

**Instituto de Investigación  
e Ingeniería Ambiental**  
3IA\_UNSAM

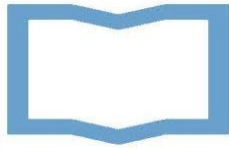
**EVALUACIÓN Y OPINIÓN TÉCNICA SOBRE EL  
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE  
DESINFECCIÓN Y ESTERILIZACIÓN DE AIRE  
Y SUPERFICIES EV-O 1000 FABRICADO POR  
LA EMPRESA ecoVIOX**



**PARTE 1: EVALUACION DE LA PRESENCIA DE COMPONENTES Y TECNOLOGIA UTILIZADA.**

**PARTE 2: PRODUCCIÓN DE OZONO Y ANÁLISIS DE REMOCIÓN DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE Y SUPERFICIES**

16 de octubre de 2020, Buenos Aires, Argentina



**PARTE 1: EVALUACION DE LA PRESENCIA DE COMPONENTES Y  
TECNOLOGIA UTILIZADA.**

**Contenidos del documento:**

1-Objetivos de la tecnología

2-Información de la empresa fabricante: EcoVIOX

3-Características del equipo

4-Descripción de los componentes del equipo:

4.1- Filtros: carbón activado y HEPA

4.2- Lámpara UV-C FAR

4.3- Lámpara UV-C O<sub>3</sub>

4.4- Motor con ventiladores

4.5- Sensor de movimiento

4.6- Integrador de luz

5-Instalación y funcionamiento del equipo

6-Fundamentos teóricos

7-Marco regulatorio para uso de radiación UV y de Ozono

8-Seguridad

9-Disposición de los residuos generados

10-Conclusiones

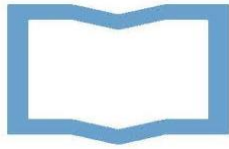
11-Bibliografía

12-Anexos

1: Certificado filtro HEPA

2: Manual usuario EV 2020 v1

3: Motor Data Sheet



- 4: Certificado motor
- 5: Recomendaciones y observaciones

## **1-Objetivos de la tecnología**

El objetivo de la tecnología aplicada es la desinfección y esterilización de ambientes. Se trata de un sistema seco de aire filtrado e irradiado con luz UV-C y ozonizado (este último proceso, sólo en ausencia de personas) que acaba de manera eficiente con los virus y bacterias del ambiente y cualquier superficie.

La desinfección es un proceso de reducción de bacterias, virus y hongos, a nivel de que no dañen la salud de las personas.

La OMS define la esterilización como la técnica de saneamiento cuya finalidad es la destrucción de toda forma de vida, aniquilando todos los microorganismos, tanto patógenos como no patógenos, incluidas sus formas esporuladas, altamente resistentes. La esterilización supone el nivel más alto de seguridad (y por lo tanto de letalidad, o eficacia biocida) en la destrucción de microorganismos o de sus formas de resistencia.

## **2-Descripción de la empresa fabricante: EcoVIOX®**

La empresa ecoVIOX® es una empresa argentina con domicilio legal en Gob. Ugarte 2546, CP 1636, Olivos, Buenos Aires, Argentina y representantes en otros países de Latinoamérica y Estados Unidos.

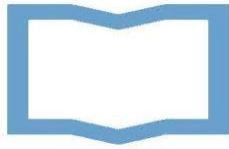
Poseen una página web en la cual se declaran como una empresa experta en UV. Cuentan con más de 30 años de trayectoria en la creación de ambientes saludables. Desarrollan sistemas innovadores pensados para mejorar la calidad de vida de las personas con el aval de las organizaciones de salud más importantes del mundo.

## **3- Características del equipo:**

El equipo evaluado es una unidad de venta declarada por el fabricante, modelo EV-O 1000.

La línea EV-O propone soluciones de desinfección efectiva a través de la filtración del aire, de la generación de ozono y radiaciones UV. Para que dicho proceso sea seguro, se evita el contacto directo de las radiaciones y el ozono con humanos.

El equipo, que se puede montar en la pared o en el techo, posee una potente turbina que absorbe el aire del ambiente y lo esteriliza en su interior a través del novedoso sistema de



doble función (UV-C FAR + UV-C O<sub>3</sub> control) de alta potencia. El aire es devuelto al ambiente libre de virus y bacterias, manteniendo el espacio protegido las 24 hs.

Para asegurarse de que el espacio esté totalmente esterilizado el sistema EV-O ofrece la opción de iniciar el *modo noche*. En un ambiente libre de personas, el equipo puede programarse para efectuar un proceso de ozonización continua durante una hora. Éste proceso es similar al que se realiza en laboratorios y/o quirófanos.

#### **4- Descripción de los componentes del equipo**

Profesionales del 3iA realizaron un análisis de componentes del equipo entregado por la empresa, como así también de los certificados y de las fichas técnicas adjuntas.

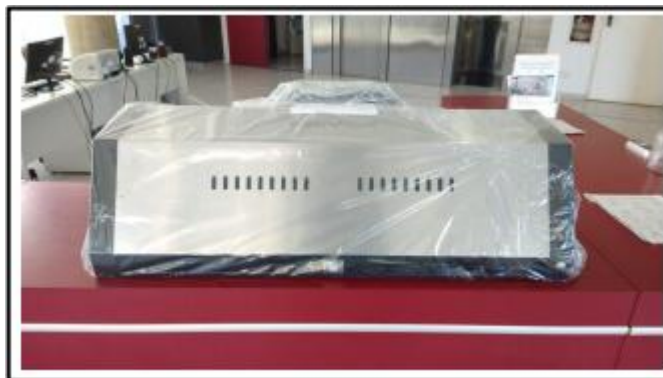


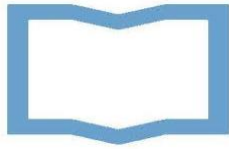
Figura 1: Equipo recibido para evaluación

Los componentes principales presentes en el equipo, son:

- Un filtro de carbón activado y un filtro HEPA
- Una lámpara UV-C FAR
- Una lámpara generadora de ozono UV-C-O<sub>3</sub>
- Un motor con ventiladores
- Un sensor de movimiento
- Un integrador de luz

El espacio donde se ubican las dos lámparas tiene paneles reflectores internos de aluminio pulido.

Todas estas partes contenidas en estructuras de acero inoxidable de fácil ensamble, cerrada herméticamente para evitar fuga de radiación UV (que es nociva para la salud), y de aire, lo que podría causar una pérdida en la eficiencia de la desinfección.



A continuación se detallarán características de cada uno de los componentes evaluados:

#### **4.1- Filtro de carbón activado y filtro HEPA:**

De acuerdo a las especificaciones del manual, al encender el sistema, se genera automáticamente un proceso de aspiración del aire ambiente. Cuando ingresa el aire ambiente pasa por los filtros, quedando retenidos los gases en el filtro de fibra de carbón activado y material particulado, virus y bacterias en el filtro HEPA.

Las dimensiones del filtro HEPA instalado en el equipo en estudio son 305x305x69 mm, clase H14. Se adjunta al informe el certificado del filtro: Anexo 1, donde figuran los resultados satisfactorios del control de calidad.

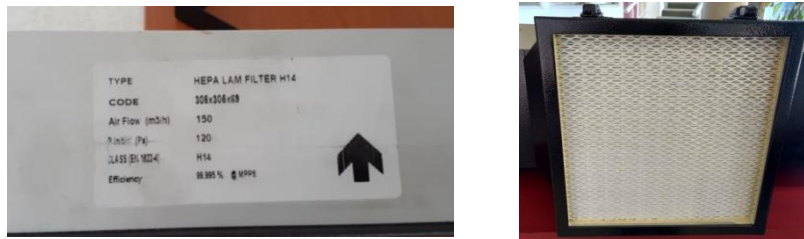


Figura 2: Filtro HEPA instalado en el equipo y características técnicas

#### **4.2- Lámpara UV-C FAR**

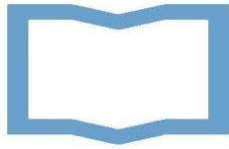
La radiación de la lámpara UV-C FAR es la segunda barrera que atraviesa el aire para el proceso de desinfección y esterilización.

Se trata de una lámpara de vapor de mercurio, hecha de cuarzo en forma de U, de un largo de 55 cm y diámetro de tubo de 1,5 cm.

Hemos tenido acceso a la ficha técnica, pero no se anexará en el informe por ser documentación confidencial de la empresa. Las características sobre su funcionamiento están detalladas en el Manual del usuario (Anexo 2). Estas lámparas son un desarrollo de VIOX UV y son fabricadas por industria China.

#### **4.3-Lámpara UV-C O<sub>3</sub>**

El ozono tiene propiedades germicidas y es capaz de destruir todo tipo de toxinas, bacterias, hongos y virus presentes en un ambiente, purificando el aire en cada aplicación. Los tratamientos con ozono oxigenan y limpian el aire en espacios cerrados, eliminando olores y todo tipo de agentes nocivos. Al tratarse de un gas, es capaz de llegar a cualquier área.



