

## MANUAL DESINFECTADOR DE AGUA UVC



Téc. Gabriel Rodríguez, Téc. Matías Ribeiro, Ing. Alberto Pérez Gont, Ing. Mariano Fernández Soler,  
Dr. Guillermo Baudino, Ing. Sofía Frangie

## **1. INTRODUCCION**

La luz Ultravioleta (UV) es utilizada para la desinfección de agua desde 1916. Actualmente, varios estados han establecido normas que permiten a los sistemas de potabilización de agua, la desinfección con luz UV.

Los equipos UV son fáciles de instalar y requieren poca supervisión, mantenimiento y espacio. Son seguros; de bajo costo de operación y de mantenimiento; y ausencia de olor o sabor de otros productos químicos en el agua tratada; son los principales factores para la selección de la tecnología UV en lugar de las tecnologías tradicionales de desinfección.

Las ventajas del uso de UV, en lugar de la desinfección química, incluyen:

- No se conocen subproductos tóxicos;
- No tiene peligro de sobredosis;
- Elimina algunos contaminantes orgánicos;
- No tiene compuestos orgánicos volátiles (COV) ni emisiones de tóxicos al aire;
- No tiene olor en el lugar y sin olor en el agua;
- Requiere muy poco tiempo de contacto (segundos frente a los minutos para la desinfección química);
- No requiere de almacenamiento de materiales peligrosos;
- Requiere un espacio mínimo para el equipo y la cámara de contacto;
- Mejora el sabor del agua a causa de algunos contaminantes orgánicos y microorganismos son destruidos.
- No afecta a los minerales presentes en el agua, y
- Tiene poco impacto sobre el medio ambiente, debido al consumo de energía eléctrica, a la eliminación de los tubos utilizados y equipo obsoleto.

Desventajas de la desinfección UV son:

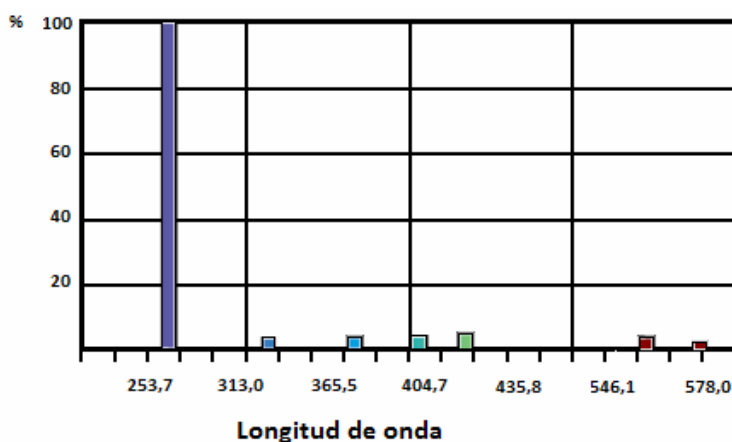
- No tiene efecto residual;
- Requiere instalación eléctrica

El INTI desarrolló este equipo, con capacidad de desinfectar un caudal máximo de 3.600 litros/hora de agua, que funciona con tecnología UV, con las restricciones de que sea robusto, escalable, económico y puede ser fabricado con mano de obra y recursos locales. De esta forma, que pueda ser transferido a organizaciones de todo el país y pueda ser instalado en pequeñas comunidades con problemas microbiológicos en la calidad del agua que consumen.

Cabe aclarar que el equipo no potabiliza el agua por sí solo, sino que forma parte de un sistema de potabilización, en función de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua del lugar.

## **2. FUNCIONAMIENTO**

La luz ultravioleta mata bacterias y virus por destrucción de su material genético, previniendo así la replicación. A una longitud de onda de 253,7 nm (UVC) mata los microorganismos sin alterar las propiedades físicas y químicas del agua. La luz UVC es generada por los tubos UVC de vapor de mercurio de baja presión que otorgan la siguiente distribución de potencias en el espectro.



