



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD GUZMÁN**

**TESIS**

TEMA:

**SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE OZONO PARA  
SANITIZACIÓN DE ESPACIOS CON PRESENCIA DE HUMANOS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

PRESENTA:

**ING. AMANY RAOMI GUTIÉRREZ MAGAÑA**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. RAMÓN CHÁVEZ BRACAMONTES**

CODIRECTOR DE TESIS:

**MIE. RAÚL RENTERÍA TORIZ**

CD. GUZMÁN, JALISCO, MÉXICO, AGOSTO DE 2022



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Ciudad Guzmán, Jalisco, **05/agosto/2022**  
Asunto: Autorización de impresión de Tesis

**ING. AMANY RAOMI GUTIÉRREZ MAGAÑA**  
**CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**PRESENTE**

De acuerdo con los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México y las disposiciones en este Instituto, habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora realizó con respecto a su Trabajo de Tesis titulado "**Sistema de control automático de ozono para sanitización de espacios con presencia de humanos**", la División de Estudios de Posgrado e Investigación de este Instituto, concede la Autorización para que proceda a la impresión del mismo.

Sin otro particular, quedo de Usted.

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica®*

"2022, AÑO DEL CINCUENTA ANIVERSARIO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD GUZMÁN"

**MARÍA GUADALUPE SÁNCHEZ CERVANTES**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE**  
**POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



ccp. Archivo

MGSC/megg



<https://cdguzman.tecnm.mx/sgcicg/>

Av. Tecnológico #100 C.P. 49100 Ciudad Guzmán, Jal. Tel. (341) 5752050

tecnm.mx | cdguzman.tecnm.mx



**2022** Ricardo  
**Flores**  
Año de  
**Magón**  
PRELUDIO DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

# AGRADECIMIENTOS

A mi familia...

Que siempre estuvieron para mí, y quienes me han apoyado durante toda mi vida; ellos han sido parte esencial de mi formación y de mi vida, es por eso que siempre estaré infinitamente agradecida.

A César...

Gracias a mi novio, que siempre me apoyo y me brindo las palabras correctas cuando me desanimaba, que me acompaño durante estos dos años de maestría y los últimos semestres de ingeniería.

A mi asesor...

Dr. Ramón mil gracias por todas sus enseñanzas y por toda la paciencia que ha tenido cuando las dudas salían.

Al TECNM y al CONACYT

Gracias por apoyar la ciencia y gracias por apoyar el estudio del área de la tecnología.

## RESUMEN

Las bacterias, virus y demás contaminantes han estado presentes a lo largo del tiempo.

Hasta el año 2019, con la presencia del COVID-19, la desinfección y la purificación del aire en espacios cerrados comenzó a tomar importancia.

La pandemia que el mundo experimentó y aunque ha ido en reducción, ha traído una gran cantidad de investigación y experimentación, sobre métodos para eliminar este virus. Se ha descubierto que el gas de ozono ( $O_3$ ) es una alternativa de desinfección, y también conocer las ventajas y desventajas del uso de este gas.

En equipo con la empresa BIO-INOCUOM que es una compañía dedicada al diseño y fabricación de generadores de ozono destinados a la desinfección, se desarrolló un sistema de control basado en aplicaciones de IoT (Internet de las Cosas) para que sean integrados en los equipos generadores de ozono.

## ABSTRACT

Bacterium, viruses and other contaminants have been present over time.

Until de year 2019, with the presence of COVID-19 or Coronavirus, the disinfection and air purification in closed spaces, began to be an important task.

The pandemic the world has experienced, although the virus has been declining, the virus has brought a lot of research and experiments to kill the virus. Ozone gas has been found to be an alternative to sanitize. Also, it is important to know about the benefits of ozone gas.

Bio-Inocuom is a company that dedicated to manufacture and designe of ozone generators.

A control system was designed, based on IoT or Internet of Things. This control systema was designed to be integrated into ozono generators.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	ii
ABSTRACT .....	iii
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	2
1.2 ANTECEDENTES .....	3
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	5
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	6
1.6 ESTADO DEL ARTE.....	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 OZONO (O <sub>3</sub> ) .....	11
2.2 NORMAS PARA EL USO Y CONTROL DE OZONO .....	11
2.3 DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ).....	12
2.4 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV).....	13
2.5 CONTROL DE SISTEMAS.....	14
2.6 SENSORES .....	14
2.7 ENTORNO ARDUINO .....	16
2.8 TARJETA ESP32 .....	16
2.9 CIRCUITO INTEGRADO IR2153 .....	16
2.10 TRANSISTOR 2N2222 .....	17
2.11 CICLO DE TRABAJO.....	17
2.12 MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO (PWM) .....	17
2.13 FIREBASE .....	18
2.14 THINGSPEAK .....	18
2.15 GENERADOR DE OZONO BIO-INOCUOM MODELO INOXB1C1G .....	18
CAPÍTULO III DESARROLLO.....	19
3.1 METODOLOGÍA .....	20
3.2 REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE Y DE LA TÉCNICA SOBRE LOS SISTEMAS GENERADORES DE OZONO. ....	20
3.3 INTEGRACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE CONTROL AL GENERADOR COMERCIAL DE LA EMPRESA BIOINOCUOM. ....	21
3.4 SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE GASES O <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> Y TVOC CON TECNOLOGÍA IOT. ....	21

3.5 SISTEMA DE CONTROL DEL GENERADOR DE OZONO.....	21
3.6 PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO DE OZONO .....	22
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....	23
4.1 ANÁLISIS DE LA ELECTRÓNICA DEL GENERADOR DE OZONO COMERCIAL INOXB1C1G.....	24
4.2 EXPERIMENTACIÓN CON EL SISTEMA DE CONTROL MEDIANTE EL CI. IR2153 .....	29
4.3 REALIZACIÓN DE PRUEBAS CON SENSORES .....	32
4.4 DESARROLLO DE LA ETAPA DE MONITOREO .....	39
4.5 PRUEBAS CON LA CELDA DE OZONO DE 3 GRAMOS .....	40
4.6 BASES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL EN EL GENERADOR DE OZONO.....	42
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	48
5.1 CONCLUSIONES .....	49
5.2 TRABAJO FUTURO.....	51
ANEXOS A DOCUMENTOS TÉCNICOS .....	52
ANEXO A1 DIAGRAMA DE LA TARJETA ELECTRÓNICA DEL GENERADOR DE OZONO.....	53
ANEXO A2 PATENTE “SISTEMA DE MONITOREO AMBIENTAL DE BAJO COSTO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE” México.....	54
ANEXO A3 NORMA OFICIAL MEXICANA SOBRE EL OZONO NOM-036-ECOL-1993 .....	55
ANEXO A4 NORMA ESPAÑOLA SOBRE EL USO DEL OZONO UNE400-201-94.....	56
ANEXO A5 PROGRAMA DE COMPUTO PARA EL CONTROL DEL GENERADOR DE OZONO.....	57
ANEXO A6 NUEVO DIAGRAMA DE LA TARJETA ELECTRÓNICA DEL GENERADOR DE OZONO.....	59
ANEXO A7 DIAGRAMA FINAL DE CONTROL ON-OFF.....	60
ANEXO A8 HOJA DE DATOS DEL SENSOR CCS811 PARA MEDICIÓN DE CO <sub>2</sub> Y TVOC.....	61
ANEXO A9 HOJA DE DATOS DEL SENSOR MQ131 PARA MEDICIÓN DE OZONO ..	62
ANEXO A10 HOJA DE DATOS DEL CIRCUITO INTEGRADO IR2153 .....	63
ANEXO A11 DIAGRAMA DE LA TARJETA ESP32.....	64
ANEXO A12 DIAGRAMA DE LA TARJETA CON PLC Y MÓDULO PARA ESP32 .....	65
ANEXO A13 PATENTE “UN GENERADOR DE OZONO DE BAJA FRECUENCIA” .....	66
ANEXO A14 PATENTE “EQUIPO DE DESINFECCIÓN MEDIANTE OZONO” España .	66
ANEXO B PRODUCTOS OBTENIDOS .....	68

ANEXO B1 PUBLICACIÓN DE ARTÍCULO EN “CINERGÍA UG 2021” .....	69
ANEXO B2 PUBLICACIÓN DE ARTÍCULO EN “JORNADA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA APLICADA” .....	70
ANEXO B3 REGISTRO DE CÓDIGO DE COMPUTO ANTE INDAUTOR .....	71
ANEXO B4 ESTADÍA TÉCNICA EN LA EMPRESA BIO-INOCUOM .....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA .....	74



CAPÍTULO I  
INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 INTRODUCCIÓN

A finales del 2019 en el mes de diciembre, Wuhan, China se convirtió en el epicentro de un brote de neumonía de origen desconocido que no cedía ante tratamientos actualmente utilizados. En pocos días los contagios aumentaron exponencialmente, no solo en China Continental sino también en diferentes países. El agente causal fue identificado, como un nuevo coronavirus, posteriormente clasificado como SARS-CoV2 causante de la enfermedad COVID-19. El 11 de marzo del 2020 la Organización Mundial de Salud declara a esta enfermedad como una pandemia.

El 11 de marzo de 2020, con 118.000 casos reportados en 114 países y 4,291 personas fallecidas, la Organización Mundial de la Salud declara que el brote de la enfermedad del Coronavirus 19 causada por el SARS-CoV2, es considerada una pandemia [1].

Investigaciones sobre agentes que puedan controlar este virus, y muchas bacterias más que causen daño a la salud, han llevado al uso del ozono ( $O_3$ ) como una alternativa para la desinfección de espacios y del aire que respiramos. El ozono ha resultado ser una mejor opción para eliminación de virus y bacterias, incluso mejor que productos con cloro.

Este proyecto surge debido a una necesidad real de la empresa BIO-INOCUOM que comercializa generadores de ozono. Actualmente los generadores que la empresa desarrolla solo utilizan sistemas de control manual, por lo cual tienen la necesidad de automatizar los sistemas que comercializan. Por tal motivo, personal de la empresa BIO-INOCUOM se acercó a nuestra institución, el Tecnológico de Ciudad Guzmán, con la finalidad de desarrollar proyectos tecnológicos en colaboración, partiendo del desarrollo de sistemas de monitoreo y posteriormente adaptación de la tecnología de sus productos y poder controlar de forma automatizada los generadores de ozono.

## 1.2 ANTECEDENTES

En agosto del 2021 se llevó a cabo un convenio de colaboración entre el Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán y la empresa BIO-INOCUOM S.A.S. DE CV. La vinculación con esta empresa ha permitido grandes oportunidades a alumnos e investigadores del posgrado en ingeniería electrónica del ITCG, ya que involucra el desarrollo de proyectos de desarrollo tecnológico que den solución a problemas actuales como los que se han derivado de la actual pandemia por COVID-19. De esta colaboración nace la necesidad de realizar este proyecto de investigación relacionado a los sistemas de desinfección, que en la actualidad son necesarios para poder estar más seguros en cualquier sitio donde existan riesgos a la salud por contagios a los seres humanos.

El 27 de diciembre del 2021 la ONU declaró Día Internacional de la Preparación ante las Epidemias el secretario general de la ONU, António Guterres, declaró que la humanidad debe prepararse para próximas pandemias como la del covid-19 y reclamó para este tema atención e inversión. Esta fecha surgió a raíz de la pandemia del covid-19 y las muchas consecuencias que trajo con ella a causa de que la humanidad no estaba preparada para enfrentarla [2].

El ozono es el tercer agente oxidante más fuerte, después del flúor y del persulfato, un hecho que explica su alta reactividad. Es la forma alotrópica o inestable de oxígeno. Se usa para tratar varias enfermedades infecciosas, autoinmunes, degenerativas y ortopédicas. Se postula que el  $O_3$  tiene propiedades analgésicas y antiinflamatorias [3].

La tecnología de  $O_3$  es una herramienta barata y eficaz para la eliminación de olores no deseados y muchos contaminantes del aire interior. El  $O_3$  tiene una tremenda capacidad de oxidar sustancias. Es más rápido que el cloro y desinfecta el agua con mucha más efectividad. El  $O_3$  es un oxidante muy fuerte y literalmente destruye las moléculas de sustancias orgánicas tales como bacterias, mohos, esterilizar el aire y eliminar los olores y gases tóxicos [4].

La desinfección es una de las principales etapas del proceso de potabilización de agua, indispensable para la eliminación de elementos patógenos que no fueron retenidos ni

eliminados en las etapas previas del tratamiento y que pueden afectar la salud de los usuarios del sistema de abastecimiento.

Existen diferentes métodos para desinfectar el agua, cada uno de ellos con ventajas y desventajas. El cloro en forma gaseosa es el desinfectante más utilizado en el mundo. Sin embargo, éste puede reaccionar con la materia orgánica que pueda encontrarse en el agua, generando sub- productos como trihalometanos y/o clorofenoles, considerados generadores de riesgo crónico debido a su posible efecto cancerígeno. La utilización del O<sub>3</sub> como desinfectante primario o como oxidante en las etapas previas del tratamiento, es una alternativa a considerar para mejorar la calidad del agua que minimiza los riesgos generados en la desinfección con cloro [5].

Otra característica del O<sub>3</sub> es que es un oxidante 1,5 veces más potente que el cloro, muy corrosivo y letal para el hombre a concentraciones superiores a 4 ppm. Aun así, no se acumula en los tejidos grasos, no causa efectos crónicos, ni se le considera cancerígeno.

La principal acción que se le atribuye es microbicida y esterilizante, con un espectro antimicrobiano más amplio que el cloro. El O<sub>3</sub> es activo contra bacterias, hongos, levaduras, virus, esporas y bacterianas, siendo más efectivo contra las bacterias celulares vegetativas que frente a esporas de bacterias y hongos [6].

Además del cloro, existen otros compuestos utilizados como desinfectantes del agua en industrias alimentarias, algunas de ellas son el ozono, los radicales ionizantes, peróxido de hidrógeno, ácidos peroxiacéticos, radiaciones ultravioletas, etc. El O<sub>3</sub> está siendo utilizado en la industria alimentaria en la desinfección tanto del aire como del agua, ya que presenta un elevado poder oxidante, siendo más rápido que el cloro en su actuación. Además, es un gas inodoro e insípido, y no se le conocen derivados que puedan ser perjudiciales para la salud humana. El O<sub>3</sub> introducido en un ambiente cualquiera realiza tres acciones fundamentales: acción microbicida (debida a sus propiedades oxidantes elimina bacterias, hongos, virus y esporas), acción desodorante (elimina los malos olores actuando directamente sobre la causa que los provoca), y acción oxigenante (contribuye a mejorar la eficacia de las células de los organismos superiores en cuanto al aprovechamiento del oxígeno disponible, mediante la estimulación de varias enzimas que intervienen en estos

procesos). Actualmente el uso del ozono se está generalizando en diversos ámbitos como la medicina, tratamientos de agua, agricultura, conservación de alimentos en cámaras frigoríficas, en almacenes de frutas y vegetales, contra los gases de etileno, en la conservación de carnes y pescados [7].

Cuando se habla de algunas propiedades del O<sub>3</sub>, en su forma de gas, es incoloro, mientras que el O<sub>3</sub> en su forma líquida es casi opaco y en forma de cristal puede ser negro–azulado o morado–azulado. El O<sub>3</sub> tiene un olor característico, como si se tratara de fósforo y dióxido de azufre. El sentido del olfato tiende a ser extremadamente sensibles ante la presencia de este gas, puede ser detectado por los humanos en una disolución de 1 parte por millón (PPM) en el aire. La mitad de la vida del gas de O<sub>3</sub> dura alrededor de 15 minutos en áreas abiertas.

### 1.3 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar un sistema de control para generadores de ozono, que pueda entregar gas de ozono dentro de los niveles permitidos bajo normas nacionales e internacionales, y que se pueda llevar a cabo la desinfección en espacios cerrados con presencia de humanos.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el sistema electrónico del generador de ozono BIO-INOCUOM MODELO INOXB1C1G.
- Diseñar el sistema de monitoreo inalámbrico de gases O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, TVOC.
- Diseñar e implementar un sistema de control automatizado para el generador de ozono comercial tomando como referencia los niveles de CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono) y TVOC (Total de componentes orgánicos volátiles) medidos en espacios cerrados haciendo uso de tecnología IoT (Internet of Things/ Internet de las cosas).

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

El gas de ozono ha resultado ser una excelente opción para la limpieza y desinfección, así como de la eliminación de malos olores de los espacios que son usados por personas, la actual pandemia, ha dado lugar a la investigación de que el ozono es una mejor opción para cuidar la salud de las personas, comparado con el uso de desinfectante con cloro.

Al implementar un sistema de control para generadores de ozono, se tendrá como beneficio la desinfección de espacios donde las personas conviven, trabajan o estudian. Al mismo tiempo, se está atendiendo una necesidad de una empresa de la región que a su vez impacta en el sector salud, pudiendo ser punta de lanza de otros proyectos con un enfoque social hacia la solución de problemas en el sector salud.

El sistema que será implementado al generador de ozono presenta como novedad que su operación estará en función de gases como CO<sub>2</sub> y TVOC mejorando a los sistemas actuales.

## 1.6 ESTADO DEL ARTE

En el año 2020 la humanidad tuvo que enfrentarse a la pandemia COVID-19, motivo que llevo a las personas a desarrollar métodos para desinfectar áreas donde podría encontrarse este virus y causar contagios entre trabajadores o en el mismo hogar. Por este motivo a continuación se muestran algunos trabajos relacionados con el uso de ozono para la desinfección de espacios, entre estos trabajos se pueden encontrar artículos, patentes e información de páginas web que son confiables.

### PRINCIPIOS DE CONTROL MICROBIOLÓGICO CON OXIDANTES

Resumen: “La forma en que muchos contaminantes aparecen en el agua puede crear problemas en la eficacia de su remoción”.

Resultados: “El uso del ozono en lugar de cloro en plantas potabilizadores de agua, esto para tratar de controlar el sabor, olor y para la desinfección. El ozono reacciona 3.125 veces más rápido que el cloro es por eso que es muy efectivo como biocida y cubre un mayor rango de microorganismos, que si se utilizaran compuestos clorados para la desinfección del agua”.

Conclusión: “La identificación de los sistemas y sus contaminantes es primordial para la selección de los oxidantes a usar, su dosis óptima y su forma de control juntamente con la eliminación o disminución de subproductos indeseables” [8].