Reduce esfuerzos y tiempo en la limpieza y desinfección de determinadas superficies como tapicerías y tejidos, y en lugares de difícil acceso con otros medios.

La lámpara UVC-O<sub>3</sub> tiene las mismas dimensiones que las lámparas UV-C FAR. Es una lámpara de descarga de vapor de mercurio que solo se enciende para la generación de ozono. Al igual que la lámpara UV-C FAR es un desarrollo de VIOX UV y son fabricadas por industria China. Hemos tenido acceso a la ficha técnica, pero no se anexará en el informe por ser documentación confidencial de la empresa.

Las dos lámparas están ubicadas en la parte superior del equipo como se muestra en la figura 3.

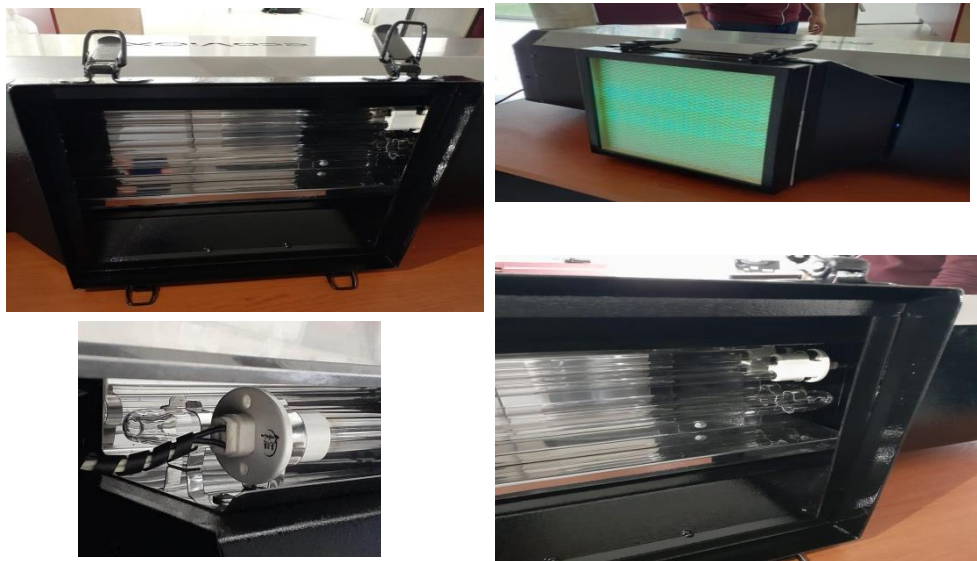


Figura 3: Lámparas UV-C FAR y UVC-O<sub>3</sub>

#### **4.4- Motor con ventiladores**

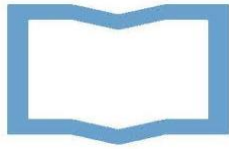
El equipo en análisis tiene instalado un motor con ventiladores para la generación del flujo de aire. Cumple la función de absorber el aire del ambiente y devolverlo luego de atravesar las barreras de desinfección y/o esterilización.

Las características técnicas y el certificado de producto por IRAM se encuentran en los Anexos 3 y 4, respectivamente.

El motor del equipo analizado en el 3iA encendió correctamente.

#### **4.5- Sensor de movimiento**

Se observó que el equipo posee un sensor de movimiento.



#### **4.6 Integrador de luz**

Se observó la presencia de este componente, cuya función es medir la potencia de las lámparas y asegurar el correcto funcionamiento de las mismas.



Figura 4: Equipo abierto. Zona donde está el motor y el integrador de luz

### **5- Instalación y Funcionamiento de dispositivo**

El Anexo 2 corresponde al manual de usuario, el cual detalla brevemente características del equipo y los componentes y explica cómo realizar la instalación, el funcionamiento y la programación.

El encendido del dispositivo es sencillo. Se presiona el único botón que se observa a simple vista ubicado en la parte inferior derecha.

Como se muestra en la Figura 5, el aire ingresa a través del filtro HEPA, luego es forzado a entrar a la cámara de irradiación donde se encuentran las lámparas UV-C FAR y UVC-O<sub>3</sub> (El visor encendido indica el funcionamiento de la lámpara germicida) y finalmente sale el aire tratado. La lámpara UVC-O<sub>3</sub> se encuentra siempre apagada, salvo cuando el equipo está en *modo noche* que corresponde a un ciclo de 1 hora, según indica el manual, de 5 a 6 am, donde todas las partes del equipo están funcionando en simultáneo, filtro HEPA, lámpara UV-C FAR y lámpara UV-C-O<sub>3</sub>.

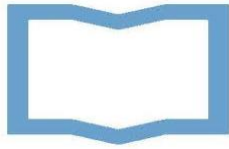


Figura 5: Figura extraída del manual de usuario. Flujo de aire

Existe una alternativa para activar manualmente el funcionamiento de la lámpara UVC-O<sub>3</sub> a través del encendido simultáneo del botón de Encendido con el botón RESET (que se encuentra debajo de la luz led azul titilante).

## **6- Fundamentación teórica**

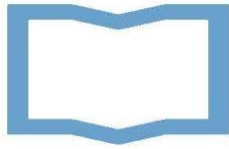
A continuación se presenta información teórica sobre la efectividad de los sistemas de desinfección y esterilización seleccionados por el fabricante.

### **Filtro de carbón activado y filtro HEPA**

Los filtros de carbón activado se emplean en la limpieza del aire dentro de equipos de filtración. El carbón activado es un material altamente poroso que retiene gases y vapores del flujo del aire por ejemplo gases orgánicos, radón y NO<sub>2</sub> a través del fenómeno superficial de adsorción. La eficiencia de eliminación de los gases está determinada la capacidad de adsorción y la cantidad de carbón activado, y por la caída de presión y la estructura del filtro (Gelderland, 2002; NIOSH, 2003).

Las fibras de carbón activado tienen características únicas en comparación con el carbón activado en forma granular o en polvo. La forma fibrosa delgada asegura una adsorción mucho más rápida y es de muy fácil manejo (Suzuki, 1994).





Los filtros de aire HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) son filtros de alta eficiencia que satisfacen ciertos estándares. La satisfacción de estos estándares asegura que un filtro HEPA debe eliminar del aire que lo atraviesa, al menos el 99,95% de partículas de diámetro igual a 0,3  $\mu\text{m}$ , según la *British Standards Institution*.

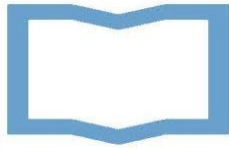
Existen diferentes clasificaciones de los filtros HEPA de acuerdo a su rendimiento, y este se puede expresar por la eficiencia o la penetración de partículas MPPS (*Most penetrating particle size*). En la Tabla 1 se pueden observar los % de eficiencia y penetración para dos clases de filtros HEPA, H13 y H14 (BS EN 1822).

	Valor Integral	
	Eficiencia %	Penetración %
H13	$\geq 99,95$	$\leq 0,05$
H14	$\geq 99,995$	$\leq 0,005$

Tabla 1: comparación de filtros HEPA: H13 y H14

Existen diferentes mecanismos relacionados con la retención de las partículas en el filtro. Un aumento en el tamaño de partícula causa el incremento del mecanismo de la filtración por intercepción e impacto inercial, mientras que cuando decrece el tamaño de partícula mejora la filtración por difusión Browniana. En consecuencia, hay un tamaño de partícula intermedio donde dos o más mecanismos operan simultáneamente y ninguno domina. Esta es la región donde la penetración de la partícula a través del filtro es máxima y la eficiencia del filtro es mínima. Para la mayoría de los filtros de fibra que operan a bajas velocidades de filtración, el mínimo de eficiencia es generalmente conocido y se encuentra alrededor de los 0,3  $\mu\text{m}$ . Esta es la causa por la cual se utiliza ampliamente el test DOP (dioctyl phthalate) para filtros HEPA, el cual usa partículas de DOP de 0,3  $\mu\text{m}$  de diámetro mono dispersadas para testear los filtros (Lee & Liu, 1980). Para muchas aplicaciones de filtración de aire por filtros de fibra, es importante saber cómo el tamaño de partícula más penetrante y la mínima eficiencia correspondiente varían con los parámetros de filtración, como el diámetro de las fibras, el espesor del filtro y la velocidad de las partículas.

Los filtros HEPA están compuestos por una malla de fibras dispuestas al azar perpendiculares al flujo de aire. Las fibras típicamente tienen diámetros desde menos de 1  $\mu\text{m}$  hasta más de 50  $\mu\text{m}$ . La densidad del empaquetamiento del filtro puede variar del 1% al 30%. Pueden estar compuestas por numerosos materiales como algodón, fibra de vidrio, poliéster y polipropileno. También pueden ser usados en combinación con materiales



adsorbentes como carbón activado o arcillas para remover gases o vapores del aire (NIOSH, 2003).

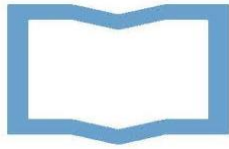
Los filtros HEPA se emplean en una variedad de ambientes, incluyendo quirófanos hospitalarios, fábricas de equipos electrónicos, cuartos limpios y plantas de energía nuclear ya que tienen la capacidad de filtrar impurezas y partículas del aire, como virus, bacterias, hongos, polvo, ácaros, polen, humo, etc. (Roelants, 1968).

