	1,7	1,9
7	0,0003	0,037	0,44	0,16	0,81	1,2
8	0,0003	0,013	0,16	0,061	0,43	0,68
9	0,0003	0,0045	0,061	0,023	0,20	0,39
10	0,0003	0,0016	0,023	0,0085	0,10	0,25
11	Valor menor o igual a la transmitancia permitida para 365 nm	0,00060	0,0085	0,0032	0,050	0,15
12		0,00020	0,0032	0,0012	0,027	0,096
13		0,000076	0,0012	0,00044	0,014	0,060
14		0,000027	0,00044	0,00016	0,007	0,04
15		0,0000094	0,00016	0,000061	0,003	0,02
16		0,0000034	0,000061	0,000029	0,003	0,02

NOTA 1. Valor inferior o igual a la transmitancia admitido para 365 nm. Especificaciones complementarias:
a. Entre 210 y 313 nm, la transmitancia no debe sobrepasar el valor admisible para 313 nm
b. Entre 313 y 365 nm, la transmitancia no debe sobrepasar el valor admisible para 365 nm
c. Entre 365 y 400 nm, la transmitancia espectral media no debe sobrepasar la transmitancia media en la banda visible τ_v

A su vez, la Tabla 14, define el filtro o grado de escala necesario según el grado de transmitancia para cada grupo de ondas electromagnéticas en el espectro de RUV, RV y RI. Para la RUV la

[34] Las definiciones de los factores de transmisión vienen dadas en la ISO 4007 y su determinación está descrita en el capítulo 5 de la ISO 4854. Los factores de transmisión de los filtros utilizados para la soldadura y las técnicas relacionadas vienen relacionados en la Tabla 1 de la ISO 4850 (gentileza Libus).

transmitancia se define en la segunda columna (transmitancia máxima en el espectro UV) en el rango de 313 a 365 nm. A mayor número de escala del filtro menor transmitancia en la longitud de onda de 365 nm.

Tabla 14. Clasificación de los filtros según el espectro que se pretende proteger a los ojos y la facilidad de ver los objetos y colores. Norma IRAM 3630-7-2012.

Filtros de Soldadura	**Filtros UV**		**Filtros IR**	**Filtros Solares**	
Sin código numérico	**código numérico 2**	**código numérico 3**	**código numérico 4**	**código numérico 5**	**código numérico 6**
Clase de protección					
1,2	2-1,2	3-1,2	4-1,2	5-1,2	6-1,2
1,4	2-1,4	3-1,4	4-1,4	5-1,4	6-1,4
1,7		3-1,7	4-1,7	5-1,7	6-1,7
2		3-2	4-2	5-2	6-2
2,5		3-2,5	4-2,5	5-2,5	6-2,5
3		3-3	4-3	5-3,1	6-3,1
4		3-4	4-4	5-4,1	6-4,1
4a					
5		3-5	4-5		
5a					
6			4-6		
6a					
7			4-7		
7a					
8			4-8		
9			4-9		
10			4-10		
11					
12					
13					
14					
15					
16					

NOTA Leyenda de los códigos numéricos
2 filtro ultravioleta, puede alterar el reconocimiento de colores.
3 filtro ultravioleta, que permite buen reconocimiento del color.
4 filtro infrarrojo
5 filtro solar sin especificaciones para el infrarrojo
6 filtro solar con especificaciones para el infrarrojo

La norma EN 166 fue replicada en Argentina en sus correspondiente normas IRAM. En ellas se puede ver una transformación de la tabla anterior para pasar a la siguiente Tabla 14, para el caso de filtros para protección ocular en soldadura, según el código numérico, y el rango de radiación ultravioleta, infrarrojo o LV.

Protectores oculares y antiparras

Sin bien este tipo de protección es apto para todo tipo de soldadura, no debería perderse de vista que la RUV también produce afección a nivel dérmico. Estos modelos dejan expuesto a los rayos UV al cuello y al rostro, por lo que la protección podría resultar insuficiente. A su vez, existen procesos que pueden desprender chispa y/o escoria de metal fundido, casos en los cuales habrá que recurrir a las máscaras de soldadura.

Existen 3 opciones de protección ocular para tareas de soldadura:

Los **Lentes,** son normalmente recomendados para tareas de soldadura oxiacetilénica, de corte a pantógrafo, por gas o plasma. En material de soldadura, han de cumplir la norma EN 175.

En cambio, los **Antiparras** son usualmente aconsejados para tareas de soldadura oxiacetilénica o soldadura eléctrica, corte pantógrafo, por gas o plasma.

Existen en el mercado antiparras con visor fijo o móvil. Ambos provistos de un cristal translucido y otro que no lo es, este último, en el caso de las antiparras fijo, se trata de un cristal orgánico o mineral tonalizado, que al igual que en las máscaras de soldadura, puede ser intercambiado según el nivel de protección visual necesario.

En materia de confort, algunos poseen válvulas para incrementar la circulación del aire y evitar el empañamiento,

Mascaras o Caretas para Soldadura

Hay gran diversidad en el mercado de este tipo de elementos de protección, los cuales detallaremos brevemente, junto con sus características:

Tipo	Descripción
Mascara para soldar de mano	Es el modelo más antiguo, nacido como una respuesta a las necesidades fabriles de los años 30, inicialmente elaborada de cartón prensado y años más tarde pasa a ser de chapa provista de una empuñadura o mango (muchas veces con mango en la cara interna de la máscara). No ha perdido efectividad con el paso de los años, hoy sigue siendo la opción más disponible en el mercado; la hallaremos constituida de materiales con mayor eficacia, tales como: fibra de vidrio, fibra vulcanizada o poliamida mezclada con fibra de vidrio y provista de un visor con cristales inactínicos, usualmente DIN 9 a 13. Esta máscara brinda protección facial y ocular, aunque la protección efectiva del rostro y cuello dependerá mucho de su buen o mal posicionamiento. Generalmente destinadas principalmente para tareas cortas - como el punteado- son ligeras, fáciles de usar, aunque es necesario contar con dos trabajadores para el desarrollo de la tarea. Asimismo, requieren de cierta habilidad para ejercer su uso adecuado, es común encontrar fotoqueratitis en trabajadores que no se han cubierto el rosto tantes del primer fogonazo en la soldadura.
Mascara para soldar de cabeza	Su constitución, desde los materiales y forma es muy similar a la máscara de mano; la diferencia y su principal virtud, es que esta versión cuenta con cabezal de sujeción, o arnés regulable, que le brinda la posibilidad al soldador de hacer uso de ambas manos para mejor desarrollo y mayor precisión de la tarea y, con la comodidad, permite su utilización en tareas más largas, tal como la soldadura de cordones continuos. Si sumamos estas características al costo de este modelo, llegamos al motivo de porqué es una de las máscaras más utilizadas por los soldadores. Al estar fijado a la cabeza, brinda mayor protección ocular y facial (rostro y cuello) que la máscara de mano. Como desventaja, los vidrios actínicos que se utilicen brindarán siempre la misma opacidad y/o protección, por lo que no habría inconvenientes en trabajos con igual intensidad, pero si se trabaja en distintas intensidades será necesario ir adecuando el vidrio inactínico con la protección DIN especifica.
Máscara o Casco de soldar fotosensible (automáticas)	Además de las ventajas de los modelos anteriores, estas mascaras cuentan con el mayor desarrollo tecnológico en su constitución, siendo su principal característica la implementación de un visor fotosensible, brindando al trabajador mayor visibilidad al no estar soldando, evitando que este deba bajar y/o subir la máscara en forma continua, manteniendo su correcto posicionamiento por mucho más tiempo. El visor funciona como obturador electrónico de cristal líquido fotosensible, que se ajusta de manera automática, brindando la protección ocular adecuada en forma inmediata (o casi inmediata, el retardo es de 0,1 milisegundos), oscureciéndose una vez que los sensores detectan el arco de soldadura y volviendo a la claridad en un tiempo estimado de 0,1 a 0,9 segundos. Si bien su costo es elevado, su nivel de eficacia también lo es, permitiendo al trabajador desarrollar su tarea en forma segura y confortable, hasta incluso con incremento en la productividad. Finalmente, otra diferencia a favor de este tipo de máscara/casco, es la posibilidad de hallar en el mercado modelos con respirador, destinados a atmósferas de polvo, humos y gases tóxicos, donde es necesario asistir al trabajador con aire filtrado y purificado, sin restricción en la movilidad, ni pérdida de comodidad. Algunas máscaras cuentan con sistemas de ventilación asistida que crean un flujo de aire constante, reduciendo la acumulación de calor y humedad dentro de la misma, brindando mayor confort al soldador.

Como se había mencionado anteriormente, los elementos de protección personal deben estar certificados, atento a lo dispuesto por la resolución Nº 896/99 de seguridad industrial (Secretaría de Industria, Comercio y Minería). Las máscaras y/o cascos de soldadura no son la excepción; en este caso la información estará detallada en la parte superior del vidrio o visor.

Por otro lado, es importante que al inicio de la tarea las máscaras/cascos sean revisados en busca de cualquier signo de deterioro o falla (como la presencia de grietas que permitan el paso de la luz), a su vez, en el caso de las máscaras, ha cerciorarse que el cristal inactínico (es decir, que no permita lesiones producidas por las radiaciones) se encuentre en buen estado y sea el adecuado para la intensidad con la que se vaya a desarrollar la tarea.

El vidrio inactínico debe ser capaz de detener las radiaciones nocivas (Figura 20), dejando pasar la fracción de luz visible, para que el trabajador pueda desarrollar su tarea sin fatiga visual, sin perder precisión, a una distancia mínima de 30cm de la fuente.

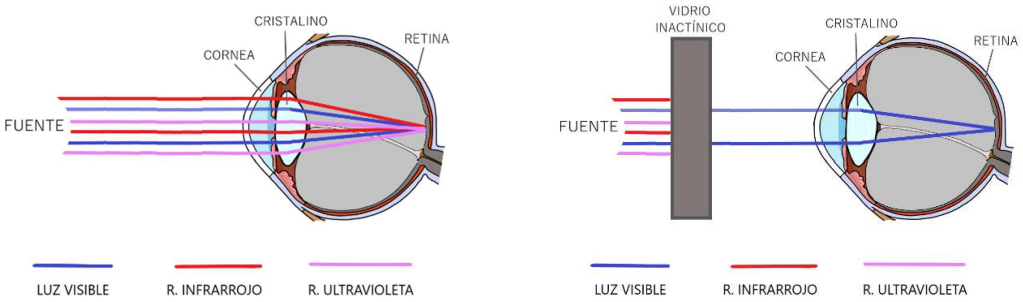


Figura 20: muestra el alcance de la RUV y LV sin y con filtro ocular.

Ropa de trabajo

La indumentaria utilizada en trabajos de soldadura normalmente es suficiente para proteger al trabajador de la RUV; de todas formas, repasemos algunas condiciones:

- La vestimenta ha de ser de lana o algodón ignifugo, evitando las fibras sintéticas con el fin de evitar quemaduras graves, ya que estas se derriten, mientras que las fibras naturales se carbonizan.

- La indumentaria ha de cubrir toda fracción de piel posible, para evitar contacto con RUV y chispas, es por ello por lo que se ha de utilizar manga y pantalones largos. A su vez, el trabajador deberá ser provisto de guantes y polainas.

