



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE NODOS EMBEBIDOS INTEGRABLES A UNA RED INALÁMBRICA PARA LA ALERTA, SUPERVISIÓN Y DESINFECCIÓN POR MEDIO DE OZONO EN AMBIENTES CERRADOS”

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORAS: MARISOL ELIZABETH MOROCHO DELGADO

ERIKA PATRICIA PUCHA ALDAZ

DIRECTOR: Ing. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Marisol Elizabeth Morocho Delgado; & Erika Patricia Pucha Aldaz.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotras, Marisol Elizabeth Morocho Delgado y Erika Patricia Pucha Aldaz, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de marzo de 2022



Marisol Elizabeth Morocho Delgado
0605907526



Erika Patricia Pucha Aldaz
0605517549

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Dispositivo Tecnológico, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE NODOS EMBEBIDOS INTEGRABLES A UNA RED INALÁMBRICA PARA LA ALERTA, SUPERVISIÓN Y DESINFECCIÓN POR MEDIO DE OZONO EN AMBIENTES CERRADOS**”, realizado por las señoritas: **ERIKA PATRICIA PUCHA ALDAZ Y MARISOL ELIZABETH MOROCHO DELGADO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Jorge Luis Paucar Samaniego PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 JORGE LUIS PAUCAR SAMANIEGO Firmado digitalmente por JORGE LUIS PAUCAR SAMANIEGO Fecha: 2022.03.09 15:48:19 -05'00'	2022-03-07
Ing. José Enrique Guerra Salazar DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 JOSE ENRIQUE GUERRA SALAZAR Firmado digitalmente por JOSE ENRIQUE GUERRA SALAZAR Fecha: 2022.03.09 10:51:48 -05'00'	2022-03-07
Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN Firmado digitalmente por EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN Fecha: 2022.03.09 13:33:52 -05'00'	2022-03-07

DEDICATORIA

A mi compañero de vida Josué Rafael por haber hecho suyos mis sueños y ayudarme a cumplirlos, porque no hacía falta explicárselo todo para que entendiera, por estar junto a mí en este largo camino y durante cada página de esta investigación. A mi amado hijo Martín Rafael por ser mi mayor motivación para alcanzar este objetivo, por regalarme la promesa de un mañana desde su maravillosa vida y porque con él y gracias a él soy mejor.

Marisol

A mi madre y a mi padre, quienes son mi brújula y la razón de mi ser. A ustedes, que a lo largo de la vida me guiaron, formaron y educaron, haciendo de mi la persona que soy hoy en día. Porque en todo momento me brindaron su ayuda y sabios consejos, me han conducido por la vida, con todo su amor, paciencia y esfuerzo, han sido mi ejemplo e inspiración para no desistir en la adversidad. Para ustedes queridos padres, con amor y respeto.

Erika

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a todas estas personas que hicieron posible esta investigación. A mis padres Néstor y María por todo su esfuerzo y por haber forjado en mí la persona que soy ahora. A Josué por su ayuda y apoyo incondicional, su paciencia y entrega han sido fundamentales, a mi hijo Martín por brindarme la ilusión de seguir adelante, por su sonrisa y amor reconfortante de cada día. A mi familia de corazón Patricia y Sarita por apoyarme constantemente durante esta etapa, sin ellas este momento no sería posible. A mis hermanos Freddy, Cristian y Samya por su apoyo durante mi vida universitaria. Mi agradecimiento a la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a sus docentes por trasmitirme invaluable conocimientos y moldearme para la vida profesional y a mis amigos por todo lo compartido durante esta maravillosa etapa.

Marisol

Agradezco a Dios por otorgarme vida y salud, por guiarme y darme la fuerza necesaria para culminar mi carrera. A mis padres Narcisa y Franklin por ser mi motor en la vida y porque sin escatimar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida para verme cumplir este sueño. A mis hermanos Cecilia, Paulina y Edgar por su cariño y por estar pendientes de mí, en especial a Paulina, por todas sus enseñanzas desde mi infancia. A Denisse, mi hermana menor por siempre apoyarme y confiar en mí, por sus consejos y sobre todo por ser la compañera de mi vida. A mis sobrinos Ismael, Alan y Pablo por ser esa luz que me ha dado alegría e impulsado día a día. Agradezco a mi universidad por haberme abierto sus puertas, de igual manera a cada maestro que hizo parte de mi formación profesional. Al Ing. José Guerra e Ing. Edwin Altamirano por su tiempo, por sus aportaciones y orientaciones. A mi compañera de tesis por su entrega y arduo trabajo para lograr todo lo que aquí se presenta. A mis amigos por su lealtad y ayuda brindada a lo largo de estos años.

