

Prototipo de dispositivo de desinfección por efecto corona a base de electrónicos desechados

Prototype corona discharge disinfection device based on discarded electronics

Thomas Rodríguez¹, Kallam Hou¹, Melany Chávez¹, Nacari Marín^{2*}

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Panamá

²Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Azuero, Facultad de Ingeniería Mecánica, Panamá

Fecha de recepción: 1 de marzo de 2022. **Fecha de aceptación:** 30 de agosto de 2022.

***Autor de correspondencia:** nacari.marin@utp.ac.pa

Resumen. La desinfección y sanitización ha evolucionado en importancia durante la crisis sanitaria, afectando a la población mundial y provocando la multiplicación de esfuerzos para mejorar los métodos conocidos de desinfección. El presente artículo presenta el desarrollo de un prototipo de dispositivo de desinfección con funcionamiento a base de ozono y efecto corona, construido a partir de componentes electrónicos desechados. Se procedió a diseñar y construir un prototipo de dispositivo de desinfección para realizarle pruebas de funcionamiento. Se resaltaron las cualidades de cada una de las configuraciones de los circuitos desarrollados, donde destacó el circuito uno por su sencillez de construcción y mayor voltaje de salida. Finalmente, se dieron algunas recomendaciones de trabajos futuros.

Palabras clave. Desinfección, ozono, plasma, reciclaje.

Abstract. Disinfection and sanitization are issues that had evolved in importance during the health crisis, affecting the world population and causing the multiplication of efforts to improve known disinfection methods. For this project, the development of a disinfection device prototype with ozone-based operation and corona effect, built from discarded electronic components, was proposed. We proceeded to design and build the disinfection device prototype to run performance tests. The qualities of each of the configurations of the developed circuits were highlighted, where circuit one stood out for its simplicity of construction and higher output voltage. Finally, some recommendations for future work were given.

Keywords. Disinfection, ozone, plasma, recycling.

1. Introducción

La desinfección es un tema de principal interés a partir de la pandemia de *COVID-19*. Existe una variedad de métodos de desinfección de diferente índole y gran efectividad en la radicación de microorganismos patógenos [1].

Los métodos de desinfección conocidos abarcan el uso de agentes químicos que suelen presentarse en estado líquido y se caracterizan por bloquear alguna función vital de las células de los microorganismos que provoca su muerte. Por otra parte, a diferencia de los métodos químicos utilizados para la desinfección, la luz ultravioleta (UV) proporciona una inactivación rápida y eficiente de los microorganismos mediante un proceso físico. Cuando las bacterias, los virus y los protozoos se exponen a las longitudes de onda germicidas de la luz UV, se vuelven incapaces de reproducirse e infectar.

Algunas investigaciones relacionadas con el mejoramiento de la calidad ambiental interior han demostrado que es posible utilizar tanto la luz ultravioleta (UV), como el ozono para eliminar contaminantes de origen orgánico (microorganismos y olores) [2].

El objetivo de este artículo es presentar un método alternativo de desinfección, mediante la implementación de un dispositivo, capaz de desinfectar superficies a través del uso de ozono y efecto corona. Algunas de las ventajas del uso de este equipo, comparándolo con alternativas como el gel alcoholado (método químico), podría ser una solución más económica y una mejor opción para las personas que sufren de irritación en las manos a largo plazo. También se puede destacar su alcance y tiempo de desinfección, debido a que alternativas como las

lámparas de luz ultravioleta, la cual posee desventajas como: la luz es lineal y no puede penetrar en espacios pequeños donde la incidencia sea directa, además de que requiere un largo tiempo de exposición, mientras que el esterilizador de efecto corona al generar ozono, este por ser un gas, penetra en áreas más pequeñas como grietas, en donde la luz ultravioleta no llega, logrando así un efecto de desinfección envolvente en menos tiempo. El ozono producido por este dispositivo podría ser utilizado para desinfectar una habitación completa que cuente con buena ventilación.

1.1 Marco teórico

El efecto corona tiene lugar cuando la rigidez dieléctrica del aire es superada por el gradiente eléctrico de un conductor, generando pequeñas chispas o descargas a escasos centímetros del conductor. En su aparición e intensidad influyen los condicionantes como la tensión en el conductor, ya que cuanto sea mayor la tensión de funcionamiento, mayor será el gradiente eléctrico en la superficie de los cables y, por ello, mayor será el efecto corona. Otra condición es la humedad relativa del aire: una mayor humedad incrementa de forma importante el efecto corona. También son propios del condicionamiento del efecto corona el estado de la superficie del conductor, ya sea las rugosidades, irregularidades, defectos, impurezas adheridas, etc., y el número de subconductores, debido a que, si estos son muchos, el efecto corona será menor [3].