#### EL OZONO ES EL DESINFECTANDE MÁS POTENTE CONTRA EL CORONAVIRUS Y TODO TIPO DE MICROORGANISMOS SEGÚN LA OMS

Resumen: “Hasta ahora el ozono es bien conocido por ser un compuesto natural presente en la atmósfera a dos alturas: en la estratosfera, donde se forma una capa que depura el aire, filtra los rayos ultravioleta dañinos para el ser humano y evita que alcance la superficie terrestre; y en la baja troposfera, donde siempre existen ciertas concentraciones- pero que en niveles elevados como consecuencia de la contaminación, serian perjudiciales para los ecosistemas y para la propia salud del hombre”.

Resultados: “El ozono destruye numerosos virus, bacterias y hongos, y es muy eficaz contra la familia del coronavirus. Hay estudios que demuestran que elimina más del 99% de los virus en tan solo 20 segundos. No hay datos aun que certifiquen que elimina el Covid-19 pero si sabemos que el ozono penetra en la membrana celular y que los coronavirus son sensibles a los agentes oxidantes” [9].

#### LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE OZONO A LA SALUD PÚBLICA Y A LA INDUSTRIA

Resumen: “Se revisan aplicaciones de la tecnología del ozono relacionados con el uso del ozono en la industria y en la salud pública. Cuando se utiliza correctamente y de forma segura, la tecnología de ozono es una herramienta barata y eficaz para la eliminación de olores no deseados y muchos contaminantes del aire interior. Algunas de las aplicaciones más exitosas del ozono se encuentran en las industrias manufactureras, tales como alimentos,

bebidas, farmacéutica, cuidado de la salud y otras como la industria del turismo. En el área de la salud pública, la tecnología del ozono tiene un gran potencial para reducir los riesgos de infecciones, tanto en el hogar como en los centros de salud”.

Resultados: “El ozono es excelente para desinfectar y desodorizar, especialmente para el tratamiento de agua. Se utiliza desde hace muchos años en empresas de limpieza profesional. La tecnología del ozono ha demostrado su eficacia como desinfectante en casas de enfermos, hoteles, restaurantes y negocios. Como desodorizantes, el ozono ha demostrado ser un medio valioso para la eliminación de olores no deseados. La investigación ha encontrado que los niveles de ozono de menos de 9 ppm son necesarias para los edificios enfermos o la desinfección profesional. Niveles más bajos de ozono, menos de 0.1 ppm han demostrado ser eficaces para reducir las poblaciones de bacterias, hongos y virus”.

Conclusión: “El ozono tiene un gran potencial para su uso en muchas aplicaciones diferentes. Debido al alto costo de las infecciones adquiridas en el cuidado de la salud, tanto en vida humana como en dinero, existe una necesidad inminente de tecnología accesibles para hogares, escuelas, centros de salud y empresas” [4].

#### EQUIPO DE DESINFECCIÓN MEDIANTE OZONO

Resumen: “Como es sabido, la aparición del COVID-19 ha generado unas necesidades de desinfección muy superiores a las habituales. Sin embargo, no existe ningún producto viricida que esté autorizado para el uso por nebulización sobre las personas. El uso inadecuado de biocidas introduce un doble riesgo; posibles daños para la salud humana y una falsa sensación de seguridad”.

Resultados: “La generación de ozono con maquinaria “in situ” está regulada por la norma UNE400-201-94 para una óptima desinfección, sin afectar a superficies, y por la UNE EN50131 para la seguridad de las personas mediante el sistema de alarma. El nivel de ozono de alta calidad que debemos generar para realizar un proceso de desinfección completo es de 15-20mg/m<sup>3</sup>, con lo que no es compatible la desinfección con ozono, con la presencia de personas, animales domésticos o plantas. Sin embargo, el ozono es un gas natural y



ecológico, que se convierte en oxígeno después de su uso, siendo un germicida rápido, completo y sin residuos, capaz de eliminar más del 99% de las bacterias presentes en el aire y superficies tratadas, llegando a los puntos más ocultos, superando así otras técnicas de desinfección conocidas. La gestión remota de la máquina generadora de ozono nos permite minimizar riesgos para las personas ya que, si aumentamos la frecuencia en la desinfección diaria con ozono, aumentamos las posibilidades de intoxicación de las personas. Por el contrario, si disminuimos la frecuencia en la desinfección con ozono, aumentamos las posibilidades de contagio de las personas. La automatización de la ozonización nos permite acortar los tiempos de desinfección diaria en el entorno de trabajo, controlando y evitando el riesgo de intoxicación y de contagio para las personas” [10].

#### UN GENERADOR DE OZONO DE BAJA FRECUENCIA

Resumen: “Dicho generador de ozono está configurado para operar en un intervalo de frecuencia operativa entre 25 – 40 kHz. Los aparatos de generación de ozono operan preferentemente a una frecuencia por encima del intervalo audible para humanos, es decir, en el intervalo de frecuencia entre 15 – 25 kHz. La operación a alta frecuencia también es conveniente porque tiene la ventaja de requerir tensiones de operación más bajas para una energía de entrada determinada en comparación con la operación de baja frecuencia.

Resultados: Un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato generador de ozono capaz de asegurar el nivel requerido de ozono en el agua a tratar en todo momento. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método para operar un aparato generador de ozono capaz de asegurar el nivel requerido de ozono en el agua a tratar en todo momento” [11].

CAPÍTULO II  
MARCO TEÓRICO

---

## **MARCO TEÓRICO**

### **2.1 OZONO (O<sub>3</sub>)**

El ozono es conocido por ser un compuesto natural presenta en la atmósfera a dos alturas, en la estratosfera, donde se forma una capa que depura el aire, filtra los rayos ultravioleta dañinos para el ser humano y evita que alcance la superficie terrestre, y en la baja troposfera, donde siempre existen ciertas concentraciones, pero que, en niveles elevados, como consecuencia de la contaminación, serian perjudiciales para los ecosistemas y para la propia salud del hombre.

Uno de los usos menos conocido del ozono es su uso como biocida es decir que elimina organismos vivos, debido a que es un compuesto muy oxidante y que es reactivo con materia orgánica [12].

### **2.2 NORMAS PARA EL USO Y CONTROL DE OZONO**

Las normas son reglas que se establecen con el propósito de regular comportamientos para mantener un orden determinado, y son articuladas para establecer las bases de un comportamiento aceptado dentro de una sociedad u organización [13].

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario consultar las siguientes normas, las cuales se dividen en normas nacionales y normas internacionales.

#### **NORMAS NACIONALES:**

##### **NOM – 036 – ECOL – 1993**

Norma oficial mexicana que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición [14].

## **NOM – 085 – ECOL – 1994**

Norma oficial mexicana que habla sobre la contaminación atmosférica. Utilizada para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos y niveles permisibles de CO<sub>2</sub> [15].

## **NORMAS INTERNACIONALES:**

### **Norma Española UNE400 – 201 – 94**

Esta norma menciona que el ozono puede ser irritante a niveles de emisión superiores a los marcados. Esta norma también menciona la clasificación de los generadores de ozono y las especificaciones que tienen que tener un acuerdo a uso final [16].

## **2.3 DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un gas incoloro e inodoro compuesto por un átomo de carbono y dos de oxígeno en enlaces covalentes. Realmente el CO<sub>2</sub> forma parte de la naturaleza y es indispensable para la vida en la Tierra. De no existir el CO<sub>2</sub> las plantas no existirían, ya que éstas lo necesitan para realizar la fotosíntesis. El CO<sub>2</sub> no es realmente un tóxico, en el sentido de daño o envenenamiento por inhalación, ya que realmente es un gas que los seres vivos exhalan en su respiración. Se encuentra de forma natural en el aire ambiente en concentraciones que varían entre 300 ppm a 550 ppm dependiendo de si medimos en entornos rurales o urbanos.

El CO<sub>2</sub> produce el desplazamiento del oxígeno y en concentraciones altas, de más de 30.000 ppm, puede producir asfixia. El CO<sub>2</sub> es un gran indicador de la calidad de aire en interiores.

Aunque el dióxido de carbono es un compuesto que se encuentra de manera natural en el medio ambiente, altas concentraciones de este compuesto pueden traer ciertas consecuencias

en la salud de las personas, como: asfixia por desplazamiento del oxígeno, pero esto se produce por concentraciones muy altas capaces de desplazar el oxígeno y reducir su concentración por debajo del 20%. En concentraciones altas, cercanas a la 30.000 ppm, puede causar dolores de cabeza, falta de concentración, somnolencia, mareos y problemas respiratorios. En entornos laborales, como oficinas, se comienzan a tener quejas de olores a partir de las 800-1000 ppm [17].

#### 2.4 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV)

Los compuestos orgánicos volátiles, COV o TVOC (en inglés), son sustancias químicas que contienen carbono y que se convierten fácilmente en vapor o gas, estando normalmente en forma gaseosa a temperatura ambiente. Los COV son todos aquellos hidrocarburos con menos de 12 átomos de carbono y que contienen, junto al carbono, hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Son compuestos volátiles, liposolubles, tóxicos e inflamables. Los más abundantes en el aire son: metano, tolueno, n-butano, i-pentano, etano, benceno, n-pentano, propano y etileno. Estos compuestos son liberados por la quema de combustibles fósiles, como gasolina, madera, carbón o gas natural. También son liberados por disolventes, pinturas, el humo del tabaco, el transporte, lacas, repelentes de polillas, aromatizantes del aire, materiales empleados para tratar maderas, aerosoles, materiales de construcción, productos de oficina, productos de limpieza, líquidos de lavado en seco, etc.

Existe una clasificación para este tipo de compuesto. En primer lugar, según su fuente de procedencia, pueden ser naturales o artificiales o antropogénicos. La fuente natural más común es el metano, un gas de efecto invernadero generado por la descomposición de la materia orgánica, por la quema de biomasa o por animales rumiantes como las vacas. Otros ejemplos de COV naturales son los isoprenoides, los terpenos, el pineno y el limoneno [18].

## 2.5 CONTROL DE SISTEMAS

Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen valores prefijados [19].

### **SISTEMA DE CONTROL CERRADO**

En este tipo de sistema de control sí hay información sobre la variable, incluso retroalimentación sobre los estados que va tomando. La información sobre la variable se obtiene mediante el uso de sensores que son colocados de forma estratégica. Los sensores hacen posible que el proceso sea completamente autónomo [20].

## 2.6 SENSORES

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida, que es función de la variable medida.

Un sensor realiza la tarea de ampliar la señal, esto con el objetivo de conocer “cantidades físicas” ya sea que, por su naturaleza o tamaño, que no pueden ser percibidas a simple vista [21].

### **SENSOR DE OZONO MQ- 131**

Los sensores de gases MQ son una familia de dispositivos diseñados para detectar la presencia de distintos componentes químicos en el aire. Los sensores MQ están compuestos por un sensor electro-químico que varía su resistencia al estar en contacto con las sustancias.

Los sensores de gases son dispositivos con alta inercia, es decir, la respuesta necesita tiempos largos para estabilizarse tras un cambio de concentración de los gases medidos. Ello es debido a la necesidad física de que el gas abandone el material sensible, lo cual es un proceso lento.

Todos los modelos MQ disponen de un calentador necesario para elevar la temperatura del sensor, y que sus materiales adquieran la sensibilidad. Mientras el calentador no alcance la temperatura de funcionamiento, la lectura del sensor no será fiable [22].

### SENSOR CCS811

CCS811 es un sensor de gas digital y de ultra bajo consumo. Este sensor integra un sensor de gas de metal óxido (MOX) para el monitoreo de calidad del aire interior, además de un microcontrolador y un convertidor de analógico a digital (ADC). La comunicación es digital a través de interfaz I<sup>2</sup>C. El CCS811 utiliza la solución de sensor de gas digital para detectar un amplio rango de compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), incluso el dióxido de carbono equivalente (eCO<sub>2</sub>) y los niveles MOX. Destinado a monitorear la calidad del aire interior, el sensor ofrece lecturas de partes por millón (PPM) de CO<sub>2</sub> y partes por mil millones (PPB) de TVOC, que se categorizan a menudo como contaminantes o irritantes sensoriales y pueden provenir de una variedad de fuentes interiores como materiales de construcción (pintura, alfombras, etc.), máquinas (copiadoras, procesos, etc.) e incluso la gente (respiración, cigarrillos, etcétera) [23].

Tabla 1 Características y aplicaciones del sensor CCS811

Características	Aplicaciones
Sensor de calidad del aire	Teléfonos inteligentes
Bajo consumo de corriente	Dispositivos inteligentes del hogar
Salida I <sup>2</sup> C	Uso médico
Suministro de voltaje 1.8 V a 3.6 V	Prueba de la emisión química de materiales
Consumo de energía 1.2 mW a 46 mW	Identificación de fuentes de alta contaminación
Detección de compuestos orgánicos volátiles totales de 0 PPB a 1187 PPB	Agricultura interior, agricultura en agua
Detección de eCO <sub>2</sub> de 400 a 8192 PPM	Carga de climatización

## 2.7 ENTORNO ARDUINO

Arduino es una placa de desarrollo basada en un microcontrolador ATMEL. Este entorno de desarrollo es una aplicación multiplataforma que puedes utilizar para escribir y cargar programas en placas ARDUINO y tarjetas que sean compatibles con este entorno. Dicho entorno no solo permite escribir un código, si no también, depurar, editar y grabar los programas o sketches en la placa de desarrollo que se esté utilizando [24].

## 2.8 TARJETA ESP32

Es un microcontrolador que integra tecnología Wi-Fi y Bluetooth, que le proporcionan conectividad con internet u otros dispositivos. El hecho de implementar tecnología Bluetooth le hace destacar, al tratarse de un módulo que integra dichas tecnologías, que, junto al doble procesador y al modo de bajo consumo de energía [25].

## 2.9 CIRCUITO INTEGRADO IR2153

Este circuito integrado (CI) es una versión del circuito integrado IR2155, que incorpora un alto voltaje en un medio puente, con conducción en la terminal gate, con un oscilador frontal similar al utilizado en la industria del CMOS 555. Algunas de las características del CI IR2153 son: [26]

- Accionamiento de compuerta de medio puente de 600 V
- Diodo Zener de 15.6 V en Vcc
- Coeficiente de baja temperatura durante el tiempo muerto
- Pulsos constantes en los pines LO y HO



## 2.10 TRANSISTOR 2N2222

El transistor es un componente electrónico construido por materiales semiconductores, estos prácticamente revolucionaron todos los aparatos electrónicos, ya que gracias a sus pequeñas dimensiones y sus múltiples funciones se logró disminuir los tamaños de todos los aparatos electrónicos. Estos componentes están contruidos por cristales semiconductores que dependiendo de su estructura interna pueden ser denominados material N o material P. En todos los transistores siempre se colocan dos cristales de un material y uno del otro, por ejemplo: NPN o PNP y cada cristal corresponde a una terminal que son: emisor, base y colector.

El emisor se encarga de proporcionar las cargas eléctricas, la base controla el flujo de corriente y por último el colector recoge las cargas proporcionadas por el emisor. La diferencia de usos entre transistores es que los NPN se utilizan para voltajes positivos y los PNP con voltajes negativos [27].

## 2.11 CICLO DE TRABAJO

Un ciclo de trabajo o ciclo de potencia es la fracción de un período en el que una señal o sistema está activo. El ciclo de trabajo se expresa comúnmente como un porcentaje o una relación. Un período es el tiempo que tarda una señal en completar un ciclo de encendido y apagado [28].

## 2.12 MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO (PWM)

La modulación por ancho de pulsos (del inglés Pulse width Modulation o PWM) de una señal, es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica, para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga [29].

## 2.13 FIREBASE

Firestore se trata de una plataforma móvil creada por Google, cuya principal función es desarrollar y facilitar la creación de Apps de elevada calidad de una forma rápida, con el fin de que se pueda aumentar la base de usuarios y ganar más dinero. La plataforma está subida en la nube y está disponible para diferentes plataformas como iOS, Android y web. Contiene diversas funciones para que cualquier desarrollador pueda combinar y adaptar la plataforma a medida de sus necesidades [30].

## 2.14 THINGSPEAK

ThingSpeak es una API y aplicación de código abierto para el Internet de las Cosas que permite almacenar y recopilar datos de objetos conectados a través del protocolo HTTP a través de Internet o de una red local [31].

## 2.15 GENERADOR DE OZONO BIO-INOCUOM MODELO INOXB1C1G

La empresa BIO-INOCUOM proporcionó para el desarrollo del proyecto de investigación un generador de ozono comercial de 1 a 3 gramos por minuto como el mostrado en la imagen 1.



*Imagen 1 Generador de ozono BIO-INOCUOM*

CAPÍTULO III  
DESARROLLO



### 3.1 METODOLOGÍA

La finalidad de este proyecto se orienta a obtener una mayor flexibilidad en el control automatizado de sistemas de sanitización con ozono en presencia de humanos.

Para llevar a cabo la implementación del sistema de control que pueda ser utilizado en la automatización de los generadores de ozono de la empresa BIO-INOCUOM se plantearon las siguientes etapas:

1. Revisión del estado del arte y de la técnica sobre los sistemas generadores de ozono.
2. Integración de un nuevo sistema de control al generador comercial de la empresa BIOINOCUOM.
3. Sistema de monitoreo inalámbrico de gases O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> y TVOC.
4. Sistema de control del generador de ozono.
5. Pruebas de validación del sistema de control automatizado de ozono.

### 3.2 REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE Y DE LA TÉCNICA SOBRE LOS SISTEMAS GENERADORES DE OZONO.

Esta primera etapa se realizó con el propósito de conocer y entender el funcionamiento de los generadores de ozono comerciales, así como también la de conocer el funcionamiento de la electrónica que se utiliza para llevar a cabo la automatización.

Durante esta etapa también se requirió investigar el comportamiento del ozono cuando entra en contacto con ciertos organismos como bacterias, esporas, etc.; como parte de la investigación también se revisan patentes, artículos, así como normas nacionales y normas internacionales.

### 3.3 INTEGRACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA DE CONTROL AL GENERADOR COMERCIAL DE LA EMPRESA BIOINOCUOM.

Para poder llevar a cabo esta etapa, la empresa BIO-INOCOUM nos facilitó un generador de ozono comercial modelo INOXB1C1G, el cual solo tiene control manual para la generación de ozono. Antes de tomar la decisión de como integrar el nuevo sistema de control dentro del generador INOXB1C1G, como primera instancia se verificó el funcionamiento de la electrónica de control y potencia con la que opera el generador y posteriormente se realizó ingeniería inversa sobre la electrónica de control y potencia, ya que ésta electrónica tiene una gran influencia en la eficiencia del generador de ozono. Una vez estudiada la electrónica del generador comercial, el siguiente objetivo fue proponer un nuevo sistema de control que permitiera automatizar la generación de ozono aplicando técnicas de monitoreo inalámbrico, empleando tecnología de IoT.