- Los trabajadores deben estar provistos de un cuello o collarín para cubrir dicha zona.

- En caso de que la ropa se humedezca, deberá ser cambiada (al igual que si es manchada por grasa u otra sustancia química).

Controles administrativos

Consisten en medidas relativas a la gestión del espacio y el tiempo para los trabajadores expuestos a la RUV como, por ejemplo: los recursos humanos, la información, las instrucciones y procedimientos de trabajo, el entrenamiento y la capacitación, la organización y supervisión del trabajo, la señalización y demarcación de las zonas de riesgo entre otras, el distanciamiento a la fuente o la reducción del tiempo de exposición.

Relevamiento y conocimiento del riesgo

La evaluación del riesgo, llevada adelante por un Higienista Ocupacional, debe quedar registrada. Además, debe intervenir la Dirección de la empresa para conformar todos los procedimientos operativos necesarios. Es decir, la documentación de la gestión del riesgo comprenderá:

- Mediciones y cálculos realizados que permitieron tomar decisiones, si fueron necesarios.
- Resultado de la evaluación del riesgo.
- Cualquier dato provisto u obtenido de la fuente y su fabricante o proveedor.
- Procedimientos de trabajo establecidos para las áreas de riesgo.
- Medidas implementadas para la planificación, control y reducción de tiempos de exposición.
- Resultados de la vigilancia de la salud del personal expuesto.
- Toda otra documentación requerida por la autoridad de contralor.

Los empleados con reacciones de fotosensibilidad a la radiación UV requieren medidas de protección adicionales.

Señalización del riesgo

- **Lámparas UV**

Como ya vimos, existe diversidad de lámparas en el mercado que emiten RUV con una amplia variedad de aplicaciones. Por ello es importante:

Cuando la **fuente sea cerrada,** se ha de señalizarla con el fin de mantener informados a los trabajadores, que no se modifique el blindaje y que las tareas de mantenimiento sean llevadas a cabo con los recaudos necesarios (Figura 21).

Figura 21: Señalización de fuentes blindadas

Cuando se trate de una **fuente abierta**, además, será necesario señalizar el sector para que los trabajadores que ingresen al mismo consideren los elementos de seguridad que se deban usar (Figura 22)

Figura 22: Señalización de fuentes UV abiertas.

En el caso especial de **Lámparas UV-C**, ha de considerarse señalización la prohibición de presencia de los trabajadores mientras que las lámparas se encuentren encendidas; en su defecto, los trabajadores que deban ingresar al sector deberán extremar los elementos de protección a utilizar (Figura 23).

Figura 23: distintas señalizaciones de peligro para fuentes UV-C abiertas.

- **Soldadura con presencia de UV**

Todos los sectores donde se efectúen este tipo de soldaduras deberán señalizarse a su ingreso el riesgo de la RUV, junto a los demás elementos de protección personal obligatorio para el desarrollo de la tarea. No solo los soldadores han de conocer el riesgo, sino también el resto del personal que deba necesariamente circular indefectiblemente en forma cercana mientras se desarrolle la operación, como el personal de puestos aledaños (Figura 24).

Figura 24: Cartelería para Soldadura

No podemos actuar preventivamente ante un riesgo que desconocemos. Comenzar por identificarlo e informarlo es un gran paso hacia la prevención.

Capacitación y formación de los trabajadores

Mantener a los trabajadores informados sobre los riesgos que tienen a diario, es parte de la administración de la higiene y seguridad que debe llevar adelante todo empleador.

El trabajo con fuentes de RUV requiere que el trabajador conozca los riesgos y la necesidad de aplicar medidas preventivas de las cuales ellos son los directos beneficiarios. Para ello, el empleador es el primero que debe reconocer los peligros que implica su uso para luego obtener la información para su control y buscar los mejores medios para transmitirlo a sus empleados. Toda capacitación debería incluir una serie de aspectos, asociados a la magnitud del riesgo como, por ejemplo:

- Efectos de la sobreexposición a la RUV: piel y ojos.
- Evaluación y participación en la exposición de riesgos.
- Tipos de fuentes utilizadas y protecciones de seguridad.
- Distanciamiento y barreras de protección de seguridad según el tipo de fuente.
- Significado de las señales de advertencia.
- Equipos de protección personal: importancia de su correcto uso.
- Aspectos legales.
- Vigilancia médica.
- Cómo cuidar su salud fuera del trabajo.

Otro aspecto importante es la estrategia a plantear frente a la cultura organizacional y el comportamiento individual. Esta conducta puede hacer fracasar todo intento de control y la actitud del empleador frente al problema es trascendente. La concientización y los cambios culturales deben abarcar todas las jerarquías dentro de la organización.

Controles para la salud

De acuerdo con la evaluación cualitativa de exposición crónica a la RUV de origen artificial, en aquellas actividades detectadas como de mayor exposición se deben llevar a cabo los exámenes médicos específicos previo al inicio de la relación laboral y luego en formaperiódica para prevenir adecuadamente los efectos adversos a largo plazo en los ojos yla piel, como mejor forma de detectar tempranamente las lesiones sospechosas de generar efectos metastásicos.

El Servicio de Medicina laboral debe tener en cuenta el reconocimiento de las condiciones individuales que inducen una particular sensibilidad al riesgo de UV, tales como foto-tipo 1 o 2, el uso prolongado de fármacos fotosensibles, heridas, lesiones cutáneas sospechosas, y la presencia de enfermedades de la piel sensible a UV (por ejemplo, psoriasis). Para el ojo, la opacidad del cristalino, lesiones corneales, etc., induciría fotosensibilidad. Con derivación a un dermatólogo y oftalmólogo, o con otros especialistas, sería útil en casos específicos.

En Argentina, se encuentra vigente el Sistema de Vigilancia y Control de sustancias y agentes Cancerígenos (SVCC), lo cual implica que:

- Las historias clínicas de los trabajadores con exposición a RUV deben ser guardadas por un plazo de 40 años, contabilizados tras la finalización de la relación laboral.

- Están obligados a suscribirse al registro por medio de la Aseguradora de Riesgos del Trabajo (A.R.T.), aquellos empleadores que en sus procesos posean RUV artificial, como por ejemplo de fuentes tales como: procesos de soldadura y corte, arco eléctrico, antorcha de plasma, lámparas UV, germicidas, fototerapia, lámparas de descarga, entre otros.

MARCO NORMATIVO EN LA REP. ARGENTINA

El Decreto Nº 351/79 reglamentario de la ley Nº 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, trata en su artículo 63 sobre las radiaciones no ionizantes, y al llegar a las radiaciones ultravioletas expresa:

2. Radiaciones ultravioletas nocivas.

2.1. En los trabajos de soldadura u otros, que presenten el riesgo de emisión de radiaciones ultravioletas nocivas en cantidad y calidad, se tomarán las precauciones necesarias.

Preferentemente estos trabajos se efectuarán en cabinas individuales o compartimientos y de no ser ello factible, se colocarán pantallas protectoras móviles o cortinas incombustibles alrededor de cada lugar de trabajo. Las paredes interiores no deberán reflejar las radiaciones.

2.2. Todo trabajador sometido a estas radiaciones será especialmente instruido, en forma repetida, verbal y escrita de los riesgos a que está expuesto y provisto de medios adecuados de protección, como ser: anteojos o máscaras protectoras con cristales coloreados para absorber las radiaciones, guantes apropiados y cremas protectoras para las partes del cuerpo que queden al descubierto.

Al promulgarse la norma, la RUV no era clasificadas como cancerígena en la legislación argentina. Fue con el Decreto PEN 658/1996 que prosiguió a la ley 24557 sobre riesgos del Trabajo, en donde se incorporan a la radiación ultravioleta como agente causante de enfermedades profesionales, tal como muestra la Tabla 15.

Tabla 15. Enfermedades y actividades relacionadas con la RUV según Decreto 658/96

AGENTE: RADIACIONES ULTRAVIOLETAS	
— Conjuntivitis aguda **— Queratitis crónica** **— Fotosensibilización.** **— Cáncer de la piel (células escamosas).**	Lista de actividades donde se puede producir la exposición: — Trabajos a la intemperie que exponen a la radiación ultravioleta natural en actividades agrícolas y ganaderas, mineras, obras públicas, pesca, salvavidas, guardianes, entre otros. — Trabajos en montaña. — Trabajos que exponen a la radiación ultravioleta artificial, soldadura al arco, laboratorios bacteriológicos, curado de acrílicos en trabajo dental, proyectores de películas.

A pesar de que se incluyen los efectos carcinógenos (cáncer de piel de células escamosas) no fue sino hasta el año 2019 en que dicho agente fue realmente tenido en cuenta. En efecto, la Res. SRT 81/19 actualiza la lista de cancerígenos para los cuales se deben declarar las exposiciones de los trabajadores, de acuerdo con un sistema registral. Se reformula el llamado Registro de Cancerígenos para crear el **Sistema de Vigilancia y Control de Sustancias y Agentes Cancerígenos (SCVCC**), sobre el cual nos enfocaremos, ya que incursiona en la Radiaciones UV de origen solar de la siguiente forma:

ANEXO I: LISTADO DE SUSTANCIAS Y AGENTES CANCERÍGENOS

Se detalla la radiación ultravioleta dentro de las sustancias cancerígenas, bajo la codificación de agente de riesgo 90004: Radiación ultravioleta (longitudes de onda 100-400 nm abarcando las radiaciones UV-A, UV-B y UV-C)"

ANEXO II: PROCEDIMIENTO PARA INFORMAR LA PRESENCIA DE SUSTANCIAS Y AGENTES CANCERÍGENOS

Los empleadores que posean presencia de este agente de riesgo deberán informar a su respectiva ART, mediante los sistemas informáticos establecidos en la normativa. Dicha presentación ha de realizarse en carácter de declaración jurada del 1 de enero al 1 de abril de cada año (con la información del año calendario anterior).

ANEXO III: LISTADO DE CÓDIGOS DE AGENTES DE RIESGO

Siendo que, la radiación ultravioleta de origen solar se encuentra catalogada dentro del Agente de riesgo 90004, luego de establecida la exposición de los trabajadores, se procederá los controles de salud establecidos en la Res SRT 37/2010.

No obstante, lo anterior, hubo advertencias previas con el correr de los años y el aumento de la información pública y los riesgos que representan, en relación con el cuidado en el uso de las camas solares o camas de bronceado para la población en general. El Ministerio de Salud de la Nación Argentina, Dirección de Calidad de los Servicios de Salud, Programa Nacional de Garantía de la Calidad de la Atención Médica, presenta en el año 2010 un Informe Rápido de Evaluación de Tecnología Sanitaria (IRETS) titulado ***"Evaluación de la asociación entre exposición a radiaciones ultravioletas provenientes de camas solares y el desarrollo de cáncer de piel"*** cuyas conclusiones fueron:

"Los dos metaanálisis encontrados evidencian asociación entre la exposición a radiaciones ultravioletas provenientes de camas solares y la aparición de varios tipos de cáncer de piel, entre ellos el melanoma.

En el estudio de Gallagher y col, el riesgo de desarrollar melanoma en los sujetos que "siempre" se expusieron a las camas solares fue entre 1.05 a 1.49 veces el de los que nunca se expusieron y este riesgo se incrementa a 1.32-2.18 entre los que tuvieron su primera exposición como jóvenes (antes de los 19 años en mujeres y 35 años en hombres).