### **Lámparas UV-C FAR**

Las radiaciones ultravioletas-C (UV-C) se utilizan hace más de medio siglo para la desinfección del aire, agua y superficies (Luckiesh 1946). La aplicación de radiación UV-C se está volviendo cada vez más frecuente a medida que aumenta la preocupación por la calidad del aire interior. Actualmente es utilizada para interrumpir la transmisión de organismos patógenos, como *Mycobacterium tuberculosis*, virus de la gripe, moho y posibles agentes de bioterrorismo (Brickner, 2003; CDC 2002, 2005; GSA 2010; McDevitt, 2008; Rudnick, 2009).

La radiación UV-C se ubica en la región de energía del espectro electromagnético comprendida entre los 180 y 280 nm, el cual es el rango germicida. La radiación inactiva microorganismos al dañar la estructura de los ácidos nucleicos y las proteínas a nivel molecular, haciéndolos incapaces de reproducirse. Hasta ahora las más empleadas son lámparas de descarga de vapor de mercurio a baja presión que emiten radiación monocromática principalmente a 254 nanómetros de longitud de onda. Si bien esta radiación es muy efectiva, usada directamente, puede ser un peligro para la salud de la piel y los ojos. El equipo analizado utiliza lámparas UV-C FAR (207-222 nm), que emite principalmente a 222 nm. Esta longitud de onda tiene gran poder germicida, pero no dañaría las células o tejidos de mamíferos expuestos (Buonanno, 2013).

La efectividad de muerte de microorganismos depende de la dosis recibida, que a su vez depende de la intensidad de la luz y del tiempo de contacto (dosis = intensidad x tiempo). La dosis UV necesaria para asegurar una inactivación de 99% depende del tipo de microorganismo presente en el aire. Dichos valores están tabulados para gran parte de los patógenos conocidos. La intensidad de la luz depende del tipo de lámpara y de la calidad del aire. El caudal de aire afecta directamente al tiempo de exposición ya que a mayor caudal, menor tiempo de exposición por lo que se debe incrementar la intensidad. En la Tabla 2 se muestran dosis UVGI (Irradiación ultravioleta germicida) necesarias para inactivar un porcentaje de las bacterias tratadas. Los experimentos de laboratorio son cuidadosamente controlados y exponen cultivos puros identificados de bacterias secas al aire, en aerosol para medir con precisión los niveles de irradiancia ultravioleta para períodos de exposición predeterminados con el fin de producir tablas que enumeran la dosis UVGI necesaria para inactivar un porcentaje seleccionado de las bacterias tratadas,



generalmente 90% (Guidelines for the Application of Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation for Preventing Transmission of Airborne Contagion—Part I).

**TABLE 1**  
**Relative Susceptibility to UVGI for a**  
**Selected List of Microorganisms\***

<b>Microorganism</b>	<b>Relative Susceptibility cm<sup>2</sup>/μW·s</b>
Bacillus anthracis	0.54
Bacillus subtilis	0.34
Corynebacterium diphtheriae	0.72
Escherichia coli	0.80
Pseudomonas aeruginosa	0.44
Serratia marcescens	1.0
Staphylococcus albus	1.3
Staphylococcus aureus	0.93
Streptococcus hemolyticus	0.11

\*Based on Serratia marcescens as 1.0 (Philips undated).

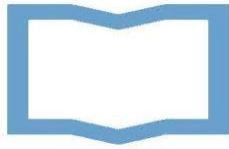
Tabla 2: Susceptibilidad a UVGI de los microorganismos

La luz UV-C es generada en tubos cerrados con vapor de mercurio a baja presión. El mercurio se vaporiza cuando se enciende la lámpara, los átomos se aceleran debido al campo eléctrico en la descarga y chocan con el gas noble alcanzando un estado de excitación. La vida útil de la lámpara UV-C varía según el fabricante y las características de funcionamiento.

## **Ozono**

El ozono es un gas incoloro con un olor característico y se compone de una molécula con tres átomos de oxígeno en lugar de dos. El átomo extra del ozono es un radical suelto que reacciona con compuestos orgánicos volátiles, neutraliza los olores y ciertos gases y luego se revierte a oxígeno nuevamente. El ozono es un oxidante muy fuerte y destruye las sustancias orgánicas, moléculas de bacterias, mohos, por lo tanto es capaz de esterilizar el aire y eliminar los olores y gases tóxicos. Ha sido utilizado por la industria durante muchos años y en diferentes aplicaciones tales como el control de olores, la purificación del agua y como desinfectante. (Mork, 1993).

Lograr la creación o destrucción del ozono con radiación electromagnética UV depende de la longitud de onda de la fuente de luz UV y, por tanto, la cantidad de energía transmitida. La longitud de onda óptima que se ha estipulado para las lámparas generadoras de ozono es de 185 nm. Dicha radiación interactúa con moléculas de O<sub>2</sub>, dividiéndolas en dos átomos



de oxígeno y haciendo que estos átomos se unan en moléculas de tres átomos de oxígeno, generando moléculas de ozono (Summerfelt, 2003).

El ozono es un compuesto natural, se genera fácilmente in situ de oxígeno o aire, y se descompone en oxígeno con una vida media de aproximadamente 20 minutos ( $\pm 10$  min dependiendo en el medio ambiente). Como gas puede penetrar en todas las áreas dentro de una habitación, incluyendo grietas, accesorios, telas y la superficie de los muebles, mucho más eficiente que aerosoles y aerosoles líquidos aplicados manualmente (Barker et al., 2004; Malik et al., 2006; Hudson et al., 2007). Se ha demostrado ampliamente que el ozono es eficaz en la eliminación de bacterias, virus, protozoos, nemátodos, hongos, agregados celulares y esporas debido a que ejerce su acción biológica por oxidación directa de la pared celular, vía radicales libres, formados en el proceso de peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados y en el de oxidación de proteínas, aminos y tioles (Pryor et al., 1995)

Los resultados de los estudios sobre los efectos biocidas de concentraciones bajas a moderadas del ozono en bacterias y hongos se resume en la siguiente Tabla 3 (Kowalsk, 2010)

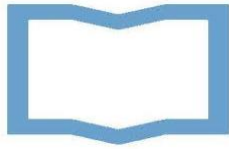
Test Microbe	Ozone (ppm)	RH%	Time (min)	Survival (%)	Researchers
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.3–0.9	—	240	0.5	Dyas et al. (1983)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.3–0.9	—	240	31	Dyas et al. (1983)
<i>Serratia</i> spp.	0.3–0.9	—	240	3.2	Dyas et al. (1983)
<i>Proteus</i>	0.3–0.9	—	240	0.9	Dyas et al. (1983)
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0.3–0.9	—	240	8	Dyas et al. (1983)
<i>Streptococcus salivarius</i>	0.6	60–75	100	2	Elford & van de Eude (1942)
<i>Bacillus cereus</i>	3	95	60	0.013	Ishizaki et al. (1986)
<i>Fusarium oxysporum</i>	0.1	35–75	240	2	Hibben & Stotzky (1969)
<i>Aspergillus niger</i>	0.1	35–76	240	84	Hibben & Stotzky (1969)
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0.1	35–77	240	43	Hibben & Stotzky (1969)
<i>Penicillium chrysogenum</i>	3–9	90	1380	0.1	Foarde et al. (1997)

Tabla 3: Efectos biocidas de concentraciones bajas a moderadas de ozono.

El ozono es un gas tóxico. El olor del ozono es detectable por la mayoría de las personas en un nivel de 0,03-0,015 ppm y se hace intolerable para la mayoría en 0,15 ppm. El consenso general es que cuando se puede detectar el gas es el momento de dejar el área (Purofirst, 2000). Sin embargo, se puede utilizar de forma segura cuando se dosifica adecuadamente conforme a técnicas especializadas de medición y control y bajo Normas de aplicación (Ver punto 7).

Cuando se utilizan altas concentraciones de ozono para tratamiento del aire, las condiciones deben estar suficientemente controladas para asegurarse de que ninguna persona o mascota quede expuesta. Además, el ozono puede afectar negativamente a plantas y dañar materiales como caucho, revestimientos de cables eléctricos y telas y piezas arte que contengan tintes y pigmentos susceptibles (U.S.EPA).

## 7- Marco regulatorio para uso de radiación UV y de Ozono



En la Tabla 4 se pueden ver las concentraciones máximas de O<sub>3</sub> durante 8 horas propuestas por la Guía de Calidad de aire de la Organización Mundial de la Salud y como objetivos intermedios.