### 3.4 SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE GASES O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> Y TVOC CON TECNOLOGÍA IOT.

Para poder implementar un sistema de control cerrado es necesario desarrollar la etapa de medición de las variables que permitan tomar acciones de control sobre la o las variables del sistema. Con tal motivo, fue necesario el diseño e implementación de un sistema de monitoreo inalámbrico con sensores de O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> y TVOC.

### 3.5 SISTEMA DE CONTROL DEL GENERADOR DE OZONO.

Una vez que se realizó la ingeniería inversa sobre el generador de ozono proporcionado por la empresa BIO-INOCUOM, se determinó que el circuito integrado IR2153 de la compañía International Rectifier es el que se encarga de generar los pulsos de control a los dispositivos de la etapa de potencia que alimentan a la celda generadora de ozono. Como resultado de esta etapa se describe la técnica empleada en el nuevo sistema de control para el generador de ozono.

### 3.6 PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO DE OZONO

Una vez que se diseñaron e implementaron las etapas previas y se integraron al generador de ozono de la empresa BIO-INOCUOM modelo INOXB1C1G, se procedió hacer la experimentación con pruebas que validaran la respuesta del sistema de control automatizado del generador de ozono en estudio.

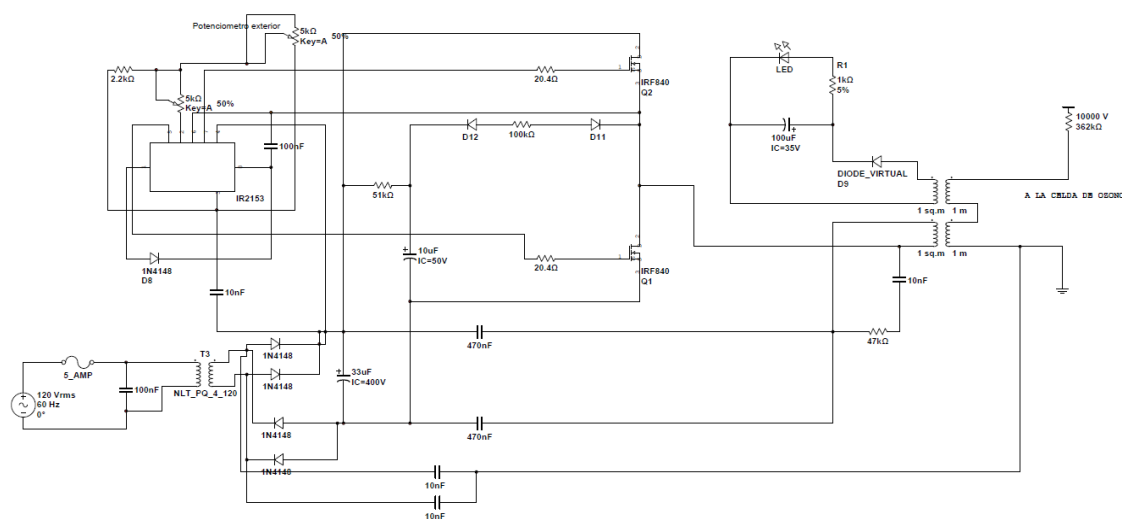
CAPÍTULO IV  
RESULTADOS

---

#### 4.1 ANÁLISIS DE LA ELECTRÓNICA DEL GENERADOR DE OZONO COMERCIAL INOXB1C1G.

Las primeras pruebas se realizaron con el generador de ozono comercial modelo INOXB1C1G (ver imagen 1), el cual solo permite un control manual en la generación de ozono, para esto se tuvo que realizar ingeniería inversa sobre la electrónica de control y potencia, ya que la eficiencia del generador de ozono depende en gran medida de la técnica de control empleada sobre la etapa de potencia que alimenta a la celda de ozono, que es elemento de control sobre el que se actúa para la generación del gas  $O_3$ . Una vez estudiada la tarjeta electrónica que se emplea para el control de la etapa de potencia se buscó la forma de actuar sobre el control de manera inalámbrica buscando optimizar la respuesta del sistema.

La imagen 2 muestra un diagrama que representa la electrónica del generador de ozono INOXB1C1G, y en el anexo A1 se pueden observar mayores detalles de este.



**Imagen 2 Diagrama de la tarjeta del generador de ozono BIO-INOCUUM**

Con ayuda del diagrama de la imagen 2 y la tarjeta en físico, se verificaron si las conexiones coincidían, cabe mencionar que se tuvo que hacer un segundo diagrama en el software MULTISIM, esto debido a que algunas conexiones y componentes no correspondían o hacían falta.



## 4.2 SIMULACIÓN DE LA ETAPA DE CONTROL Y POTENCIA DEL GENERADOR DE OZONO.

Para simular la etapa de control de la tarjeta electrónica del generador se utilizó el software PSIM, en la imagen 3 se puede apreciar el circuito. La simulación consistía en cambiar los valores el “Duty cycle” o ciclo de trabajo, este concepto se explica en el punto 2.11 del capítulo 2 Marco Teórico [30]. Este paso en la simulación se llevó a cabo con el objetivo de saber en este sistema la relación entre el ciclo de trabajo y el PWM este concepto se explica en el punto 2.12 del capítulo 2 Marco Teórico [31].

El experimento se llevó a cabo registrando manualmente en una hoja de cálculo y el software PSIM, la frecuencia que se utilizó comenzó en 100 Hz y se aumentó a los 10,000 Hz, el aumento se hizo con intervalos de 100 Hz, se utilizaron tres ciclos de trabajo, 50%, 75% y 100%, para los tres casos los valores de los componentes electrónicos fueron los mismos, los cuales fueron: C1 10 nF (nano Faradios), C2 y C3 470 nF (nano Faradios), R1 47 K $\Omega$  (Kilo Ohms), inductor 2 mH (mili Henrios). Se comenzó con el ciclo de trabajo del 50% o 0.5, se midieron los valores de corriente y voltaje, con las mediciones que arrojó la simulación se procedió a realizar las gráficas y a continuación se muestran los resultados.

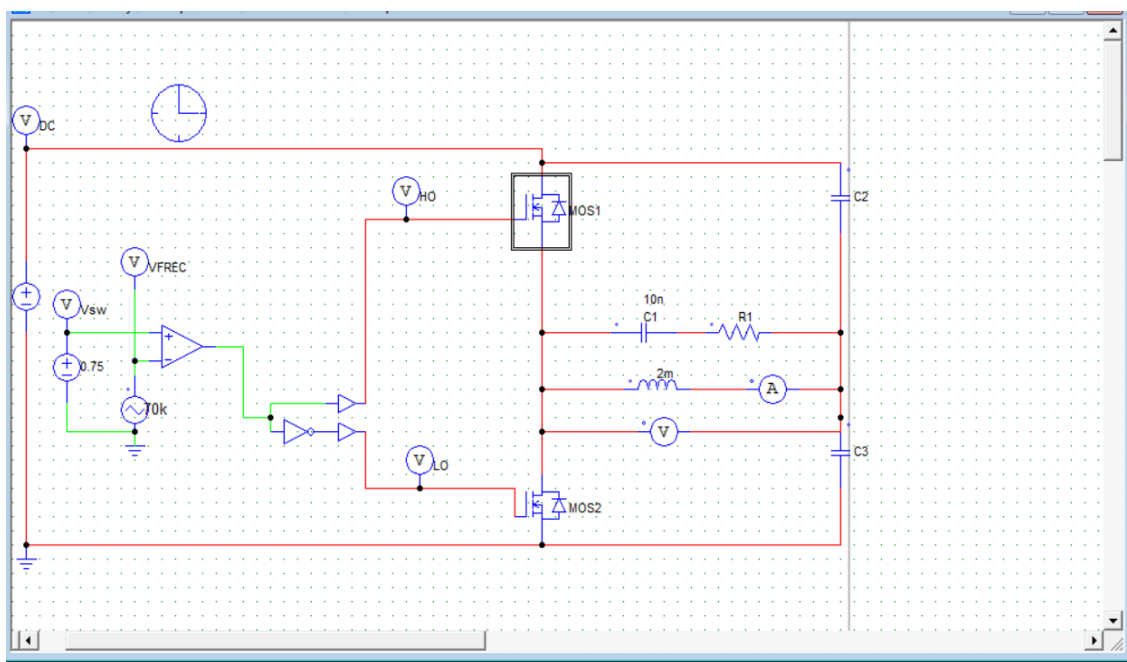
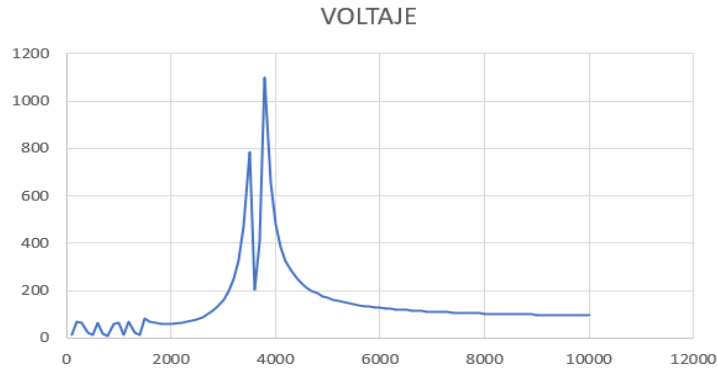
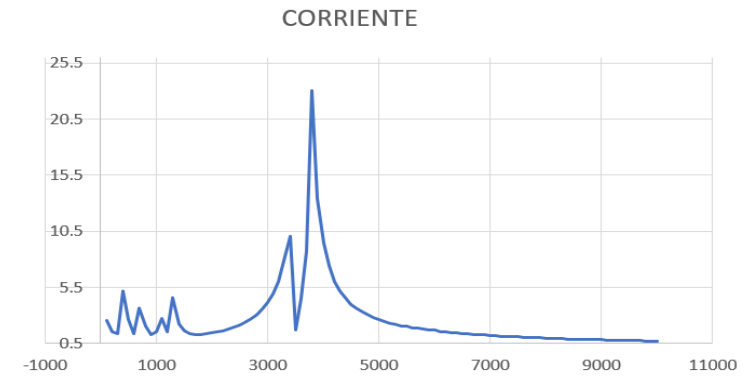


Imagen 3 Simulación en PSIM de la etapa de control del generador de ozono

En las imágenes 4 y 5, se puede observar que las dos variables que son corriente y voltaje tienen un comportamiento similar, es visible que en el eje X ambas gráficas al llegar al valor de 4000 el pico disminuye para después volverse una línea recta.

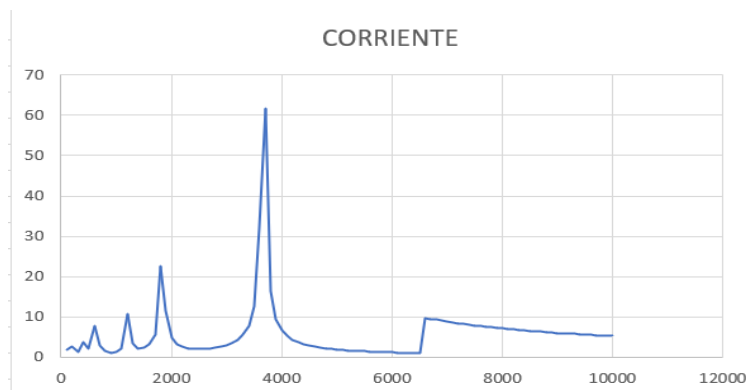


**Imagen 4 Voltaje del ciclo de trabajo del 50%**



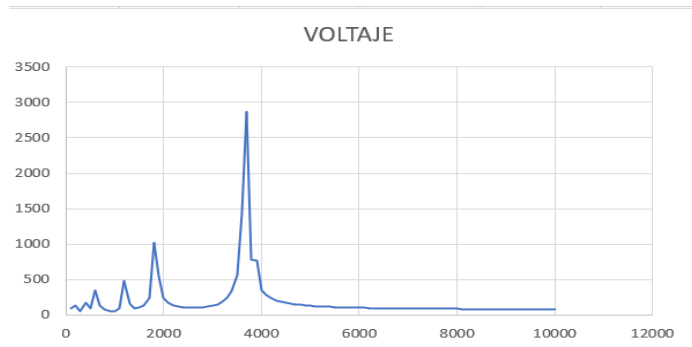
**Imagen 5 Corriente del ciclo de trabajo de 50%**

Para la segunda etapa se utilizó en ciclo de trabajo del 75% o 0.75, se utilizaron los mismos valores de los componentes, y los valores del voltaje y la corriente se graficaron, la frecuencia



**Imagen 6 Corriente del ciclo de trabajo del 75%**

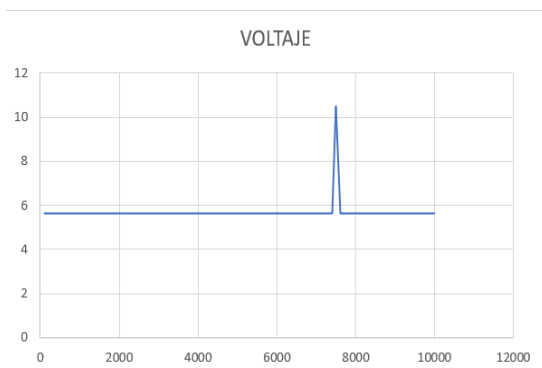
igual que en el experimento anterior se fue aumentando de 100 Hz en 100 Hz hasta poder llegar a los 10,000 Hz, a continuación, se muestran los resultados.



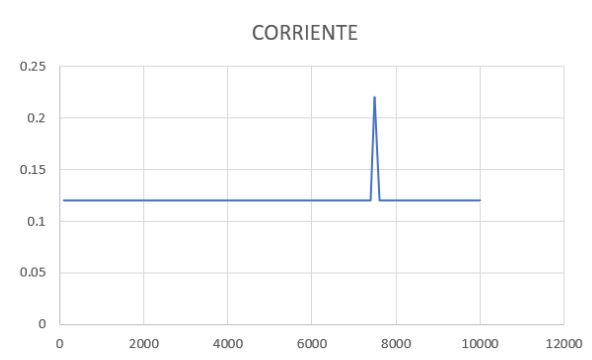
**Imagen 7 Voltaje del ciclo de trabajo del 75%**

Para este punto en la gráfica de la corriente es visible un sobre impulso, mientras que en la del voltaje este sobre impulso no existe, lo que lleva a que algunos puntos de la frecuencia junto con el ciclo de trabajo si tiene influencia en el comportamiento de estas dos variables.

En las gráficas siguientes se muestra el comportamiento que el sistema tuvo al trabajar con un ciclo de trabajo igual al 100% o 1.



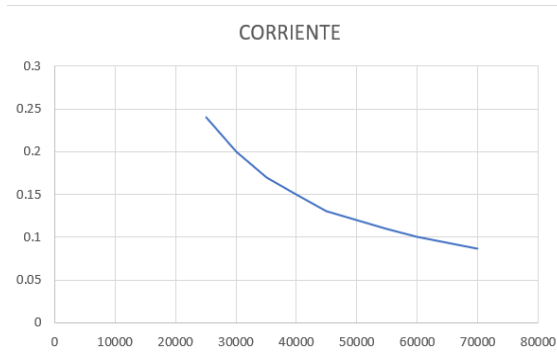
**Imagen 8 Voltaje del ciclo de trabajo del 100%**



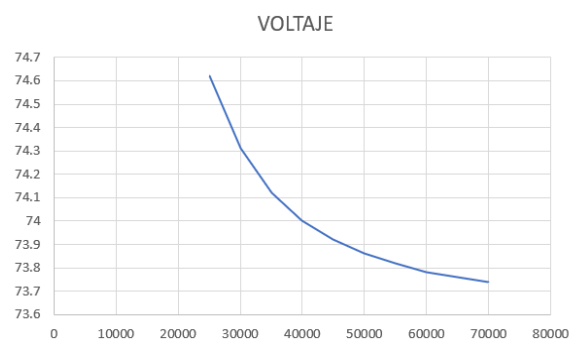
**Imagen 9 Corriente del ciclo de trabajo del 100%**

A diferencia de los puntos anteriores, es decir en el ciclo de trabajo del 50% y en el 75%, se notaba un comportamiento diferente al ciclo del trabajo del 100% que muestra un solo pico o sobre impulso tanto en la gráfica de corriente como en la gráfica del voltaje es notable este fenómeno. Este comportamiento es normal en este tipo de sistemas donde se encuentra un inductor presente, en este caso la bobina de 2 mH.

Al observar cómo fue el comportamiento del sistema con el ciclo de trabajo en el 50% y en el 75%, se hizo una segunda prueba con estos dos valores, los valores en los componentes fueron los mismos, en el caso de los valores en las frecuencias se utilizaron los intervalos de 25,000 Hz hasta 70,000 Hz, realizando el aumento de 5,000 Hz en 5,000 Hz. Se muestran los resultados en las siguientes gráficas, comenzando con el ciclo de trabajo del 50%.



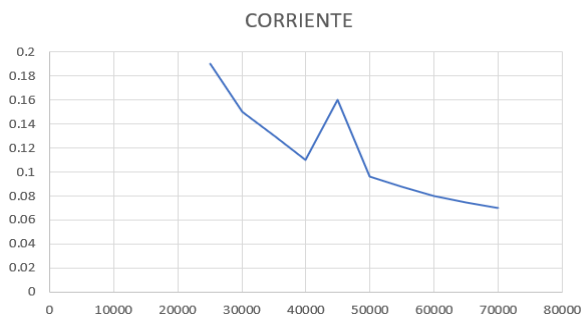
**Imagen 10 Segunda etapa para el ciclo de trabajo del 50% en corriente**



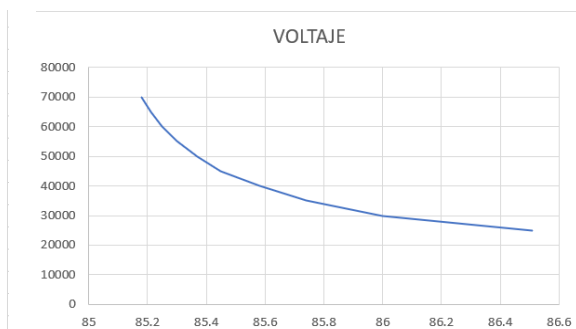
**Imagen 11 Segunda etapa para el ciclo de trabajo del 50% en voltaje**

Aunque el ciclo de trabajo fue del 50% se puede observar que existe una gran diferencia entre las gráficas de la imagen 3 y la imagen 4, ya que, en las gráficas de la imagen 9 y la imagen 10 no existen los sobre impulsos, si no, que más bien se muestra una curva.