Erika

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Antecedentes investigativos.....	5
1.2. Realidad de la zona.....	7
1.3. El ozono y su uso como desinfectante.....	8
<i>1.3.1. Mecanismo de acción.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2. Efectos del ozono en la salud humana.....</i>	<i>9</i>
<i>1.3.3. Formas de generar ozono.....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.3.1. Comparativa de los métodos de generación.....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.4. Concentración y dosificación del ozono.....</i>	<i>11</i>
1.4. Red de sensores inalámbrica.....	12
<i>1.4.1. Nodos Sensores.....</i>	<i>13</i>
<i>1.4.2. Puerta de enlace.....</i>	<i>13</i>
<i>1.4.3. Estación base.....</i>	<i>13</i>
<i>1.4.4. Topología de red.....</i>	<i>14</i>
<i>1.4.4.1. Comparativa de las topologías de red.....</i>	<i>14</i>
1.5. Tecnologías inalámbricas.....	15
<i>1.5.1. Comparativa entre zigbee, bluetooth y wifi.....</i>	<i>16</i>
1.6. Sensores.....	17
1.7. Tarjetas de desarrollo.....	19
<i>1.7.1. Comparativa de las tarjetas de desarrollo.....</i>	<i>20</i>
1.8. Plataformas IoT.....	21
<i>1.8.1. Análisis comparativo de las plataformas IoT.....</i>	<i>21</i>

CAPITULO II

2.	PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO	23
2.1.	Requerimientos del dispositivo tecnológico.....	23
2.2.	Consolidación general del dispositivo tecnológico	24
2.3.	Arquitectura de <i>hardware</i> del dispositivo tecnológico.....	25
2.3.1.	<i>Nodo sensor (NS)</i>.....	25
2.3.2.	<i>Nodo de Generación (NG)</i>.....	26
2.3.3.	<i>Nodo de Aviso (NA)</i>	26
2.3.4.	<i>Nodo de Visualización (NV)</i>.....	27
2.4.	Descripción de los elementos <i>hardware</i> del dispositivo tecnológico	28
2.4.1.	<i>Sensor de ozono MQ-131</i>	28
2.4.2.	<i>Sensor de movimiento PIR HC-SR501</i>	28
2.4.3.	<i>Módulo RTC DS3231</i>	29
2.4.4.	<i>NodeMCU ESP8266</i>.....	30
2.4.5.	<i>Generador de Ozono</i>.....	30
2.4.6.	<i>Elementos Auxiliares</i>.....	31
2.4.6.1.	<i>Adaptador AC-DC</i>.....	31
2.4.6.2.	<i>Indicador LED</i>.....	32
2.5.	Esquema de conexión del dispositivo tecnológico.....	33
2.5.1.	<i>Esquema de conexión del NS</i>.....	33
2.5.2.	<i>Esquema de conexión del NG</i>	33
2.5.3.	<i>Esquema de conexión del NA</i>	34
2.6.	Herramientas de <i>software</i> del dispositivo tecnológico	35
2.6.1.	<i>Requerimientos software del NS</i>.....	35
2.6.2.	<i>Requerimientos software del NG</i>.....	35
2.6.3.	<i>Requerimientos software del NA</i>.....	35
2.6.4.	<i>Requerimientos software del NV</i>.....	35
2.6.5.	<i>Software de desarrollo para el dispositivo tecnológico</i>	36
2.6.5.1.	<i>Arduino IDE</i>	36
2.6.5.2.	<i>Ubidots</i>	36
2.6.6.	<i>Programación del dispositivo tecnológico</i>	36
2.6.6.1.	<i>Diagrama de flujo del NS</i>.....	36
2.6.6.2.	<i>Diagrama de flujo del NG</i>.....	39
2.6.6.3.	<i>Diagrama de flujo del NA</i>.....	40
2.7.	Visualización de información del dispositivo tecnológico	42