En el estudio de International Agency for Research on Cancer Working Group on artificial ultraviolet (UV) light and skin cáncer, los pacientes cuya primera exposición a las camas solares fue anterior a los 35 años, presentaron un riesgo mayor de desarrollar melanoma entre 1.35–2.26 veces que los que se expusieron a una edad más tardía.

Si bien los estudios incluidos en estas revisiones fueron realizados en una amplia ventana temporal, con la posible variación en los equipos de las camas solares a lo largo de los años, las medidas de riesgo de melanoma asociadas con el uso de camas solares no variaron de acuerdo al año de publicación de los estudios, lo que sugiere que el exceso de riesgo que estos dispositivos confieren no podría explicarse por el uso de modelos más antiguos.

Estos resultados sugieren una mayor vulnerabilidad de la gente joven, concretamente los menores de 35 años, al impacto carcinogénico de las camas solares, aun descartando factores que podrían "confundir" esta asociación, tales como la exposición a radiación solar y el tipo de piel. Parecería existir un período de "latencia" para que se visualice el impacto de las camas solares en las personas expuestas, de ahí que una exposición que se inicia en la niñez, juventud o adultez temprana sea más peligrosa que una posterior. De todas maneras, los datos indican que existe una tendencia hacia mayor riesgo de cáncer de piel para todas las personas expuestas a las camas solares.

También se ha hecho evidente que internacionalmente se tiende a regular el uso de esta tecnología. En general, las medidas tomadas por diferentes institutos de salud pública incluyen la prohibición en menores de 18 años, la presencia de un médico que evalúe los antecedentes, la medicación que reciben y el tipo de piel de los clientes, la firma de un consentimiento informado, la presencia de carteles indicando los riesgos a que se someten los usuarios de las camas solares y una tarjeta con la dosis total recibida y los intervalos entre las mismas."

Distintas provincias fueron publicando requisitos de instalación y uso de las camas solares: Por ejemplo:

30/12/1993. Pcia. De La Pampa: Normas de habilitación y funcionamiento de Camas Solares.

25/11/1993. Boletín Oficial 30/12/1993. Estipula las pautas obligatorias para el uso de camas solares para bronceado artificial. Prohíbe en menores de 18 años, obliga la revisación por un médico, limita la cantidad de dosis según el tipo de piel, etc.

15/11/1994. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires Ordenanza Nº 48.455/94. Funcionamiento de equipos emisores de radiación ultravioleta (UV) camas solares o similares.

0710/2010. Pcia. de Córdoba: Requisitos Mínimos de Habilitación y Funcionamiento de los Salones de Camas Solares.

01/10/2010. Pcia. de Santa Fe. Resolución 3327/2010 Ministerio de Salud. Equipos generadores de radiaciones ultravioletas (Camas solares). Normas para la utilización de los equipos generadores de radiaciones ultravioletas e instalaciones para el bronceado de la piel.

28/12/2012. Ley 26799. Se prohíbe la utilización de equipos de emisión de rayos ultravioletas para bronceado a personas menores de edad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACGIH. 2025. Threshold Limit Values TLVs and Biological Exposure Indices.
2. Ahmad, Shamim I. Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment. Advances in Experimental Medicine and Biology. Springer; (2017) 996:71–87. doi: 10.1007/978-3-319-56017-5_7
3. American Cancer Society (2019), ¿Cómo me protejo de los rayos UV?, https://www.cancer.org/es/saludable/protejase-del-sol/proteccion-contra-rayos-ultravioleta.html.
4. American Cancer Society. (2020). https://www.cancer.org/content/dam/cancer-org/research/cancer-facts-and-statistics/annual-cancer-facts-and-figures/2020/cancer-facts-and-figures-2020.pdf.
5. American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH). TLVs y BEIs 2025.
6. BAUA. Normas técnicas para la seguridad laboral; regulación de la radiación óptica artificial; Parte 3: Medidas de protección de los peligros de la radiación óptica incoherente. Noviembre 2013.
7. Beatriz Diego Segura y Mª José Rupérez Calvo (2007), NTP 755: Radiaciones ópticas: Metodología de evaluación de la exposición laboral, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España.
8. Coroi MC, Roşca E, Muţiu G, Coroi T. Squamous carcinoma of the conjunctiva. Rom J Morphol Embryol. 2011;52(1 Suppl):513-5. PubMed.
9. Davies K.G; Asana U.; Nku C.O. Ocular effects of chronic exposure to welding light. on calabar welders. Nigerian Journal of Physiological Sciences 22 (1-2): 55-58 ©Physiological Society of Nigeria, 2007
10. Dixon, Anthony. Arc welding and the risk on cancer. Case of study. 11 de marzo de 2014.
11. Falcone, LM y Zeidler-Erdely PC. Skin cancer and welding. Clin Exp Dermatol. 2019 March; 44(2): 130–134. doi:10.1111/ced.13783.
12. GGerber B, Mathys P, Moser M, Bressoud D, Braun-Fahrländer C. Ultraviolet emission spectra of sunbeds. Photochem Photobiol. 2002 Dec;76(6):664-8. doi: 10.1562/0031-8655(2002)076<0664:uesos>2.0.co;2. PMID: 12511047.
13. HSE. Guidance for Employers on the Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations (AOR) 2010IARC (2012).
14. IARC Monographs Radiation Vol 100DA, Review of human carcinogens. Eval Carcinog Risks Hum, ISBN; 978 92 832 1321 5; ISSN 1017-1606.
15. IARC Monographs. Welding, Molybdenum Trioxide and Indium Tin Oxide. VOLUME 118. 2018
16. IFA. Emission von UV-Strahlung beim Elektroschweißen Emisión de radiación UV durante la soldadura eléctrica. Diciembre 2011.
17. INSHT. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las radiaciones ópticas artificiales. 2015.
18. INHST. Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral. NTP España. 2015.
19. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2004), Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelength between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). Health Physics 87(2):171-186; Oberschleißheim, Alemania.
20. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2010), ICNIRP Statement on protection of workers against ultraviolet radiation, Health Physics 99(1):66-87.
21. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2007). Protecting Workers from Ultraviolet Radiation, In Collaboration with: International Labour Organization World Health Organization ICNIRP 14/2007 ISBN 978-3-934994-07-2, Alemania.
22. JB O'Hagan, CMH Driscoll y AJ Pearson (2003), Occupational Exposure to optical radiation in the context of a Possible EU Proposal for a Directive on Optical Radiation. NRPB-W35, ISBN 0 85951 507 9.
23. Khazova M, O'Hagan JB. Optical radiation emissions from compact fluorescent lamps. Radiat Prot Dosimetry. 2008;131(4):521-5. doi: 10.1093/rpd/ncn234. Epub 2008 Aug 30. PMID: 18757896.
24. Lee GA, Hirst LW. Ocular surface squamous neoplasia. Surv Ophthalmol. 1995 May-Jun;39(6):429-50. | PubMed |
25. Lothar Lissner, Klaus Kuhl, Timo Kauppinen, Sanni Uuksulainen (2014), Exposición a los carcinógenos y cáncer

relacionado con el trabajo: Una revisión de los métodos de evaluación, OSHA, Unión Europea.
26. Maria Alejandra Di Nicolantonio, Radiación ultravioleta y la piel, Hospital Provincial Centenario – Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
27. Mata E, Conesa E, Castro M, Martínez L, de Pablo C, Gonzalez ML. Conjuntival squamous cell carcinoma: paradoxical response to interferon eyedrops. Arch Soc Esp Oftalmol. 2014 Jul: 89 (7): 293-6
28. Ministerio de Salud de la Nación Argentina, Dirección de Calidad de los Servicios de Salud, Programa Nacional de Garantía de la Calidad de la Atención Médica, presenta en el año 2010 un Informe Rápido de Evaluación de Tecnología Sanitaria (IRETS) titulado "Evaluación de la asociación entre exposición a radiaciones ultravioletas provenientes de camas solares y el desarrollo de cáncer de piel". 2010
29. Ministerio de Salud y Protección Social y el Hospital Universitario - Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta, E.S.E (2015), Manual para la prevención del cáncer de piel dirigido al entorno laboral, Colombia.
30. Norma UNE-EN 13758-2:2003+A1:2007, España. Textiles. Propiedades protectoras frente a la radiación solar ultravioleta. Parte 2: Clasificación y marcado de la indumentaria.
31. Norma UV STD 801, Textile UV Protection, https://www.uvstandard801.com
32. Norma UV STD 801 (2017), Enjoy the sun safely – protection UV textile, Secretariat of the International Testing Association for Applied UV Protection c/o Hohenstein Institute, Alemania.
33. OKUNO, Tsutomu. Spectra of optical radiation from welding arcs. Industrial Health. 0019-8366. National Institute of Occupational Safety and Health. 1985. 23, 1, 53-70. https://cir.nii.ac.jp/crid/1390282679257858304. 10.2486/indhealth.23.53
34. OMS (2004), Programas Nacionales de Control del cáncer, Políticas y pautas para la gestión, ISBN 92 75 32548 0, Ginebra.
35. OMS. Protection Against Exposure to Ultraviolet Radiation. https://www.who.int/uv/publications/proUVrad.pdf
36. RPS12_Supplementary_Information_Artificial_Sources.Australian Government. Agencia Australiana de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear (ARPANSA). 2010.
37. SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks), Opinion on Biological effects of UV-C radiation relevant to health with particular reference to UV- C lamps, 2 February 2017
38. SRT (2019), Guía de actuación y diagnóstico de enfermedades profesionales. 02-Exposición a radiaciones ultravioletas, Argentina.
39. WHO. Health and Environmental Effects to Ultraviolet Radiation. A summary of Environmental Health Criteria 160 Ultraviolet Radiation. Geneve 1995.
40. Yin VT, Merritt HA, Sniegowski M, Esmaeli B. Eyelid and ocular Surface carcinoma: diagnosis and management. Clin Dermatol. 2015 Mar-Apr; 33(2)

Normativa Argentina de Referencia

a. Decreto 658/96. Listado de enfermedades profesionales.
b. Decreto 351/79, reglamentario de la Ley 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, 1972.
c. Disposición ANMAT 957/2012. ANMAT: Reglamento Técnico Mercosur sobre protectores solares en cosméticos.
d. Resolución MTESS 295/2003. Ministerio de Trabajo Empleo y Seguridad Social (2003): Especificaciones técnicas sobre ergonomía y levantamiento manual de cargas, y sobre radiaciones, Argentina.
e. Resolución SRT 81/2019. Superintendencia de Riesgos del Trabajo (2019): Sistema de Vigilancia y Control de Sustancias y Agentes Cancerígenos, Argentina.

ANEXOS

Anexo A

Valores de irradiancia en diferentes fuentes, distancias y tiempos de exposición

La Tabla A1 expone niveles de irradiancia según las fuentes y la distancia al instrumento de medición. Esos valores deben compararse con los límites de exposición: no obstante, se evidencian enormes diferencias en los niveles de irradiancia según la fuente. Por ejemplo, la soldadura MIG/MAG aplicada en aleaciones de aluminio arroja valores que pueden variar entre 0,18 y 3,7 miliwatt por centímetro cuadrado, si el instrumento de medición se encuentra a un metro, mientras que una lámpara de vapor de mercurio de 400 W de potencia, con ciertas características, puede dar valores de 0,0001 mW/cm2 a 50 cm de distancia. Esta Tabla es orientativa y no siempre están todos los datos necesarios para hacer una comparación.