Como consecuencia del efecto corona se produce una emisión de energía acústica y energía electromagnética en el rango de las radiofrecuencias, de forma que los conductores pueden generar ruido e interferencias en la radio y la televisión; otra consecuencia es la producción de ozono y óxidos de nitrógeno.

Con el fin de producir el efecto corona, es necesario inducir la ionización del medio, en este caso del aire, a partir de la aplicación de campos eléctricos de gran magnitud. La ionización del aire para producir efecto corona y plasma son fenómenos que se estudian en un amplio rango de aplicaciones, entre ellas la desinfección de superficies.

El uso de plasma para la desinfección reduce las concentraciones de patógenos al entrar en contacto con superficies contaminadas; destruyendo bacterias, virus, hongos y priones. Así como la eliminación de toxinas y otros contaminantes orgánicos. La exposición prolongada al plasma hace posible una esterilización completa.

La desinfección por plasma no requiere costosos equipos de vacío ni productos químicos tóxicos, haciendo el proceso económico y respetuoso con el medio ambiente [4]. El principal proceso de esterilización es la descomposición de moléculas orgánicas de organismos vivos por bombardeo con

electrones, iones y especies químicas neutras de corta vida. El bombardeo de iones rompe los enlaces de hidrógeno de las moléculas orgánicas. Además, las especies químicas reactivas de corta duración oxidan las moléculas orgánicas. Estos procesos producen moléculas orgánicas más ligeras y volátiles, que se evaporan de la superficie, dejándola no sólo desinfectada, sino también en estado de limpieza ultrafina [6].

Por otro lado, el ozono es un gas que se presenta de forma natural en la atmósfera, siendo una forma alotrópica de oxígeno que tiene más átomos que las moléculas normales de oxígeno, lo que le da una propiedad muy importante de inestabilidad o reactividad, y es esta propiedad la que permite que se utilice para diversos fines [2].

Según el tiempo transcurrido desde la exposición hasta la aparición de los efectos, los daños a la salud relacionados con el ozono pueden clasificarse como a corto, prolongado y largo plazo. Se han observado efectos agudos a concentraciones de ozono de 0,12 partes por millón después de una exposición prolongada seguido de un ejercicio de ligera a moderada intensidad [2].

En el año 1955, los investigadores K. Wuhrmann y J. Meyrath demostraron que con un residuo de $0,6\text{mg O}_3/\text{m}^3$ en agua, el efecto bactericida sobre *Escherichia coli* se produce en 2,5 minutos, es decir, el ozono ha demostrado ser un potente desinfectante [5].

Otro concepto fundamental para el desarrollo del proyecto es el acoplamiento capacitivo, el cual está representado por la interacción de campos eléctricos entre conductores. Un objeto conductor pasa cerca de una fuente de la interferencia, la recibe y la transfiere a otra parte del circuito. Este fenómeno también es conocido como efecto de capacitancia mutua. El efecto de un campo eléctrico entre los medios conductores es directamente proporcional a la frecuencia e inversamente proporcional a la distancia [7].

2. Metodología

2.1 Diseño

El diseño planteado para el desarrollo del dispositivo está compuesto por tres elementos principales:

- El circuito de alto voltaje (15 000 - 20 000 voltios (V)) tiene como objetivo producir descargas de alto voltaje con efecto corona entre las láminas de acrílico.
- La base de acoplamiento capacitivo (BAC): comprende la base superior del prototipo, en donde se colocan los objetos a desinfectar.
- El soporte del dispositivo: comprende el resto de los soportes usados en el dispositivo.

2.1.1 Especificaciones del circuito

Para desarrollar el dispositivo de efecto corona, el componente fundamental del diseño es el circuito de alto voltaje. Existen diversas maneras de crear un circuito generador de alto voltaje, pero todos tienen un componente común el cual hace posible generar estos voltajes elevados: el transformador. En el presente caso, el transformador utilizado para el diseño del circuito es un transformador *flyback*, que genera una alta tensión de entre diez a veinte kilovoltios, dependiendo del circuito con el que se alimenta. La diferencia de este tipo de transformador con un transformador convencional es que el primero funciona a altas frecuencias y su salida es de corriente directa en lugar de corriente continua. Este tipo de transformadores se encuentran por lo general en televisores de tubos de rayos catódicos (CRT), una tecnología que ha sido reemplazada por otro tipo de pantallas más modernas y eficientes.