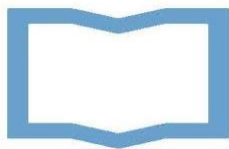
<b>Guía de calidad del aire de la OMS y objetivo intermedio para el ozono: concentraciones de ocho horas</b>		
	<b>Media máxima diaria de ocho horas (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fundamento del nivel elegido</b>
<b>Niveles altos</b>	240	Efectos significativos en la salud; proporción sustancial de la población vulnerable afectada.
<b>Objetivo intermedio-1 (OI-1)</b>	160	Efectos importantes en la salud; no proporciona una protección adecuada de la salud pública. La exposición a este nivel está asociada con: <ul style="list-style-type: none"><li>• efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones de adultos jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos durante períodos de 6,6 horas;</li><li>• efectos en la salud de los niños (basados en diversos estudios de campamentos de verano en los que los niños estuvieron expuestos a niveles ambientales de ozono);</li><li>• aumento estimado de un 3-5% de la mortalidad diaria<sup>a</sup> (basado en los resultados de estudios de series cronológicas diarias).</li></ul>
<b>Guía de calidad del aire (GCA)</b>	100	Proporciona una protección adecuada de la salud pública, aunque pueden producirse algunos efectos en la salud por debajo de este nivel. La exposición a este nivel de ozono está asociada con: <ul style="list-style-type: none"><li>• un aumento estimado de un 1-2% de la mortalidad diaria<sup>a</sup> (basado en los resultados de estudios de series cronológicas diarias);</li><li>• la extrapolación a partir de estudios de laboratorio y de campo, basada en la probabilidad de que la exposición en la vida real tienda a ser repetitiva y en que se excluyen de los estudios de laboratorio las personas muy sensibles o con problemas clínicos, así como los niños;</li><li>• la probabilidad de que el ozono ambiental sea un marcador para los oxidantes relacionados con él.</li></ul>

<sup>a</sup> Muertes atribuibles al ozono. Los estudios de series cronológicas indican un aumento de la mortalidad diaria del orden del 0,3-0,5% por cada incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> en las concentraciones de ozono durante ocho horas por encima de un nivel de referencia estimado de 70 µg/m<sup>3</sup>.

Tabla 4: guía de calidad de aire de la OMS

En la Resolución Nacional 295/2003 de Higiene y Seguridad en el trabajo establece Concentración máxima permisible (CMP) de ozono ponderada en el tiempo es 0,05 ppm para trabajo fuerte, 0,08 ppm para trabajo moderado y 0,10 ppm para trabajo ligero.

En esta misma resolución se regula la exposición a la radiación UV en ambientes de trabajo:



Longitud de onda (nm)	Valor límite (J/m <sup>2</sup> ) $\Delta$	Valor límite (mJ/cm <sup>2</sup> ) $\Delta$	Efectividad espectral Relativa S ( $\lambda$ )
180	2500	250	0,012
190	1600	160	0,019
200	1000	100	0,030
205	590	59	0,051
210	400	40	0,075
215	320	32	0,095
220	250	25	0,120
225	200	20	0,150
230	160	16	0,190
235	130	13	0,240
Longitud de onda (nm)	Valor límite (J/m <sup>2</sup> ) $\Delta$	Valor límite (mJ/cm <sup>2</sup> ) $\Delta$	Efectividad espectral Relativa S ( $\lambda$ )
240	100	10	0,300
245	83	8,3	0,360
250	70	7,0	0,430
254#	60	6,0	0,500
255	58	5,8	0,520
260	46	4,6	0,650
265	37	3,7	0,810
270	30	3,0	1,000
275	31	3,1	0,960
280#	34	3,4	0,880

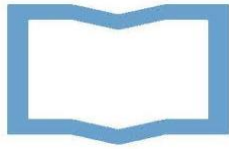
Tabla 5: Valor límite para la radiación ultravioleta y la efectividad espectral relativa

## 8-Seguridad

Es fundamental 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 se debe mirar directamente a las lámparas encendidas. En el caso de ser necesario, se deben utilizar gafas de protección ocular UV y ropa que cubra la piel. El equipo debe contar con un cartel donde se informe el riesgo presente.

En cuanto al ozono, es necesario tener en cuenta que la concentración de ozono en el aire al momento de habitar el espacio luego de la ozonización sea menor a la concentración máxima permitida.

## 9- Disposición de los residuos



La disposición final de las lámparas UV-C usadas debe cumplir con las reglamentaciones ambientales nacionales y locales. Basados en la documentación del fabricante, las lámparas UV-C contienen mercurio en su interior. En particular en Argentina, existe la ley de Nacional de Residuos Peligrosos 24.051 en la cual se clasifica a los residuos por categorías y obliga a retirarlos, disponerlos y tratarlos de manera segura. Las lámparas del dispositivo están compuestas por mercurio y corresponden a la categoría Y29: mercurio y compuestos de mercurio.

## **10-Conclusiones**

El grupo de profesionales del 3iA realizó en una primera etapa la evaluación de los componentes de un equipo ecoVIOX modelo EV-O 1000, verificando presencia de los mismos y realizando una búsqueda bibliográfica acerca de las capacidades y de las precauciones que deben tenerse en cuenta con su utilización.

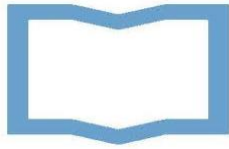
El equipo evaluado en el 3iA contiene un filtro HEPA clase H14. Esta clase de filtro, es capaz de retener el 99,995% de las partículas del aire que lo atraviesan. Este filtro está acompañado por un filtro de carbón activado, material ampliamente usado para adsorber sustancias volátiles del aire. Ambos filtros deben ser usados y reemplazados al finalizar su vida útil, la cual dependerá de la cantidad de horas de uso y la calidad del aire filtrado.

Luego de los filtros, se encuentran instaladas dos lámparas de vapor de mercurio, una UV-C-FAR y otra UVC-O<sub>3</sub>, que genera gas ozono.

Las lámparas UV-C-FAR, utilizadas ampliamente por su capacidad germicida, eliminarían los gérmenes del aire que atravesen el filtro HEPA y por otro lado, los que queden retenidos en el filtro, siempre y cuando la energía sea suficiente. La exposición directa a radiación UV-C puede tener efectos nocivos para la salud por consecuencia debe ser usada en condiciones seguras. Es importante resaltar que la lámpara se encuentra en un espacio confinado sin filtraciones de manera que la radiación emitida es blindada por el material estructural que compone el equipo, por lo tanto no habría riesgo de exposición.

El ozono es un oxidante muy fuerte, capaz de esterilizar el aire y superficies, eliminar los olores y gases tóxicos, siempre y cuando la dosis de éste sea suficiente. Debido a la toxicidad del ozono en altas concentraciones, la lámpara se activa únicamente en ausencia de seres humanos. Como medida de seguridad el equipo tiene un sensor de movimiento que interrumpe la generación del gas en presencia de personas. El correcto funcionamiento debe garantizar que la cantidad de ozono en el aire al momento de habitar el espacio luego de la ozonización sea menor a la concentración máxima permitida para no poner en riesgo la salud de personas y animales. Ambas lámparas deben ser usadas y reemplazadas al finalizar su vida útil.

El grupo de profesionales del 3iA considera que la combinación de todos los componentes que contiene el equipo purificador de aire entregado por la empresa ecoVIOX puede asegurar un eficiente sistema para la desinfección y esterilización del aire y superficies en ambientes cerrados. Las tecnologías utilizadas, filtración con filtros de carbón activado y



filtros HEPA, esterilización a través de radiación UV-C-FAR y ozono, son ampliamente utilizadas y de reconocida eficiencia. El correcto funcionamiento del equipo garantiza que no generará daños en la salud.

Se anexa un apartado de Recomendaciones y observaciones (Anexo 5).

## **11-Bibliografía**

K. W. Lee & B. Y. H. Liu (1980) On the Minimum Efficiency and the Most Penetrating Particle Size for Fibrous Filters, *Journal of the Air Pollution Control Association*, 30:4, 377-381.

BS European Norms 1822 2009 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA).

United States Patent, Gelderland et al, 2002. US 6,413,303 B2.

Guidance for filtration and air-cleaning systems to protect building environments from airborne chemical, biological, or radiological attacks. National Institute for Occupational Safety and Health. 2003.

Suzuki, M. (1994). Activated carbon fiber: fundamentals and applications. *Carbon*, 32(4), 577-586.

Roelants, P., B. Boon, and W. Lhoest. "Evaluation of a Commercial Air Filter for Removal of Virus from the Air." *Appl. Environ. Microbiol.* 16.10 (1968): 1465-1467.

Tsai, Peter, and Sanjiv R. Malkan. "HEPA filter." U.S. Patent No. 6,428,610. 6 Aug. 2002.

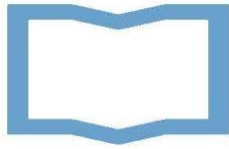
Luckiesh, M. 1946. Application of germicidal, erythematous, and infrared energy. New York: D. Van Nostrand.

Brickner, P.W., R.L. Vincent, M. First, E. Nardell, M. Murray, and W. Kaufman. 2003. The application of ultraviolet germicidal irradiation to control transmission of airborne disease: Bioterrorism countermeasure. *Public Health Report* 118(2):99-114.

CDC. 2002. Comprehensive procedures for collecting environmental samples for culturing *Bacillus anthracis*. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta. [www.cdc.gov/niosh/topics/emres/unp-envsamp.html](http://www.cdc.gov/niosh/topics/emres/unp-envsamp.html).

