

## RADIACIÓN ULTRAVIOLETA ORIENTADA A LA DESINFECCIÓN.

La lucha por la búsqueda de soluciones válidas y eficaces contra patógenos vinculados al ambiente humano nos ha llevado al estudio de los equipos basados en la emisión de radiación ultravioleta con fines desinfectantes, higienizantes y/o esterilizantes.

Me gustaría describir qué es la radiación ultravioleta C (UVC), comentar y compartir y resumir algunas publicaciones sobre su uso y estudio, cuáles son las principales aplicaciones y describir el equipo de desinfección “AIR 160”

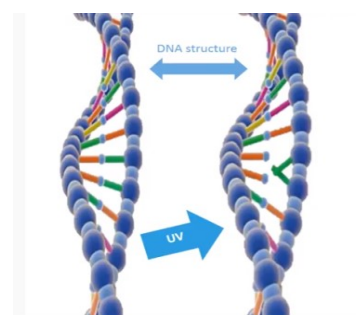
### RADIACION UV-C (ultravioleta C)

La radiación ultravioleta C es un tipo de radiación electromagnética. Hay que tener presente que tanto la luz, como las microondas, como las ondas de radio, telefonía móvil, etc.... todo son tipos de radiación electromagnética. La radiación electromagnética es emitida desde la capa electrónica de distintos elementos químicos (normalmente metales) o bien por la simple corriente de electrones a través de un conductor, bien por fenómenos radiactivos o bien por fenómenos de excitación previa de los electrones de la última capa. La radiación electromagnética se caracteriza con su longitud de onda o su frecuencia (la frecuencia es el inverso de la longitud de onda y viceversa). La energía de una onda electromagnética está relacionada directamente con su longitud de onda; a menor longitud de onda, mayor es su energía. La longitud de onda se suele dar en nanómetros (nm). Un nanómetro equivale a  $1 \times 10^{-9}$  m. (0,000000001 m) o la milmillonésima parte de un metro o la diezmillonésima parte de un cm, o la millonésima parte de un milímetro....

Cuanto mayor es la potencia de la excitación previa de los electrones mayor es la energía de la radiación producida; por ejemplo, los rayos X se generan sometiendo a un altísimo voltaje (miles de volts) una corriente de electrones. La radiación ultravioleta A, B ó C se genera habitualmente en las lámparas fluorescentes, sometiendo átomos de mercurio a una corriente eléctrica de 220 V. En el caso del ultravioleta C, la potencia del tubo fluorescente permite una mayor excitación electrónica de los átomos de mercurio que aquella que se produce en los fluorescentes emisores de UV-A, por lo que la radiación UVC es mucho más energética que la UVA.

El comportamiento de las radiaciones electromagnéticas depende de su longitud de onda y por tanto de su energía. Cuando la radiación electromagnética interactúa con átomos y moléculas puntuales, su comportamiento también depende de la cantidad de energía que lleve. Este

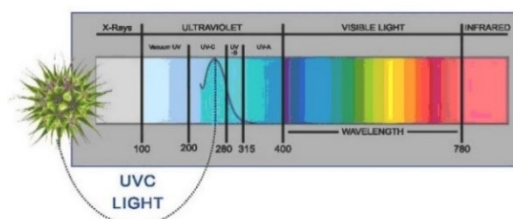
dato es importante cuando se analiza la influencia de las ondas electromagnéticas producidas por un microondas, por un teléfono móvil, por las antenas de telefonía móvil o por los cables de alta tensión. La



radiación UV-C tiene efectos negativos en el tejido humano en caso de exposición prolongada (es el efecto de la radiación solar sobre la piel, por eso hay que usar cremas con filtros UV-C) y de la misma forma tiene efectos negativos cuando interactúa con las células de bacterias y/o virus. Los métodos tradicionales de desinfección utilizan productos químicos para destruir las estructuras celulares y disrupir la función celular adecuada. En la desinfección UV, la luz UV daña el ácido nucleico de la célula para que no pueda reproducirse (USEPA, 2003). Los nucleótidos de ADN y ARN absorben la luz UV en el rango de 200 a 300 nm, que es la longitud de onda que emiten las lámparas UV. La absorción de la luz UV varía de un microorganismo a otro debido a las diferencias en el ADN y el ARN.

El ultravioleta C es una radiación con una longitud de onda comprendida entre los 200 y los 280 nm.