Distribución de la potencia de los tubos UV-C germicidas

La efectividad de muerte de microorganismos depende de la dosis recibida que depende de la intensidad de la luz y del tiempo de contacto.

$$\text{Dosis} = \text{Intensidad} \times \text{tiempo}$$

La dosis UV necesaria para asegurar una inactivación de 99% depende del tipo de microorganismo presente en el agua. Dichos valores están ya tabulados para gran parte de los patógenos conocidos. La intensidad de la luz depende del tipo de lámpara, del espaciamiento entre lámparas y de la calidad del efluente.



El caudal afecta directamente al tiempo de exposición ya que a mayor caudal, menor tiempo de exposición por lo que se debe incrementar la intensidad.

Téc. Gabriel Rodríguez, Téc. Matías Ribeiro, Ing. Alberto Pérez Gont, Ing. Mariano Fernández Soler, Dr. Guillermo Baudino, Ing. Sofía Frangie

El equipo está diseñado para trabajar con un caudal máximo de 3.600 litros/hora.

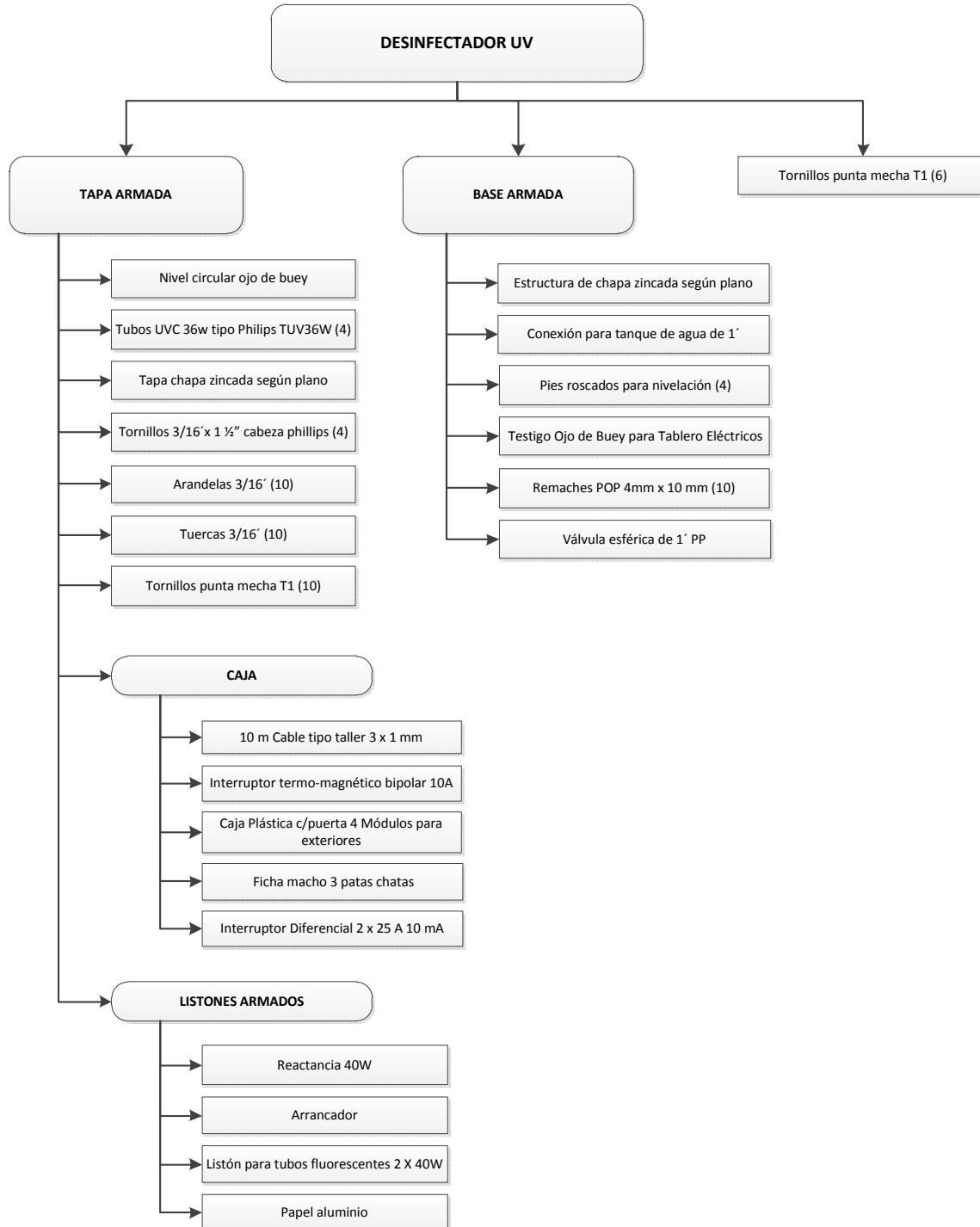
La característica que más afecta el desempeño de desinfección con UV es la cantidad de sólidos en suspensión o turbiedad. La disminución de la transmisión disminuye la intensidad de luz que llega a los microorganismos, por lo que el equipo debe estar asociado a un filtro lento para asegurar una baja turbiedad.