Hay que recordar que 1 W = 1000 mW = 1.000.000 µW

Tabla A1. Valores de irradiancia UV obtenidos según distintas fuentes y distancias al instrumento de medición.

Fuente	Condiciones		Niveles medidos
Soldadura MIG/MAG	Aleaciones de aluminio a 1 m		0,18 -3,7 mW/cm2
Soldadura TIG	Aleaciones de aluminio		7,2 – 41 µW/cm2
Soldadura TIG	Acero		0,1 mW/cm2
Soldadura SMAW (1)	Acero		0,11 mW/cm2
Lámpara de vapor de Hg	400 W, prensa media, a 50 cm		1,0 µW/cm2
Lámpara	Germicida		0,01- 019 µW/cm2
Luz negra	Modelo F4T5 / BLB a 1,5 cm	UV-A	3,7 mW/cm2
Luz negra	Modelo F4T5 / BLB a 1,5 cm	UV-B	0,13 µW/cm2
Bronceado	Fluorescente		0,16 – 1,6 mW/cm2
Lámparas de estudio	Halógena de cuarzo, FCV de 1000 W, a 50 cm		2,6 – 3,4 µW/cm2
Lámparas de estudio	Halógena de cuarzo, EHC / EHB / EGR de 500 W, a 50 cm		1,7 – 5,7 µW/cm2
Lámpara de película	Con reflector – FAE de 550 W, a 100 cm		0,03-0,06 µW/cm2
Lámparas para fotocopiadoras	Halógena de cuarzo, Q 100073 / CL, 100W, a 100 cm		0,6 – 0,8 µW/cm2
Lámpara	BRH de 1000 W, a 100 cm		7,7 – 8,5 µW/cm2

Lámpara incandescente	Cuarzo / Tungsteno / Haluro DXW de 1000 W a 50 cm	2,1 µW/cm2
Lámpara ultravioleta	Sylvania RSM de 275 W, a 50 cm	510 µW/cm2
Lámpara fluorescente	Royal White F403K, Blanco frío F40CW, a 50 cm	0,14 µW/cm2
Lámparas de iluminación general	F48T12 – CW-HO; F84T12 – CW-HO; F96PG17-CW; 96T12HO; F40 CW/RS/WM a 100 cm	< 0,026 µW/cm2
Arco corto de xenón	Hanovia 976C1, a 50 cm	680 µW/cm2
Lámpara de presión media de mercurio, chaqueta transparente	400 W a 50 cm	1 µW/cm2

Fuente: Guía de radiación ultravioleta, publicado por el Centro de Salud Ambiental de la Marina de EE.UU. 10 Walmer Avenue Norfolk, Virginia 23513-2617, abril de 1992.
SMAW es la soldadura de electrodo revestido

La Tabla A2 da una visión más completa del nivel del riesgo por la exposición a la RUV ya que presenta la cantidad de veces que se supera el límite de exposición a lo largo de 8 horas, para distintas fuentes, tomando en consideración la piel y ojos en un caso, y los ojos solamente en el otro. Así, por ejemplo, si una lámpara halógena con filamento de tungsteno no tuviera su blindaje habitual, una persona ubicada a 50 cm de ella estaría expuesta 237 veces al límite permisible luego de 8 horas de exposición, considerando el conjunto del espectro RUV, por lo cual los efectos serían para piel y ojos, mientras que si se midiera en el rango de la radiación ultravioleta A (entre 315 y 400 nm) estaría expuesta a 24 veces el límite permisible. En todos los ejemplos de esta tabla, siempre se mide en las peores condiciones, es decir, sin la protección o blindaje con los que habitualmente cuentan las fuentes analizadas. En la realidad, esto no es así.

También resulta muy ilustrativa la Tabla A3 que estima la distancia que se debe tener respecto de la fuente emisora de RUV considerada, para alcanzar el límite de exposición al cabo de 8 horas. Para el mismo ejemplo tratado para la tabla anterior, de una lámpara halógena con filamento de tungsteno, sin ninguna protección, una persona debería ubicarse a 8,2 metros de distancia para que, luego de 8 horas de exposición, alcance el límite permisible, si tomáramos en cuenta el rango de 180-400 nm o a 2,6 metros si fuera el rango de 315-400 nm.

Tabla A2: resumen del número posible de límites de exposición (LE) del ICNIRP durante un período de 8 horas para fuentes desnudas (es decir, los peores escenarios) a 0,5 m (a menos que se indique lo contrario). No se muestran valores inferiores a 1 LE.

Fuente desnuda (sin blindaje) / Medidas de control habituales	Cantidad de veces que se supera el límite de exposición a 0,5 metros de distancia, en un plazo de 8 hs.	
	RUV (piel y ojos) (180-400 nm)	**RUV-A (ojos) (315-400 nm)**
Lámpara halógena de tungsteno de 1500 W / generalmente filtrada para eliminar RUV y RUV-A	237	24
Lámpara halógena de tungsteno de 50 W / Puede ser filtrada para eliminar UVR y UV-A		
Soldadura de arco abierto (80 A 22 V 2,5 mm arco) / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	4832	29
Soldadura de arco abierto (330 A 37 V 6,3 mm arco) / / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	31262	223
Soldadura MIG / MAG (baja intensidad) / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	40226	52
Soldadura MIG / MAG (alta intensidad) / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	13152	84
Soldadura de arco por núcleo fundente o electrodo tubular (FCAW) de baja intensidad / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	10417	65
Soldadura de arco por núcleo fundente o electrodo tubular (FCAW) de alta intensidad / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	6007	84
Lámpara de luz negra de 125 W (a menudo sin blindaje)		2,9
Lámpara de luz negra de 36 W (a menudo sin blindaje)		5,6
Lámpara germicida de 15 W / generalmente incrustada en el dispositivo o blindada	902 (3947 a 0,2m)	
Lámpara de sodio HP de 1000 W / generalmente filtrada para eliminar RUV y RUV-A		4,9
Lámpara de sodio HP de 50 W / generalmente filtrada para eliminar RUV y RUV-A		
Lámpara de mercurio HP de 1000 W / generalmente filtrada para eliminar RUV y RUV-A	2,5	23
Lámpara de mercurio HP de 50 W / generalmente filtrada para eliminar RUV y RUV-A	1	1,6

Tabla A3. Distancias a las que se alcanza el límite de exposición del ICNIRP durante un período de 8 horas para las fuentes desnudas (es decir, en las peores condiciones)

Fuente desnuda (sin blindaje)	Distancia en metros para la cual se alcanza el límite de exposición en un período de 8 hs.	
	RUV (Piel y ojos) (180-400 nm)	**RUV-A (Ojos) (315-400 nm**
Lámpara halógena de tungsteno de 1500 W (generalmente filtrada para eliminar RUV y RUV-A)	8,2	2,6
Lámpara halógena de tungsteno de 50 W / Puede ser filtrada para eliminar UVR y UV-A	0,3	
Soldadura de arco abierto (80 A 22 V 2,5 mm arco) / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	35	2,7
Soldadura de arco abierto (330 A 37 V 6,3 mm arco) / / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	88	7,5
Soldadura MIG / MAG (baja intensidad) / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	+100	3,6
Soldadura MIG / MAG (alta intensidad) / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	62	4,9
Soldadura de arco por núcleo fundente o electrodo tubular (FCAW) de baja intensidad / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	51	4,1
Soldadura de arco por núcleo fundente o electrodo tubular (FCAW) de alta intensidad / uso de EPP y blindaje, y exclusión de personas ajenas	39	4,6
Lámpara germicida de 15 W		
Lámpara de luz negra de 125 W (a menudo sin blindaje)	0,2	0,9
Lámpara de luz negra de 36 W (a menudo sin blindaje)	0,1	1,5
Lámpara germicida de 15 W / generalmente incrustada en el dispositivo o blindada		
Lámpara de sodio HP de 1000 W		1,2
Lámpara de sodio HP de 50 W	0,3	0,2
Lámpara de mercurio HP de 1000 W	0,8	
Lámpara de mercurio HP de 50 W	0,5	

Anexo B

Descripción de los tipos de fuentes generadoras de RUV artificial

1. Soldadura por arco eléctrico

Es la más importante a nivel ocupacional. Producen niveles superiores a los límites permisibles en muy poco tiempo (segundos) y a varios metros a la redonda, no sólo para el operador directo. También es intensa la radiación en la soldadura de plasma. No ocurre lo mismo con la soldadura oxiacetilénica o a gas, donde la RUV no tiene altos niveles[35]

2. Desinfección del agua y efectos germicidas

Se utilizan lámparas de descarga de baja presión de vapor de mercurio (el 90% de la radiación emitida está en el rango de 260 nm) o LED, que operan en el orden de los 254 nm, rango central de la RUV-C, aunque también llegan a emitir RUV-B en menos proporción (hasta los 310 nm). Para la desinfección se usan en el agua potable y las aguas residuales; en ese caso las lámparas pueden estar instaladas en un canal abierto o en un reactor cerrado de tratamiento. La misma tecnología se utiliza para otras aplicaciones, como en bebidas, farmacéutica, semiconductores y fabricación de alimentos. Cuando se usan como lámparas germicidas inactivan virus y otros agentes biológicos, dependiendo de la potencia de la fuente y la distancia al objeto tratado, entre otros. Se utilizan en laboratorios, hospitales (salas de espera, quirófanos), envases de embalaje, botellas, esterilización de tapas, esterilización de superficies de alimentos, línea de producción de alimentos, esterilización de aire de línea de cosméticos, desinfección del aire y para esterilizar numerosas herramientas e insumos médicos. Cuando el control de la transmisión por aire es preocupante, se utilizan para su esterilización del aire (por ejemplo, hospitales, salas de tuberculosis, cárceles) tomando la precaución de instalarlas alejadas de las personas (ocultas o a una distancia de seguridad) pero sobre todo por encima del nivel de los ojos, principal afectado por la RUV-C. Ha crecido la instalación de sistemas de filtrado con lámparas germicidas.[36]

3. Tratamientos médicos

La RUV tienen una larga trayectoria de diversas aplicaciones médicas, como para el tratamiento de enfermedades dérmicas (vitíligo, dermatitis atópica, micosis fungoide, eccema, comezón) como la soriasis, la visualización de imágenes médicas de células (280-400 nm) y el análisis proteínico (270-300 nm) entre otros. Una dosis típica en un solo curso de fototerapia con equipos que emiten UV-A o UV-B. UV-B puede estar en el rango de 200 a 300 veces el MED (IARC, 2006a).[37] lo cual da una indicación de que algunos equipos de tratamiento pueden emitir altas dosis de RUV. Si bien las intensidades y dosis están controladas para no generar daños en los pacientes, el riesgo es alto cuando el personal médico trabajo con equipos de

[35] Referencias: 1) Guia SRT; 2)
[36] Fuente: https://www.ledwv.com/uv/high-power-uv-leds-c-28/
[37] IARC. Monografia Vol 100D

fototerapia[38] no encapsulados, y sin protección personal. En la bibliografía no se encontró mención al uso de la UV-C con estos fines.