Para la alimentación del transformador *flyback*, se escogieron los siguientes parámetros a cumplir por el circuito:

- El circuito debe estar conformado por piezas que pudieran ser recicladas de los dispositivos electrónicos desechados con los que se contaba.
- El circuito final debe ser compacto y de baja potencia.
- El circuito debe ser de fácil construcción.

Se propusieron dos circuitos diferentes para la alimentación del transformador *flyback*, los que se detallan a continuación.

2.2 Construcción

2.2.1 Circuito de alto voltaje 1

Este circuito se compone de los siguientes elementos:

- Transformador *flyback*.
- Circuito de bombillo ahorrador de 30 W tipo CFL (*compact fluorescent light*, por sus siglas en inglés).
- Conector de tomacorriente.

El primer paso para la construcción de este circuito fue la identificación de las conexiones de la bobina primaria y la salida neutra del secundario del transformador *flyback*. Para identificar las conexiones de la bobina primaria del *flyback* se midió la resistencia de los pares de pines bajo el transformador, donde se buscó con un multímetro una resistencia con un valor cercano a un Ohm. Una vez encontrado el par de pines correspondientes a la bobina primaria, se procedió a buscar el pin neutro de la bobina secundaria. Para ello, se conectaron dos baterías de nueve voltios en serie; uniendo la terminal negativa del multímetro con la terminal negativa de una de las baterías, la terminal positiva del multímetro se conectó a la salida positiva de la bobina secundaria del transformador y la terminal positiva de la otra batería se unió a los pines del transformador en busca de un voltaje de aproximadamente

nueve voltios. Con todas las terminales identificadas, se procedió a soldar cables a los pines de las bobinas y se rellenaron los espacios con silicona para evitar descargas entre los terminales al momento de hacer las conexiones con el circuito (figura 1).

A pesar de que el circuito de los bombillos ahorradores pueda variar de un modelo a otro, en esencia poseen la misma estructura. Existen dos conexiones que se encuentran soldadas a la rosca, las cuales son la entrada de alimentación del circuito; las otras conexiones a identificar son las que suministran el alto voltaje de salida a los tubos del bombillo, habiendo cuatro generalmente. Una vez identificadas la entrada de alimentación y salida de alto voltaje del circuito, la conexión es relativamente sencilla: se une el conector del tomacorriente a las conexiones de entrada de alimentación y se usan dos de las cuatro salidas de alto voltaje del circuito para alimentar a la bobina primaria del transformador (figura 2).

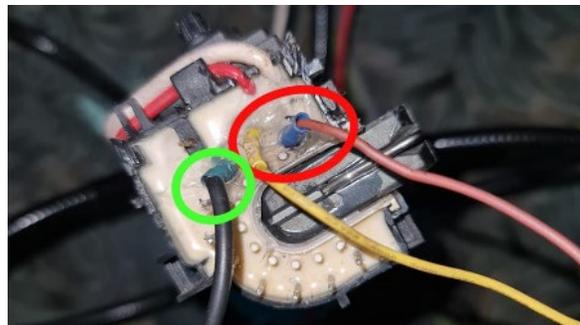


Figura 1. Conexiones del transformador.

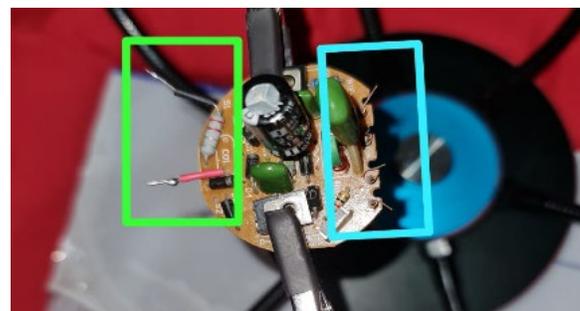


Figura 2. Identificación de conexiones de entrada y salida.

2.2.2 Circuito de alto voltaje 2

Este circuito se compone de los siguientes elementos:

- Transformador *flyback*.
- MOSFET de potencia K2564.
- Resistencia 150Ω 1/4W.
- Adaptador 12V 2A DC.
- Regulador LM7809.