Mientras que en la segunda etapa de la experimentación con el ciclo de trabajo del 75%, se pudo notar que los resultados si fueron diferentes, si se presentaron cambios en las gráficas del primer ejercicio y del segundo.



**Imagen 12 Segunda etapa para el ciclo de trabajo del 75% en corriente**



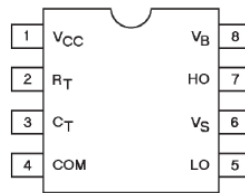
**Imagen 13 Segunda etapa para el ciclo de trabajo del 75% en voltaje**

Como en las gráficas anteriores, los resultados del ciclo de trabajo del 75% también muestran una curva, a excepción de la gráfica de la corriente, que presenta un sobre impulso en el intervalo de 40,000 Hz y 50,000 Hz.

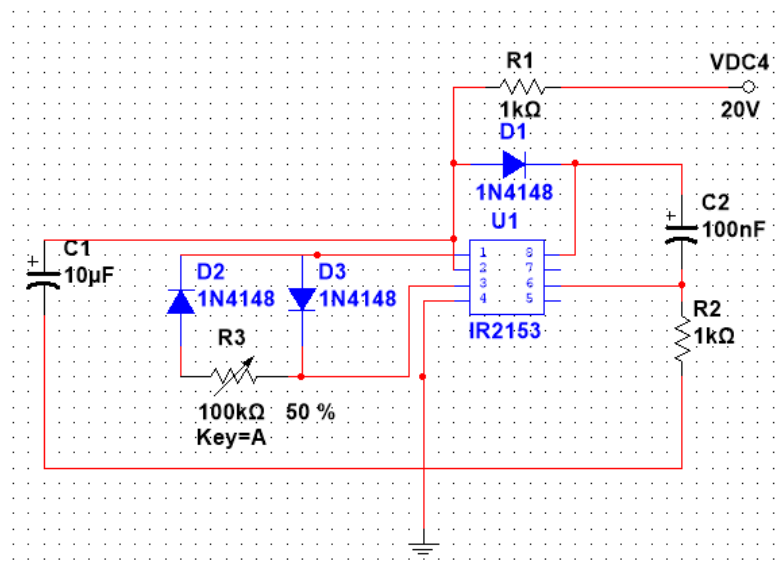
## 4.2 EXPERIMENTACIÓN CON EL SISTEMA DE CONTROL MEDIANTE EL CI. IR2153

Se adquirieron los circuitos integrados IR2153, se trabajó realizando diferentes experimentos, los cuales se describen a continuación:

En la imagen 14 se muestra la configuración del circuito integrado IR2153. Una vez que se tenía la configuración del circuito integrado y el diagrama implementado se muestra en la imagen 15.

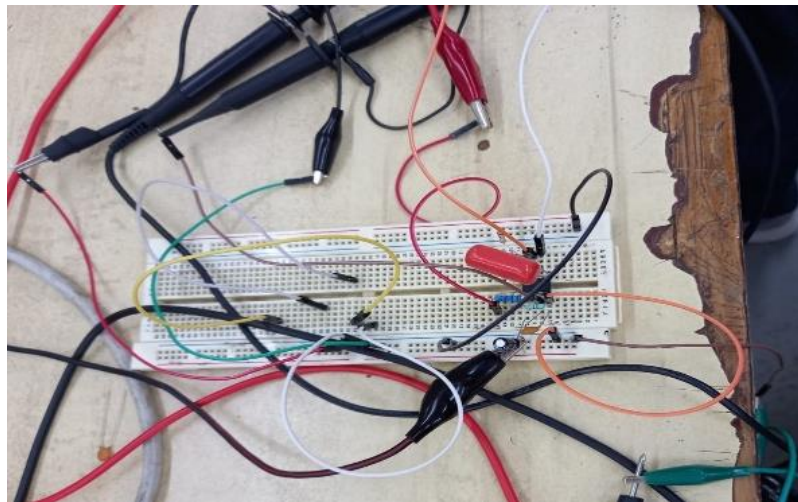


*Imagen 14 Configuración del circuito integrado IR2153*



*Imagen 15 Circuito de control PWM de la etapa de potencia*

La imagen 16 muestra cómo se llevó a cabo el circuito. Mientras se estuvo revisando la hoja de datos del circuito integrado, se encontró que hay dos pines que se encargan de mantener cierta cantidad de pulsos; estos pulsos dentro del generador de ozono tiene una gran importancia al momento de la generación de este gas, con ayuda de un osciloscopio se pudo observar el comportamiento de los pines 5 y 7 del circuito integrado IR2153, como se describió en la etapa 2 estos pines son los que se encuentran conectados a la etapa de potencia y que tienen un papel importante en la generación del ozono.

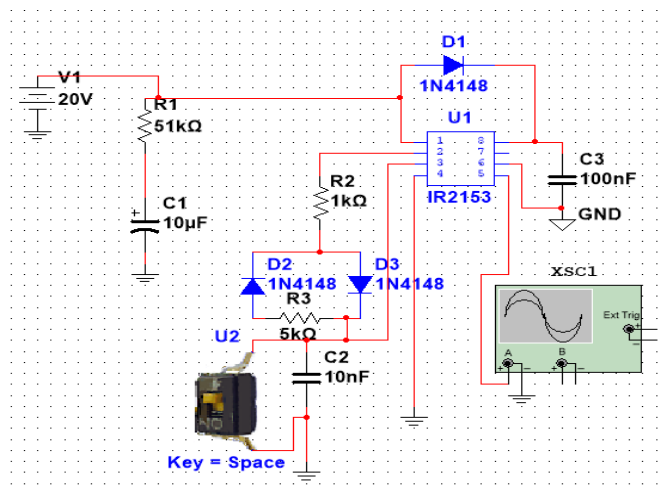


*Imagen 16 Circuito físico con el circuito integrado IR2153*

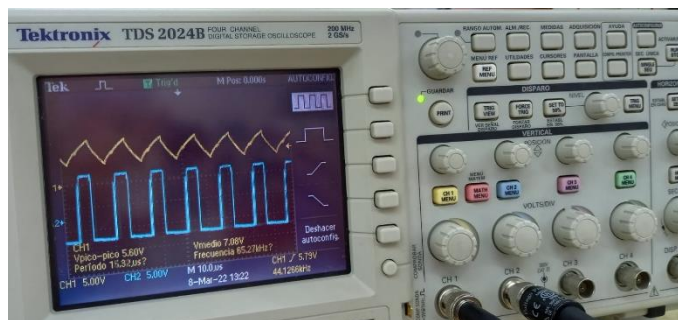
1. Para la etapa dos de experimentación con el circuito integrado IR2153 se colocó un osciloscopio en el pin 5 o LO, en donde se tiene conectado uno de los dos MOSFET que intervienen en la producción de ozono.

La imagen 17 muestra una simulación en el software MultiSIM en donde puede observarse un interruptor que se conectó al pin 3 o CT del CI IR2153; este interruptor en conjunto con un capacitor realizaba la tarea de interrumpir los pulsos del pin 5 o LO, este experimento se

realizó con la intención de ir construyendo un sistema de control para los generadores de ozono.



**Imagen 17 Experimentación con el pin LO del circuito integrado IR2153**



**Imagen 18 Señales del circuito integrado IR2153, LO y HO**

La imagen 18 corresponde a las señales de CI IR2153 en específico a los pines 5 y 7, con el osciloscopio solo se necesitaba observar el comportamiento de los dos pines antes mencionados.

Las pruebas que se realizaron con el CI (Circuito Integrado) se realizaron con la finalidad de conocer el dispositivo que es un componente fundamental en la tarjeta del generador de ozono; ya que al comienzo del proyecto se pensaba que el PWM era el encargado del nivel de ozono que el generador expulsaba al exterior. Al investigar en patentes con temas similares, como fue la patente titulada “Sistema de monitoreo ambiental de bajo costo para determinar la calidad del aire” (Anexo A 2), los generadores que se fabricaron funcionaban con respecto a la frecuencia.

### 4.3 REALIZACIÓN DE PRUEBAS CON SENSORES

La empresa BIO-INOCUOM, realizo la donación de un generador de ozono al Tecnológico de Ciudad Guzmán, el cual permitió trabajar con la tarjeta electrónica y la celda de ozono, para las primeras pruebas que se realizaron, se utilizó el sensor CCS811 de la compañía SPARKFUN, el cual se puede ver en la imagen 19.

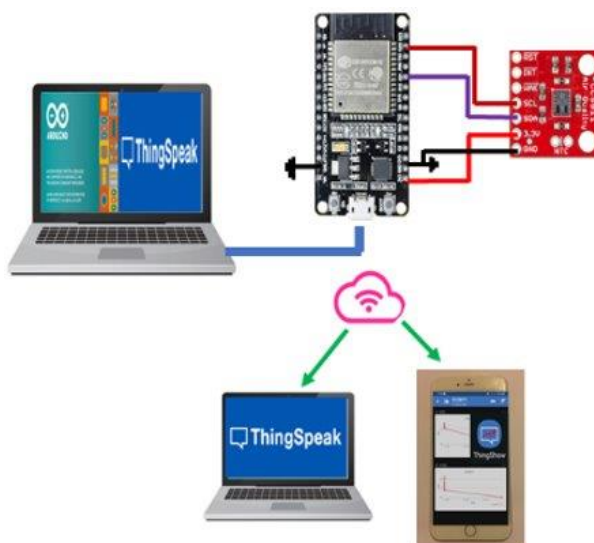


*Imagen 19 Sensor CCS811 de la compañía SPARKFUN*

Este sensor se programó en el entorno de Arduino, y las lecturas del sensor se pudieron visualizar en ThingSpeak que es una plataforma la cual se puede visualizar desde una computadora y ThingShow que es una aplicación que se puede descargar en la PlayStore del sistema operativo para celulares Android.

En el siguiente diagrama se explica cómo fue la conexión entre el sensor y el sistema IoT.

En la imagen 20 se muestra cómo fue que se conectaron todos los elementos, desde el sensor CCS811 hasta las plataformas en donde se podían observar las lecturas que se recibían. En



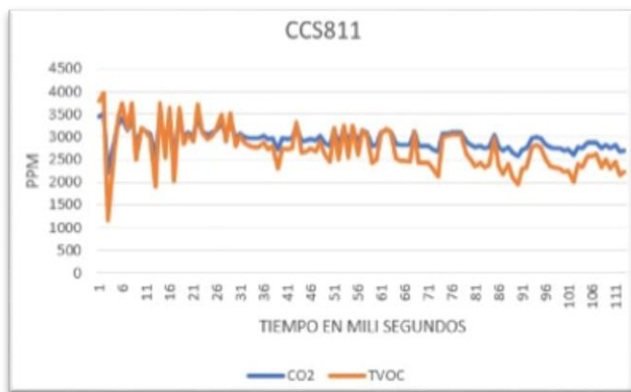
*Imagen 20 Conexión IoT o Internet de las cosas*



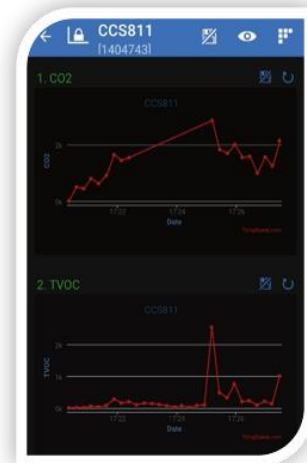
las siguientes imágenes se mostrarán las gráficas de las primeras lecturas que tomo el sensor de la imagen 19.

Las primeras pruebas se realizaron en un cubículo de aproximadamente 3 metros cuadrados, se tomaron datos antes y después de que el generador comenzara a entregar ozono, dando como resultado las imágenes 21 y 22 muestran datos de ThingSpeak y ThingShow.

Se observa que los niveles de TVOC se encuentran en los niveles de 4,000 PPM, mientras que el nivel de CO<sub>2</sub> se encuentra en 3,500 PPM, estos niveles fueron antes de encender el generador de ozono, que de acuerdo con algunas normas este nivel de CO<sub>2</sub> es muy alto, las gráficas que muestran a continuación corresponden a niveles que fueron tomados durante la inyección de ozono en el espacio donde se estaban tomando las muestras.

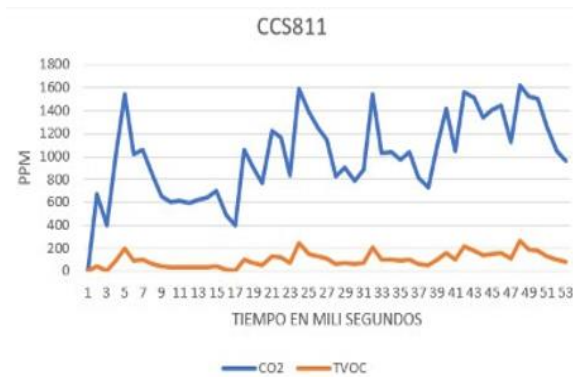


**Imagen 21** Gráfica de datos en ThingSpeak, datos tomados antes del ozono

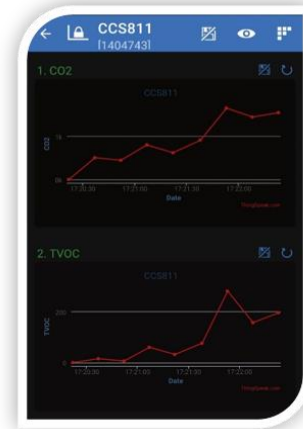


**Imagen 22** Gráfica de datos en ThingShow, datos tomados antes del ozono

En las gráficas de las imágenes 23 y 24, es notable que los niveles de CO<sub>2</sub> y TVOC disminuyen llegando hasta las 1,600 PPM en CO<sub>2</sub> y casi las 400 PPM en TVOC, esto nos da una referencia de que existe una gran relación entre las variables mencionadas y el ozono.

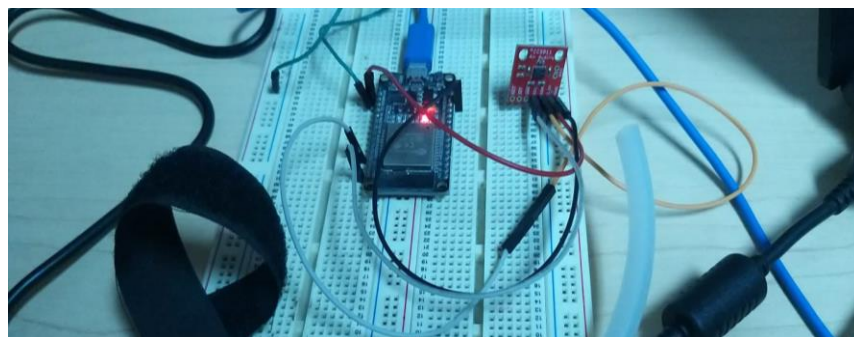


**Imagen 23** Gráfica de datos en ThingSpeak, datos tomados durante la generación de ozono



**Imagen 24** Gráfica de datos en ThingShow, datos tomados durante la generación de ozono

Cabe mencionar que los valores que se muestran durante la generación de ozono, según las normas son los valores aptos de estas dos variables para poder permanecer dentro de cierto espacio. También es importante mencionar, que la velocidad con la que disminuye el dióxido de carbono y el TVOC está muy relacionado con el número de persona que haya en cierta habitación, si las puertas se abren y cierran de forma constante y si existe ventilación ya sea por medio de ventanas o aires acondicionados. La conexión física se muestra en la imagen 25.



**Imagen 25** Realización de pruebas con el sensor CCS811 conectado a IoT

La actividad siguiente en la toma de muestras fue la revisión de normas, fueron revisadas normas mexicanas y normas españolas sobre el uso del ozono. La norma oficial mexicana “NOM-036-ECOL-1993” establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición (Anexo 3 Norma Mexicana del manejo del ozono). También se revisó la norma española “UNE400-201-94” esta norma establece las especificaciones y los métodos de ensayo a efectuar para determinar la seguridad química de los generados de ozono destinados al tratamiento de aire (Anexo 4 Norma Española sobre el uso del ozono).

Una vez que las normas fueron revisadas, se procedió a adquirir sensores de ozono modelo MQ131, los cuales se muestran en las imágenes siguientes.

Las imágenes 26 y 27 muestran los sensores de ozono que fueron utilizados para realizar nuevas pruebas, ambos sensores toman muestras de los niveles de ozono, la única diferencia son los modelos de cada uno de ellos. Uno de los puntos a considerar con el uso de estos sensores en el “tiempo de calentamiento” esto se refiere al tiempo en que los sensores están listos para comenzar a tomar muestras, para el caso de estos sensores MQ131 el tiempo de calentamiento es de alrededor de media hora.



*Imagen 26 Sensor para ozono MQ131*



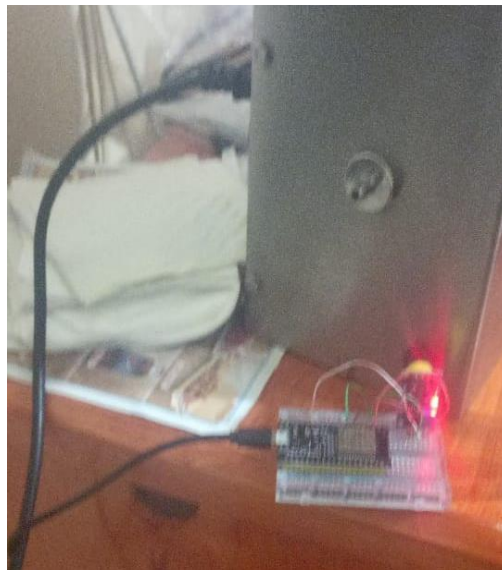
*Imagen 27 Sensor para ozono MQ131 modelo Oky3340*

También se implementó un segundo sensor de CO<sub>2</sub>, pero de la compañía ADAFRUITS, esto fue con la finalidad de comparar las lecturas del sensor de la compañía SPARKFUN y poder saber si había alguna diferencia entre los sensores.



*Imagen 28 Sensor de CO<sub>2</sub> CCS811 de la compañía ADAFRUITS*

Se conectaron dos módulos cada uno de ellos con un sensor MQ131 y un sensor CCS811 y una tarjeta ESP32, ambos módulos conectados a través de IoT, el primer módulo se colocó en la salida del generador, se colocó de esa manera para saber que cantidad de ozono había a la salida y que tanto era lo que disminuía, el segundo módulo se colocó aproximadamente a tres metros de distancia del generador. La imagen 29 corresponde al primer módulo colocado a la salida del generador, la imagen 30 es el segundo módulo que se colocó a unos metros del generador.