### 3. ARMADO

#### 3.1 Lista de materiales

Cantidad	Descripción
1	Tapa chapa zincada según plano
1	Estructura de chapa zincada según plano
2	Listón para tubos fluorescentes 2 X 40W con arrancador y reactancia
4	Tubos UVC 36w tipo Philips TUV36W
1	Interruptor termo-magnético bipolar 10A
1	Interruptor Diferencial 2 x 25 A 10 mA
1	Caja Plástica c/puerta 4 Módulos para exteriores
4	Tornillos 3/16" x 1 1/2" cabeza phillips
10	Tuercas 3/16"
10	Arandelas 3/16"
10	Remaches POP 4mm x 10 mm
20	Tornillos punta mecha T1
1	Testigo Ojo de Buey para Tablero Eléctricos
4	Pies roscados para nivelación
1	Nivel circular ojo de buey
1	Rollo de papel aluminio
10 m	Cable tipo taller 3 x 1 mm
1	Ficha macho 3 patas chatas
1	Conexión para tanque de agua de 1"
1	Válvula esférica de 1" PP
1	Bomba autocebante 60 litros/min monofásica

### 3.2 Árbol de producto



Téc. Gabriel Rodríguez, Téc. Matías Ribeiro, Ing. Alberto Pérez Gont, Ing. Mariano Fernández Soler,  
Dr. Guillermo Baudino, Ing. Sofía Frangie

### 3.3 Ensamble del conjunto Tapa

Los cálculos para el dispositivo están realizados para la siguiente disposición de tubos en función de los plafones conseguidos en el mercado local. En el caso de modificarse la configuración, se deberá recalcular la dosis efectiva.

