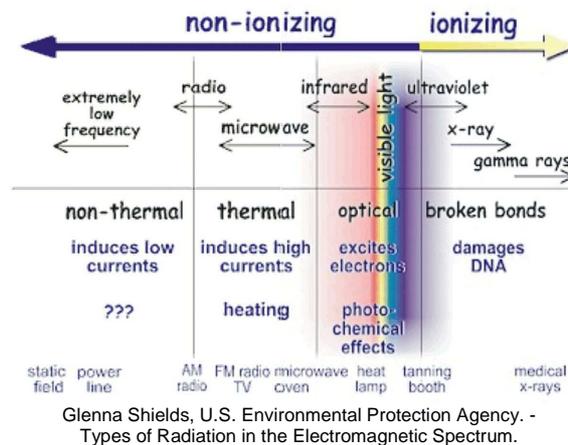


## USO DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA PARA DESINFECCIÓN DE VIRUS SARS-CoV-2

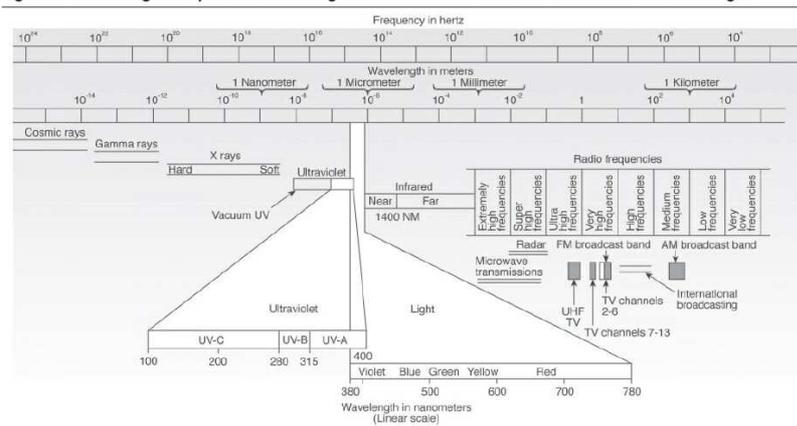
### Introducción

Las radiaciones UVC son las comprendidas en el rango de longitudes de onda entre 100 y 280 nm. Parte de sus frecuencias tienen consideración de radiación ionizante y parte de radiación no ionizante. Según el Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales, las longitudes de onda superiores a 180 nm están contempladas como radiaciones ópticas y por lo tanto no son consideradas ionizantes.



La radiación Ultravioleta puede utilizarse para inactivar los virus y otros agentes patógenos que pudieran estar presentes en un ambiente ocupado por personas. Cierta tipo de radiación ultravioleta denominada de tipo C (UVC) tiene la capacidad de destruir la molécula más importante que conforma un microorganismo, su ADN y su ARN. Dentro de las radiaciones denominadas ópticas, las UVC serían las que tienen una longitud de onda más corta y por tanto una energía más elevada, y ya cercana a la que tienen los rayos X con potencial para ionizar.

Figure 1. Electromagnetic spectrum illustrating UV-C in relation to other UV-bandwidths and visible light.



SOURCE: IESNA Lighting Handbook, 9th Edition; 2000.

En las longitudes de onda superiores a 180 nm, como radiación óptica no tiene capacidad de profundizar en la materia, por tanto puede afectar a aquellos microorganismos sobre los que incide directamente.

Se trata de una tecnología y una acción bien contrastada y ya en uso para este tipo de aplicaciones. Esta soportada por gran cantidad de publicaciones científicas que validan las diferentes sistemáticas de uso y

que se puede extrapolar y aprovechar también para eliminar al COVID 19 pese que para este virus concreto no se haya podido trabajar específicamente.

Desde el punto de vista de aplicación, los trabajadores que puedan estar expuestos a dicha radiación han de estar sometidos a unas normas preventivas por el riesgo asociado a la exposición a esta radiación, según se explica en el correspondiente apartado de este documento.

La radiación ultravioleta no puede ser percibida por las persona, es invisible. En ocasiones puede ir acompañada de una luz azul visible que permite distinguir si el equipo está en funcionamiento o en que dirección puede estar saliendo el haz de luz o sobre que superficies estaría incidiendo.