*Imagen 29 Módulo uno, colocado a la salida del generador de ozono*

Un dato importante es que el sensor CCS811 puede dar mediciones de TVOC que son diferentes compuestos orgánicos volátiles, los cuales pueden ser por combustión de diferentes materiales que van desde cocinar alimentos hasta la quema de diferentes materiales, así como vapores encontrados en el medio ambiente, incluso olores como el de las pinturas, alcoholes, etc.

Las pruebas que se llevaron a cabo con los módulos de las imágenes 29 y 30, fueron realizadas en una habitación de aproximadamente 5 metros cuadrados, esto fue de esta manera debido a que cuando las pruebas comenzaron a realizarse se estaba atravesando por la pandemia de COVID.

Las pruebas duraron aproximadamente 3 horas, es importante recalcar que los sensores de ozono tienen un tiempo de calentamiento de media hora, después de este tiempo comenzó la toma de datos. Mientras los datos se registraban se pudo observar que disminuía el nivel en el CO<sub>2</sub> y el TVOC ambas variables llegaron a su nivel más bajo, también se pudo observar el comportamiento del ozono y como era su relación con estas dos variables que se encuentran en el ambiente. A lo largo de este experimento se pudo notar que la variable de TVOC disminuía hasta 0 PPM (Partes por millón) mientras que el CO<sub>2</sub> llegaba a su valor mínimo que es 400 PPB (Partes por billón), dando a entender que en presencia del gas de ozono estos dos compuestos que se encuentran en el ambiente, pueden ser controlados con el ozono, al mismo tiempo que el aire en cierto espacio es más limpio, también se tendría la ventaja de contrarrestar malos olores, al mismo tiempo que se está desinfectando el espacio donde se instale el generador de ozono.



*Imagen 30 Módulo dos, colocado metros después del generador de ozono*

La prueba que se describió en el párrafo anterior se llevó a cabo en un espacio más grande de aproximadamente 6 metros cuadrados, aunque los resultados fueron los mismos y nuevamente se pudo observar que los niveles de TVOC y CO<sub>2</sub> tienden a bajar hasta los niveles más bajos con la presencia de ozono, el tiempo de esta prueba aumento y para obtener las mediciones fueron necesarias alrededor de cuatro horas, esto indicaba que entre cuanto mayor la superficie donde se estuviera trabajando con el generador, también el tiempo para que el generador llene de ozono es mayor.

Los sensores para la segunda prueba se acomodaron de la misma manera que en la imagen 28 y 29. Para pruebas posteriores se siguieron utilizando los módulos con dos sensores, un sensor de ozono MQ131 y un sensor de CCS811, se continúa colocando un módulo con sensores en la salida del generador, el segundo módulo con sensores aproximadamente a 5 metros de distancia.

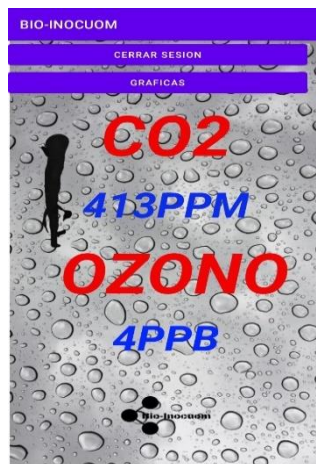
Con la serie de experimentos con los sensores y el generador se comprobó que en lugares pequeños el ozono baja los niveles de CO<sub>2</sub> y TVOC en una menor cantidad de tiempo aproximadamente en una hora, mientras que en espacios más grandes el tiempo de desinfección y desodorización puede incrementar hasta las cuatro horas, esto teniendo en cuenta el tiempo de calentamiento del sensor de ozono.

#### 4.4 DESARROLLO DE LA ETAPA DE MONITOREO

Las pruebas se realizaron y que se describieron anteriormente se hizo con el objetivo de conocer el comportamiento de los sensores, como el del generador. Debido a que el control depende mucho del sistema de monitoreo; la etapa de monitoreo fue la primera en desarrollarse. Las pruebas que ya se han de descrito ayudo mucho a desarrollar el monitoreo con la ayuda de las plataformas IoT ThingSpeak y ThingShow, con estas aplicaciones se comenzó con el almacenamiento de las lecturas de los sensores, los datos fueron guardados en una hoja de cálculo en Excel la cual era proporcionada por ThingSpeak.

Como una segunda etapa del desarrollo del sistema de monitoreo, se comenzó a utilizar la plataforma Firebase, en este sitio se comenzó a formar el sistema de control, de manera posterior se realizó una aplicación para que cuando el generador de ozono ya estuviera instalado en cierto lugar el usuario pueda estar al tanto de los niveles de ozono, TVOC y CO<sub>2</sub>, así de tener la opción de poder apagar el sistema, una vez que el sistema de control se desarrollara.

La imagen 31 muestra el inicio de la aplicación que se diseñó para poder monitorear los niveles de CO<sub>2</sub> y el nivel de O<sub>3</sub> (ozono), esta aplicación se programó para que pudiera buscar redes de Wi-Fi, de esta manera el usuario final de la aplicación y del generador de ozono, pudiera estar monitoreando los niveles y que pudiera estar conectado a la red en todo momento.



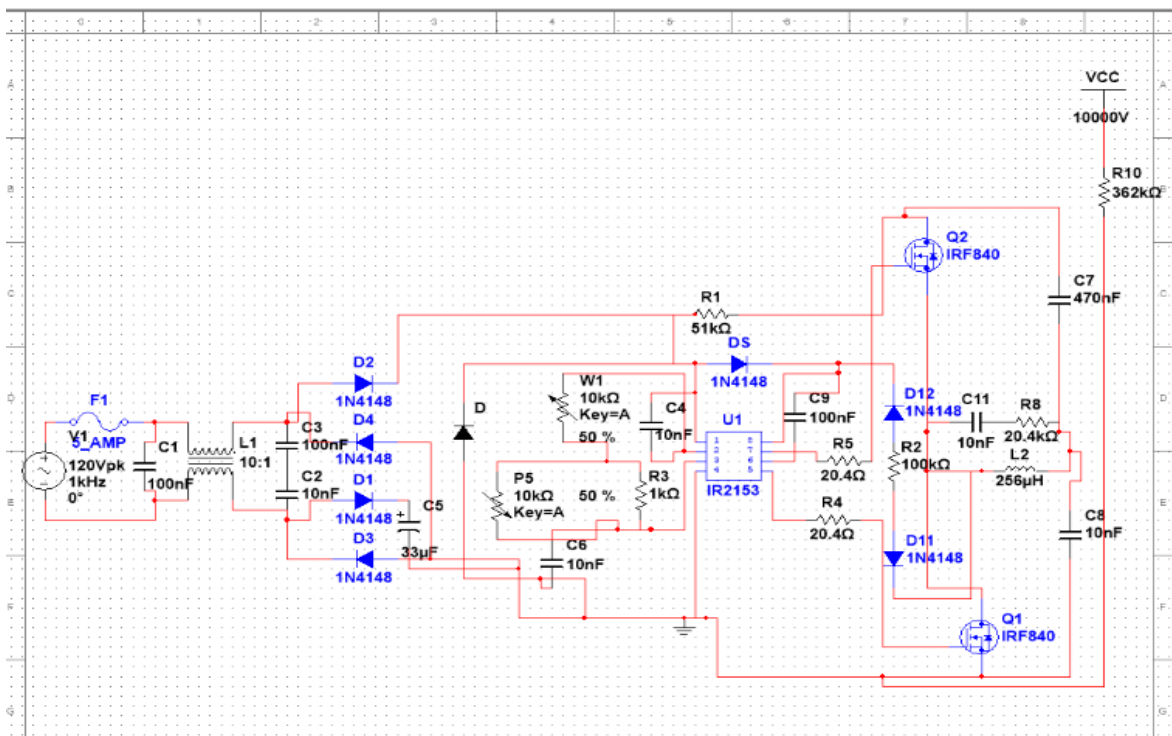
*Imagen 31 Aplicación para celulares de los generadores de ozono*

#### 4.5 PRUEBAS CON LA CELDA DE OZONO DE 3 GRAMOS

El generador con el que se comenzó a trabajar, en específico la celda del sistema solo entregaba 1 gramo de ozono, al no ser una cantidad suficiente de ozono y teniendo en cuenta que el sistema se quería probar en lugares más amplios y también se requería de sentar las bases del sistema de control que se implementaría en los generadores.

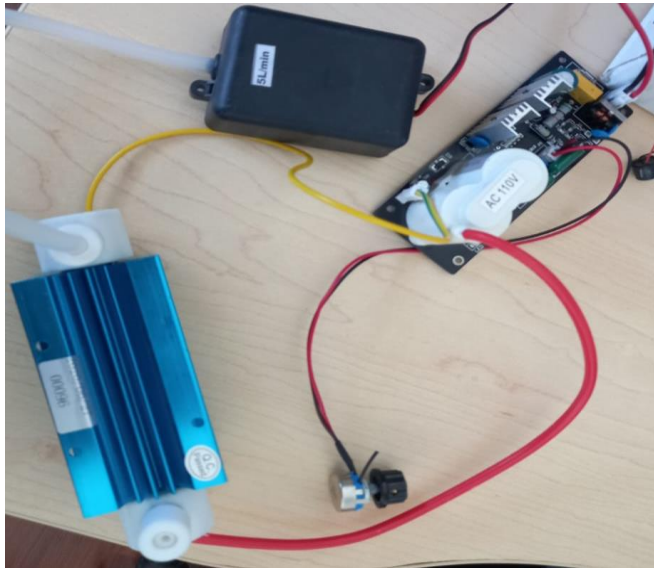
Como se mencionó en el párrafo anterior al estar midiendo las cantidades de ozono se notó que no entregaba el gramo de ozono que marcaba el fabricante, es por eso que se tomó la decisión de trabajar con una celda de 3 gramos y la tarjeta electrónica para poder hacer funcionar y también poder intervenir en dicha tarjeta.

La imagen 32 muestra la celda de 3 gramos que también fue donada por la empresa BIO-INOCUOM con el fin de poder trabajar y sacar adelante al proyecto. Al trabajar con esta celda se tuvo la ventaja de poder manipular la tarjeta electrónica y también ver como interactuaban los componentes; en esta etapa se descubrió que el diagrama entregado de la tarjeta del generador no estaba completo así que se procedió a realizar un nuevo diagrama y agregar los componentes faltantes, dicho diagrama se llevó a cabo en el software MultiSIM,



*Imagen 32 Celda de ozono de 3 gramos, tarjeta electrónica y bomba de aire*

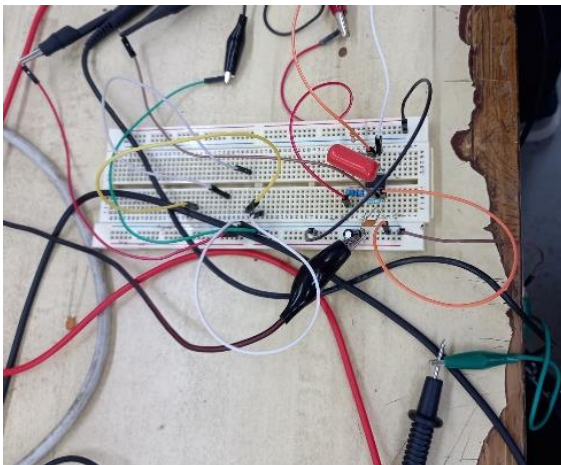




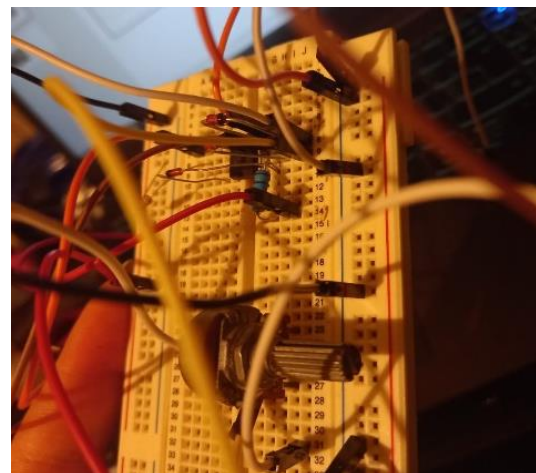
*Imagen 33 Diagrama de la tarjeta electrónica de la celda de ozono*

para tener una mejor vista del diagrama que se realizó este se puede ver en el Anexo A número 6.

Entre los componentes que se agregar al diagrama de la imagen 33, fueron capacitores, resistores y cambio de conexiones eléctricas que no coincidían entre la tarjeta física y el diagrama de la misma.



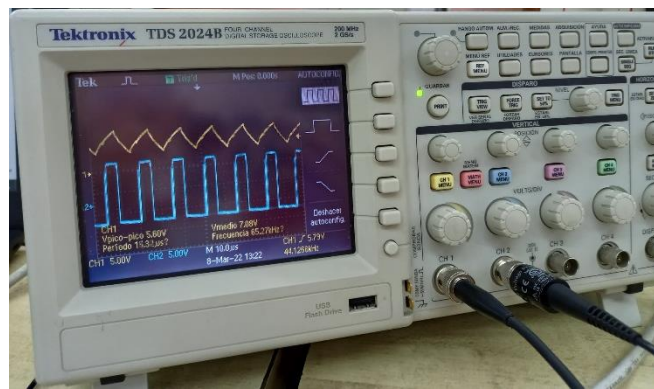
*Imagen 34 Realización de pruebas previo al control del generador de ozono*



*Imagen 35 Conexiones con el circuito integrado IR2153*

## 4.6 BASES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL EN EL GENERADOR DE OZONO

Al comienzo del proyecto se había planteado la posibilidad de trabajar con un tipo de control PI o también conocido como control proporcional integral, con este tipo de control el error en estado estable de un sistema de control puede ser mejorado. Con este tipo de control se reduciría el error en el sistema del generador de ozono. Debido a que el tiempo no fue suficiente para poder trabajar con este tipo de control y también por que al comienzo del proyecto no se tenía conocimiento acerca de si la generación del ozono estaba directamente relacionada con el PWM o con la frecuencia que se cambiaba con ayuda de un potenciómetro instalado en el generador, fue por estas dos situaciones que se optó por empezar a trabajar con un tipo de control On – Off también conocido como “todo o nada”.



*Imagen 36 Señal del circuito integrado cuando el push botton es accionado*

Antes de intervenir en la celda y en la tarjeta electrónica del generador, se realizó una prueba con el circuito IR2153 y un push botton, esta prueba se realizó de manera física y también se llevó a cabo una simulación en MultiSIM.

Las imágenes 34 y 35 muestran diferentes ángulos de las conexiones que se llevaron a cabo, en la imagen 13 se puede ver cómo están organizados los pines del CI con el que se estuvo trabajando, en el pin 3 o pin CT se llevó a cabo la conexión de un push botton, al colocar el

botón en este pin se pudo observar con ayuda de un osciloscopio que al presionar el botón la señal quedaba “pausada”.

Como se muestra en la imagen 36 la señal cuadrada en color azul es la señal que da la sonda conectada al pin 3 del CI IR2153 cuando el botón es accionado esta señal queda en alto, indicando que el push botton detiene la oscilación en la señal de este pin. Con este antecedente se pudo conocer cómo es que este circuito integrado funcionaba y como era su comportamiento dentro de la tarjeta electrónica del generador de ozono.

Para comenzar con la implementación del control y la realización de pruebas, se hizo uso de la una tarjeta con PLC y módulo para poder conectar una tarjeta ESP32, con conectividad Ethernet y con protocolo de comunicación I<sup>2</sup>C.

Para poder llevar a cabo la alimentación de esta tarjeta con módulo para ESP32, fue necesario agregar una fuente de 24 V para la alimentación de los relevadores, ambos elementos se pueden ver en las imágenes 37 y 38.

Como parte de las pruebas para poder implementar un sistema de control en el generador de ozono, fue utilizado un transistor [27]. Cuando se utiliza el transistor como interruptor o switch, la corriente de base debe tener un valor para lograr que el transistor entre en corte y otro para que entre en saturación.

En la imagen 39 se puede ver al transistor que está conectado en el protoboard con los demás elementos del sistema.



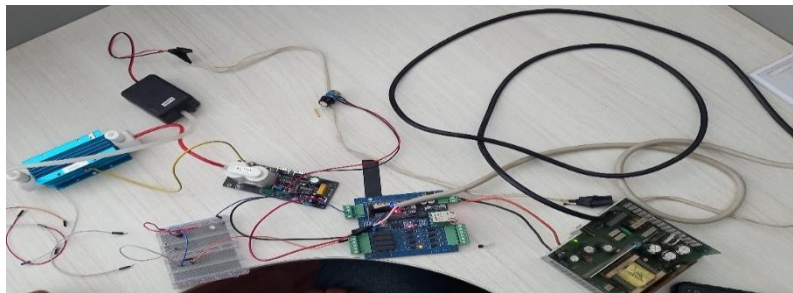
*Imagen 37 Tarjeta PLC con módulo para ESP32*



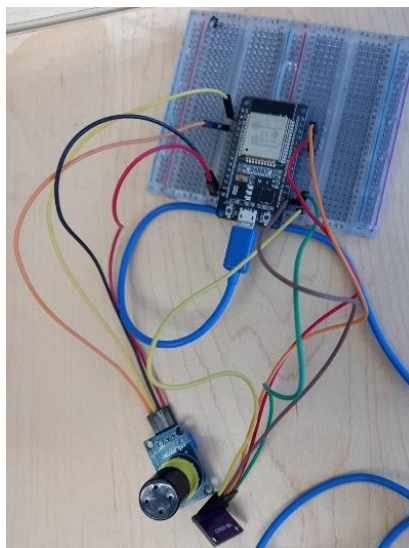
*Imagen 38 Fuente de 24 V*

Esta implementación del transistor como un interruptor cumplió su función, sólo que aún no se cumplía la parte de automatizar el sistema del generador; se procedió a realizar las siguientes conexiones entre los siguientes elementos: tarjeta electrónica del generador de ozono, celda de ozono, bomba de aire, tarjeta PLC con módulo para tarjeta ESP32 y fuente de 24 V. Un elemento importante es la bomba de aire, ya que sin ella el ozono se quedaría estancado y no se repartiría entre los espacios donde el generador está siendo usado.

En la siguiente imagen se muestra el sistema sin el transistor, para este punto del proyecto solo se utilizaron dos tarjetas ESP32 conectadas entre sí para dar la instrucción de en qué momento el generador se tenía que apagar. Una de las tarjetas ESP32 se le conectaron dos sensores, un sensor de ozono y el segundo sensor CO<sub>2</sub>.