CAPITULO III

3.	VALIDACIÓN DE PROTOTIPO	44
3.1.	Pruebas previas a la instalación	44
3.1.1.	Caracterización del NS.....	44
3.1.1.1.	Calibración del sensor de ozono	44
3.1.1.2.	Caracterización del Sensor de Ozono	45
3.1.1.3.	Caracterización del Sensor de Movimiento.....	46
3.1.1.4.	Repetitividad del NS	47
3.1.2.	Caracterización de la comunicación inalámbrica.....	48
3.1.2.1.	Alcance de comunicación wifi entre nodos	48
3.1.2.2.	Transmisión de información entre nodos	50
3.1.2.3.	Registro de datos en Ubidots.....	51
3.1.2.4.	Almacenamiento de Información en Ubidots	53
3.1.3.	Tiempos de respuesta.....	54
3.1.3.1.	Tiempo de respuesta entre nodos	54
3.1.3.2.	Tiempo de registro de datos en Ubidots.....	56
3.2.	Funcionamiento del dispositivo tecnológico	57
3.3.	Prueba realizada después de la instalación	58
3.4.	Alimentación del dispositivo tecnológico.....	60

CAPITULO IV

4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	64
4.1.	Análisis de costos del dispositivo tecnológico	65

CONCLUSIONES.....	66
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	68
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Dimensiones de diferentes ambientes cerrados	7
Tabla 2-1:	Límites ambientales de exposición al ozono	10
Tabla 3-1:	Comparación de los principales métodos de generación de ozono	11
Tabla 4-1:	Inactivación de virus con 13.8 y 18.4 segundos de contacto.....	12
Tabla 5-1:	Comparativa de las diferentes topologías de red	15
Tabla 6-1:	Comparación entre las tecnologías zigbee, bluetooth y wifi	17
Tabla 7-1:	Ventajas y desventajas de los tipos de sensores de ozono.....	19
Tabla 8-1:	Comparación de las tarjetas de desarrollo	20
Tabla 9-1:	Cuadro comparativo de plataformas IoT	22
Tabla 1-2:	Rango de concentración de ozono	23
Tabla 2-2:	Detección de personas en el ambiente.....	23
Tabla 3-2:	Parámetros del nodo de aviso	24
Tabla 4-2:	Características: Sensor de ozono MQ-131	28
Tabla 5-2:	Características: Sensor de movimiento PIR HC-SR501.....	29
Tabla 6-2:	Características: Módulo RTC DS3231	29
Tabla 7-2:	Características: NodeMCU ESP8266	30
Tabla 8-2:	Características: Generador de Ozono Airthereal MA5000.....	31
Tabla 9-2:	Características: Adaptador AC/DC	32
Tabla 10-2:	Características: Indicador LED	32
Tabla 11-2:	Descripción de las funciones del programa para el NS	37
Tabla 1-3:	Error absoluto del sensor de ozono MQ-131.....	45
Tabla 2-3:	Pruebas de detección de movimiento	46
Tabla 3-3:	Repetitividad del nivel de ozono	47
Tabla 4-3:	Alcance de la comunicación wifi con línea de vista.....	49
Tabla 5-3:	Datos enviados y recibidos en la prueba 1	50
Tabla 6-3:	Datos enviados y recibidos en la prueba 2	51
Tabla 7-3:	Datos enviados y recibidos en la prueba 3	51
Tabla 8-3:	Datos almacenados en Ubidots.....	53
Tabla 9-3:	Tiempos de Respuesta NS-NG y NS-NA.....	55
Tabla 10-3:	Tiempos de envío de datos a Ubidots – variable ozono	56
Tabla 11-3:	Tiempos de envío de datos a Ubidots - variable movimiento	57
Tabla 12-3:	Monitorización del dispositivo en la primera desinfección	58
Tabla 13-3:	Monitorización del dispositivo en la segunda desinfección	58