CDC. 2005. Guidelines for preventing the transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in health-care settings. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)* 37-38, 70-75.





McDevitt, J.J., D.K. Milton, S.N. Rudnick, and M.W. First. 2008. Inactivation of poxviruses by upper-room UVC light in a simulated hospital room environment. *PLoS ONE* 3(9):e3186. [journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0003186](http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0003186).

Rudnick, S.N., M.W. First, R.L. Vincent, and P.W. Brickner. 2009. In-place testing of in-duct ultraviolet germicidal irradiation. *HVAC&R Research (now Science and Technology for the Built Environment)* 15(3).

Buonanno, M. *et al.* 207-nm UV light - a promising tool for safe low-cost reduction of surgical site infections. I: *in vitro* studies. *PLoS One* 8, e76968 (2013).

Iniciativa para acabar con la transmisión de la TB: Guía práctica para el mantenimiento de sistemas germicidas UV, 2017

Guidelines for the Application of Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation for Preventing Transmission of Airborne Contagion—Part I)

Mork, D. D. (1993). Removing sulfide with ozone. *Water Contamination & Purification*. 34-37.

Summerfelt, S.T. 2003. Ozonation and UV irradiation/an introduction and examples of current applications. *Aquacultural Engineering*. 28: 21-36.

Barker, J., I.B. Vipond, and S.F. Bloomfield, “Effects of Cleaning and Disinfection in Reducing the spread of Norovirus Contamination via Environmental Surfaces”, *J. Hosp. Infect.*, 58:42–49 (2004).

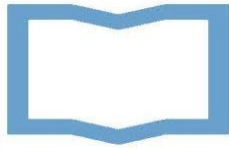
Malik, Y.S., P.B. Allwood, C.W. Hedberg, and S.M. Goyal, “Disinfection of Fabrics and Carpets Artificially Contaminated with Calicivirus: Relevance in Institutional and Healthcare Centres”, *J. Hosp. Infect.*, 63:205–210 (2006).

Hudson, J.B., M. Sharma, and M. Petric, “Inactivation of Norovirus by Ozone Gas in Conditions Relevant to Healthcare”, *J. Hosp. Infect.*, 66:40–45 (2007).

Pryor, W.A.; Squadrito, G.L. and Friedaman, M. 1995. The cascade mechanism to explain ozone toxicity: the role of lipid ozonization products. *Free Radical Biol. Med.* 19: 935–941.

Kowalski, W.J., W.P. Bahnfleth, and T.S. Whittam: Bactericidal effects of high airborne ozone concentrations on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Ozone Sci. Engin.* 20:205–221

Purofirst (2000). Ozone. 411 Information Please: Technical data for fire, smoke, and water damage restoration & reconstruction, 8.



**Instituto de Investigación  
e Ingeniería Ambiental**  
3iA\_UNSAM

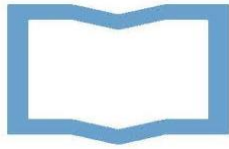
Guía de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, 2005.

<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners>

Ley Nacional de Residuos Peligrosos 24051

Página Web: [www.ecoviox.com.ar](http://www.ecoviox.com.ar)

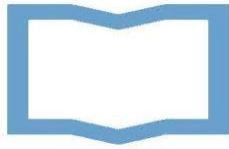
Resolución 295/2003 del Ministerio de trabajo, empleo y seguridad social.



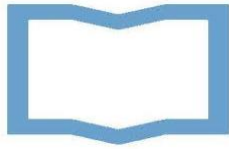
## **Anexo 5: Recomendaciones y observaciones**

Luego de la evaluación del equipo, documentación, instructivos de uso y página web hacemos las siguientes observaciones:

- Incluir una capacitación con la compra de los equipos, ya que su uso incorrecto es riesgoso para la salud de las personas y animales que pudieran estar en el lugar donde se instale y utilice el equipo.
- En los Data Sheet falta información acerca del espectro de emisión de las lámparas y sus componentes.
- Los Data Sheet de las dos lámparas idénticos, salvo por el punto de emisión de ozono. Los títulos no son específicos ni correspondientes a los componentes que se mencionan en el manual de usuarios.
- Añadir el nombre del modelo y número de serie en los equipos.
- El equipo debe ser instalado por personal calificado y esto debe figurar en el manual y en la página web.
- Contratar el servicio de un experto en higiene y seguridad para que realice una medición de la radiación UV en la parte exterior del equipo.
- Diferenciar en forma más clara las dos lámparas a fin de evitar confusiones en el armado o el recambio de las mismas.
- Evaluar la siguiente frase que se encuentra en el archivo Brief eco-VIOX: “El sistema eco-VIOX® produce el aire ozonizado en los valores recomendados por la OMS, esterilizando un 99% de todo lo que atraviese, incluyendo: vestimenta y calzado, cabello y barba, objetos que porte la persona”.
- Respecto a la capacidad máxima de esterilización de los equipos, no es claro el dato que se brinda expresado en superficie, dado que el dispositivo esteriliza un espacio que tiene un determinado volumen.
- Realizar una medición de ruido generado por el equipo.
- El equipo no tiene contador de horas de uso. Se recomienda el uso de un registro que deba mostrar la fecha en que se puso en funcionamiento la lámpara para que pueda ser reemplazada al final de la vida útil.



- No queda claro si el integrador de luz emite una alarma cuando la lámpara ya no tiene utilidad.
- A fin de prevenir la exposición ocular a radiaciones debe colocarse en un lugar cercano al equipo, una etiqueta de advertencia. Además, se podría equipar las unidades con trabas de seguridad o desconexión automática cuando el panel de acceso a la lámpara sea abierto.
- Programar el horario de encendido de la lámpara de ozono de acuerdo al cliente, teniendo en cuenta horarios de uso del sector, ya que en el Manual del usuario indica un horario específico de encendido). Esta alternativa de uso debe ser personalizada.
- Quedan pendientes, para la segunda etapa de trabajo, las pruebas experimentales para comprobar la capacidad germicida del equipo, la cuantificación de ozono generado y la medición de la radiación UV-C emitida siguiendo normas técnicas estandarizadas.



**PARTE 2: PRODUCCIÓN DE OZONO Y ANÁLISIS DE REMOCIÓN DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE Y SUPERFICIES.**

**Contenidos del documento:**

1- Producción de Ozono

a. Objetivos del ensayo

b. Metodología

c. Resultados

- ❖ Calibración de la metodología colorimétrica
- ❖ Determinación de la tasa de producción de ozono

d. Conclusiones

2- Análisis de remoción de microorganismos en el aire y superficies

a. Objetivos del ensayo

b. Metodología

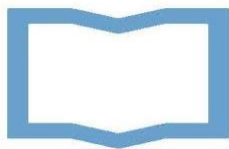
c. Resultados

- ❖ Remoción de microorganismos en el Aire
- ❖ Remoción de microorganismos en Superficie

d. Conclusiones

3- Conclusiones Generales

4- Bibliografía



## 1- Producción de Ozono:

### a. Objetivo

El objetivo de esta sección es la determinación espectrofotométrica de la tasa de producción de ozono por la lámpara UVC-O3 incorporada al equipo EV-O 1000.

### b. Metodología

Se determinó la tasa de producción de ozono de la lámpara UVC-O3 cuantificando por espectrofotometría el ozono producido. La determinación se realizó para un único periodo de tiempo y volumen constante, sin flujo de aire. Los resultados obtenidos se compararon con los datos informados por el fabricante en la ficha técnica de la lámpara y otras lámparas generadoras de ozono de características similares.

La determinación se realizó aplicando una de las metodologías espectrofotométricas más utilizadas, la misma se basa en la reacción del ozono con el colorante índigo carmín (3,3-dioxo-2,2-bi-indolilideno-5,5-disulfonato disódico). Esta se aplica a la determinación de ozono en mezclas de gases y ozono residual en soluciones acuosas. Cuando se burbujea ozono en la solución de colorante, cada molécula de ozono reacciona con una molécula de índigo carmín, decolorando la solución por formación de ácido isatino sulfónico incoloro (Figura 1) [1-3].

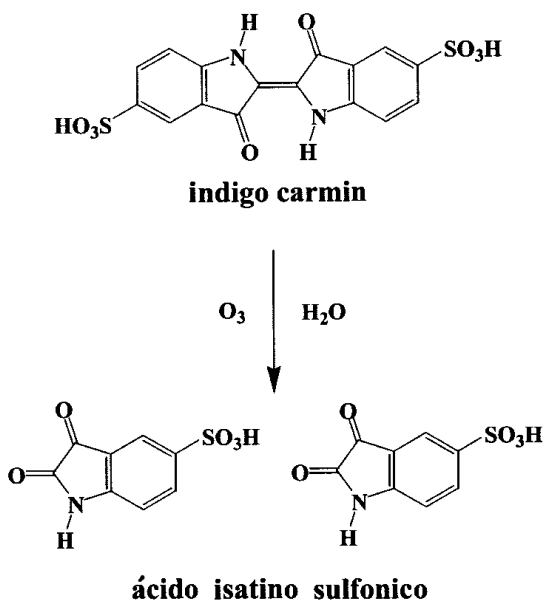
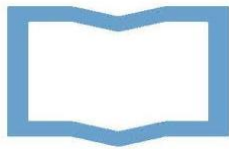


Figura 1: Reacción de oxidación del índigo carmín (azul) por el ozono disuelto y formación de ácido isatino (incoloro).