### *Tecnología de emisión*

La emisión de los ultravioletas usados con finalidad de anular la acción patógena de diferentes microorganismos se basa en estos dos tipos de emisor:

#### **Lámparas de descarga de vapor de mercurio**

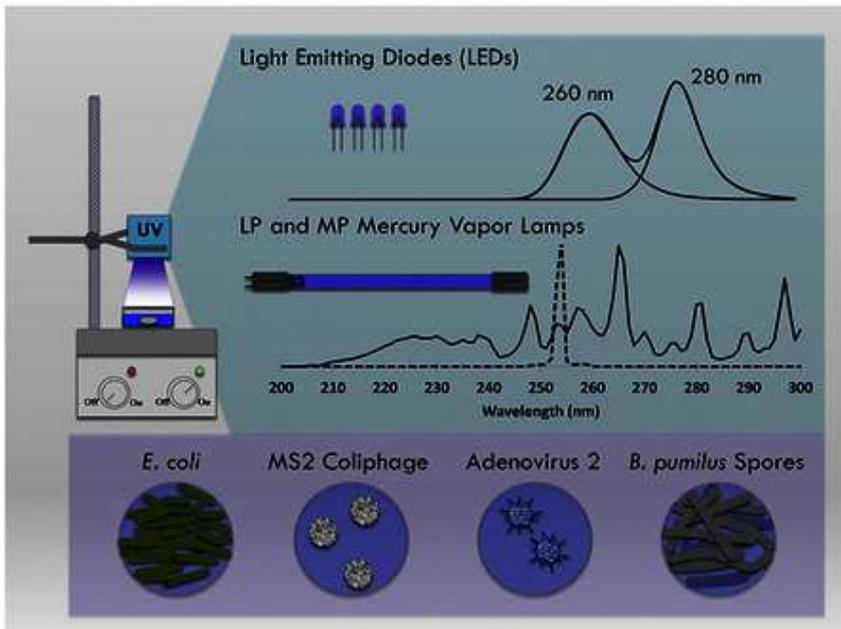
Típicamente la tecnología de lámpara de descarga está muy consolidado, es por ejemplo la que se ha usado en las lámparas fluorescentes o en iluminación de grandes superficies con buen rendimiento energético. El vapor de mercurio es uno de los compuestos más típicos también en el interior de la lámpara, es el gas cuya excitación implica una posterior emisión de fotones de luz energéticamente situados en el ultravioleta, también en el rango de luz visible en un color azul.

En las lámparas de baja presión la emisión se realiza en unas longitudes de onda más limitadas, la más significativa es de 185nm.

Los modelos de media o alta presión de mercurio tienen mejores resultados en cuanto a mayor posibilidad de emitir en la banda de UVC a potencias o flujos e emisión elevados. Una vida media más corta y emisión en unas longitudes de onda más

#### **Lámparas con tecnología LED**

La tecnología asociada a un LED es la forma de generar luz más habitual y todos los desarrollos recientes permiten generar casi cualquier tipo de luz en cualquier parte del espectro ultravioleta en este caso. Tiene ventajas de mejor rendimiento energético, un mantenimiento algo más reducido, más compacto para ser integrado en equipos de limpieza de aire también. No existe la misma certeza de efectividad en cuanto a uso que se puede tener con el modelo de vapor de mercurio .



### *Principios de aplicación del ultravioleta para inactivación de agentes patógenos*

Cualitativamente el tipo de radiación ha de ser capaz de anular a los agentes. En general la longitud de onda de la luz emitida ha de tener una energía suficiente para romper las moléculas. El tipo de lámpara ser el adecuado.

#### **Potencia.**

La energía asociada a la radiación. La potencia eléctrica consumida por la lámpara da una estimación de la energía

Intensidad del haz

Valor cuantitativo del flujo emitido por la lámpara. Por ejemplo si encendemos dos lámparas doblamos la intensidad del haz, pero no se modifica cualitativamente el tipo de luz.

#### **Tiempo de aplicación**

Se ha estimado en diferentes estudios un tiempo mínimo necesario que ha de incidir la radiación sobre el microorganismo para que éste quede eliminado. Dicho tiempo depende del tipo de microorganismo. Para el COVID19 no se encuentran todavía suficientes datos, pero si que se pueden encontrar datos para virus muy similares de constitución y por tanto el tiempo sería similar. Así los virus en general no son los microorganismos más resistentes ante este tipo de radiación, y por ejemplo las bacterias asociadas a la tuberculosis, que son uno de los microorganismos más resistentes es factible realizar un tratamiento de este tipo para eliminarlas.

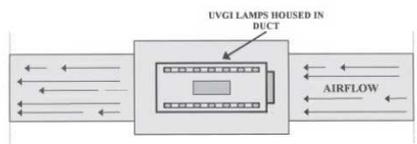
Los dos parámetros señalados permiten determinar si la aplicación de la radiación UV ha desactivado al microorganismo y por tanto la medida de protección es adecuada.