Tanto el transformador *flyback* como el MOSFET K2564 fueron extraídos de la placa base de un televisor CRT junto con el cableado. El adaptador de 12 V pertenecía a un juguete descompuesto. El circuito se construye a partir del esquema mostrado en la figura 3.

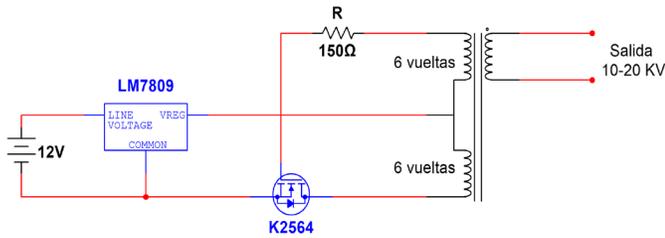


Figura 3. Esquema del circuito 2.

En primer lugar, se enrollaron seis vueltas de cable alrededor del núcleo de ferrita del transformador y se dejó un extremo libre para ser soldado con una derivación central, a la cual siguieron seis vueltas más de cable. Una vez armado el transformador, se procedió a soldar los componentes como se muestra en el esquema. Se le agregó un disipador al MOSFET con el fin de disipar cualquier exceso de calor generado en el mismo (figura 4).

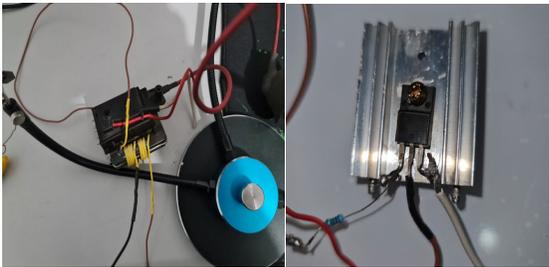


Figura 4. Embobinado de *flyback* y conexiones del MOSFET.

2.2.3 Base de acoplamiento capacitivo (BAC)

Tanto para la construcción de la base de acoplamiento capacitivo como para el soporte se decidió utilizar láminas de acrílico, ya que un material transparente ayuda a apreciar mejor el efecto de descarga corona, siendo escogido el acrílico en comparación con el vidrio por su peso y facilidad para cortar. La base se construyó con unas dimensiones de nueve pulgadas por nueve pulgadas por una pulgada, a partir de láminas de acrílico de cinco milímetros de espesor. Se perforó una de las caras laterales de la base con el fin de hacer un orificio por el que se introduce agua y posteriormente se pudiera colocar un tornillo. Se utilizó silicona transparente para pegar los bordes de la base y sellarla, con el fin de evitar fugas de agua (figura 5).



Figura 5. Base de acoplamiento (BAC).

2.2.4 Soporte del dispositivo

El soporte del dispositivo consta de dos láminas de acrílico espaciadas por sujetadores entre cuatro barras roscadas. Para esto se diseñaron las piezas de soporte para las láminas de acrílico en Autodesk Fusion 360 y se construyeron en una impresora 3D.

Se dimensionaron tuercas y barras roscadas de métrica M10 con un paso de 1,25 mm. Para sujetar las láminas de acrílico en las barras se diseñaron soportes para ser acoplados en las barras roscadas. Para la lámina intermedia se imprimieron ganchos retenedores, de manera que facilitara el posicionamiento de la lámina. El material utilizado en las impresiones fue PETG (copolímero de polietileno de tereftalato glicolizado) por su facilidad de impresión, mayor resistencia a la cedencia y menor deflexión en comparación con otros materiales de impresión disponibles, como el PLA (ácido poliláctico). En total se imprimieron los siguientes elementos:

- 4 barras roscadas M10X1,25; 200 mm.
- 16 tuercas hexagonales M10X1,25.
- 8 soportes de perfil delgado (figura 6).
- 4 soportes de perfil grueso (figura 7).
- 4 ganchos retenedores.

Todas las dimensiones de las figuras 6 y 7 se presentan en milímetros (mm).