De este modo, cada mol de índigo carmín oxidado se corresponde a un mol de ozono generado, permitiendo inferir la cantidad de ozono producido a partir de determinaciones del colorante consumido. Para poder cuantificar la concentración de índigo carmín en solución por espectrofotometría es necesario determinar la dependencia de la absorbancia con la concentración, es decir su absortividad molar. La misma se determinó a partir de diluciones seriadas del colorante medidas a una longitud de onda de 600 nm en el espectrofotómetro. Las mismas se prepararon a partir de una solución madre 600  $\mu\text{M}$  del colorante en ácido fosfórico 0,1M pH 1,6.

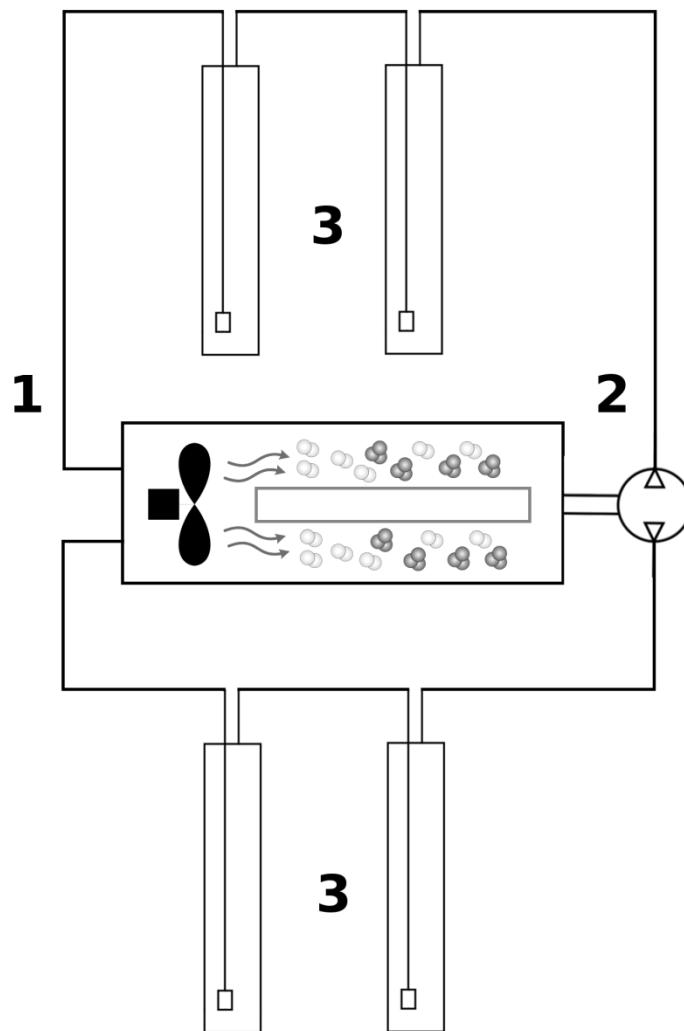
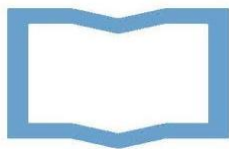


Figura 2: Esquema del equipo utilizado para la determinación de la tasa de generación de ozono. 1. Lámpara UVC, 2. Bomba de aire, 3. Burbujeadores conteniendo el colorante.

Para realizar la determinación de la tasa de generación de ozono de la lámpara UVC-O3 se utilizó un recipiente contenedor cerrado y sellado de 4,7 lts equipado con un ventilador para



circular el aire internamente. El recipiente a su vez se conectó a cuatro burbujeadores, conteniendo la solución de índigo carmín por los cuales circular el gas generado mediante una bomba de aire. A la salida de los burbujeadores el gas retorna al recipiente conformando un sistema cerrado (Figura 2). Los experimentos se realizaron por triplicado generando ozono dentro del sistema por un periodo 10min. La lámpara se precalentó por 10 min fuera del recipiente de modo de garantizar que esta alcance su máximo brillo desde el inicio del experimento. Una vez apagada la lámpara se permitió al gas recircular por los burbujeadores por una hora, asegurando que todo el ozono generado reaccione por completo con el colorante en solución.

### c. Resultados

#### *Calibración de la metodología colorimétrica*

Se prepararon soluciones del colorante correspondientes a concentraciones entre 3 a 30 uM. Los valores de absorbancia a 600 nm obtenidos por espectrofotometría se graficaron y ajustaron a una recta según se muestra en la figura 3. De la pendiente de esa recta se obtuvo un valor absortividad molar de  $21604 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ , valor muy cercano al valor informado en la bibliografía de  $20000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$  [1].

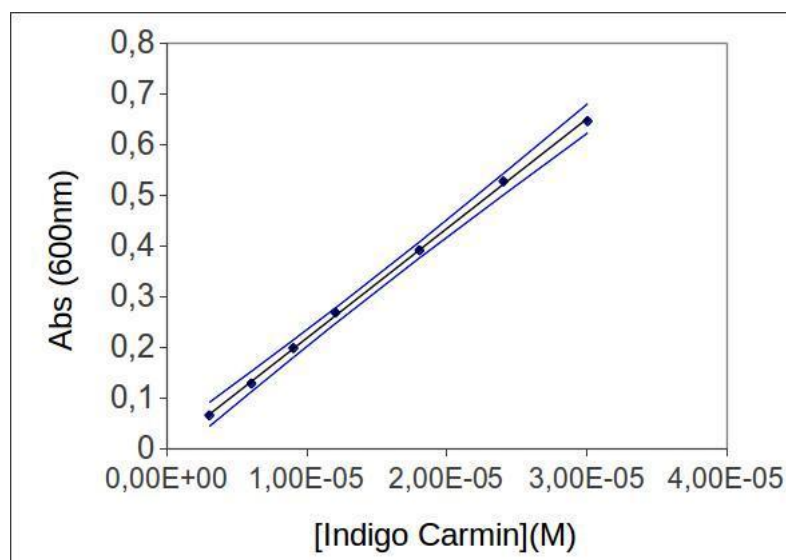
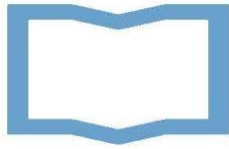


Figura 3: Curva de concentración de índigo carmín en función de la absorbancia en 600 nm. Línea negra, ajuste lineal de los datos y líneas azules, intervalo de confianza de 95%.





### *Determinación de la tasa de producción de ozono*

Para determinar la tasa de producción de ozono se midió absorbancia en 600 nm de la solución inicial y de la mezcla del colorante contenido en los cuatro burbujeadores al final del experimento (Figura 2). El valor de absorptividad molar calculado se utilizó para obtener a partir de esos valores la concentración inicial y final de colorante antes y después de cada experimento. A partir de la concentración de colorante consumido y el volumen total de solución se calcularon los moles de ozono generados en el experimento realizado por triplicado.

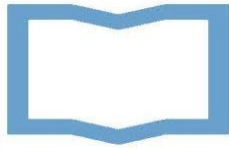
	[Indigo] inicial (mM)	[Indigo] final (mM)	Masa O <sub>3</sub> (mg)	Tasa O <sub>3</sub> (mg/min)
1	2,94	2,26	6,554	0,655
2	2,94	2,25	6,658	0,666
3	2,94	2,28	6,406	0,641

Tabla 1: Concentraciones inicial y final de colorante, masa de ozono generada y tasa poniendo la masa generada en función del tiempo con la lámpara encendida.

La determinación de tasa de producción se calculó considerando la masa de ozono generada y el tiempo de lámpara encendida. El resultado del promedio de tres determinaciones es de  $0,654 \pm 0,013$  mg/min.

### **d. Conclusiones**

Se determinó la tasa de producción de ozono de la lámpara UVC-O3 en un sistema cerrado de 4,7lts sin recambio de aire. El valor obtenido no pudo ser comparado con el informado en la hoja de datos del fabricante ya que en la misma, el valor informado no posee las unidades correspondientes. Si se compara con otras lámparas disponibles en el mercado los valores varían dependiendo de la potencia y características de la lámpara. Así la tasa de una misma lámpara varía según el protocolo aplicado para determinarla, con o sin flujo de aire o utilizando oxígeno medicinal. Estas variaciones se deben principalmente a que la tasa de producción de ozono de la lámpara aumenta con la concentración de O<sub>2</sub> disponible.



En nuestro caso la determinación se realizó en aire y sin flujo, por lo que si consideramos que el equipo será instalado en espacios de mayor volumen y con recambio permanente de aire a través del sistema de ventilación interna dispondrá de concentraciones de O<sub>2</sub> mayores a las evaluadas en este ensayo. Dicho esto, es posible que en las condiciones de funcionamiento de un equipo instalado, la tasa de producción de ozono sea mayor. Por lo tanto, la tasa informada, se trata de una cota mínima de producción de ozono.