4. Camas y lámparas solares

Desde hace años, el uso de dispositivos artificiales de bronceado estético (camas y lámparas solares) de la piel se ha instalado en muchos países, si bien su uso se controló a partir de que surgieron estudios que comprobaban efectos dañinos e incluso cancerígenos. La proporción de RUV según el espectro en estos equipos, variaron a través de los años. La dosis media de exposición anual del bronceado artificial es probablemente 20-30 veces mayor que la MED[39]. Antes de 1980, era frecuentes los que emitían RUV-B e incluso RUV-C. Actualmente prevalecen la RUV-A y hasta un 4% de RUV-B, aunque algunos países lo han regulado impidiendo RUV-B superiores al 1,5%. Para tener una idea de la magnitud de la radiación a la que se exponen con estos equipos, es equivalente a tomar sol un día de verano, como si tuviéramos un valor de Índice UV de 12[40]. No solo quienes quieren broncear la piel están expuestos sino también los asistentes o técnicos que están alrededor de ellos.

Para el cuidado de la salud, hay aplicaciones médicas que utilizan RUV, implicando exposición para el paciente como para el galeno. Por ejemplo, aplicaciones dentales (tratamiento de caries), ictericia neonatal, tratamiento de la soriasis, vitíligo, tumores de la piel y el manejo de afecciones crónicas como los trastornos del sueño y el trastorno afectivo estacional (TAE).

5. Fotocurado, fotoendurecimiento y fotograbado

Fotopolimerización: es una reacción de polimerización generada por la absorción de LV o UV. Puede usarse para el curado de placas, tintas, pinturas, pegamentos, selladores, para procedimientos fotográficos (fotograbado) o de impresión, resinas fotoendurecibles en odontología (relleno de espacios, prevención de cavidades, sellado de superficie superior de los molares), etc.

Dependiendo su uso es el tipo de RUV que se utiliza. La RUV-A es útil en el curado de colas y adhesivos (longitudes de onda que oscilan entre los 360nm y 400 nm), así como en el fotocurado de resinas dentales, aunque esto último fue reemplazado por luz azul[41] (380-515nm). En estos casos la exposición es relativamente baja

Otros procesos, en cambio requieren lámparas de alta potencia como las de halogenuros metálicos que emiten en RUV-C y RUV-B (las LED también). Por eso en estos casos el tratamiento requiere que el sistema de lámparas sea adecuadamente protegido para evitar contacto con los operadores o personas cercanas.

[38] La fototerapia La fototerapia consiste en el tratamiento de diferentes enfermedades dermatológicas mediante la radiación ultravioleta.
[39] IARC- Monografía 100D
[40] Monografía de la IARC, vol 100D. Lectura recomendada: "Evaluación de la Exposición ocupacional a RUV de origen solar" de esta misma comisión de cancerígenos y publicada por la AHRA en 2020.
[41] La luz azul se corresponde con la franja de 450 a 495 nm y la violeta entre 400 y 450 nm del espectro de luz visible.

En los últimos años, la RUV pasó a ser menos usada dado que su uso era más inestable y el curado demasiado rápido.

Ver también, industria gráfica.[42]

Industria gráfica. Diversas actividades y usos crecientes en esta industria, de la mano de las lámparas de arco, los láseres y los LED, utilizan fuentes UV. La radiación UV seca sin evaporar las tintas, evitando la emisión de compuestos volátiles. Los equipos actuales fueron construidos con encapsulamiento total de la fuente de emisión, pero debe prestarse atención a su estado a medida que pasan los años, donde el mantenimiento y deterioro influyen en el nivel de exposición.

Las lámparas halógenas de tungsteno o las lámparas de arco se utilizan en la impresión offset para hacer negativos y planchas. Esas instalaciones cuentan con pantallas que evitan el impacto directo en el operador.

Las fotocopiadoras utilizan lámparas tubulares de descarga de vapor de mercurio de baja presión, recubiertas internamente con un polvo fluorescente para convertir la radiación, o lámparas LED, las que se encuentran en el rango de 320-480 nm. Por eso tienen una cubierta plástica que debe ser colocada al duplicar hojas para evitar la visión directa de la persona.

Industria electrónica y óptica. El listado de usos en esta actividad es extenso: semiconductores, microelectrónica, (encapsulado líquido fijado con adhesivo, ensamblaje de componentes de teléfonos, producción de sensores, ensamblaje de cabezales de disco duro, ensamblaje de motores y componentes. Componentes en la Industria óptica: microscopios, endoscopios, instrumentos infrarrojos, equipos de visión nocturna, lentes cementadas y grupos de lentes, prismas, ensamblaje de motores ópticos; el conjunto de la sonda. [43]

6. Luz negra

Autenticación. Las lámparas de luz negra también tienen extendido su uso en la detección de billetes falsificados (230-400m,) en la banca o el comercio o de defectos por fluorescencia (300-400 nm). También se pueden utilizar lámparas UV-A, no solo “negras” para apreciar las características fluorescentes de los billetes.

En estos casos los niveles de exposición pueden ser bajos a moderados ya que el tiempo de exposición es corto y las lámparas son de poca potencia.

Inspección de materiales. Por medio de la aplicación de líquidos fluorescentes y su inducción con radiación UV-A (300-400 nm) en una estructura o pieza pueden detectarse defectos en la misma. Esto puede lograrse con fuentes de alta potencia como lámparas de hidrogenuros metálicos, aunque la tecnología LED de alta intensidad ha irrumpido con fuerza y se está imponiendo. Si bien la alta intensidad debe ser limitada para evitar distorsiones en el análisis de las fisuras, sobre todo en piezas metálicas, se pueden exceder los límites permisibles de exposición de la RUV.

[42] Fuente: https://www.ledwv.com/uv/high-power-uv-leds-c-28/
[43] Fuente: https://www.ledwv.com/uv/high-power-uv-leds-c-28/

La inspección de telas también utiliza la RUV-A, aprovechando siempre el fenómeno de fluorescencia, permitiendo detectar en el tejido y el hilo defectos tales como manchas de aceite e hilos de lotes distintos, entre otros. La lámpara puede estar ubicada sobre la revisadora de telas, en una caja de luces o bien con un equipo manual[44].

Laboratorios de investigación. Hay numerosos usos científicos y técnicos en diferentes clases de laboratorios, en donde la RUV es de suma utilidad no solo como medio sino también como fin. Equipos que se utilizan como el espectrómetro UV (195-1000 nm), o para examinar muestras minerales o en medicina forense para definir trazos biológicos; fotosíntesis, fotocatálisis, excitación de la luz y otros experimentos científicos asociados con la fotobiología y fotoquímica. La variabilidad de aplicaciones y usos impide limitar el rango del espectro UV, ya que muchas fuentes pueden generar riesgos graves si no están debidamente encapsuladas.

Entretenimientos y efectos visuales. El uso de las llamadas lámparas de "luz negra", luz actínica o luz ultravioleta emiten radiaciones ultravioletas UV-A, por encima de los 350 nm, abarcando una pequeña porción de luz visible en el color violeta. Inducen la fluorescencia de los materiales. Cuando se encargan para ser utilizadas en los comercios, decoración de interiores, stand, vidrieras, crecimiento en viveros, acuarios, escenarios, discotecas, teatros y lugares de esparcimiento para dar efectos especiales, generan bajo riesgo de exposición (irradiancia por debajo de 10 W/m^2).

Iluminación general de ambientes: las lámparas de vapor de mercurio de baja presión, las lámparas incandescentes y fluorescentes y las lámparas de luz negra (UV-A) se consideran fuentes de RUV de baja intensidad y por lo tanto no representan un alto riesgo de exposición. Emiten en general pequeñas cantidades de UV-A y UV-B[45]. Los estándares de seguridad fotobiológica de la CIE exigen que las envolventes de las lámparas eviten la emisión de RUV, por lo menos a una distancia tal que la luminancia sea de 500 lux[46]. Debe tenerse cuidado cuando la envoltura se rompe, pero la lámpara sigue funcionando ya que se puede generar una sobreexposición peligrosa de piel y ojos.

Trampas para insectos: son lámparas UV-A que se utilizan para atraer insectos que son sensibles a la luz UV y visible en el rango de los 350 a 370 nm; las trampas para control de insectos constan de una lámpara detrás de una rejilla de alto voltaje y una pantalla de metal conectada a tierra, en la que se electrocutan los insectos atraídos; las trampas para monitoreo, usan la misma lámpara pero los insectos quedan pegados a una película con adhesivo y se utilizan para saber qué tipos de insectos vuelan en el lugar.

[44] Fuente: Fidel Eduardo Lockuan Lavado. La Industria Textil y su control de calidad. IV Tejeduria. 2012 https://1library.co/document/y4joe9ky-iv-industria-textil-control-calidad.html

[45] La relación UV-B/UV-A es inferior al 0,1% (UV-B: 280-315nm). Fuente: https://www.uv-technik.co.uk/products /view/Philips-UV-A-Lamp-TL10

[46] Fuente: 12 DECLARACIÓN ICNIRP 12. Sobre la protección de los trabajadores contra RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

La soldadura como fuente de emisión de RUV

La soldadura es motivo de permanentes consultas en cuanto a la generación de RUV potencialmente peligrosa para la salud humana. Gran parte de las dudas surgen por desconocimiento de las características de las más de 80 técnicas de soldadura, algunas de ellas en desuso y otras de aplicación muy frecuente y extendida en la industria. En la figura C1 se aprecia una primera clasificación de las técnicas de soldadura. En la soldadura heterogénea se unen materiales de igual o distinta composición y se usa un material de aportación diferente. Pero es en la soldadura homogénea, es decir cuando los materiales que se unen y el consumible o de aportación son de la misma composición, donde encontramos los procesos con emisión de RUV. Los dos grandes grupos en los que se divide la soldadura homogénea son por presión y por fusión.

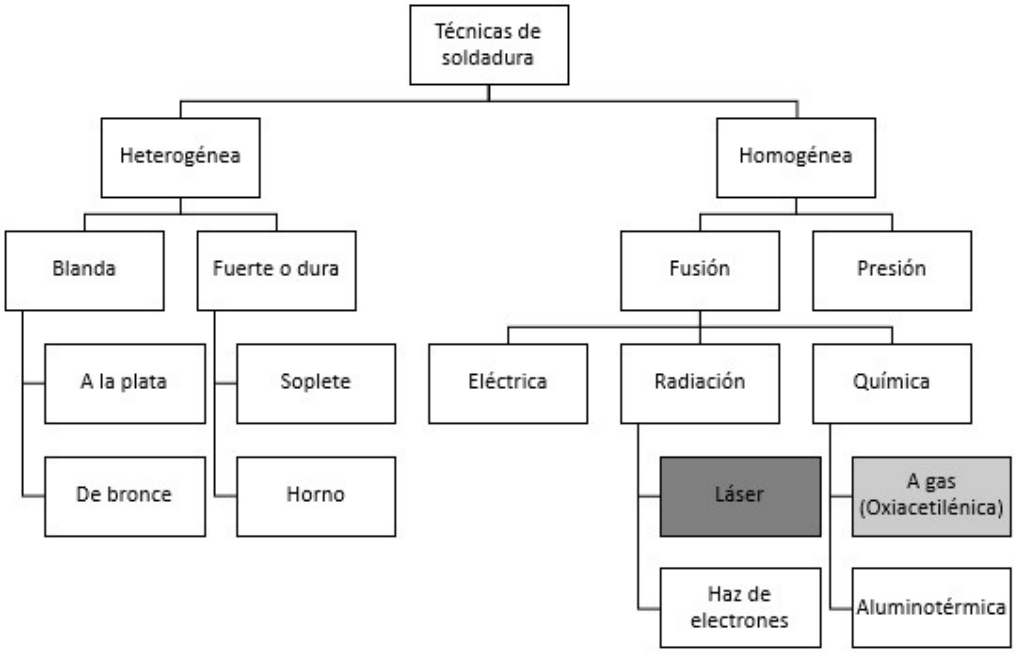


Figura C1: Clasificación primaria de los métodos de soldadura de metales

En la soldadura por técnicas de fusión se encuentra el láser, en donde hay emisión de RUV. En la soldadura oxiacetilénica, la llama emite RUV, si bien los niveles son mucho más bajos que en la soldadura de arco eléctrico. La falta de bibliografía y fuentes que refieran con certeza a los niveles de RUV emitidas por este proceso, dificulta saber dónde categorizarla, pero lo cierto sería que hay emisión.