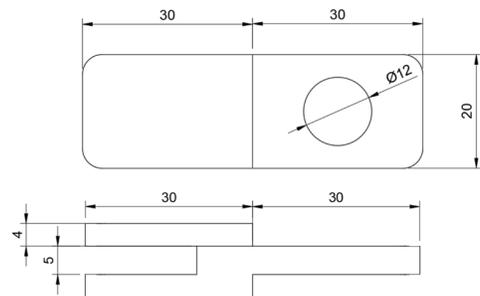


Figura 6. Esquema de soporte de perfil delgado (dimensiones en mm).

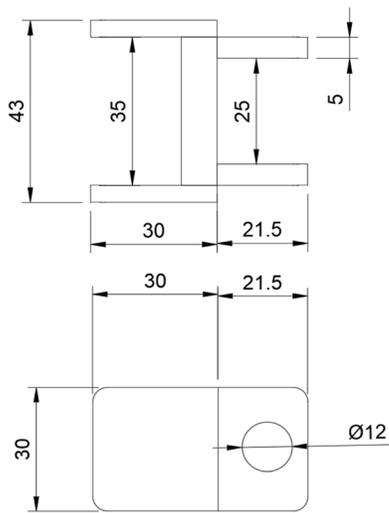


Figura 7. Esquema de soporte de perfil grueso (dimensiones en mm).

2.3 Prueba y análisis

2.3.1 Análisis del criterio de prueba

Para el funcionamiento del prototipo se evaluó el voltaje de salida para ambos circuitos y la potencia consumida por cada uno, con el fin de escoger el más adecuado. A falta de instrumentos de medición de alto voltaje, se utilizó el concepto de rigidez dieléctrica, el cual explica cuando un material pierde su propiedad aislante y pasa a ser conductor una vez sobrepasa su tensión de rotura dieléctrica. Se partió de la suposición general de que el aire posee un coeficiente de rotura dieléctrica de 1 kV/mm, lo que significa que cada milímetro de arco eléctrico equivale a 1 000 voltios [3]. Para medir la potencia de entrada, se utilizó un dispositivo medidor de potencia con conexión inalámbrica, el que se conecta al tomacorriente y registra en tiempo real la potencia consumida por el circuito.

2.4 Prueba del circuito

2.4.1 Prueba de circuito 1

Para este circuito, la alimentación de entrada es directamente del tomacorriente. Las pruebas realizadas a la salida del circuito dieron como resultado longitudes de arco de aproximadamente 12 mm aproximadamente, lo cual es equivalente a 12 000 V (figura 8). La potencia medida a la salida del circuito fue de 14,8 W.



Figura 8. Salida de alto voltaje.

También se probó conectar un condensador de poliéster de 1 200 V a la salida de alto voltaje, lo que incrementó el tamaño de los arcos a una longitud de aproximadamente 40 mm, el equivalente a 40 000 V (figura 9). La desventaja de esta configuración es que el voltaje era demasiado elevado para el voltaje de diseño del circuito, lo que provocaba que el transformador principal del circuito se sobrecalentara y fallara, por lo que se descartó esta configuración.



Figura 9. Formación de efecto corona y ruptura dieléctrica, circuito 1.

2.4.2 Prueba de circuito 2

Para el circuito propuesto se realizaron pruebas para diferentes condiciones de voltaje y temperatura, con el fin de delimitar el rango de funcionamiento del circuito. Las pruebas se especifican a continuación:

- Prueba del circuito para 12 V en corriente directa: La prueba consistió en alimentar el circuito sin el regulador de voltaje LM7809 a la entrada. La prueba mostró que el voltaje suministrado era muy elevado para lo que podía soportar el circuito, lo cual causaba que el MOSFET se sobrecalentara sin permitirle funcionar adecuadamente, a pesar de contar con un disipador de calor de aletas. El disipador de calor incorporado al MOSFET alcanzó una temperatura de estabilidad de aproximadamente 53 °C después de 30 segundos de funcionamiento, del cual la última medición tomada fue a los 10 minutos (figura 10).



Figura 10. Medición de temperatura en el disipador del MOSFET después de 10 minutos.

- Prueba del circuito para 9 V en corriente directa: En esta prueba se añadió el regulador de voltaje LM7809 a la entrada del circuito. El circuito funcionó sin sobrecalentamiento en el MOSFET. Las mediciones mostraron una longitud de arco de aproximadamente 7 mm, lo que equivale a 7 000 V a la salida del transformador. El consumo registrado por el circuito fue de 5,1 W. Las mediciones de temperatura en el disipador incorporado al MOSFET se mantuvieron durante toda la prueba a temperatura ambiente (aproximadamente 26°C), con una última medición a los 10 minutos de su puesta en funcionamiento (figura 11).