## **2-Análisis de remoción de microorganismos en el aire y superficies**

### **a. Objetivos del ensayo**

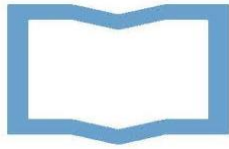
El objetivo del ensayo es la evaluación de la efectividad del equipo EV-O 1000 en la remoción de microorganismos presentes en aire y en superficies en un cuarto cerrado.

### **b. Metodología**

Se evaluó la calidad microbiológica del aire y de distintas superficies de un cuarto modelo de aproximadamente 300 m<sup>3</sup> (Figura 4) luego de cerrar el cuarto y utilizar el equipo EV-O 1000, empleando ensayos cualitativos estandarizados sugeridos en la Farmacopea de Estados Unidos (Capítulo <1116>) [4]. El equipo fue instalado en el cuarto por parte del personal de la empresa. Se evaluó la calidad del aire y de diversas superficies luego de 24 horas de encendido continuo del equipo, con un ciclo de 2 horas de ozonización. Los resultados obtenidos se compararon con la calidad microbiológica del aire y de las superficies del mismo cuarto previo al encendido del equipo.

Para evaluar la calidad microbiológica del aire se expusieron placas de Petri abiertas conteniendo un medio sólido nutritivo (TSA) durante 4 horas. Las placas se expusieron en 4 puntos distintos del cuarto (debajo de la salida de aire del equipo, frente al equipo a poca distancia, frente al equipo a mayor distancia y en un rincón alejado del equipo), con el fin de evaluar posibles efectos de gradientes de concentración de microorganismos en función de la distancia de colocación y funcionamiento del equipo, y una placa en un ambiente estéril (flujo laminar) como control negativo. Posteriormente las placas se incubaron en estufa de cultivo durante 72 hs a 25°C. Se comparó la cantidad de colonias crecidas en las placas antes y luego de 24 hs de funcionamiento continuo del equipo.

Para evaluar la calidad microbiológica de las superficies, se realizaron hisopados en los mismos 4 puntos del cuarto. Los hisopados se realizaron en secciones predefinidas y marcadas de 10 cm x 10 cm. Posteriormente, se extrajeron las bacterias de los hisopos sumergiéndolos en 5 ml de buffer fosfato y agitando vigorosamente por vórtex. Se tomaron 200 µL de la suspensión de bacterias recuperadas de las superficies y se inocularon en placas de Petri conteniendo medio nutritivo (TSA). Las placas se incubaron en estufa de



cultivo durante 72 hs a 25°C. Se comparó la cantidad de colonias crecidas en las placas antes y luego del funcionamiento del equipo.



Figura 4: Ubicación del equipo en el laboratorio donde se desarrollaron los análisis

### **c. Resultados**

#### *Remoción de Microorganismos en Aire*

La figura 5 muestra los microorganismos presentes en el aire, crecidos en las placas luego de 72 horas de incubación a 25 °C, para las muestras recolectadas antes y después de encender el equipo. Se puede observar que la presencia de microorganismos disminuye significativamente en el aire luego de 24 hs de encender el equipo. A su vez, se observaron cambios significativos en la concentración de microorganismos en función a la distancia de colocación y funcionamiento del equipo. Las placas colocadas más cerca del equipo presentaron un mayor porcentaje de remoción de microorganismos que las placas colocadas en regiones alejadas. Cabe destacar que el equipo se programó para que el motor que realiza la recirculación del aire estuviera en el modo de baja potencia.

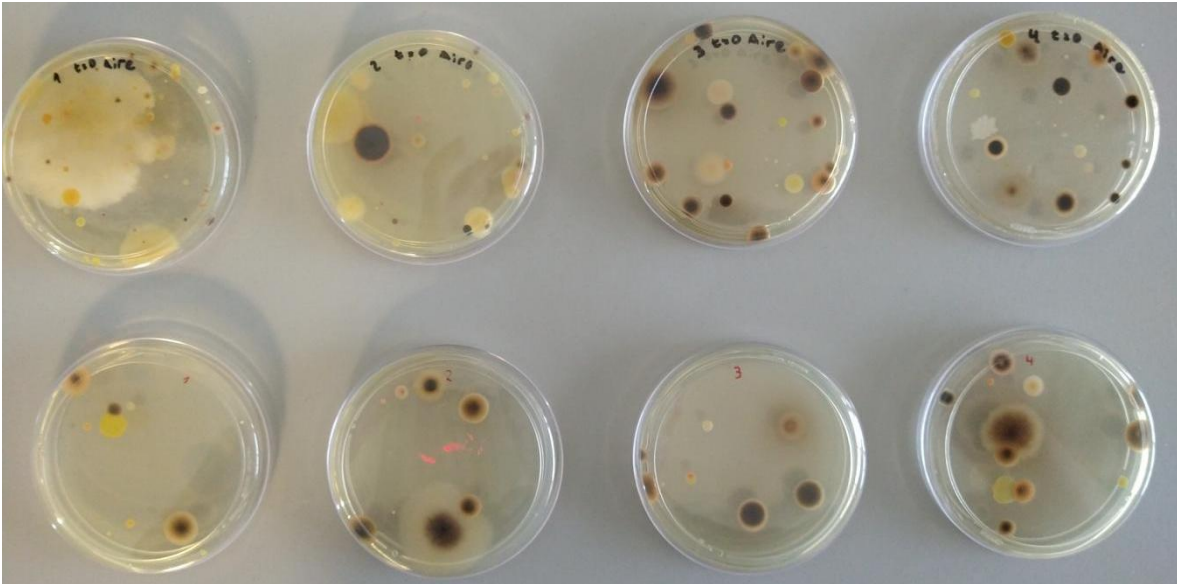
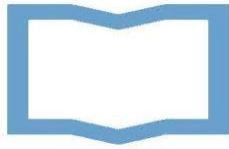
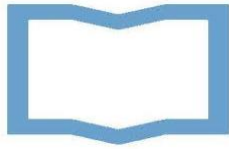


Figura 5: Microorganismos presentes en el aire en el cuarto modelo (arriba) y luego de 24 hs de funcionamiento continuo en el mismo cuarto cerrado (Abajo) crecidos 72 hs a 25°C. De izquierda a derecha: Sitio 1 - debajo de la salida de aire del equipo; Sitio 2 - frente al equipo a poca distancia; Sitio 3 - frente al equipo a mayor distancia; y Sitio 4 - en un rincón alejado del equipo.

Si bien el ensayo es de carácter cualitativo, se realizó un conteo de las colonias de microorganismos que crecieron en las placas, con el fin de obtener un resultado estimativo del porcentaje de remoción de microorganismos por parte del equipo luego de 24 hs de funcionamiento. La tabla 2 muestra los resultados de colonias por placa obtenidos para los 4 sitios de muestreo. Se puede observar que el sistema EV-O 1000 removi6 como m6ximo el 80 % de los microorganismos presentes en el aire en el cuarto modelo cerrado, en regiones cercanas a la salida de aire del equipo. Sin embargo, se debe destacar que esto es una estimaci6n, ya que la cantidad de bacterias presentes en el aire podr6a ser mayor, ya que no se emple6 ning6n tipo de sistema de captaci6n de aire y los microorganismos que crecieron en las placas son producto de deposici6n est6tica.

Temperatura de incubaci6n	25 °C		% de Remoci6n
	0 h	24 h	
Tiempo			
Sitio 1	60 colonias	9 colonias	85
Sitio 2	26 colonias	8 colonias	70
Sitio 3	24 colonias	9 colonias	62,5
Sitio 4	20 colonias	12 colonias	40

Tabla 2: Colonias presentes en las placas luego de 72 hs de incubaci6n a 25°C previo al encendido del equipo (0 h) y luego de cerrar el cuarto y encender el sistema EV-O 1000 durante 24 hs.



### *Remoción de Microorganismos en Superficie*

La figura 6 muestra los microorganismos recuperados luego de 72 horas de incubación a 25 °C, para las superficies hisopadas antes y después de encender el equipo durante 24 horas. Se puede observar que la presencia de microorganismos en las superficies disminuye significativamente luego del uso continuo del equipo, incluso alcanzando una remoción completa de los mismos en algunos de los sitios de muestreo. Cabe destacar que luego del ciclo de 2 horas de ozonización se percibió el aroma a ozono en el ambiente.