Tabla 14-3:	Monitorización del dispositivo en la tercera desinfección	59
Tabla 15-3:	Cálculo teórico de potencia del dispositivo.....	61
Tabla 16-3:	Cálculo práctico de potencia consumida por el dispositivo.....	62
Tabla 17-3:	Consumo de aparatos de uso común en ambientes cerrados	63
Tabla 1-4:	Presupuesto del dispositivo tecnológico.....	64
Tabla 2-4:	Equipos comerciales en el mercado.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Configuración de una celda de descarga de corona para la generación de O ₃ ..	11
Figura 2-1:	Elementos de una red de sensores inalámbrica.....	13
Figura 1-2:	Esquema de los elementos de cada nodo embebido.....	25
Figura 2-2:	Módulo del sensor MQ-131	28
Figura 3-2:	Sensor de movimiento PIR HC-SR501.....	29
Figura 4-2:	Módulo RTC DS3231	29
Figura 5-2:	NodeMCU ESP8266.....	30
Figura 6-2:	Generador de Ozono Airthereal MA5000.....	31
Figura 7-2:	Adaptador AC/DC	31
Figura 8-2:	Indicadores LED	32
Figura 9-2:	Esquema de conexión del nodo sensor	33
Figura 10-2:	Esquema de conexión del nodo de generación	34
Figura 11-2:	Esquema de conexión del nodo de aviso	34
Figura 12-2:	Dispositivo y variables creadas en la plataforma Ubidots	42
Figura 13-2:	Dispositivo ESP8266 creado en la plataforma Ubidots	42
Figura 14-2:	Datos registrados en la variable generador	43
Figura 15-2:	Visualización de datos en la plataforma Ubidots.....	43
Figura 1-3:	Nodo Sensor implementado.....	44
Figura 2-3:	Medidor Forensics vs NS del dispositivo	45
Figura 3-3:	Supervisión de pruebas de detección de movimiento	46
Figura 4-3:	Supervisión de repetitividad de ozono.....	47
Figura 5-3:	Comunicación wifi alcanzada con interferencia	48
Figura 6-3:	Comunicación wifi alcanzada con línea de vista	49
Figura 7-3:	Monitores seriales de NA (izquierda) y NS (derecha).....	50
Figura 8-3:	Monitor serial del envío de datos del NS	52
Figura 9-3:	Registro de datos en Ubidots	52
Figura 10-3:	Almacenamiento de datos en Ubidots.....	53
Figura 11-3:	Datos de niveles de ozono descargados en Excel	54
Figura 12-3:	Supervisión de variable Tiempo de Respuesta	55
Figura 13-3:	Supervisión de variable tiempo de envío a Ubidots.....	56
Figura 14-3:	NG y NA instalados para su funcionamiento.....	57
Figura 15-3:	NS en funcionamiento.....	59
Figura 16-3:	NG – generador apagado (izquierda) y generador encendido (derecha).....	59

Figura 17-3:	NA – luz verde encendida (izquierda) y luz roja encendida (derecha)	60
Figura 18-3:	Voltaje y corriente medidos en el sensor MQ-131 del NS.....	61
Figura 19-3:	Voltaje y corriente medidos en el NodeMCU ESP8266 del NG	61
Figura 20-3:	Voltaje y corriente medidos en el NodeMCU ESP8266 del NA	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Diagrama de bloques del Nodo Sensor	26
Gráfico 2-2:	Diagrama de bloques del Nodo de Generación	26
Gráfico 3-2:	Diagrama de bloques del Nodo de Aviso	27
Gráfico 4-2:	Diagrama de bloques del Nodo de Visualización.....	27
Gráfico 5-2:	Diagrama de flujo del programa del NS	38
Gráfico 6-2:	Diagrama de flujo del programa del NG	40
Gráfico 7-2:	Diagrama de flujo del programa del NA	41

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR MQ-131
- ANEXO B:** HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR PIR HC-SR501
- ANEXO C:** HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO RTC DS3231
- ANEXO D:** HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL NODEMCU ESP8266
- ANEXO E:** FICHA TÉCNICA DEL GENERADOR DE OZONO AIRTHEREAL MA5000
- ANEXO F:** HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INDICADORES LED
- ANEXO G:** CÓDIGO DEL NODO SENSOR (NS)
- ANEXO H:** CÓDIGO DEL NODO DE GENERACIÓN (NG)
- ANEXO I:** CÓDIGO DEL NODO DE AVISO (NA)

RESUMEN

El trabajo de titulación tuvo como objetivo diseñar y construir nodos embebidos integrables a una red inalámbrica para la alerta, supervisión y desinfección por medio de ozono en ambientes cerrados. Para su desarrollo se hizo una revisión bibliográfica de sistemas similares existentes, los elementos que lo componen fueron seleccionados en base a un estudio comparativo de su información técnica, se consideró la funcionalidad, costo y facilidad de interacción. Es un dispositivo portátil de fácil manejo constituido por cuatro nodos basados en tecnología wifi. El Nodo Sensor (NS) recolecta los datos emitidos por los sensores, los procesa con una tarjeta de desarrollo NodeMCU y envía usando el protocolo de comunicación ESP-NOW a los demás nodos embebidos, a más de ello contiene un módulo de reloj en tiempo real para precisar los respectivos tiempos, el Nodo de Generación (NG) se encarga de controlar la emisión del gas ozono (O3), el Nodo de Aviso (NA) alerta con señales luminosas la accesibilidad al entorno para ello considera que el nivel de ozono sea aceptable con el fin de preservar la salud humana, y el Nodo de Visualización (NV) que permite mostrar y almacenar los datos mediante la plataforma Ubidots. De las pruebas realizadas se comprobó que al comparar el sensor MQ-131 con equipos patrones no incorpora error manteniéndose menor al 5% y se estableció que la efectividad del sensor PIR HC-SR501 es 96.66%, lo que determina su confiabilidad. Al aplicarse el coeficiente de variación se obtuvo un valor menor al 15% demostrando estabilidad. Las pruebas de comunicación evidenciaron la recepción de datos sin pérdidas a 250m sin obstáculos. Se concluye que el dispositivo es confiable para ayudar a mejorar la calidad del aire. Se recomienda continuar con investigaciones, mismas que incorporen sensores de calidad del aire y usen plataformas de pago.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <RED DE SENSORES INALÁMBRICA (WSN)>, <DESINFECCIÓN DE AMBIENTES CERRADOS>, <SENSOR DE GAS OZONO>, <PROTOCOLO ESP-NOW>, <PLATAFORMA IOT>.