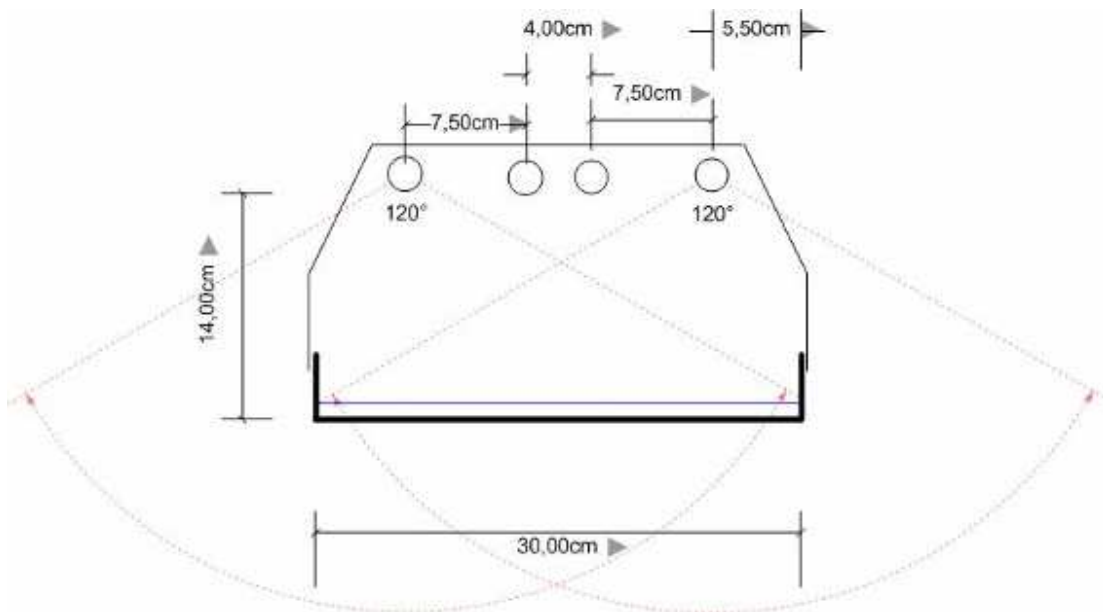


Figura 1. Disposición de los tubos

Todas las partes de los listones deben ser recubiertas con papel de aluminio, ya que la radiación UV provoca el envejecimiento de estos materiales, teniendo la precaución de no realizar cortocircuitos en los contactos del tubo.

Los tubos deben ser fijados a una separación de 14 cm del canal de irradiación. Para ello, se debe agujerear la tapa con mecha de 3/16", pasar los tornillos que fijan a los listones y regular la altura con tuerca y contratuerca.

Fijar la caja de electricidad y el nivel circular en la cara superior de la tapa.

### 3.4 Prueba de funcionamiento

A fin de asegurar el buen desempeño del equipo, se debe realizar el ensayo hidrodinámico para asegurar un tiempo mínimo de exposición. Para este ensayo se debe utilizar un cronometro y un flotante, por ejemplo una bolita de tergopol.



Foto de las pruebas hidrodinámicas

#### Pasos:

1. Colocar el equipo en una superficie plana y nivelarlo
2. Retirar la tapa
3. Encender la bomba
4. Esperar a que se estabilice el caudal
5. Colocar el flotante en el ingreso a la cámara de irradiación (ver Figura 2, Esquema de nuestro) y cronometrar el tiempo total de recorrido en dicha cámara.
6. Repetir el paso 5 evaluando los diferentes puntos de ingreso del agua (mínimo seis mediciones)

Téc. Gabriel Rodríguez, Téc. Matías Ribeiro, Ing. Alberto Pérez Gont, Ing. Mariano Fernández Soler,  
Dr. Guillermo Baudino, Ing. Sofía Frangie