*Imagen 39 Transistor 2N2222 conectado a los elementos del generador de ozono*



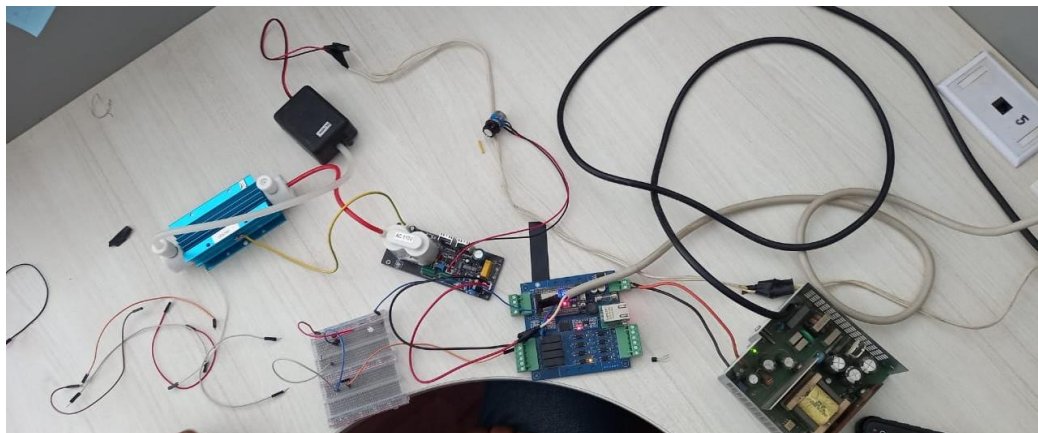
*Imagen 40 Tarjeta ESP32 con sensor de ozono MQ131 y sensor CO<sub>2</sub> CCS811*

La imagen 40 hace referencia a la tarjeta ESP32 encargada del sistema de monitoreo, es importante mencionar que el sistema de control de la imagen 41 está en función del sensor CCS811 esto debido a que este sensor toma medidas cada vez que este se energiza, no se tomó el sensor de ozono MQ131 esto porque dicho sensor tardar alrededor de media hora a cuarenta minutos en comenzar a tomar datos. Se hicieron las siguientes conexiones con la celda de ozono, la tarjeta electrónica del generador, una fuente de 24 V para energizar la tarjeta PLC donde está integrada la tarjeta ESP32 y la bomba de aire para poder expandir el ozono en el sitio donde el generador se instale.



*Imagen 41 Tarjeta ESP32 conectada a la tarjeta PLC*

El sistema de control se conectó a una red Wi-Fi, esto para poder controlarlo desde el entorno de Firebase y los datos se almacenarían en la base de datos IoT ThingSpeak. Al comienzo de la implementación del sistema de control el apagado y encendido se hacía de manera manual en la página de Firebase, como la que se muestra en la imagen 43.



*Imagen 42 Conexiones entre la tarjeta electrónica y elementos para la implementación del control*

En la imagen 43 se muestra un botón que tiene la variable “control” al darle clic despliega un espacio para poder agregar un valor, en este caso se tomó el valor de 1500 para que el sistema se energice, mientras que para poder apagar el generador se usa el valor de 1000 o menor a 1000, estos valores se tomaron de la tabla que se muestra en la imagen 44 y también de las normas mexicanas sobre la calidad del aire.



**Imagen 43 Control manual del generador de ozono**

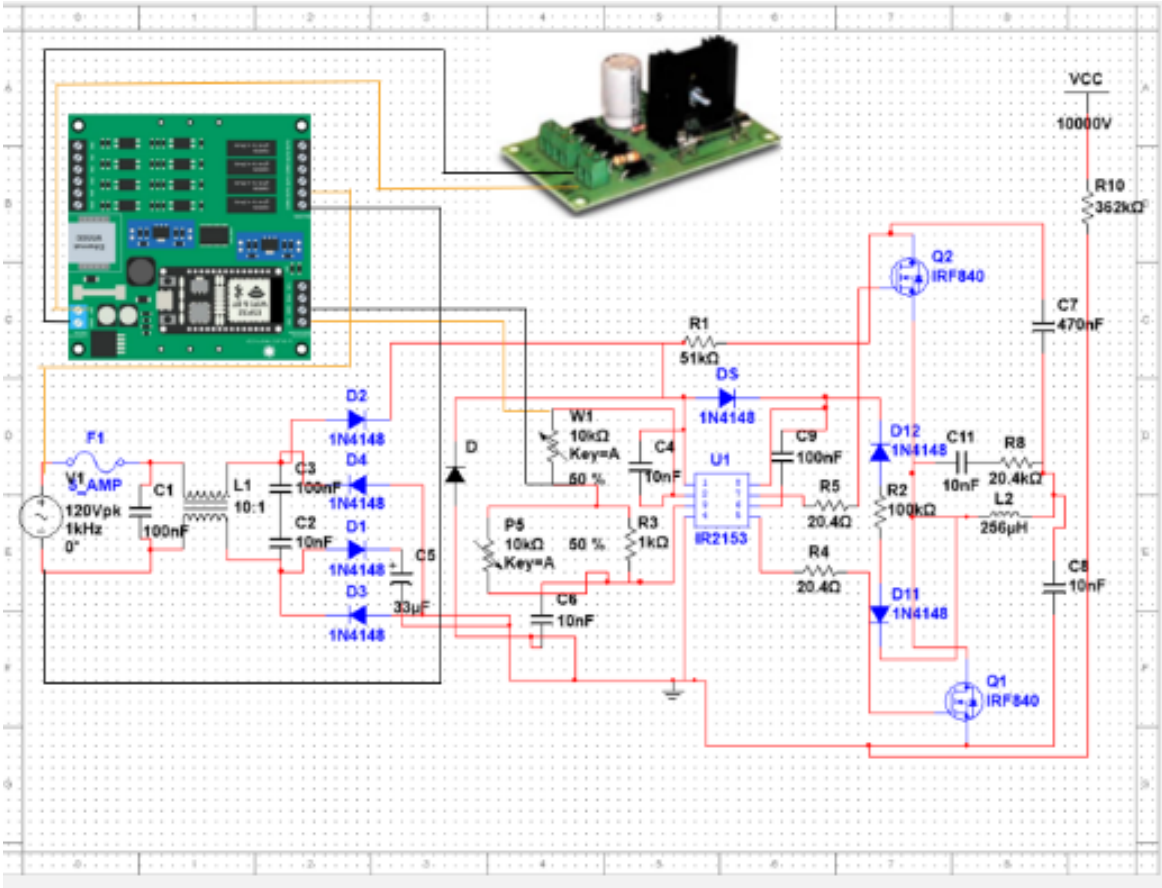
Explicando la imagen 44, comenzando de arriba hacía abajo, los niveles que se consideran dañinos van desde las 1600 PPM hasta las 2100 PPM, en el nivel donde se puede permanecer, pero puede causar daños los niveles van desde las 1100 PPM hasta las 1500 ppm, a partir de las 400 PMM y hasta las 1000 PPM el ambiente es adecuado para que las personas puedan estar sin ningún tipo de problema o daño a su salud.

CO2 [ppm]	Air Quality
2100	<b>MALO</b> Ambiente altamente contaminado. Se requiere ventilación.
2000	
1900	
1800	
1700	
1600	<b>MEDIOCRE</b> Ambiente contaminado. Se recomienda ventilación.
1500	
1400	
1300	
1200	
1100	<b>NORMAL</b>
1000	
900	
800	<b>BUENO</b>
700	
600	<b>EXCELENTE</b>
500	
500	
400	

**Imagen 44 Valores de dióxido de carbono permitidos en el aire**

Como se describió en hojas anteriores el sistema de control se programó en función del dióxido de carbono, esto por la velocidad de respuesta del sensor CCS811 que mide el CO<sub>2</sub>.

Una vez que el programa de cómputo funcionó, se implementó la tarjeta PLC con la tarjeta ESP32 y la fuente de voltaje para la alimentación del PLC, dando como resultado el siguiente circuito, es importante mencionar que el generador de ozono contaba con un temporizador, este temporizador tiene la función de controlar la conexión y/o desconexión de un circuito de control, esta interrupción se lleva a cabo cada determinado tiempo, según el usuario lo configure de manera manual.



*Imagen 45 Diagrama completo del control ON-OFF integrado del generador de ozono*

En la imagen 45 se muestra el diagrama con los elementos antes mencionados ya integrados, en el anexo A7. En el anexo A 5 se muestra el programa de cómputo del sistema de control.

CAPÍTULO V  
CONCLUSIONES Y TRABAJOS  
FUTUROS

---



## 5.1 CONCLUSIONES

Este proyecto estuvo lleno de muchos retos, ya que, en lo personal al comienzo del trabajo no tenía conocimientos sobre generadores de ozono, lo que era el gas de ozono, los diferentes tipos de partículas que se pueden encontrar en el ambiente; fueron muchas horas dedicada a la investigación de los conceptos antes mencionados para poder entrar de lleno a la realización del proyecto, en el transcurso del proyecto y mientras se trabajaba en la implementación de los sistemas tanto el sistema de monitoreo como el sistema de control, se continuo investigando y aprendiendo.

Hubo mucho aprendizaje sobre el comportamiento del ozono y como es que se comporta en ciertas circunstancias. Uno de los obstáculos que se tuvo mientras se trabaja con el generador de ozono, fue que no se puede encontrar mucha información sobre otros usos que tiene el ozono, ya que actualmente no es muy conocido, así que muchas cosas que se estuvieron trabajando fueron experimentadas mientras se trabajaba con el generador y los sensores.

Para este proyecto el acceso a Wi-Fi es de suma importancia debido a que a través de la conexión entre la tarjeta ESP32 y la red, es como se logra captar y almacenar los datos de los sensores en las bases de datos que fueron utilizadas para almacenar. Se realizaron muchas pruebas las cuales resultaron siendo exitosas. Se realizaron varios experimentos sobre el tiempo en el que el ozono llenaba diferentes espacios, también se experimentó con el tiempo en que los sensores comenzaban a tomar muestras.

Uno de los objetivos que se tenía para este proyecto fue el de la implementación de un sistema de control tipo PI, lamentablemente por cuestiones de tiempo no se pudo llevar a cabo, pero se implementó en el generador de ozono un control ON-OFF o un control todo o nada, este control se llevó a cabo también con una tarjeta ESP32 la cual se conectaba a internet y dentro de la plataforma de Firebase se colocaba un valor máximo y un valor mínimo para que dentro del intervalo de estos dos valores pudiera encenderse o apagarse, el sistema de control ON-OFF presentaba un ligero retraso en poder desenergizar o poder encender el generador, esto debido a que para llevar a cabo el proceso de encendido o apagado las dos tarjetas ESP32, tenían que interconectarse para llevar a cabo la tarea para la cual fueron asignada.

Es por ello que se recomienda para las próximas etapas trabajar o adaptar un espacio con una mejor conexión a Wi-Fi, para que las personas próximas a trabajar en etapas posteriores puedan avanzar de una manera más rápida y generar más avances. Ya que, este es un trabajo que está proyectado a que sea en su totalidad IoT, de esta manera también la empresa y el usuario final, obtendría un mejor funcionamiento del sistema y de manera paralela también el usuario recomendaría el producto.

También es importante que, para obtener mejores resultados en un lapso menor de tiempo, el suministro de equipo como algunos sensores o mascarar para trabajar con el gas de ozono sea mayor, ya que, en grandes cantidades, se vuelve incomodo trabajar debido a las molestias que provoca respirar el gas de ozono.

## 5.2 TRABAJO FUTURO

Debido a que el tiempo del trabajo fue corto, se desarrolló un sistema de control ON-OFF, aunque es un control relativamente sencillo, este control se desarrolló en función de los niveles de CO<sub>2</sub> y el sistema se encendía cuando el nivel de dióxido de carbono rebasaba los niveles permitidos y se apagaba cuando los niveles de dióxido de carbono ya eran los indicados para evitar daños a la salud.

Ahora que se sabe que los generadores de ozono trabajan de acuerdo a la frecuencia y no en función del PWM; es posible trabajar y desarrollar un control PI y posteriormente implementarlo en el generador de ozono. Este control PI, dará una mayor confiabilidad y mayor control del gas de ozono que se dispersaría por cierto espacio en donde el generador se instalaría. Un segundo trabajo por realizar es la modificación del diagrama y que en una sola tarjeta pueda ser colocado el sistema encargado de la generación de ozono, los sensores MQ131 y CCS811, así como la tarjeta PLC con el módulo para ESP32 y la fuente de alimentación y de esta manera tener todos los elementos integrados y que sea más fácil tener todo dentro de la carcasa que cubre al generador de ozono.

ANEXOS A

DOCUMENTOS TÉCNICOS





ANEXO A2 PATENTE “SISTEMA DE MONITOREO AMBIENTAL DE BAJO COSTO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE” México

1

**SISTEMA DE MONITOREO AMBIENTAL DE BAJO COSTO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE**

**OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención consiste en un sistema de monitoreo ambiental de bajo costo para determinar problemas de calidad del aire en núcleos urbanos. Los parámetros de calidad del aire considerados son los gases considerados criterio como son: Ozono(O<sub>3</sub>), Monóxido de Carbono (CO), y Partículas Suspensas conocidas como finas (PM<sub>2.5</sub>). También considera los parámetros meteorológicos de Temperatura y Humedad. El sistema en cuestión comprende desde la manufactura de analizadores ambientales de bajo costo, los cuales son instalados en lugares públicos con espacios abiertos en un núcleo urbano. Una vez instalados, estos comienzan el monitoreo y recolección de datos de los parámetros de calidad de aire y meteorológicos, los cuales se envían a un base de datos remota para su almacenamiento. Después, los datos almacenados pasan por un control de calidad de datos que permite mantener la integridad de los datos y su uso confiable en actividades de análisis de datos.

Posteriormente se determina la calidad del aire por medio del cálculo de un índice de calidad ambiental que indica el grado de contaminación del aire presente y que está referenciado al índice metropolitano de calidad del aire. Este indicador es difundido a la comunidad utilizando un esquema de colaboración comunitaria, que busca fomentar la conciencia colectiva de la comunidad respecto a los efectos de la calidad del aire en la salud de las personas mediante la generación de información útil relacionada con las condiciones ambientales.

**SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS  
NATURALES**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-036-SEMARNAT-1993 QUE ESTABLECE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE OZONO EN EL AIRE AMBIENTE Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN.**

CON BASE EN EL ACUERDO POR EL CUAL SE REFORMA LA NOMENCLATURA DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS EXPEDIDAS POR LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, ASÍ COMO LA RATIFICACIÓN DE LAS MISMAS PREVIA A SU REVISIÓN QUINQUENAL, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 23 DE ABRIL DE 2003.

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL

NORMA OFICIAL MEXICANA

NOM-036-ECOL-1993

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-036-ECOL-1993, QUE ESTABLECE LOS METODOS DE MEDICION PARA DETERMINAR LA CONCENTRACION DE OZONO EN EL AIRE AMBIENTE Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA CALIBRACION DE LOS EQUIPOS DE MEDICION.

ANEXO A4 NORMA ESPAÑOLA SOBRE EL USO DEL OZONO UNE400-201-94

CDU 614:78:66.094.3	Julio 1994	
NORMA ESPAÑOLA	Generadores de ozono TRATAMIENTO DE AIRE Seguridad química	UNE 400-201-94
Certificación (AENOR) - Fernández de la Hoz, 52 - 28010 Madrid - Teléfono 3 10 49 61 - Reproducción prohibida	<p><b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN</b></p> <p>Esta norma tiene por objeto establecer las especificaciones y los métodos de ensayo a efectuar para determinar la seguridad química de los generadores de ozono destinados al tratamiento de aire. También especifica las exigencias de marcado así como la información a suministrar por el fabricante.</p> <p>Esta norma no especifica los requisitos de seguridad de los componentes eléctricos de los generadores de ozono. Se aplica a aquellos generadores de ozono de uso doméstico e industrial para tratamiento de ambientes interiores con excepción de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) generadores para uso terapéutico;</li> <li>b) generadores de ozono destinados a utilizarse en zonas con condiciones especiales tales como atmósferas corrosivas o con productos químicos volátiles.</li> </ul> <p><b>2 NORMAS PARA CONSULTA</b></p> <p>UNE 53-558 /2 – <i>Elastómeros. Caucho vulcanizado o termoplástico. Resistencia al agrietamiento por ozono. Parte 2: Ensayo de deformación en condiciones dinámicas.</i></p> <p>UNE 7-520 – <i>Atmósferas normales para acondicionamiento o ensayo. Especificaciones.</i></p> <p>UNE 7-521 – <i>Acondicionamiento y ensayo. Atmósferas normales. Definiciones.</i></p> <p>UNE 77-221<sup>1)</sup> – <i>Calidad del aire. Determinación de ozono en atmósferas interiores. Método fotométrico UV.</i></p>	



## ANEXO A5 PROGRAMA DE COMPUTO PARA EL CONTROL DEL GENERADOR DE OZONO

```
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <WebServer.h>
#include <ESPmDNS.h>
//#include <strings_en.h>
#include <WiFiManager.h>
#include "FirebaseESP32.h"

#define FIREBASE_HOST "aplicacion-co2-default-rtdb.firebaseio.com"//definimos el
HOST al que se conectara el Nodemcu

#define FIREBASE_AUTH
"7iuh3LFdUD2GP8jUQPBS09jsYMcWQbpzlrnz8NE0"//debemos quitar el "https://" y el
ultimo "/" de la URL

WiFiClient client;

FirebaseData firebaseData;

FirebaseJson json;

String path = "/control";

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(27,OUTPUT);
  pinMode(2,OUTPUT);
  pinMode(34,OUTPUT);

  WiFiManager wifimanager; // put your setup code here, to run once:
  wifimanager.autoConnect ("Bio-Inocuom");
  Serial.print ("conectado");
```

```
Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH); //inicializamos la comunicacion
con firebase
```

```
Firebase.reconnectWiFi(true);
```

```
Firebase.setReadTimeout(firebaseData, 1000 * 60);
```

```
Firebase.setwriteSizeLimit(firebaseData, "tiny");
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  Firebase.getInt(firebaseData, path + "/valor");
```

```
  Serial.println("Data= " + String(firebaseData.intData()));
```

```
  delay(200);
```

```
  if(firebaseData.intData(>1300)
```

```
  {
```

```
    digitalWrite(2,HIGH);
```

```
    digitalWrite(27,HIGH);
```

```
    digitalWrite(34,HIGH);
```

```
  }
```

```
  else{
```

```
    digitalWrite(2,LOW);
```

```
    digitalWrite(27,LOW);
```