En cambio, en procesos muy conocidos como la soldadura aluminotérmica y el haz de electrones no se emite RUV. En la figura C2 se continúa con las subdivisiones de la soldadura eléctrica. Las que interesan por sus emisiones de RUV están en la rama del arco voltaico, remarcadas en amarillo. En las soldaduras por resistencia no hay exposición a RUV.

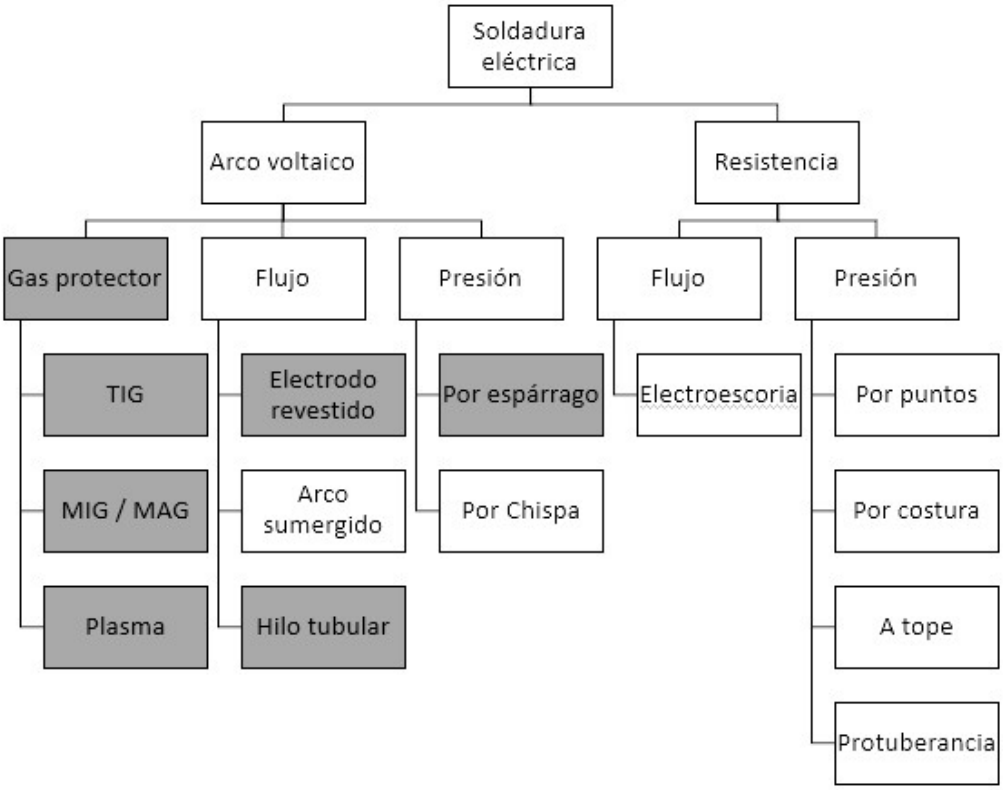


Figura C2: clasificación de las técnicas de soldadura eléctrica

Si bien los métodos de soldadura son diversos, caracterizados por las fuentes de energía (como resistencia eléctrica, fricción, llamas de gas, ultrasonidos, etc.), sólo se dará tiene interés para este análisis una parte de las de arco eléctrico porque en ellas se producen emisiones de RUV de alta intensidad.

La soldadura por arco eléctrico es el proceso que une dos o más materiales por aplicación del calor proporcionado por el arco voltaico generado. Al calentarse se alcanza la temperatura de fusión y se logra esa unión, con o sin el agregado de material de relleno. El arco eléctrico se produce entre el material a soldar y el electrodo – ambos conductores – teniendo como intermedio un gas protector o el aire.

Varias formas de soldadura por arco eléctrico emiten una radiación UV intensa, pero no igual, dependiendo de varios factores. Las emisiones de RUV son de muy alta intensidad y en pocos segundos, a lo sumo minutos se superan los límites permisibles. Por eso es inevitable que la tarea deba hacerse con barreras y elementos de protección personal adecuados. Además, aún con el uso de protección facial, es probable que ciertas partes del cuerpo del soldador sean afectadas. Esto puede ocurrir por un equipo personal inadecuado, o mal utilizado o por levantar la máscara para ver la pieza cuando otras tareas similares se hacen en su entorno. La RUV no solo afecta a los ojos y la piel del rostro sino a los brazos y cuello. Mediciones realizadas con dosímetros de polímeros de polisulfonas en distintas partes del cuerpo durante la soldadura y a diferentes distancias (desde 50 hasta 300 cm) arrojaron valores elevados de

radiación UV, que definían tiempos límites de apenas 4 minutos[47] hasta alcanzar la dosis máxima de irradiación.

Al analizar los potenciales efectos de las radiaciones UV al utilizar equipos de soldadura por arco eléctrico, se deben contemplar todo el espectro de radiaciones UV, desde los 200 nm hasta los 1400 nm, por lo que también incluye la UV-C, además de la radiación visible y la infrarroja.

La IARC[48], al revisar la bibliografía científica de estudios de los efectos de la soldadura de arco eléctrico sobre el cuerpo humano, considera que existe evidencia suficiente en humanos de su carcinogenicidad, mencionando sólidas pruebas de melanoma ocular en los soldadores, ocasionada por la presencia de radiación ultravioleta en dicha operación. De esta manera la RUV quedó incluida como carcinógena en las operaciones de soldadura.

En la misma monografía, se confirma que los dispositivos de bronceado cosmético (camas solares, por ejemplo) que emiten RUV causan melanoma maligno cutáneo y melanoma ocular, considerándolos cancerígenos para los seres humanos (Grupo 1).

De esta manera, concluye, la radiación ultravioleta (ancho de banda de 100 a 400 nm, que abarca UV-C, UV-B y UV-A) es cancerígena para los seres humanos (Grupo 1).

Esta última afirmación de la IARC no puede tomarse aisladamente sino dentro del contexto integral de su monografía, pero particularmente en las conclusiones transcriptas en los dos párrafos anteriores de la misma agencia. Es decir, la exposición a la RUV en la soldadura de arco eléctrico aumenta el riesgo de melanoma ocular para los soldadores, pero no surgen estudios concluyentes sobre el riesgo de desarrollar cáncer de piel en los mismos trabajadores[49]. Además, la exposición a otras fuentes de RUV no están especificadas en dicha monografía, salvo el caso del bronceado cosmético.

Los estudios analizados por la IARC en cuanto a los efectos de la soldadura se centran en general sobre los soldadores, pero no en las personas que los rodean. Tampoco hay trabajos completos que analicen todas las variables puestas en juego, como el tiempo de exposición, la frecuencia, la variabilidad de intensidades de corriente dependiendo del tipo de soldadura que se realice, los electrodos usados o el material a soldar, el correcto uso de la protección personal, el tiempo de exposición al aire libre, presencia de otras fuentes de RUV, antecedentes o factores personales, etc.

En el análisis realizado por Falcone et al,[50] sobre distintos reportes de casos relacionados con cáncer de piel en soladores, pero no de melanoma ocular, advierte que la información sobre el tipo de piel o la duración de la exposición suelen estar excluidas en esos informes. Cuando

[47] Evaluation and monitoring of UVR in Shield Metal ARC Welding processing. Chiung-yu Peng 1, Hung-hsin Liu , Cheng-ping Chang , Jeng-yueh Shieh , Cheng-hang Lan
[48] Monografía Volumen 100D- Radiaciones. 2009
[49] Radiación ultravioleta de la soldadura y posible riesgo de malignidad cutánea y ocular. Anthony Dixon y otro. Med J Aust 2004; 181 (3): 155-157. || doi: 10.5694 / j.1326-5377.2004.tb06207.x. 2004
[50] Skin cancer and welding L. M. Falcone1,2 and P. C. Zeidler-Erdely1,2

se mencionan, se trata de pieles de tipo I, II o III según la clasificación de Fitzpatrick, con edades medias de 60 años y al menos con 10 años en ese oficio.

Sin embargo, los numerosos estudios y trabajos revisados, incluyendo la monografía de la IARC, se centran en la soldadura de arco eléctrico y poco o nada sobre las demás técnicas de soldadura. Incluso, dentro de los estudios de soldadura de arco eléctrico faltan datos relevantes para definir las condiciones de la exposición y, por ende, del nivel de riesgo. Por ejemplo, uno de los estudios epidemiológicos más completos realizados, resumido por Heltoft y otros, muestra que el riesgo por melanoma maligno cutáneo (MMC) de una cohorte histórica de 4333 soldadores de arco eléctrico de una empresa danesa, consideró posible el aumento de dicho cáncer en la zona del cuello, después de 30 años de trabajo como soldador, pero no una mayor incidencia del cáncer de piel en general. En ese trabajo se tomó como referencia una población no expuesta de 512.027 individuos. No se especifican datos como la frecuencia y duración de las tareas de exposición, pero puede asumirse, dado que se habla de trabajadores calificados, que se trata de trabajadores cuya tarea específica es soldar y con una su exposición diaria alta. Por supuesto que esto es una hipótesis, porque este y otros estudios no aportan más precisiones.

Indudablemente que las fuentes consultadas son bastante concluyentes en cuanto a los posibles efectos para la salud de los soldadores cuando trabajo con arco eléctrico. Los trabajos de investigación muestran un crecimiento importante del riesgo, pero no toman en cuenta todas las variables en juego, ya que la exposición a la RUV aumenta según los siguientes factores:

- Cercanía al arco eléctrico.
- Intensidad o energía del arco eléctrico.
- Duración del arco eléctrico.
- Material soldado: aluminio, hierro, acero inoxidable, etc.
- Gas protector utilizado; por ejemplo, argón en lugar de helio.