### *Tipos de uso*

#### **Limpieza del aire respirable**

El sistema de ventilación del lugar de trabajo incorpora en algún alguna zona del sistema de distribución y circulación de aire, unas lámparas de ultravioletas para que microorganismos presentes en ese flujo de aire circulante queden inactivados.

Figure 4. Placement of UVGI lamps in air ductwork (section view) with UVGI lamps placed perpendicular to the airflow



El modelo que se ajusta a la evolución de la supervivencia de virus con un tratamiento de ultravioleta es el siguiente:

En general la expresión usada es la ésta:

$$S = \exp(-kIt)$$

Dónde:

S: Fracción superviviente de microorganismo.

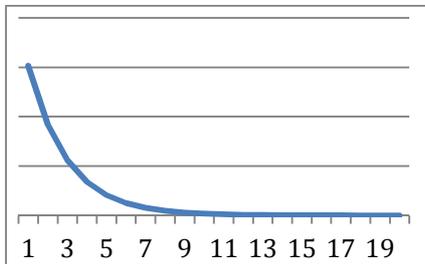
K: Factor de aniquilación. Dependen del sistema. Del tipo de microorganismo, De las características de la instalación.

I: Flujo radiante ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) Potencia de la luz UV emitida

t Tiempo de exposición

It: Sería un factor de Dosis ( $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ )

En el eje vertical que representa la fracción superviviente de microorganismos expuestos a UV, está bien establecido que sufre un decaimiento exponencial. El decaimiento es más fuerte cuanto mayor es la intensidad del flujo de UV (I) y mayor susceptibilidad del microorganismo (k). A más tiempo de aplicación (eje horizontal), menor concentración del microorganismo estaría presente.



### Lámpara instalada en techo:

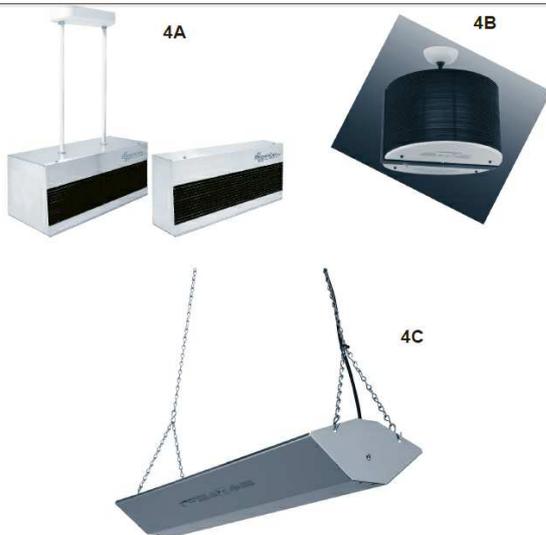
#### Irradiancia uniforme del techo con lámparas de ultravioleta.

Dispositivo específico

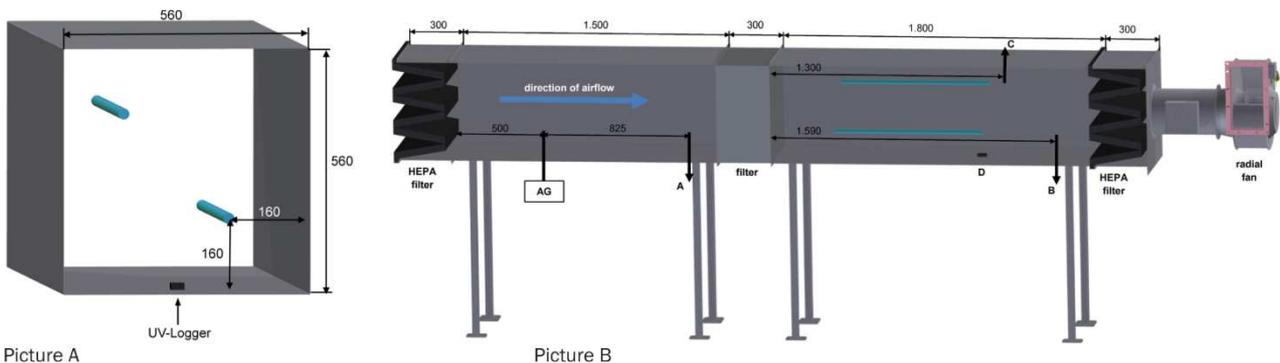
En general instalado de forma permanente en los techos.

Flujos de aire que un elemento de impulsión introduce en un recinto iluminado por lámparas que eliminan virus y bacterias que se introducen.

Un equipo de este tipo elimina o desactiva los microorganismos.