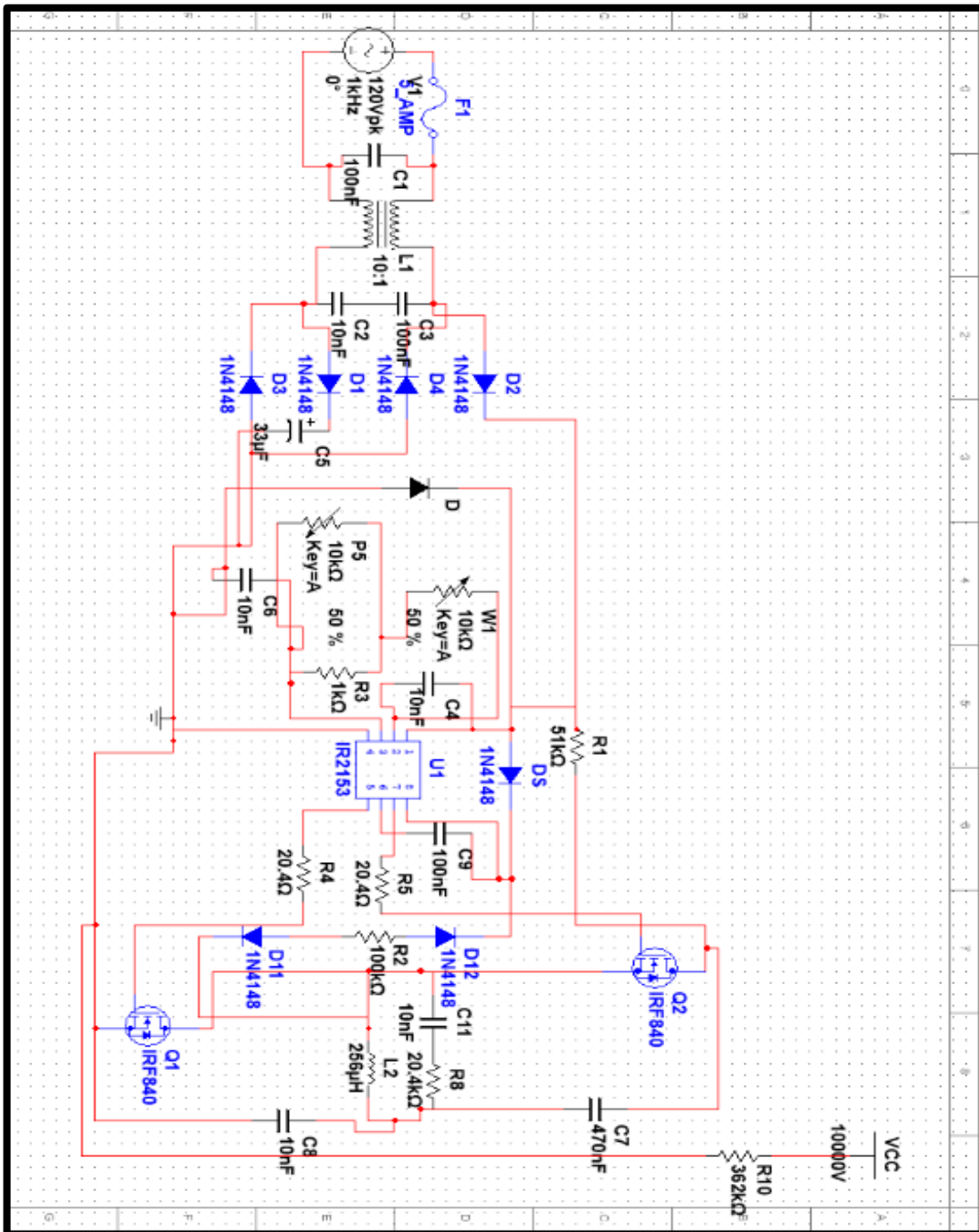
```
    digitalWrite(34,LOW);
```

```
  }
```

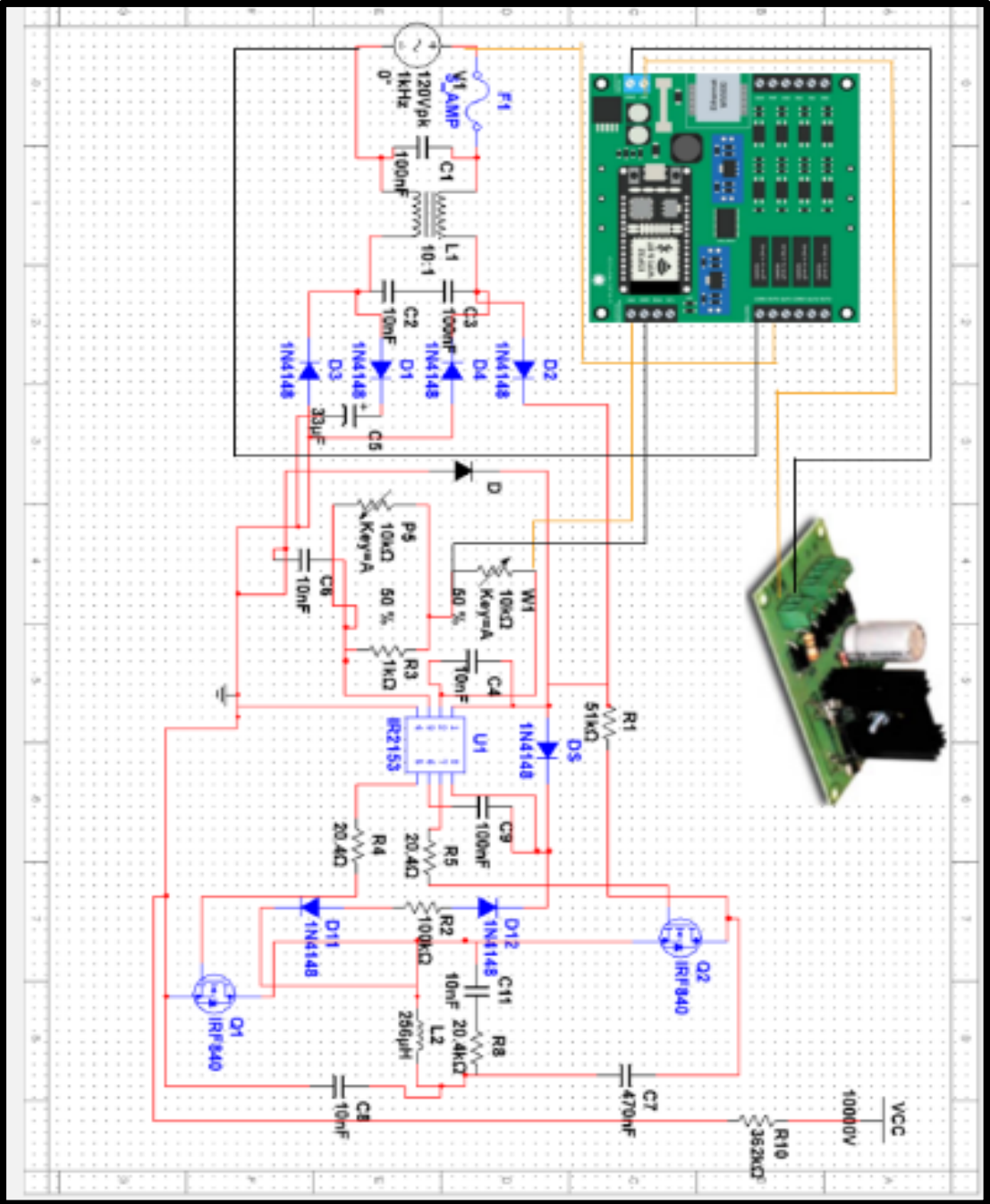
```
  // Firebase.end(firebaseData);
```

```
}
```

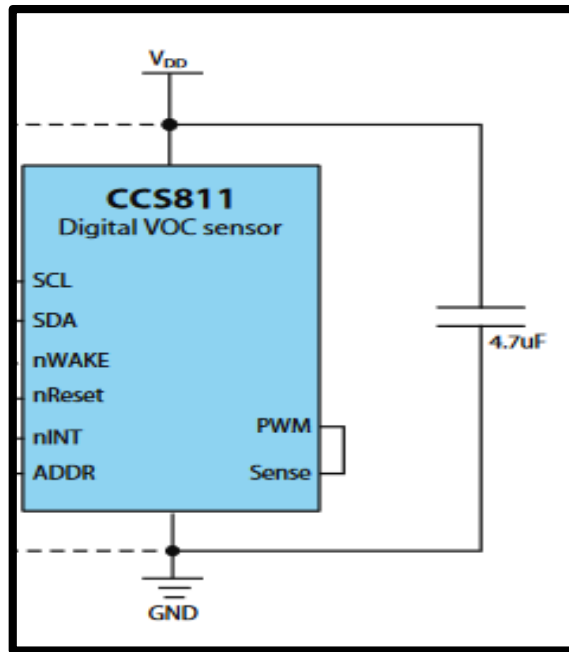
# ANEXO A6 NUEVO DIAGRAMA DE LA TARJETA ELECTRÓNICA DEL GENERADOR DE OZONO



ANEXO A7 DIAGRAMA FINAL DE CONTROL ON-OFF

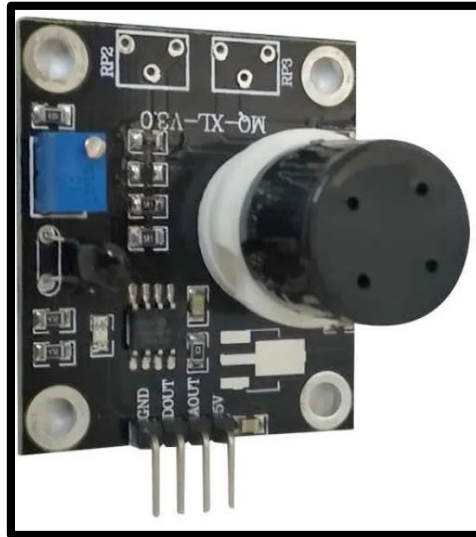


ANEXO A8 HOJA DE DATOS DEL SENSOR CCS811 PARA MEDICIÓN DE CO<sub>2</sub> Y TVOC



Features	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integrated MCU</li> <li>- On-board processing</li> <li>- Standard digital interface</li> <li>- Optimized low-power modes</li> <li>- 2.7 x 4.0mm LGA package</li> <li>- Low component count</li> <li>- Proven technology platform</li> </ul>	
Specification	
Operating temperature range	-5 to +50°C
Operating humidity range	10 to 95% RH
Storage temperature range	-40 to +125°C
Average power consumption	1.3mW to 46mW (depending on IAQ mode)
Interface	Digital CO <sub>2</sub> eq, TVOC eq, Rs
Package	10 lead, 2.7x4x1.1mm LGA
Sensing Properties	
VOCs detected	Alcohols, Aldehydes, Ketones, Organic Acids, Amines, Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons
Response time	Seconds
Expected product lifetime	>5 years
Cross sensitivity	Humidity and Hydrogen
Restrictions	
Contact of the sensitive layer with liquids should be avoided	

## ANEXO A9 HOJA DE DATOS DEL SENSOR MQ131 PARA MEDICIÓN DE OZONO



### Pinouts of MQ131 Sensor

Pin Number	Pin Name	Description
1	Vcc	The [in is there to power the module, requires 5V
2	Ground	To connect the module to the system's common ground
3	Digital Out	Digital output pin, the Threshold value can be set by using the potentiometer
4	Analog Out	Analog output pin. Analog voltage based on the concentration of the gas

# ANEXO A10 HOJA DE DATOS DEL CIRCUITO INTEGRADO IR2153

## SELF-OSCILLATING HALF-BRIDGE DRIVER

### Features

- Integrated 600V half-bridge gate driver
- 15.6V zener clamp on Vcc
- True micropower start up
- Tighter initial deadtime control
- Low temperature coefficient deadtime
- Shutdown feature (1/6th Vcc) on C<sub>T</sub> pin
- Increased undervoltage lockout Hysteresis (1V)
- Lower power level-shifting circuit
- Constant LO, HO pulse widths at startup
- Lower di/dt gate driver for better noise immunity
- Low side output in phase with R<sub>T</sub>
- Internal 50nsec (typ.) bootstrap diode (IR2153D)
- Excellent latch immunity on all inputs and outputs
- ESD protection on all leads
- Also available LEAD-FREE


### Product Summary

V <sub>OFFSET</sub>	600V max.
Duty Cycle	50%
T <sub>r</sub> /T <sub>p</sub>	80/40ns
V <sub>clamp</sub>	15.6V
Deadtime (typ.)	1.2 μs


### Description

The IR2153D(S) are an improved version of the popular IR2155 and IR2151 gate driver ICs, and incorporate a high voltage half-bridge gate driver with a front end oscillator similar to the industry standard CMOS 555 timer. The IR2153 provides more functionality and is easier to use than previous ICs. A shutdown feature has been designed into the C<sub>T</sub> pin, so that both gate driver outputs can be disabled using a low voltage control signal. In addition, the gate driver output pulse widths are the same once the rising undervoltage lockout threshold on V<sub>CC</sub> has been reached, resulting in a more stable profile of frequency vs time at startup. Noise immunity has been improved significantly, both by lowering the peak di/dt of the gate drivers, and by increasing the undervoltage lockout hysteresis to 1V. Finally, special attention has been payed to maximizing the latch immunity of the device, and providing comprehensive ESD protection on all pins.

### Packages

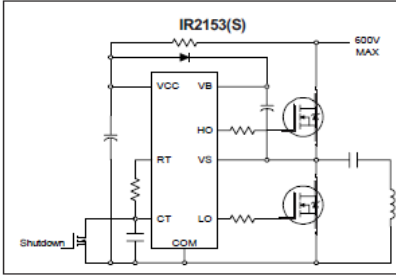


8 Lead PDIP

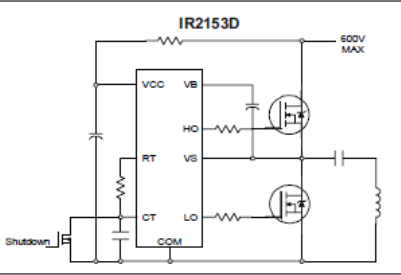


8 Lead SOIC

### Typical Connections

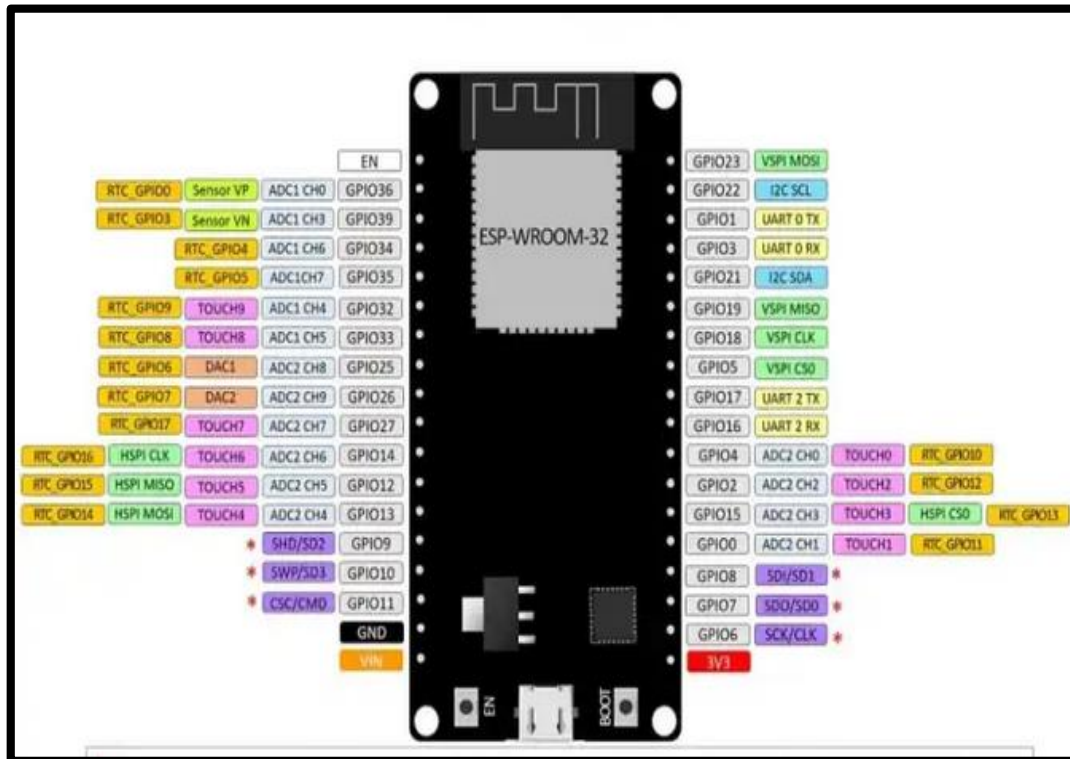


**IR2153(S)**



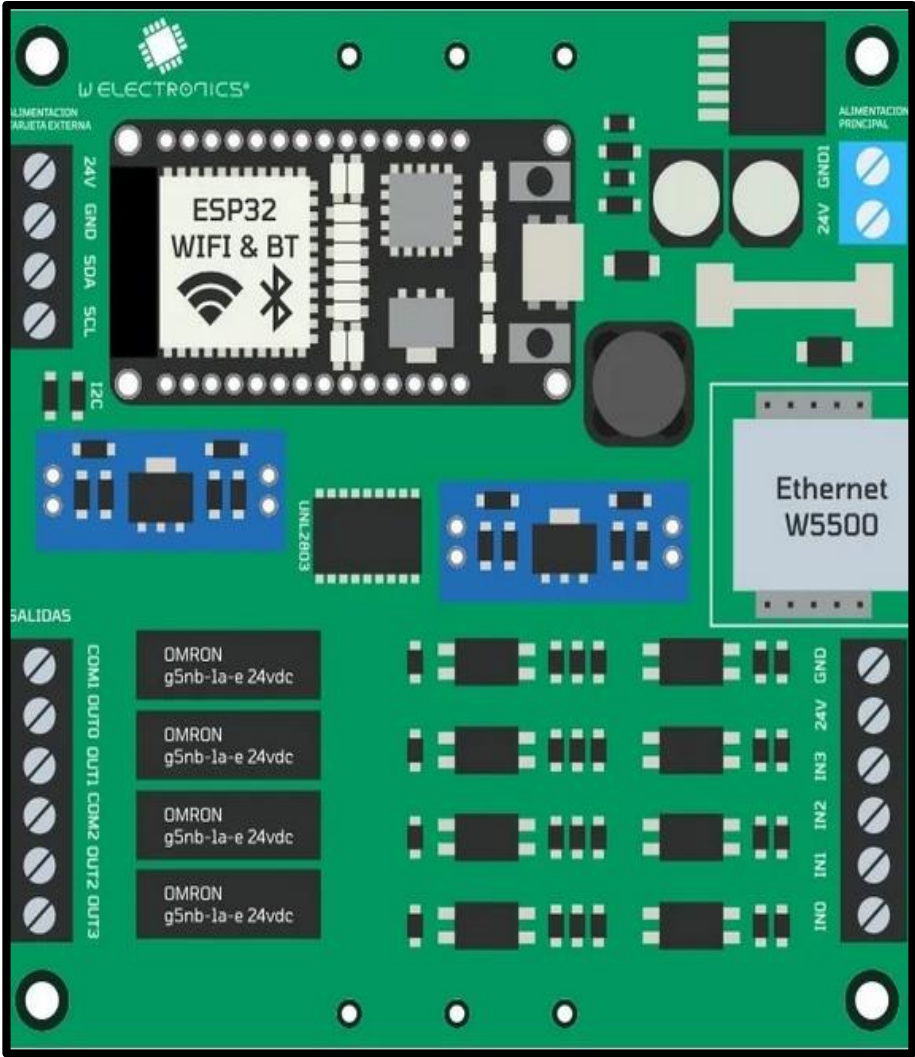
**IR2153D**

# ANEXO A11 DIAGRAMA DE LA TARJETA ESP32





ANEXO A12 DIAGRAMA DE LA TARJETA CON PLC Y MÓDULO PARA ESP32



## ANEXO A13 PATENTE “UN GENERADOR DE OZONO DE BAJA FRECUENCIA”

### UN GENERADOR DE OZONO DE BAJA FRECUENCIA

#### CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un aparato generador de ozono configurado para operar en un  
5 intervalo de frecuencia operativa entre 25-40 kHz.