La principal aplicación está orientada a la desinfección de agua para consumo humano o de aire en interiores. La longitud de onda que ha demostrado ser más efectiva contra distintas cepas de bacterias y virus es de aproximadamente 254 nm.



## REFERENCIAS EXISTENTES SOBRE APLICACIÓN DE LA LUZ UVC.

La tecnología UVC se lleva utilizando hace muchos años con fines higiénicos.

Existen cientos de publicaciones sobre estudios de eficacia de la radiación UVC frente a microorganismos en medio aéreo y acuático. En este cuadro he resumido algunos de ellos (no me ha costado encontrarlos) y he extraído las conclusiones y resultados de sus exposiciones.

<b>Artículo</b>	<b>Dosis (*) mW s/cm<sup>2</sup></b>	<b>Parámetros del ensayo.</b>	<b>% inactivación</b>
<p><i>Eficiencia de la inactivación biológica mediante sistema de luz UV en conducto de aire<sup>1</sup>. Sept 2006</i></p> <p><u>Descripción del test.</u> Circulación de aerosoles de bacterias en conducto de aire acondicionado.</p> <p><u>Resumen de los resultados:</u> La radiación UV produce una inactivación mucho mayor en bacterias S. marcescens y MS2 que en esporas de bacillus atrophaeus.</p> <p><u>Material:</u> 12 lámparas 440 Watt UVC – 100mW/cm<sup>2</sup></p>	0,447	Serratia marcescens	99,8
		Bacterial Virus (MS2 bacteriófago)	59,00
		Esporas de Bacillus. Atrophaeus	6,90
		V. aire:	1.01 m <sup>3</sup> /sec
		Duración:	desconocido
	<b>Dosis mW s/cm<sup>2</sup></b>	<b>Parámetros del ensayo</b>	<b>% supervivencia</b>
<p><i>Efecto de la radiación ultravioleta C en aerosoles virales<sup>2</sup> 2007.</i></p> <p><u>Descripción del test:</u> 1 - circulación de aerosoles inoculados con virus bacteriófago MS2, Adenovirus Respiratorio Serotipo 2 y coronavirus del virus de la hepatitis murina, a través de cámara irradiada con radiación ultravioleta. 2 - mismo test realizado sobre los patógenos en suspensión líquida.</p> <p><u>Resumen de los resultados:</u> Los aerosoles de coronavirus son altamente susceptibles a los UV y sugiere que la desinfección del aire con UV puede ser un método eficaz para prevenir enfermedades virales respiratorias importantes como SARS. La susceptibilidad de los coronavirus en aire respecto a suspensión líquida es de un 85,7% superior y entre 7 y 10 veces más susceptibles al UV que virus MS2 y adenovirus.</p> <p><u>Material:</u> 6 lámparas de 36 wat UVC</p>	2,608	Bacteriófago MS2	31,1
	2,608	Adenovirus	32,9
	0,599	Coronavirus hepat.murina	12,2
	Caudal de aire		12,5 l / min

(\*) **mW s/cm<sup>2</sup>** : miliwatt segundo por cm<sup>2</sup> es una unidad de dosis de radiación. Es la energía aportada por cm<sup>2</sup>. Equivale a **mJ/cm<sup>2</sup>** (miliJulios por cm<sup>2</sup>)

Se hallan valores de **0.447 mJulios/cm<sup>2</sup>** de irradiación media para un caudal de aire de 1000 l/segundo para la inactivación del 99.8% de S. marcescens y del 59% para bacteriófagos MS2. La irradiación se midió entre 1,8 y 5,1 mW / cm<sup>2</sup> a 117 cm de distancia del plano vertical de las lámparas.

Se hallan valores de aproximadamente **0.6 mWs/cm<sup>2</sup>**(unidad equivalente a mJ/cm<sup>2</sup>) para inactivación del 87,8 % de coronavirus, de **2.61 mJ/cm<sup>2</sup>** para la inactivación del 68.9% de bacteriófagos MS2 y del 67,1% de adenovirus irradiados con UVC en corriente de aire en circulación de 12.5 litros por minuto durante 15 minutos.