7. Registrar los valores

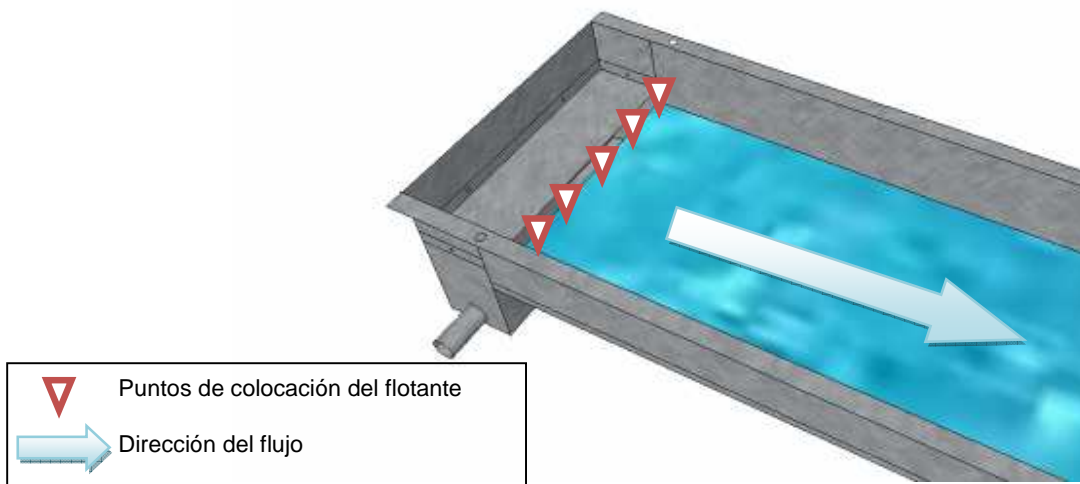


Figura 2, Esquema de muestro

Las mediciones deben asegurar un tiempo de permanencia de **6 segundos como mínimo**, en caso contrario se deberá proceder a limitar el caudal de la bomba, modificar la inclinación de la cuna, recalcular la dosis entregada y/o rediseñar el equipo.

#### 4. INSTALACION

El equipo funciona con agua con muy baja turbidez, por lo tanto se deben instalar filtros o decantadores de ser necesario.

El equipo funciona a 220v de energía eléctrica, y requiere una puesta a tierra para la seguridad de operador.

Debe ser instalado en un lugar resguardado de las inclemencias climáticas.

El equipo debe estar correctamente nivelado para asegurar un flujo parejo.

Se debe asegurar de no superar el caudal máximo de funcionamiento, para ello se utiliza una bomba autocebante de 60 litros/minuto.

Téc. Gabriel Rodríguez, Téc. Matías Ribeiro, Ing. Alberto Pérez Gont, Ing. Mariano Fernández Soler,  
Dr. Guillermo Baudino, Ing. Sofía Frangie

Se recomienda la instalación de un tanque opaco a la salida del Desinfectador que asegure una permanencia del agua de al menos una hora, para evitar la foto reactivación de las bacterias.

## 5. OPERACIÓN

**EL EQUIPO DEBE OPERAR SIEMPRE CON TODAS LAS TAPAS COLOCADAS**

Para el encendido:

1. Encender los tubos accionando la llave termomagnética y esperar 10 segundos.
2. Abrir la válvula esférica.
3. Encender la bomba.
4. Regular el caudal con la válvula esférica.

Para el apagado:

1. Apagar la bomba.
2. Cerrar la válvula esférica.
3. Apagar los tubos.
4. Purgar el agua remanente en el equipo.

## 6. MANTENIMIENTO

- ANUAL: se deben cambiar los cuatro tubos de luz por unos de similares características.
- MENSUAL: se debe realizar la limpieza interna del equipo, pasando una esponja con detergente y purgando el agua residual.
- Luego de cada uso se debe purgar el equipo.

## 7. SEGURIDAD

Evitar la exposición a la luz ultravioleta ya que acelera el envejecimiento de la piel e incrementa el riesgo de cáncer de piel. Para ello, el equipo se encuentra blindado, debiendo ser operado con todas sus tapas colocadas.

No mirar directamente a los tubos encendidos. En el caso de ser necesario, utilizar gafas de protección ocular UV, tipo máscara de soldador y ropas que cubran la piel.