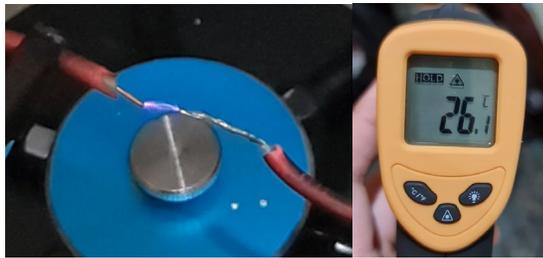


Figura 11. Formación de arco eléctrico y medición de temperatura en el disipador del MOSFET después de 10 minutos, circuito 2.

2.5 Montaje y prueba del prototipo

Para el montaje del prototipo se posicionaron las láminas de acrílico del soporte principal mediante los soportes de perfil delgado y las tuercas en la barra roscada. El soporte intermedio se sujetó en su parte inferior con los ganchos retenedores y se le realizó una perforación en el medio para sostener un tornillo. La base de acoplamiento capacitivo fue rellena de agua y se le colocó un tornillo en la perforación realizada. Posteriormente, se colocó esta sobre el soporte principal, sujetándola por medio de los soportes de perfil ancho y tuercas (figura 12).



Figura 12. Montaje del prototipo.

Con los circuitos armados, se procedió a hacer las conexiones pertinentes. Al tornillo en la base de acoplamiento capacitivo se le conectó una de las terminales de salida del circuito y la otra terminal se conectó al tornillo en la lámina intermedia del soporte principal.

Para la prueba se conectó el circuito y se colocaron diferentes objetos sobre la base de acoplamiento capacitivo, con el fin de inducir descargas de efecto corona en la superficie de la base de acoplamiento capacitivo. Las pruebas se realizaron con monedas y llaves en diferentes posiciones; cambios de polaridad y distancias entre la base de acoplamiento capacitivo y la lámina intermedia del soporte.

3. Resultados y discusión

3.1 Discusión de resultados

Las pruebas realizadas permitieron encontrar los ajustes para el funcionamiento de los circuitos en cuanto a generación de descarga de efecto corona y estabilidad de operación y temperatura para cada una de las configuraciones utilizadas, siendo para el circuito 1 el uso de la configuración base sin el condensador de poliéster; y para el circuito 2 el uso de la configuración con el regulador de voltaje garantizó la generación de un arco eléctrico estable sin sobrecalentamiento en el circuito.

Del circuito 1 se puede destacar la sencillez de su construcción en comparación con el circuito 2, un mayor voltaje de salida (12 000 V) y, por ende, mejor generación de descarga de efecto corona. Del circuito 2 se puede destacar una mejor adaptabilidad a condiciones de generación según la necesidad, un consumo energético mucho menor (5,1 W contra 14,8 W) según los resultados obtenidos en la sección de prueba y análisis y mayor facilidad de reparación debido a la menor cantidad de componentes dentro del circuito. Cabe destacar que la temperatura se tomó a modo de demostración en la prueba de circuito 2, ya que lo importante era verificar la generación del arco, como primer paso para la creación del prototipo.

Tabla 1. Temperaturas obtenidas durante fase de prueba del circuito 2

Dispositivo	Temperatura	Tiempo de medición final
Caso 1 (12 V sin regulador)	53,6 °C	10 minutos
Caso 2 (9 V con regulador)	26,1 °C	10 minutos

De ambas configuraciones, la más cercana a cumplir los objetivos propuestos en el diseño del prototipo es la del circuito 1, del cual se planea en trabajos futuros buscar alternativas que mejoren los siguientes aspectos:

- La frecuencia del circuito debe ser más elevada para facilitar el efecto de acoplamiento capacitivo [7].
- Se debe aumentar el voltaje de salida del circuito a un rango aproximado de 15 kV [3].

- Se debe disminuir el espesor del acrílico de la base de acoplamiento capacitivo y aumentar la conductividad del líquido contenido en la base [7].