<sup>1</sup> [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_file\\_download.cfm?p\\_download\\_id=459254&Lab=NHSRC](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=459254&Lab=NHSRC)

<sup>2</sup> <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es070056u#>

<u>Artículo</u>	<u>Microorganismo:</u>	<u>Dosis mWs/cm<sup>2</sup> (*)</u>		
		<u>Inactivación (log) (**)</u>		
		<u>2 log</u>	<u>3 log</u>	<u>4 log</u>
University of New Hampshire inactivación de microorganismos en agua de bebida usando radiación UVC <sup>3</sup> . 2003  <u>Descripción del test:</u> Inactivación de microorganismos como <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> y virus en el agua potable sin producir subproductos de desinfección conocidos (DPB). <u>Resumen de resultados:</u> <i>Cryptosporidium</i> y virus no muestran signos significativos de reparación después de la exposición a los rayos UV. La reparación ha ocurrido en <i>Giardia</i> cuando se expone a pequeñas dosis de UV (0.5 mJ / cm <sup>2</sup> ) pero debido a que las dosis típicas de UV para el agua potable son de aproximadamente 40 mJ / cm <sup>2</sup> , la reparación de <i>Giardia</i> no debería ser un problema.	Legionela pneumophila	5	6,9	9,4
	Hepatitis A	9,8	15	21
	Staphilococcus aureus	5,4	6,5	10,4
	Adenovirus Tipe 40	59	90	120
	Rotavirus SA11	19	26	36
	Bacteriofago virus MS2	29	45	62

(\*) se muestran algunos de los resultados. Consultar el artículo para ver los resultados completos.

(\*\*) el valor muestra el factor de reducción en el número de colonias tras la exposición como exponente de potencias de 10. Ejemplo, 4 significa una reducción del 99,99%, 3 = 99,9% de reducción y 2= 99% de reducción

En este caso último, los datos obtenidos se refieren a las necesidades de irradiación UVC en suspensiones líquidas de los distintos patógenos y según la referencia documental 2, en la página anterior, se descubrió que los coronavirus son un 85% más susceptibles a la luz UVC en aire que en agua.

### DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO AIR 160

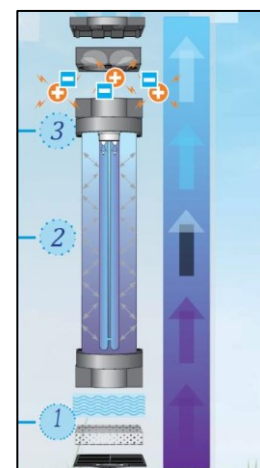
El equipo de desinfección AIR 160 es un equipo fabricado para mejorar la calidad del aire de una habitación. Está diseñado para filtrar e irradiar con luz UVC el aire de una habitación interior de forma constante. Está compuesto de:

- Un filtro HAF-E 3M de grado hospitalario (1)
- Un tubo de luz Ultravioleta C, germicida (2)
- Un ionizador generador de iones negativos (3)

Los parámetros del equipo son los siguientes:

### Parámetros técnicos del equipo AIR 160

- Radiación UV de onda corta con un pico a 253.7 nm (UVC) para desinfección
- El revestimiento interior protector garantiza una salida UV constante durante toda la vida útil de la lámpara
- Potencia eléctrica de consumo: 60 W.
- Potencia radiación UV-C: 19 W.
- Vida útil: 8000 h.
- Irradiancia UVC media en el interior de la cámara: 20mW/cm<sup>2</sup>
- Volumen de la cámara: 4712 cm<sup>3</sup>
- Caudal de aire:
  - 25 m<sup>3</sup>/h (velocidad 1)
  - 50 m<sup>3</sup>/h (velocidad 2)
- Dosis UVC
  - Velocidad 1 : **13,4 mJ/cm<sup>2</sup>**
  - Velocidad 2 : **4,23 mJ/cm<sup>2</sup>**
- Volumen de aire para tratamiento en interior recomendado por equipo: 100 m<sup>3</sup>



<sup>3</sup> [http://www.unh.edu/wttac/WTTAC\\_Water\\_Tech\\_Guide\\_Vol2/uv\\_microorganisms.html](http://www.unh.edu/wttac/WTTAC_Water_Tech_Guide_Vol2/uv_microorganisms.html)

Podemos ahora poner a modo de resumen los datos experimentales mostrados arriba y compararlos con la irradiancia que produce el equipo AIR 160