El equipo debe contar con el cartel correspondiente donde se informa el riesgo presente.  
Se anexa un cartel modelo.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

- The Ultraviolet Disinfection Handbook, James R. Bolton, Christine A. Cotton, AWWA, 2008
- Ultraviolet Disinfection Guidance Manual for the Final Long Term 2 Enhanced, Surface Water Treatment Rule (LT2ESWTR), EPA, 2006
- Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, UVGI for Air and Surface Disinfection, Wladyslaw Kowalski, Springer, 2009

# ANEXO

 <b>CUIDADO</b>	
	<b>Radiación Ultravioleta (UV-C) en su interior.</b>  <b>NO ABRIR MIENTRAS ESTE ENCENDIDO</b>
<b>En caso de ser necesario abrirlo, utilice protección ocular</b>	

#### Efectos biológicos de radiación ultravioleta

##### La piel

- **Eritema:** El eritema, o “quemadura solar”, es un enrojecimiento de la piel que normalmente aparece de cuatro a ocho horas después de la exposición a la RUV y desaparece gradualmente al cabo de unos días. Las quemaduras solares intensas provocan formación de ampollas y desprendimiento de la piel. La dosis eritémica mínima (DEM) a 254 nm varía considerablemente dependiendo del tiempo transcurrido desde la exposición y de si la piel ha estado expuesta mucho tiempo a la luz solar en el exterior, pero suele ser del orden de 20 mJ/cm<sup>2</sup>, pudiendo llegar a 0,1 J/cm<sup>2</sup>. La pigmentación y el bronceado de la piel y, lo que es más

importante, el engrosamiento del estrato córneo, pueden aumentar esta DEM en un orden de magnitud como mínimo.

- **Fotosensibilización:** Los especialistas de la salud en el trabajo encuentran con frecuencia efectos adversos por exposición de origen profesional a la RUV en trabajadores fotosensibilizados. El tratamiento con ciertos medicamentos puede producir un efecto sensibilizante en la exposición a la UVA, lo mismo que la aplicación tópica de determinados productos, como algunos perfumes, lociones corporales, etc. Las reacciones a los agentes sensibilizantes pueden implicar, fotoalergia (reacción alérgica de la piel) y fototoxicidad (irritación de la piel) tras la exposición a la RUV de la luz solar o de fuentes industriales de RUV (también son frecuentes las reacciones de fotosensibilidad durante el empleo de aparatos de bronceado). Esta fotosensibilización cutánea puede estar producida por cremas o pomadas aplicadas a la piel, por medicamentos ingeridos por vía oral o inyectados, o por el uso de inhaladores bajo prescripción médica (véase Figura 49.3). El médico que prescribe un fármaco potencialmente fotosensibilizante debería advertir siempre al paciente que adopte medidas apropiadas para protegerse de los efectos adversos, pero con frecuencia a éste se le dice únicamente que evite la luz solar y no las fuentes de RUV (dado que no es frecuente su uso por la población en general).
- **Efectos retardados:** La exposición crónica a la luz ultravioleta —en especial, al componente UVB— acelera el envejecimiento de la piel e incrementa el riesgo de cáncer de piel.

### El ojo

- **Fotoqueratitis y fotoconjuntivitis:** Son reacciones inflamatorias agudas como consecuencia de la exposición a radiación UVB y UVC, que aparecen pocas horas después de una exposición excesiva y normalmente remiten al cabo de uno o dos días.

- **Efectos crónicos:** La exposición laboral de larga duración a la RUV durante varios decenios puede contribuir a la formación de cataratas y a efectos degenerativos no relacionados con el ojo, tales como envejecimiento cutáneo y cáncer de piel relacionados con la exposición.

La radiación ultravioleta actínica (UVB y UVC) es fuertemente absorbida por la córnea y la conjuntiva. La sobreexposición de estos tejidos provoca queratoconjuntivitis, conocida comúnmente como “golpe de arco” o “ceguera producida por la nieve”. El periodo de latencia varía en razón inversa de la intensidad de la exposición, desde 1,5 a 24 horas, pero normalmente es de 6 a 12 horas; el malestar suele desaparecer en 48 horas como máximo. A continuación aparece una conjuntivitis que puede ir acompañada de eritema de la piel alrededor de los párpados. Desde luego, la exposición a la RUV rara vez produce lesiones oculares permanentes.