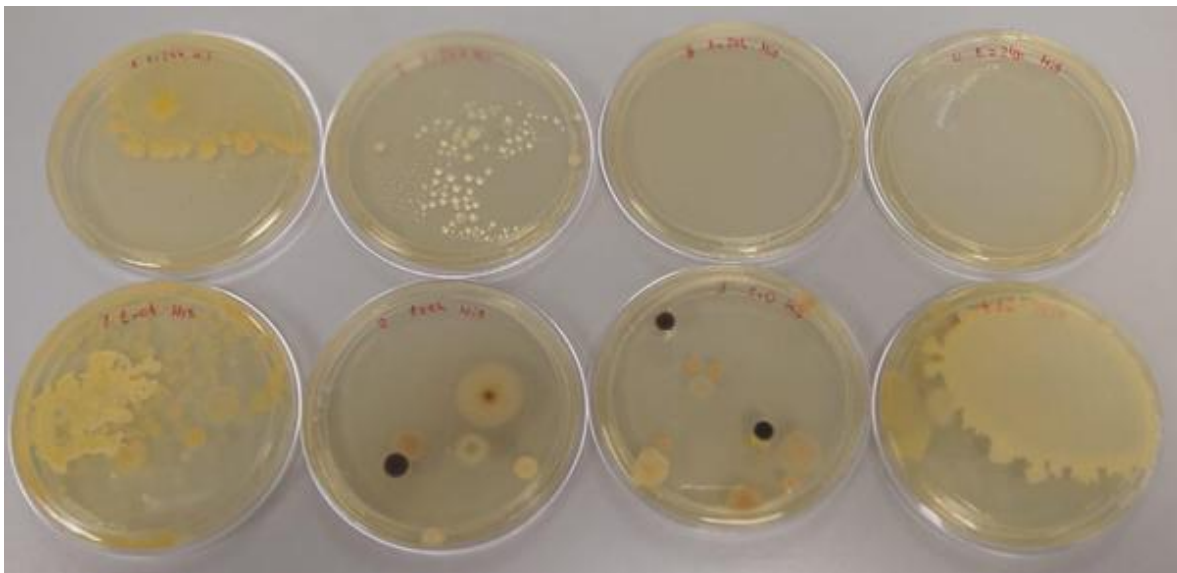
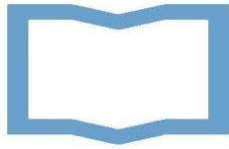


Figura 6: Microorganismos presentes en la superficie en el cuarto modelo (abajo) y luego de 24 hs de funcionamiento continuo en el mismo cuarto cerrado (arriba) crecidos 72 hs a 25°C. De izquierda a derecha: Sitio 1 - debajo de la salida de aire del equipo; Sitio 2 - frente al equipo a poca distancia; Sitio 3 - frente al equipo a mayor distancia; y Sitio 4 - en un rincón alejado del equipo.

### **d. Conclusiones**

Se realizó una evaluación de la eficiencia del equipo en la desinfección de aire y superficies para un cuarto cerrado de aproximadamente 300 m<sup>3</sup>. El sistema evaluado en el 3iA presentó una remoción significativa de la cantidad de microorganismos presentes en aire y superficies luego de al menos 24 hs de uso continuo. Se estima que la remoción de microorganismos en el aire es aproximadamente del 80 % de los microorganismos ambientales presentes originalmente en el cuarto, mientras que en superficies la remoción



fue aún mayor, llegando a remociones cercanas al 100 %. Sin embargo, cabe destacar que estas estimaciones podrían cambiar si se cambian las condiciones de ensayo, por ejemplo mayor volumen del cuarto ó un cuarto abierto con circulación de gente.

### **3- Conclusiones generales y recomendaciones**

El grupo de profesionales del 3iA realizó una evaluación de producción de ozono y poder desinfectante del equipo EV-O 1000 fabricado por la empresa ecoVIOX. Todas las recomendaciones y observaciones a continuación se encuentran sujetas a las condiciones en que se realizó la evaluación del equipo.

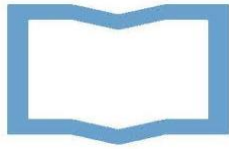
La tasa de producción de ozono determinada fue de  $0,65 \pm 0,01$  mg/min. Dado que la determinación se realizó en un volumen pequeño en comparación al de una habitación y sin recambio de aire, es posible que en las condiciones de funcionamiento de un equipo instalado, la tasa de producción de ozono sea mayor. Por lo tanto, la tasa informada, se trata de una cota mínima de producción de ozono.

La evaluación de la eficiencia del equipo en la desinfección de aire y superficies para un cuarto cerrado de aproximadamente  $300 \text{ m}^3$  presentó una remoción estimada del 80 % de los microorganismos en aire y 100% en superficies. Es importante remarcar que estas estimaciones pueden variar con el volumen del cuarto en que se instale el equipo o el número de personas que circulen.

Partiendo de la tasa de producción de ozono obtenida para la lámpara UVC-O3 y suponiendo acumulación de todo el ozono generado en las 2hs del periodo de ozonización, se estima una concentración final de aproximadamente 130 ppb en el cuarto de  $300 \text{ m}^3$ . Si se compara este valor de concentración con aquellos informados para desinfección de superficies es levemente bajo lo que a la luz de los resultados obtenidos para desinfección nos confirma que probablemente la tasa de generación de ozono estimada represente una cota mínima pudiendo ser mayor para la lámpara instalada dentro del equipo funcionando en volúmenes de aire mayores y con recirculación [5].

Aún así el valor de concentración de ozono estimado se encuentra por encima de los niveles recomendados por la OMS de 50 ppb [6]. Así mismo, en concordancia con esta estimación, se registró un fuerte olor a ozono concluido el periodo de 2hs de producción de ozono, lo cual indica que la concentración está muy por encima de las 15 ppb, valor de concentración a partir del cual el olor se vuelve perceptible para la mayoría de las personas [7].

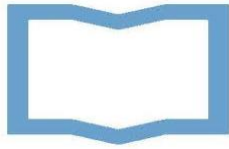
Toda esta evidencia confirma que los valores de concentración de ozono alcanzado superan los niveles establecidos por la OMS, a partir de lo cual se recomienda restringir el acceso de las personas al cuarto durante y luego del ciclo de ozonización. A su vez, si



consideramos una tasa de decaimiento del ozono que, dependiendo de las condiciones, posee una vida media de 20 min aproximadamente, se recomienda aguardar por un período de por lo menos 2 horas antes de que una persona pueda ingresar al cuarto finalizado el ciclo de ozonización.

#### **4- Bibliografía**

1. Bader, H., Hoigné, J., 1981. Determination of ozone in water by the Indigo method. *Water Research* 15, 449e456.
2. Bergshoeff, G., Lanting, R.W., van Ham, J., Prop, J.M.G., Reijnders, H.F.R., 1984. Spectrophotometric determination of ozone in air with Indigo disulphonate. *Analyst* 109, 1165e1169.
3. 4500-O3 OZONE (RESIDUAL) (2017), *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. DOI: 10.2105/SMWW.2882.092
4. USP 29, NF 24: the United States Pharmacopeia, the National Formulary. Chapter <1116> Microbiological evaluation of clean rooms and other controlled environments. 2006.
5. W.J. Kowalski, W.P. Bahnfleth & T.S. Whittam (1998) Bactericidal Effects of High Airborne Ozone Concentrations on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, *Ozone: Science & Engineering*, 20:3, 205-221, DOI: 10.1080/01919519808547272
6. WHO (2000). *Air quality guidelines for Europe*, 2nd ed. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2000 (WHO Regional Publications, European Series No. 91).
7. Sharon S Murnane; Alex H Lehocky; Patrick D Owens; American Industrial Hygiene Association. *Odor Thresholds for Chemicals with Established Health Standards*, 2nd Edition (2013)



Lic. Griselda Polla  
Directora de Vinculación y Transferencia  
Tecnológica

Dra. Elsa López Loveira  
Investigadora

Dr. Lucas Guz  
Investigador

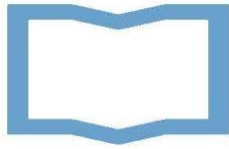
Dr. Carlos Ignacio Boron

Dr. Carlos Ignacio Boron  
Investigador

Lic. Pamela Tripodi  
Jefa de laboratorios

Ing. Sofía Fantoni  
Consultora





# Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental 3IA\_UNSAM

El día 7 de julio de 2020 se entrega el primer objetivo: EVALUACIÓN Y OPINIÓN TÉCNICA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN Y ESTERILIZACIÓN DE AIRE Y SUPERFICIES EV-O 1000 FABRICADO POR LA EMPRESA ecoVIOX.

Se comienza con la segunda etapa para comprobar la funcionalidad y actividad germicida.

El día 16 de octubre de 2020 se entrega el informe completo. (parte 1 y parte 2).

La empresa ecoVIOX se compromete a mantener indemne a la UNSAM y al grupo de trabajo involucrado en el presente proyecto respecto de cualquier reclamo judicial o extrajudicial que los posibles consumidores, proveedores y/o clientes en general de la empresa, y/o eventuales damnificados, iniciaren con relación a las tareas objeto del presente producto.

Lic. Griselda Polla  
Directora de Vinculación y Transferencia  
Tecnológica

Dra. Elsa López Loveira  
Investigadora

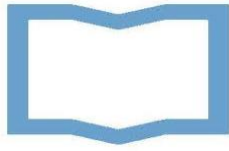
Dr. Lucas Guz  
Investigador

Dr. Carlos Ignacio Boron

Investigador

Lic. Pamela Tripodi  
Jefa de laboratorios

Ing. Sofia Fantoni  
Consultora



**Instituto de Investigación  
e Ingeniería Ambiental**  
3iA\_UNSAM