0.447 mJ/cm <sup>2</sup>	Inactivación de 99.8% de S. marcescens y del 59% para bacteriófagos MS2	<p>Dosis de radiación UVC del equipo AIR 160</p> <p>4.23 mJ/cm<sup>2</sup> a 50 m<sup>3</sup>/h</p> <p>8.46 mJ/cm<sup>2</sup> a 25 m<sup>3</sup>/h</p>
0.6 mJ/cm <sup>2</sup>	inactivación del 87,8 % de coronavirus	
2.61 mJ/cm <sup>2</sup>	inactivación del 68.9% de bacteriófagos MS2 y del 67,1% de adenovirus	
5 mJ/cm <sup>2</sup> en agua	Inactivación del 99% de Legionela pneumophila	
9,8 mJ/cm <sup>2</sup> an agua	Inactivación del 99% de Hepatitis A	
5,4 mJ/cm <sup>2</sup> en agua	Inactivación del 99% de Staphilococcus aureus	
59 mJ/cm <sup>2</sup> en agua	Inactivación del 99% de Adenovirus Tipe 40	
19 mJ/cm <sup>2</sup> en agua	Inactivación del 99% de Rotavirus SA11	
29 mJ/cm <sup>2</sup> en agua	Inactivación del 99% de Bacteriofago virus MS2	

Los niveles de radiación UVC hallados en los tests de campo y experimentales mencionados arriba son similares incluso en muchos casos inferiores a los producidos por el equipo AIR 160. Tanto este hecho como los tests de laboratorio realizados sobre el equipo, lo convierten en una solución práctica y efectiva para eliminar los patógenos y otros elementos contenidos en el aire y convertir las estancias interiores en lugares aptos para personas sensibles o con problemas respiratorios o de alergias.

El equipo está disponible en España a través de la compañía Ensystex Spain SL.



## PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Los valores encontrados para el equipo sobre fugas de radiación UVC y de ozono han sido redactados en el informe denominado 1832020 AIR 160 TEST REPORT por la empresa china Guangzhou Zhongke Testing Technology Service Co., Ltd.

Estos valores han sido comparados con los valores TLV recomendados por el INSHT. El informe mencionado está disponible a petición.

Parámetro	Valor medido	TLV INSHT
Fuga UVC a 30 cm del equipo	0.001 mW/cm <sup>2</sup>	3mJ/cm <sup>2</sup> durante 8 horas
Fuga UVC a 1 m de la lámpara	0.113 mW/cm <sup>2</sup>	
Fuga de ozono a 1.5 m durante 1 h	0.005mg/m <sup>3</sup>	0.05 – 0.2 mg/m <sup>3</sup>

Por tanto podemos decir, que el uso del equipo AIR 160 en interiores no conlleva daños para la salud.

## FUENTES

<https://astrojem.com/radiacionelectromagnetica.html>

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec\\_6.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec_6.htm)

[http://www.unh.edu/wttac/WTTAC\\_Water\\_Tech\\_Guide\\_Vol2/uv\\_microorganisms.html](http://www.unh.edu/wttac/WTTAC_Water_Tech_Guide_Vol2/uv_microorganisms.html)

## ALGUNAS PUBLICACIONES RELACIONADAS CON EL ESTUDIO DE UVC

-Nicas M, Miller SL. *A multi-zone model evaluation of the efficacy of upper-room air ultraviolet germicidal irradiation. Appl Occup Environ Hyg* 1999;14:317–28.

-Nagy R. *Application and measurement of ultraviolet radiation. Am Ind Hyg Assoc J* 1964;25:274–81.

-Riley RL. *Ultraviolet air disinfection for control of respiratory contagion. In: Kundsins RB, ed. Architectural design and indoor microbial pollution. New York, NY: Oxford University Press*

-Willmon TL, Hollaender A, Langmuir AD. *Studies of the control of acute respiratory diseases among naval recruits. I. A review of a four-year experience with ultraviolet irradiation and dust suppressive measures, 1943 to 1947. Am J Hyg* 1948;48:227–32

-Menzies D, Pasztor J, Rand T, Bourbeau J. *Germicidal ultraviolet irradiation in air conditioning systems: effect on office worker health and wellbeing—a pilot study. Occup Environ Med* 1999;56:397–402.

-Walker, Chris & Ko, Gwangpyo. (2007). *Effect of Ultraviolet Germicidal Irradiation on Viral Aerosols. Environmental science & technology. 41. 5460-5*

Francisco García

Dtor. Técnico Ensystem Spain SL

Abril 2020