Por ejemplo, en las figuras C3 a C6, se reproducen distintas mediciones espectrales para trabajos con soldadura, en donde en abscisas se grafican las longitudes de onda en el rango de 200 a 800 nm y en ordenas se representan las irradiancias efectivas en $W/(m^2.nm)$

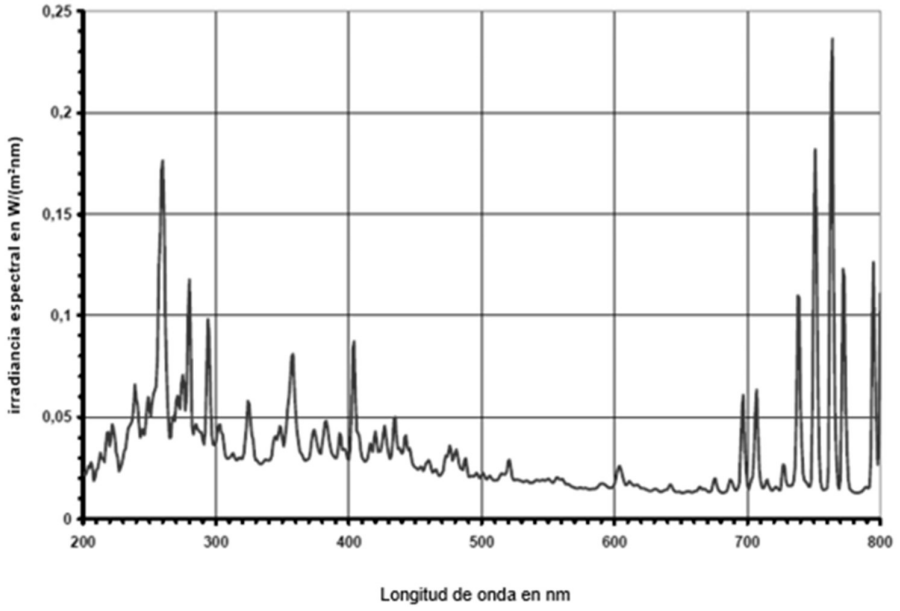


Figura C3: Espectro de radiación en soldadura TIG con piezas CrNi (corriente de soldadura: 180 A)
Fuente: Emission von UV-Strahlung beim Elektroschweißen – IFA – Alemania

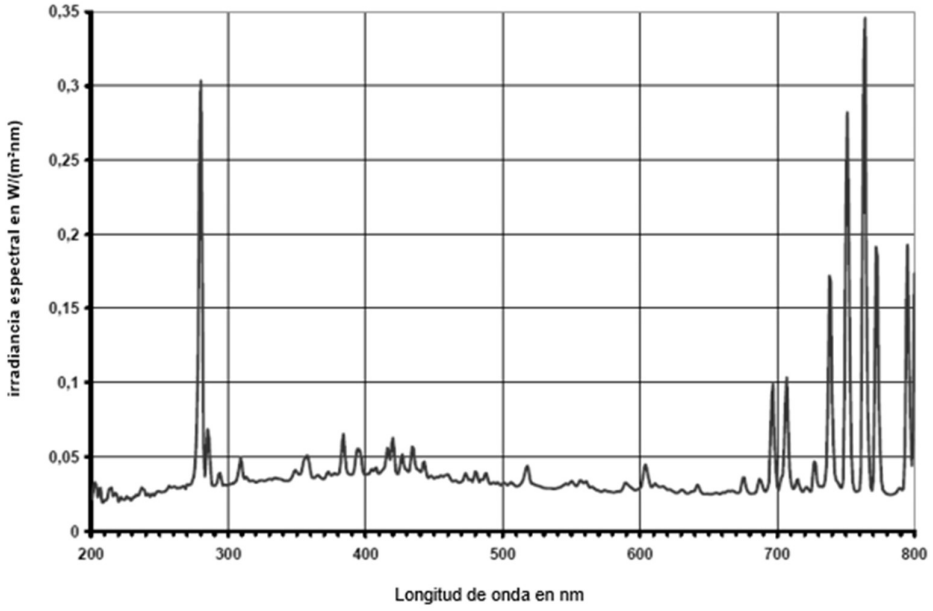


Figura C4: Espectro de radiación en soldadura TIG con piezas Al (corriente de soldadura: 180 A)
Fuente: Emission von UV-Strahlung beim Elektroschweißen – IFA - Alemania

En las figuras C3 y C4 con el mismo tipo de soldadura TIG pero con diferentes materiales, los espectros son parecidos en el rango del UV, pero con una dominación en torno de los 260 nm de longitud de onda al soldar el aluminio frente a los 280 nm (UV-C) al soldar una aleación de acero de cromo níquel.

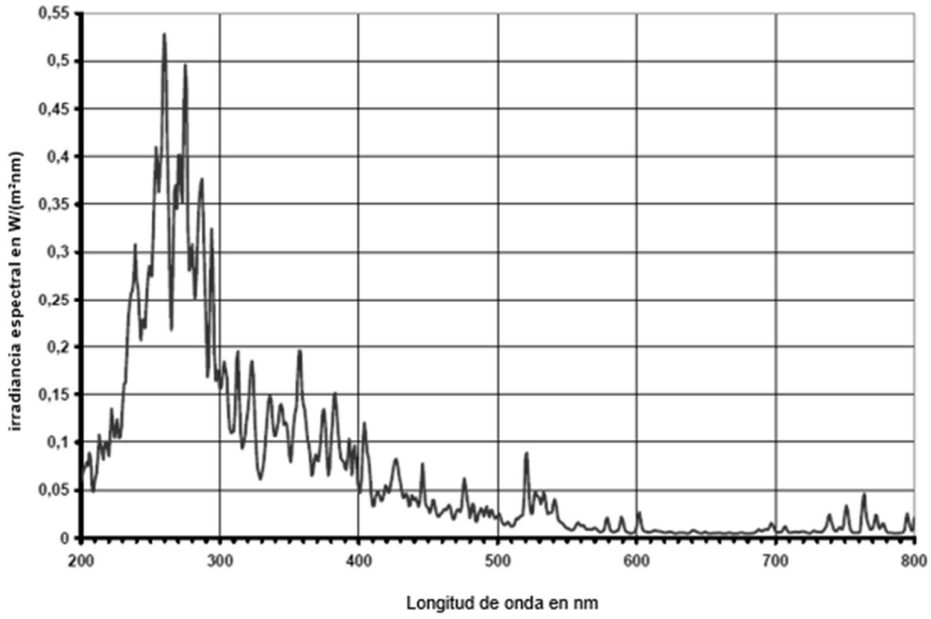


Figura C5: Espectro de radiación en soldadura MAG con piezas CrNi (corriente de soldadura: 180 A)
Fuente: Emission von UV-Strahlung beim Elektroschweißen – IFA - Alemania

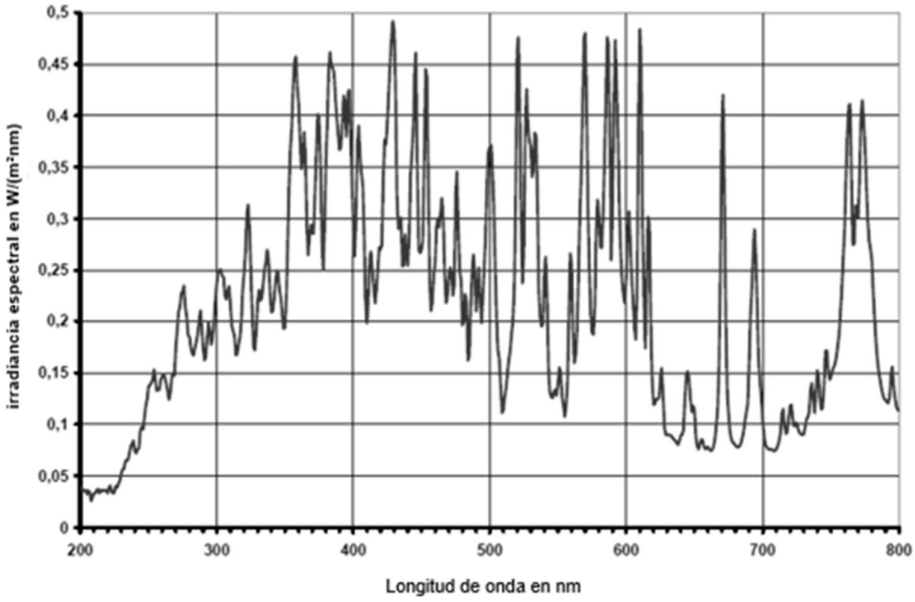


Figura C6: Espectro de radiación en soldadura MAG con piezas ST-37i (corriente de soldadura: 180 A)
Fuente: Emission von UV-Strahlung beim Elektroschweißen – IFA - Alemania

En cambio, en las figuras C5 y C6, el espectro de radiación aplicando la técnica MAG para una aleación de acero al cromo níquel y otra con aleación de acero de estroncio 37, hay una alta concentración en el rango de 230 a 300 nm (UV-B y UV-C) y por el contrario las emisiones de radiación visible son inferiores a las de la soldadura TIG. En la de St-37 la emisión aumenta con mayores longitudes de onda y alcanza los mayores valores en torno a la UV-A.

Al evaluar la exposición por sus efectos agudos, se explicó que los valores de la radiación superan ampliamente los valores límites en pocos minutos o incluso segundos si no están protegidos. Por eso es muy difícil pensar en no trabajar con los equipos de protección personal.

Cuando se utiliza la protección personal y se siguen los procedimientos de ingeniería, no se superan los valores límites de exposición para el trabajador, pero sí para el entorno por lo cual se deben tomar medidas preventivas en este sentido.

De las figuras C3 a C6 se aprecia que los distintos tipos de soldadura de arco producen diferentes cantidades de RUV. Así, por ejemplo, la soldadura por arco eléctrico con gas es la que genera la mayor cantidad de rayos UV; en cambio la de arco de plasma, la de menor cantidad.[2,51]

Por el contrario, muchas soldaduras no producen radiación ultravioleta y quedarían generalmente fuera de las evaluaciones de riesgos para este factor de riesgo. Queda separada de esta aseveración la soldadura oxiacetilénica ya que, si bien mucho más limitada que las de arco eléctrico, también emiten RUV.

En resumen, las soldaduras de arco eléctrico, marcadas en la figura C2, y que emiten RUV según la amplia bibliografía consultada, son:

- Soldadura por Arco de Gas de Tungsteno (TIG)
- Soldadura por Arco de Metal de Gas (MIG)
- MAG (Metal Active Gas)
- Soldadura de electrodo revestido
- Soladura Láser
- Soldadura y corte por arco de plasma
- Soldadura a pernos o por espárrago

Cada una de ellas y otras más serán explicadas brevemente a continuación, sin entrar en detalles, pero con la intención de facilitar su identificación.

Soldadura de arco eléctrico

Soldar dos piezas con un arco eléctrico se consigue cuando una corriente eléctrica salta en el aire entre dos elementos conductores, un electrodo (material aportante) y la pieza a soldar. Las características del arco dependen de la relación entre tensión e intensidad; ese arco ioniza el gas entre el electrodo y la pieza produciendo el calor necesario para lograr el efecto deseado.

51 Skin cancer and welding L. M. Falcone1,2 and P. C. Zeidler-Erdely1,2

En la figura C2 se aprecia, además, el conjunto de soldaduras reconocidas como de arco eléctrico generador de RUV. Todas esas formas de soladura tienen una alta emisión de RUV, superando los límites de exposición permisible en un período muy corto de tiempo (segundos).

Del resto de las soldaduras, la bibliografía no aporta información o niega que exista emisión de RUV.

Los métodos de soldadura de arco eléctrico están divididos en tres grupos: por flujo, por presión y por gas. En el grupo por gas se encuentran la soldadura TIG, MIG, MAG y plasma y en la de flujo, la de electrodo revestido. En la tabla siguiente se resumen los métodos de arco eléctrico y láser.