La presente invención también se refiere a un método para operar un aparato generador de ozono a  
una frecuencia entre 25-40 kHz.

La presente invención también se refiere a un conjunto de transformador, tal como un transformador  
de alta potencia configurado para proporcionar o adaptado para proporcionar energía dentro de un  
10 intervalo de frecuencia entre 25-40 kHz.

#### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La instalación exitosa de un tratamiento de agua con ozono depende de la capacidad de asegurar el  
nivel requerido de ozono en el agua en todo momento.

15 La eliminación correcta de metales pesados de aguas subterráneas contaminadas,  
la eliminación adecuada de sólidos coloidales, compuestos orgánicos disueltos y la transformación  
de nitrito en nitrato en los sistemas de acuicultura y las soluciones eficientes a los problemas de  
tratamiento de agua con ozono municipal dependen de la capacidad de asegurar el nivel requerido  
de ozono en el agua en todo momento.

20 Los aparatos de generación de ozono operan preferentemente a una frecuencia por encima del  
intervalo audible para humanos, es decir, en el intervalo de frecuencia entre 15-25 kHz, como se  
describe, por ejemplo, en el documento WO 2008/074767.

La operación a alta frecuencia también es conveniente porque tiene la ventaja de requerir tensiones  
de operación más bajas para una energía de entrada determinada en comparación con la operación  
25 de baja frecuencia, como lo describe, por ejemplo, Kogelschatz en Plasma Chemistry and Plasma  
Processing, Vol 23, (1): (1-46).

Sin embargo, los generadores de ozono que operan a alta frecuencia no siempre aseguran la  
liberación del nivel requerido de ozono. Por ejemplo, la liberación real de ozono, es decir, la  
concentración de ozono liberada, puede ser, en algunos casos, inferior a un valor establecido o  
30 inferior a los límites aceptables.

## ANEXO A14 PATENTE “EQUIPO DE DESINFECCIÓN MEDIANTE OZONO” España

## DESCRIPCIÓN

Equipo de desinfección mediante ozono

### 5 SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere a un equipo de desinfección mediante ozono, cuya evidente finalidad es permitir llevar a cabo la desinfección de espacios tales como escuelas, instalaciones públicas, clínicas, oficinas, locales comerciales, viviendas, etc.

10

El objeto de la invención es proporcionar un equipo que permita trabajar de forma segura, al ser el ozono un gas tóxico para la salud humana, al poder generar daños en vías respiratorias, irritación de piel y daños oculares.

15

El dispositivo de la invención permite desinfectar espacios de forma segura para las personas, mediante su vinculación a un sistema de alarma, a través del cual, poder gestionar de forma segura el dispositivo.

20

La invención se centra en el equipo de desinfección con electrónica domótica, por cuanto que es vinculable a una plataforma de control inteligente con sistema de alarma incluido.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

25

Como es sabido, la aparición del COVID-19 ha generado unas necesidades de desinfección muy superiores a las habituales, de manera que todos los locales comerciales, despachos profesionales y demás establecimientos así como su equipamiento de actividades permitidas deberán ser periódicamente desinfectados e higienizados.

30

Sin embargo, no existe ningún producto virucida que esté autorizado para el uso por nebulización sobre las personas. Por lo tanto, esta técnica de aplicación por ejemplo a través de túneles de desinfección de ningún modo puede ser utilizado sobre personas.


35

El uso inadecuado de biocidas introduce un doble riesgo; posibles daños para la salud humana y una falsa sensación de seguridad.

## ANEXO B

### PRODUCTOS OBTENIDOS





**CINERGIA UG**  
Centro de Investigación de Energía  
UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

**VIDA UG**  
Ecosistema

UNIVERSIDAD DE  
GUANAJUATO

# CIENERGIA UG 2021

Otorga la presente


## CONSTANCIA

A:

# ING. AMANY RAOMI GUTIÉRREZ MAGAÑA

Por su destacada participación y colaboración como ponente en el Congreso CIENERGIA UG 2021 con la conferencia:

### Sistema de Monitoreo para medición de temperatura con termopares tipo K, utilizando la interfaz de LabVIEW-ARDUINO.

  
Dr. José Merced Lozano García  
Presidente de CIENERGIA UG 2021

  
Dra. Xiomara González Ramírez  
Coordinadora General CIENERGIA UG 2021

SALAMANCA, GTO., 10, 11 Y 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

Más información  
[WWW.CINERGIAUG.ORG](http://WWW.CINERGIAUG.ORG)

ANEXO B2 PUBLICACIÓN DE ARTÍCULO EN “JORNADA DE CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA APLICADA”



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
A TRAVÉS DEL CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y  
DESARROLLO TECNOLÓGICO**

OTORGA EL PRESENTE

**RECONOCIMIENTO**

A

**SAMUEL ALEJANDRO SEPULVEDA RUBIO, AMANY RAOMI GUTIÉRREZ  
MAGAÑA, RAMÓN CHÁVEZ BRACAMONTES**

POR LA PRESENTACIÓN DEL ARTÍCULO:

“SISTEMA DE MONITOREO DE CO2 Y TVOC EN ESPACIOS CONFINADOS, BASADO EN  
UNA PLATAFORMA IOT”

EN EL MARCO DE LA 7ª JORNADA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA APLICADA, CELEBRADO  
DEL 17 AL 19 DE NOVIEMBRE DE 2021, EN EL TECN/CENIDET.

CUERNAVACA, MORELOS., 17 DE NOVIEMBRE DE 2021

**DRA. YESICA IMELDA SAAVEDRA BENÍTEZ**  
DIRECTORA



Sello Digital:

RA1JzAm0hDmIyw0D448vokHkLoY/zs6e10pS/c8=pEDFo8hg8YF8gH4gyV76gUuMKu+pHEqTyPaARwjeoc/Du1  
RwzXenY5e=3BgyFzQRin0gy2e0y/Erw211/FB31DFXQ0E2nkt8QKwxCa8kCH1R31Deq71cPrOuaWUVuIsh  
NbiKVF+/UwqcaRj7TxiU/c82tEgIc/p8YMaNVEJID2Y79Ijdc=423hdVNu2Cv97-NRRRCUFV8hb9/LvzLsd+Yj/  
0Ex1J420bQykhQwMy6+ozmS4NS/6Uc+tbhA/kjcwNMMt+L1n661MjR4y4SAm22By22aBTextWwqJnQBHy82DQ

JCYT8621

<http://iconstanolas.cenidet.tecnm.mx>



Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira,

C. P. 62490, Cuernavaca, Morelos

Tel. (01) 777 3 62 77 70, ext. 4201,

e-mail: [dir\\_cenidet@tecnm.mx](mailto:dir_cenidet@tecnm.mx)

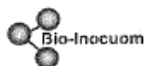
[www.tecnm.mx](http://www.tecnm.mx) | [www.cenidet.tecnm.mx](http://www.cenidet.tecnm.mx)



## ANEXO B3 REGISTRO DE CÓDIGO DE COMPUTO ANTE INDAUTOR

<h3>CERTIFICADO</h3> <p>Registro Público del Derecho de Autor</p>	
<p>Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la <b>OBRA</b> cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:</p>	
<b>AUTORES:</b>	CÁRDENAS CHÁVEZ MARÍA DE JESÚS CARDENAS ZANABRIA ERNESTO CHÁVEZ BRACAMONTES RAMÓN GUTIERREZ MAGAÑA AMANY RAOMI MANCILLA PEÑA FERNANDO RENTERIA TORIZ RAUL SEPULVEDA RUBIO SAMUEL ALEJANDRO
<b>TÍTULO:</b>	CÓDIGO PARA LA MEDICIÓN INALÁMBRICA DE OZONO Y DIÓXIDO DE CARBONO
<b>RAMA:</b>	PROGRAMAS DE COMPUTACION
<b>TITULAR:</b>	TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO
<p>Con fundamento en lo establecido por el artículo 169 de la Ley Federal del Derecho de Autor, las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.</p> <p>El presente certificado se expide con fundamento en el Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, así como de otras leyes para crear la Secretaría de Cultura, publicado el 17 de diciembre de 2015 en el Diario Oficial de la Federación; artículos 26 y 41 Bis, fracción XVIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; artículos 2, 208, 209 fracción III de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículo 69-C de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, de aplicación supletoria de acuerdo con lo establecido por la Ley Federal del Derecho de Autor en su artículo 10; artículo 84 de la Ley General de Mejora Regulatoria; artículos 2, apartado B, fracción IV, 26 y 27 del Reglamento Interior de la Secretaría de Cultura; artículos 103 fracción IV y 104 del Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor; artículos 1, 3 fracción I, 4, 8 fracción I, 9, 16 y 17 del Reglamento Interior del Instituto Nacional del Derecho de Autor; y Acuerdo por el que se establecen las reglas para la presentación,</p>	
<h3>CERTIFICADO</h3> <p>Registro Público del Derecho de Autor</p>	
<p>El presente documento electrónico ha sido firmado mediante el uso de la firma electrónica avanzada por el servidor público competente, amparada por un certificado digital vigente a la fecha de su elaboración, y es válido de conformidad con lo dispuesto en los artículos 7 y 9, fracción I, de la Ley de Firma Electrónica Avanzada y artículo 12 de su Reglamento.</p>	
<hr/> <p><b>Número de Registro: 03-2022-052620553300-01</b></p> <hr/>	
<p>Ciudad de México, a 27 de mayo de 2022</p> <p><b>EL DIRECTOR DEL REGISTRO PÚBLICO DEL DERECHO DE AUTOR</b></p> <p><b>JESÚS PARETS GÓMEZ</b></p>	

## ANEXO B4 ESTADÍA TÉCNICA EN LA EMPRESA BIO-INOCUOM



*Ingeniería y Soluciones con Ozono*

**Oficio No. Bio-10-56-22**  
**Asunto: Carta de aceptación**  
**de estadía técnica**

**M.A. MARÍA ISABEL ÁLVAREZ HERNÁNDEZ**  
**DIRECTORA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD GUZMÁN**  
**PRESENTE**

Por este medio, se extiende la carta de aceptación de estadía técnica en la modalidad de movilidad académica para la alumna **Amany Raomi Gutiérrez Magaña**, con número de control M20291049, de la maestría en ingeniería en Electrónica del Sistema Nacional de Posgrados (SNP), para que realice la estancia técnica del 19 de julio al 19 de agosto del 2022 en la empresa **BIO-INOCUOM S.A.S. de C.V.**, ubicada en la ciudad de El Grullo, Jal. fungiendo como colaborador el Ing. Juan Ernesto Barragán Pérez, responsable de dar seguimiento en la empresa.

Se extiende la presente, a petición del interesado y para los trámites que al mismo convengan.

**ATENTAMENTE**

  
**ING. LUIS JORGE FLORES LLAMAS**  
**REPRESENTANTE LEGAL DE BIO-INOCUOM S.A.S. DE C.V.**

C.p. Archivo  
LJFL/ Bio

---

Operación en  
Durango, Durango

6181122927

6181276730

Jalisco, Autlán de Navarro y El Grullo  
bio.inocuom@gmail.com

3171074630

3211027857

Web: [www.bio-inocuom.com](http://www.bio-inocuom.com)

3211050250

Página 1



# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] J. M. Koury y M. Hirschhaut, «Reseña histórica del COVID-19 ¿Cómo y por qué llegamos a esta pandemia?,» 23 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2020/especial/art-2/>. [Último acceso: 27 Diciembre 2021].
- [2] Naciones Unidas, «Secretario General» 01 01 2017. [En línea]. Available: <https://www.un.org/sg/es/content/sg/biography>. [Último acceso: 12 1 2022].
- [3] M. E. F. Cuadros, «Scielo,» Revista de la Sociedad Española del Dolor, 17 2 2020. [En línea]. Available: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1134-80462021000200027&script=sci\\_arttext&tIng=en](https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1134-80462021000200027&script=sci_arttext&tIng=en). [Último acceso: 2 5 2021].
- [4] M. S. Laurence Franken, «La aplicación de la Tecnología de Ozono a la Salud Pública y a la Industria,» *Food Safety & Security at Kansas State University*, vol. 2, p. 16, 2005.
- [5] G. A. M. D. F. E. I. M. I. G. M. D. A. C. Z. Alberto Galvis C., «Evaluación del funcionamiento de un generador de ozono a escala piloto eb la desinfección de agua para consumo humano,» *Ingeniería y Competitividad*, vol. 7, nº 1, p. 9, 2005.
- [6] C. M. A. A. V. B. R. Á. P. A. R. O. H. C. V. M. Gloria Esther Lara Fernandez, «Ozono como método de desinfección del ambiente hospitalario,» *Acta Médica Costarricense*, vol. 62, nº 2, p. 7, 2020.
- [7] E. B. E. C. J. U. Pilar Plaza, «Eficacia del ozono en la desinfección de agua en centrales hortofrutícolas,» *IRTAplus*, vol. 59, p. 8, 2007.
- [8] E. Castro, «Principios de Control Microbiológico con Oxidantes,» *Osmonics*, p. 3, 2010.
- [9] S. Zamora, «El ozono es el desinfectante más potente contra el coronavirus y todo tipo de microorganismos según la OMS,» *Química y Sociedad*, vol. 5, p. 3, 22 4 2020.

- [10] M. M. Andreu, «Equipo de desinfección mediante ozono». España Patente 1 250 224, 30 07 2020.
- [11] S. Mikael, «Un generador de ozono de baja frecuencia». México Patente 89380, 20 08 2021.
- [12] S. Zamora, «El ozono es el desinfectante más potente contra el coronavirus y todo tipo de microorganismo según la OMS,» *Quimica y Sociedad*, vol. 5, p. 3, 2020.
- [13] «concepto,» 2019. [En línea]. Available: <https://concepto.de/que-es-norma/#ixzz7Usgf8ezb>. [Último acceso: 20 04 2022].
- [14] S. D. M. A. Y. R. NATURALES, «NOM-036-ECOL-1993».
- [15] S. D. M. A. Y. R. NATURALES, «NOM-085-ECOL-1994».
- [16] S. D. GAH-2, «UNE400-201-94».
- [17] I. p. I. S. Geoambiental, «Instituto para la Salud Geoambiental,» [En línea]. Available: <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2>. [Último acceso: 20 11 2021].
- [18] F. A. Isabel, «Greenteach,» 08 03 2022. [En línea]. Available: <https://www.greenteach.es/cov-compuestos-organicos-volatiles/>. [Último acceso: 24 06 2022].
- [19] H. G. Ricardo, *Introducción a los sistemas de control*, Aguascalientes: Pearson, 2010.
- [20] G. Mayur, «¿Qué es un sistema de control?,» *AUTYCOM*, vol. 2, p. 3, 27 11 2020.
- [21] P. A. Ramón, *Sensores y Acondicionadores de señal*, España: marcombo, 2003.
- [22] L. Luis, «Ingeniería, informática y diseño,» 21 10 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>. [Último acceso: 21 05 2021].
- [23] Digi-Key, «Digi-Key,» 28 04 2017. [En línea]. Available: <https://www.digikey.com.mx/es/product-highlight/s/sparkfun/ccs811-indoor-air-quality-sensor-breakout-board>. [Último acceso: 20 08 2021].

- [24] P. Claudio, Arduino IDE, Bueno Aires, Argentina: USERS, 2020.
- [25] G. C. José, «Programarfacil.com,» [En línea]. Available: <https://programarfacil.com/esp8266/esp32/>. [Último acceso: 25 06 2022].
- [26] I. I. Rectifier, «IR2153(D)(S)&(PbF),» IOR Rectifier, California, 2005.
- [27] I. Mecafenix, «La enciclopedia de la ingeniería,» 08 08 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/el-transistor/>. [Último acceso: 20 01 2022].
- [28] P. C. Manuel, «IEBS,» 14 10 2016. [En línea]. Available: <https://www.iebschool.com/blog/firebase-que-es-para-que-sirve-la-plataforma-desarrolladores-google-seo-sem/>. [Último acceso: 23 02 2022].
- [29] D. Juan, «Electrogeek,» 26 02 2020. [En línea]. Available: <https://www.electrogeekshop.com/thingspeak-plataforma-gratuita-para-la-internet-de-las-cosas/>. [Último acceso: 02 11 2021].
- [30] «Steepto,» 18 12 2020. [En línea]. Available: [https://es.abcdef.wiki/wiki/Duty\\_cycle](https://es.abcdef.wiki/wiki/Duty_cycle). [Último acceso: 20 04 2022].
- [31] F. Electro, «Electrónica y Tutoriales,» 16 01 2019. [En línea]. Available: <https://www.facilelectro.es/que-es-el-pwm-y-como-funciona/>. [Último acceso: 21 05 2022].
- [32] R. Sánchez, «Muy interesante,» 31 03 2021. [En línea]. Available: <https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/que-es-el-ozono-431617136553>.
- [33] S. D. CONTROL, «UPC,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf?sequence=5>. [Último acceso: 23 09 2021].
- [34] M. Gandhi, «AUTYCOM,» 27 11 2020. [En línea]. Available: <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/>. [Último acceso: 23 09 2021].