Módulo introducido en el canal de ventilación con un sistema con lámpara interpuesta que anularía los microorganismos que acompañan al flujo de aire que circula por el sistema de ventilación para que éste no sea un vehículo de transmisión de infección.



Impact of UVC-sustained recirculating air filtration on airborne bacteria and dust in a pig facility  
Lisa Eisenlöffel, Tobias Reutter, Matthias Horn, Simon Schlegel, Uwe Truyen, Stephanie Speck PLOS

#### Desinfección de superficies

La incidencia directa de la radiación ultravioleta sobre una superficie puede anular todos los microorganismos presentes. La incidencia directa es la que tiene esa capacidad, las zonas de sombra no será higienizada, tampoco aquellas superficies que estén cubiertas por cualquier capa que filtre o sea opaca a la radiación UVC. De esta manera el contacto físico de las personas con esas superficies no implica riesgo de contagios.

Muchos factores como la distancia del foco emisor a la superficie a tratar o diferencias en la reflectividad de las superficies, pueden generar diferencias significativas en los tiempos de aplicación necesarios para higienizar los recintos. Estos tiempos van de 6 minutos a varias horas. Por lo tanto es un punto importante a considerar.

Existen equipos portátiles que pueden ser transportados con facilidad para trabajar en diferentes áreas a higienizar. Este tipo de equipos requerirán un procedimiento de uso diseñado para operar el equipo de forma segura para el operador del equipo que reduzca al mínimo la exposición a la radiación.

#### Desinfección de equipamiento herramientas y útiles de trabajo.

Cualquier equipo que pueda ser usado por múltiples personas supone un riesgo de transmisión de microorganismos. Depositarlos en un equipo de higienización que garantice tras su uso la no presencia de patógenos limita la posibilidad de contagios. Existen equipos pensados para ser usados desde los teléfonos a cualquier herramienta, útil o producto susceptible de entrar en contacto con las personas.

### Condiciones de uso de los equipos

#### Mantenimiento

Cualquiera que sea el tipo de uso o tipo de lámpara que se pueda tener ha de estar correctamente mantenido de acuerdo a lo que indiquen instaladores o distribuidores de los equipos o lámparas.

Uso de filtros físicos de aire, elementos impulsores de aire etc que han de ser mantenidos en buenas condiciones

Filtros ópticos o elementos que forman parte de la lámpara.

Especialmente crítico es la deposición de polvo u otros contaminantes sobre superficies de emisión o reflexión del haz.

### Condiciones ambientales

La temperatura, pero especialmente la humedad modifica fuertemente el potencial desinfectante de la radiación UVC. En general en ambientes más secos se optimiza el funcionamiento de este principio de inactivación de los microorganismos. Un valor de referencia a no superar es el de 50% de humedad relativa, pero también sin que sea más bajo del 30% en el que se agravarían otros problemas relacionados con un ambiente seco.

### Prevención de riesgos asociados; Aplicación segura de la tecnología

El uso y presencia de lámparas emisoras de radiación ultravioleta en el ambiente de trabajo está sujeta al cumplimiento de la normativa específica:

Real Decreto 486/2010, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales.

La norma regula las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición:

- Establece aplicar un plan de acción que incluya las medidas técnicas y organizativas destinadas a impedir que la exposición supere los valores límite;
- Determinar los valores límite de exposición en dos apartados diferenciados: uno para radiación incoherente y otro para radiación láser. En esta situación se usa radiación incoherente con un haz amplio.

#### Radiaciones ópticas incoherentes

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

Nº orden	Longitud de onda $\lambda$ (nm)	Valor límite (unidades)	Parte del cuerpo/Riesgo
1	180-400 (UV A-B-C)	$H_{\text{eff}}=30 \text{ (J/m}^2\text{)}$ <i>valor referido a 8 horas</i>	Ojos: Córnea—fotoqueratitis Ojuntiva—conjuntivitis Cristalino—cataratas Piel: Eritema, elastosis, cáncer de piel

- Prevé diversas especificaciones relativas a la evaluación de riesgos e incluye una relación de aspectos a los que el empresario deberá prestar especial atención al evaluar los riesgos.

Las siguientes consideraciones son fundamentales a la hora de establecer condiciones seguras de trabajo:

- Cualquier medio material interpuesto entre piel y ojos del trabajador evita la exposición.

- Desconectado el sistema de emisión del equipo no queda radiación residual y por tanto no existirá exposición de las personas al agente (radiación).

Documentos de consulta:

<https://www.youtube.com/watch?v=uqSHPKiclbs>

[https://www.youtube.com/watch?v=WRXZjLk\\_4Hk](https://www.youtube.com/watch?v=WRXZjLk_4Hk)