Tabla A4. técnicas de soldadura en las que se identificó la emisión de RUV

Método	Significado y sinónimos
TIG	Soldadura por Arco de Gas de Tungsteno (Tungsten inert gas) GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)
MIG	(Metal Inert Gas) GMAW (Gas Metal Arc Welding por sus siglas en inglés); Soldadura por Arco de Metal de Gas
MAG	GMAW-A (Metal Active Gas) Soldadura por arco metálico bajo gas activo
Electrodo revestido	Soldadura manual de arco eléctrico SMAW (Shield Metal Arc Welding)
Plasma	Corte por arco de plasma - PAC (Plasma Arc Cutting por sus siglas en inglés).
	Soldadura por arco de plasma - PAW (Plasma Arc Welding por sus siglas en inglés).
Soldadura al arco con hilo tubular relleno de fundente	FCAW (Flux Cored Arc Welding)
Soldadura por espárragos	SW (por sus siglas en inglés Stud Welding)
Láser	LBW (por las siglas en inglés, laser-beam welding)

Se identificará brevemente cada una:

- **Eléctrodo revestido o soldadura de arco manual**. (Figura C7). Es un proceso que une dos metales por medio de un arco eléctrico entre un electrodo metálico recubierto (con un revestimiento que se gasifica durante la operación para proteger mejor la soldadura) y el metal base que se desea unir.

Figura C7: soldador con electrodo revestido

- **TIG o GTAW** (figura C8) es un proceso de soldadura por arco eléctrico que utiliza un gas inerte (generalmente argón, helio o una mezcla de ambos) que desplaza el aire y un electrodo de tungsteno que no se consume. El arco se forma entre el electrodo y la pieza a soldar mientras se incorpora el metal externo al cordón de soldadura. Es adecuada para aceros al carbono, y todo tipo de aleaciones de níquel, aluminio y otras no ferrosas. Otorga una soldadura de alta calidad.

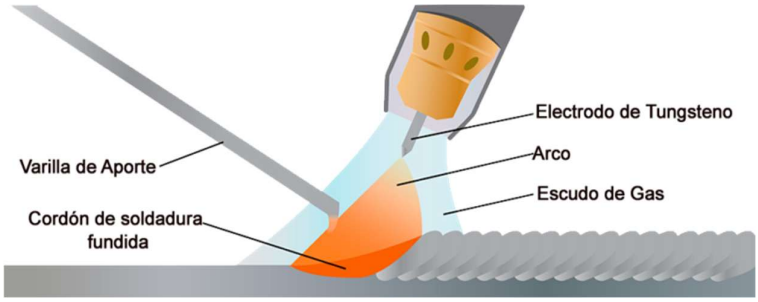


Figura C8: soldadura TIG-GTAW [52]

[52] Imagen extraída de https://soldadoras.com.ar/soldadoras-tig/

Figura C9: soldadura MIG/MAG

- **MIG. (Fig. C9).** Es una técnica de soldadura por arco eléctrico con un electrodo consumible una varilla de metal alimentado por un motor en forma constante (reconocible por un rollo exterior) y el aporte de un gas protector (gases sin reacción, como el argón, mezcla de argón y oxígeno y con menor frecuencia helio) que no participa en el proceso de la soldadura.

- **MAG (Fig. C9).** Es una técnica de soldadura por arco eléctrico con un electrodo consumible una varilla de metal alimentado por un motor en forma constante (reconocible por un rollo exterior) y el aporte de un gas protector (como el CO_2 puro o mezcla de gases (argón, CO_2, O_2) que sí participa del proceso de la soldadura

- **Corte por arco de plasma o PAC. (Fig. C10)** En este caso el arco eléctrico concentrado se hace parar por un pequeño orificio a modo de tobera que llega a la pieza a cortar. Se usa para cortes bien terminados y rápidos sobre aluminio y aceros, incluyendo el acero inoxidable. El principio de funcionamiento consiste en elevar la temperatura del material ca cortar por encima de los 20.000ºC, en forma muy localizada, por lo que el gas utilizado se ioniza por la disociación de sus electrones pasando a un nuevo estado de la materia, el plasma.

Figura C10: soldadura de Corte por plasma mecanizado. [53]

[53] Extraído de https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/corte-por-plasma-mecanizado

Figura C11: Soladura por arco sumergido. [54]

- **Soladura con al arco con hilo tubular relleno de fundente.** Es un proceso similar a MIG y MAG pero utiliza rollos de alambres tubulares para unir las piezas por el calentamiento generado por el arco eléctrico entre la pieza y el electrodo.

- **Soladura por espárragos:** también llamada soldadura por perno es un proceso de soldadura por arco que utiliza normalmente una pistola que contiene el perno o placa a unir y un cilindro o espárrago que actuará como electrodo. El arco eleva la temperatura de pieza y perno y la pistola fuerza su contacto facilitando la unión. Según la OIT, se genera RUV.[55]

- **Soldadura por rayo láser.** También conocida como soldadora por haz láser (o LBW, por las siglas en inglés, laser-beam welding) es una técnica de soldadura por fusión, en la cual un haz láser muy concentrado funde los materiales y los une por recristalización. Normalmente se utiliza un gas protector como argón o helio y sin aportación de material externo. De acuerdo a la potencia del láser puede fundirse el material o llevarlo al punto de evaporación, similar al plasma (por encima de los 9800º). La soldadura por láser emite RUV.

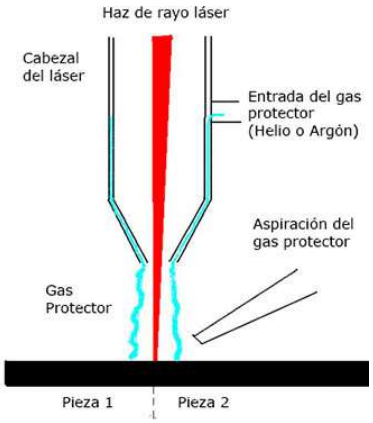


Figura C12: Soldadora láser: funcionamiento

[54] Fotografía obtenida de https://www.thefabricator.com/thefabricatorenespanol/article/arcwelding/-la-soldadura-por-arco-sumergido-saw-es-el-proceso-adecuado-para-usted-

[55] Fuente: https://www.iloencyclopaedia.org/es/part-xiii-12343/metal-processing-and-metal-working-industry/item/676-welding-and-thermal-cutting (Enciclopedia de Salud y Seguridad de la OIT versión 2011)

Figura C13: Soldadura láser.[56]

Otras soldaduras

Las técnicas de soldadura descriptas a continuación no generan emisiones de RUV de acuerdo con el trabajo de recopilación de la información realizado en este documento.

Soldadura por arco sumergido (SAW). (Fig. C11) Es un proceso en el cual la fusión de metales se produce por el calor generado por un arco eléctrico entre uno o más electrodos y la pieza a trabajar. A diferencia de otros tipos de soldadura por arco, en este tanto la pieza a fundir como electrodo están cubiertos por una capa de fundente granulado que los cubre totalmente y evitan que el arco sea visible, por lo que no hay exposición a radiación visible ni ultravioleta. Nota: si bien según la Enciclopedia de la OIT emite RUV, se pone en duda dada la modalidad de cubierta del arco eléctrico.

Soldadura por electroescoria. Es un proceso de soldadura eléctrica, por resistencia y flujo en donde las piezas a trabajar se ponen verticalmente con un espacio entre ellas y se colocan a ambos lados zapatas de cobre. El calor producido por resistencia eléctrica sobre los electrodos del alambre los funde logrando una unión continua. No hay arco eléctrico ni generación de RUV.

Soldadura y corte a gas. (Fig. C14) También llamada soldadura autógena o soldadura a combustión, es una técnica de soldadura que une metales de igual o distinta naturaleza por el calor generado por la llama de combustión de un gas combustible con el agregado de un gas comburente. Normalmente no hay aporte de material externo y se alcanzan temperaturas de hasta 3200ºC dependiendo del gas utilizado, que puede ser acetileno con aire u oxígeno (soldadura oxiacetilénica), con gas natural, con oxígeno y propano o con hidrógeno. Según la Enciclopedia de la OIT no emite RUV. Sin embargo, en el documento[57] *"Opinión sobre Efectos biológicos de la radiación UV-C relevantes para la salud con especial referencia a las lámparas*

[56] Fotografía de https://hoiylasertechnology.com/ 2023/01/20/preguntas-y-respuestas-sobre-soldadura-laser/

[57] Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks SCHEER: Opinion on Biological effects of UV-C radiation relevant to health with particular reference to UV-C lamps.

UV-C del Comité Científico de Salud, Medio Ambiente y Riesgos Emergentes, Comisión Europea" se expresa en 7.1.2 que "Los sopletes de soldadura y corte de gas también producen radiación ultravioleta, pero a un nivel mucho más bajo"

Figura C14: Soldadura oxiacetilénica. [58]

Soldadura aluminotérmica. este proceso se basa en que el calor (hasta los 2000ºC) puede iniciar una fuerte reacción exotérmica entre los polvos de aluminio y de un óxido metálico que funde el material de aportación y los extremos de las piezas a unir. No emite RUV.

Soldadura por bombardeo de electrones. Este proceso de fusión, también llamado soldadura por haz de electrones, se logra al colocar la pieza a soldar en una cámara de vacío (por eso no necesita un gas protector) y es bombardeada con un haz de electrones de alta energía que la intercambian con el material aumentando su temperatura o cambiando la estructura química de sus átomos. No emite RUV, pero sí radiaciones ionizantes de longitud de onda similares a los rayos X.

Soldadura por resistencia (ERW). Es un conjunto de técnica de soldadura en la cual se genera calor a partir del paso de corriente eléctrica en las piezas a unir y la aplicación de una fuerza que presiona. Para muchas de estas técnicas se utilizan sistemas totalmente automatizados y robotizados.

Bajo esta clasificación se agrupan varios tipos de soldadura que se ha preferido unificar. Estas son:

- **Soldadura por chispa**
  En este método los materiales a unir se juntan hasta tocarse y se hace pasar corriente eléctrica para calentarlos por efecto Joule y luego aplicar presión para unirlos.

- **Soldadura por puntos:** en esta soldadura el proceso se basa en presión y temperatura: se calientan una parte de las piezas a soldar por corriente eléctrica a temperaturas próximas a la fusión y luego se ejerce una presión sobre ellas.

[58] Fotografía de https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-autogena

- **Soldadura por recalcado:** en esta técnica se aplica primero presión sobre las partes a unir de ambos materiales y luego se hace pasar corriente eléctrica para generar calor por efecto Joule.

- **Soldadura por costura: l**a soldadura en costura es una variación de la soldadura por resistencia por puntos. En la soldadura en costura por resistencia, los electrodos de soldadura se colocan en ruedas motorizadas, y no en varillas fijas. Esto tiene como resultado una soldadura por resistencia o una soldadura en costura no hermética.

- **Soldadura por protuberancias.** En este procedimiento de soldadura de resistencia por presión, el calor generado por el paso de la corriente en los puntos en relieve de una de las superficies a unir permite soldar con la superficie de la otra pieza.

- **Soldadura a tope.** En este método, también llamado soldadura de filete (fillet brazing o Butt Weld) la unión de las piezas se hace por los extremos al generar calor por el paso de una corriente eléctrica.