3.2 Soluciones propuestas

Con el fin de mejorar el diseño, se proponen las siguientes soluciones:

- En el caso del circuito 1, se puede optar por acoplar un condensador de poliéster con un valor de entre 600 V a 1 200 V en paralelo con la salida del transformador, con el fin de aumentar el voltaje de salida. Además, se propone sumergir el circuito en aceite mineral, con el objetivo de mejorar la disipación de calor y al mismo tiempo aislar mejor los componentes del circuito para evitar daños por el alto voltaje.
- Para el circuito 2, se puede cambiar el MOSFET por uno de mayor potencia y frecuencia de operación, con el fin de que permita aumentar el voltaje de alimentación y, al mismo tiempo, el voltaje a la salida, todo esto sin sobrecalentar el MOSFET.
- Mejorar la conductividad eléctrica del agua en la base de acoplamiento capacitivo mediante la disolución de sal de mesa en la misma, ya que la presencia de sales en el agua mejora la conductividad eléctrica [7].

4. Conclusiones

Al finalizar este proyecto, se propuso un acercamiento a un prototipo funcional de dispositivo de desinfección por medio de efecto corona, plasma y ozono, el cual posee como objetivo principal el reciclaje y aprovechamiento de elementos electrónicos desechados, lo que permite darles una segunda vida útil a estos componentes, al mismo tiempo que se abarataron costos en la construcción del prototipo. Con este trabajo se pudo verificar la viabilidad de generar un arco eléctrico a partir de elementos electrónicos desechados.

El diseño del prototipo también posee limitaciones dependientes de los elementos del circuito que se pudieran adquirir. De igual forma, el circuito construido en este proyecto puede ser utilizado para otras aplicaciones que requieran una fuente de alto voltaje, entre las que se podrían proponer diseños alternativos de prototipos de desinfección por ozono diferentes al planteado en este artículo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Darinel Barría y Joel González, por la ayuda para la construcción de la base de acoplamiento capacitivo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] S. Solórzano. “Pandemia hizo que gasto en productos de aseo para el hogar aumentara 11% en 2020”, *La República*, 2021. [En línea]. Disponible <https://www.larepublica.co/empresas/pandemia-hizo-que-gasto-en-productos-de-aseo-para-el-hogar-aumentara-11-en-2020-3143510>. [Último acceso: 26 mayo 2021].
- [2] A. Nieto. “Ozono para la Purificación Ambiental”, *Mundo HVAC&R*, 2011. [En línea]. Disponible: <https://www.mundohvacr.com.mx/2009/08/ozono-para-la-purificacion-ambiental/>. [Último acceso: 26 mayo 2021].
- [3] L. Jiménez Salinas. “Rigidez Dieléctrica”, 2010. [En línea]. Disponible: <https://sites.google.com/site/fisicacbtis162/services/2-4-2-rigidez-dielectrica>. [Último acceso: 8 junio 2021].
- [4] Relyon plasma GmbH. “Desinfección y esterilización de gérmenes y patógenos con plasma”, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.relyon-plasma.com/applications/desinfeccion-con-plasma/?lang=es>. [Último acceso: 26 mayo 2021].
- [5] K. Wuhmann y J. Meyrath. “Bactericide effect of aqueous ozone solutions”, *Schweizerische Zeitschrift fur Pathologie und Bakteriologie. Revue suisse de pathologie et de bacteriologie*, 1955. [En línea]. Disponible: <https://www.semanticscholar.org/paper/%5BBactericide-effect-of-aqueous-ozone-solutions%5D.-Wuhmann-Meyrath/1a4acadfa8857a0c0d52fc00e562df3531cc267c>. [Último acceso: 26 mayo 2021].
- [6] Relyon plasma GmbH. “Limpieza ultrafina de superficies con limpieza por plasma”, 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.relyon-plasma.com/applications/la-limpieza-por-plasma/?lang=es>. [Último acceso: 26 mayo 2021].
- [7] C. Cassiolato. “Instalaciones Fieldbus: Acoplamientos Capacitivo e Inductivo”, 2011. [En línea]. Disponible: [https://www.smar.com/articulo-tecnico/instalaciones-fieldbus-acoplamientos-capacitivo-e-inductivo#%3A~%3Atext%3DEl%20acoplamiento%20capacitivo%20es%20representado%20parte%20del%20circuito%20\(v%3C3%ADctima\)](https://www.smar.com/articulo-tecnico/instalaciones-fieldbus-acoplamientos-capacitivo-e-inductivo#%3A~%3Atext%3DEl%20acoplamiento%20capacitivo%20es%20representado%20parte%20del%20circuito%20(v%3C3%ADctima)). [Último acceso: 26 mayo 2021].