### **Normas de seguridad**

Se han establecido límites de exposición profesional LE a RUV que incluyen una curva de espectro de acción que engloba los datos umbral correspondientes a los efectos agudos determinados en estudios sobre dosis mínima de eritema y queratoconjuntivitis. Esta curva no difiere sensiblemente de los datos umbral colectivos, aun teniendo en cuenta los errores de medida y las variaciones de respuesta individual, y está muy por debajo de los umbrales cataratogénicos de la UVB. El límite de exposición a la RUV es mínimo a 270 nm (0,003 J/cm<sup>2</sup> a 270 nm) y, por ejemplo, a 308 nm es de 0,12 J/cm<sup>2</sup> (ACGIH 1995, IRPA 1988). El riesgo biológico es el mismo tanto si la exposición consiste en unas cuantas exposiciones en forma de impulsos a lo largo del día como en una exposición única de muy corta duración o en 8 horas de exposición a algunos microvatios por cm<sup>2</sup>, y los límites antes indicados se aplican a la jornada de trabajo completa.

### **Protección en el trabajo**

La exposición laboral a la RUV debe minimizarse en la medida de lo posible. En lo referente a las fuentes artificiales deberá darse prioridad en lo posible a medidas técnicas



tales como filtrado, blindaje y confinamiento. Los controles administrativos, tales como la limitación de acceso, pueden reducir los requisitos de protección individual.

En la industria existen numerosas fuentes que pueden producir lesiones oculares agudas con una exposición breve. Hay diversos protectores oculares con distintos grados de protección apropiados para cada uso. Entre los de uso industrial se encuentran los cascos para soldadura (que además ofrecen protección frente a la radiación intensa visible e infrarroja y protegen la cara), las caretas, las gafas de seguridad y las gafas con absorción UV. En general, los protectores oculares para uso industrial deben ajustarse perfectamente a la cara de manera que no haya intersticios por los que la RUV pueda llegar directamente al ojo y deben estar bien contruidos para evitar lesiones físicas. La idoneidad y selección de los medios de protección ocular dependen de los siguientes puntos:

- la intensidad y las características de la emisión espectral de la fuente de RUV;
- los patrones de comportamiento de las personas situadas cerca de fuentes de RUV (son importantes la distancia y el tiempo de exposición);
- las propiedades de transmisión del material de las gafas protectoras,
- el diseño de la montura de las gafas, para evitar la exposición periférica del ojo a RUV directa no absorbida.

En las situaciones de exposición industrial se puede valorar el riesgo ocular midiendo y comparando los niveles de exposición con los límites recomendados.

### **Medición**

Dada la estrecha dependencia entre los efectos biológicos y la longitud de onda, la medida principal de cualquier fuente de RUV es su potencia espectral o la distribución de su irradiancia espectral. Esta debe medirse con un espectrorradiómetro, constituido por un sistema óptico de entrada adecuado, un monocromador y un detector e indicador de RUV. Este tipo de instrumento no es de uso frecuente en higiene industrial. En muchas situaciones prácticas se utiliza un medidor de RUV de banda ancha para determinar las duraciones de exposición seguras. A efectos de seguridad se puede configurar la respuesta espectral con arreglo a la función espectral utilizada para las directrices de

Téc. Gabriel Rodríguez, Téc. Matías Ribeiro, Ing. Alberto Pérez Gont, Ing. Mariano Fernández Soler,  
Dr. Guillermo Baudino, Ing. Sofía Frangie

exposición de la ACGIH y de la IRPA. Si no se utilizan instrumentos adecuados, se producirán graves errores en la valoración del riesgo. También existen dosímetros personales de RUV (por ejemplo, película de polisulfona), pero su aplicación se ha limitado en gran parte a la investigación de la seguridad en el trabajo en lugar de a estudios de evaluación de riesgos.