Firmado electrónicamente por:
ELIZABETH
FERNANDA AREVALO
MEDINA



2221-DBRA-UPT-2021

ABSTRACT

The objective of the current graduation work was to design and build embedded nodes that can be integrated into a wireless network for warning, supervision, and disinfection with ozone in closed environments. For its development, a bibliographic review of similar existing systems was made, the elements that compose it were selected based on a comparative study of its technical information; functionality, cost and ease of interaction were considered. It is an easy-to-use portable device made up of four nodes based on Wi-Fi technology. The Sensor Node (SN) collects the data emitted by the sensors, processes them with a NodeMCU development card and sends them using the ESP-NOW communication protocol to the other embedded nodes, in addition to this, it contains a real-time clock module to specify the respective times, the Generation Node (GN) is responsible for controlling the emission of ozone gas (O₃), the Warning Node (WN) alerts with light signals the accessibility to the environment, for this, it considers that the ozone level is acceptable in order to preserve human health, and the Visualization Node (VN) that allows data to be displayed and stored through the Ubidots platform. From the tests carried out, it was verified that when comparing the MQ-131 sensor with standard equipment, it does not incorporate error, remaining less than 5%, and it was established that the effectiveness of the PIR HC-SR501 sensor is 96.66%, which determines its reliability. When applying the coefficient of variation, a value of less than 15% was obtained, demonstrating stability. Communication tests evidenced lossless data reception at 250m with no obstacles. It is concluded that the device is reliable to help improve air quality. It is recommended to continue with research, which incorporates air quality sensors and uses payment platforms.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)>, <CLOSED ENVIRONMENT DISINFECTION>, <OZONE GAS SENSOR>, <ESP-NOW PROTOCOL>, <IOT PLATFORM>.



Firmado electrónicamente por:
**NELLY MARGARITA
PADILLA PADILLA**

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo vive una crisis sanitaria mundial a causa del coronavirus COVID-19, enfermedad causada por el SARS-CoV-2 un virus de ARN monocatenario envuelto de la familia denominada *Coronaviridae* perteneciente al orden *Nidovirales*. Su capacidad de contagio es muy alta, puede variar dependiendo de factores de comportamiento individual y colectivo que agravan o disminuyen su propagación. Si bien es cierto el retorno a la normalidad, aunque se tomen en cuenta los mejores escenarios respecto a las vacunas o tratamientos efectivos, tardará años y no dejará ilesos (Díaz, 2020, p.66).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en las ciudades sus habitantes pasan en lugares cerrados alrededor del 85% de su tiempo. Los niveles de contaminación en espacios interiores llegan a elevar respecto a los del exterior, desde 10 a 100 veces su concentración. En estudios actuales es evidente que, en edificaciones como centros educativos, despachos, centros médicos, hospicios, entre otras, cohabitan agentes infecciosos como las bacterias, protozoos, gérmenes, hongos y también agentes químicos que perturban la calidad de aire del entorno y por ende afectan a la salud de la población en general (García y Marta, 2018, p.5).

Es por ello que existe la necesidad de nuevos enfoques para llevar a cabo el proceso de desinfección de ambientes cerrados mediante ozono, este actúa más rápido y es más potente para eliminar contaminantes biológicos en comparación con otros desinfectantes como el cloro. Además, el ozono es un desinfectante ecológico pues no deja residuos químicos y su vida media es corta, puede extenderse por el entorno y es capaz de penetrar diversas fisuras que no se alcanzan con aerosoles (Westover et al., 2020, p.2).

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

A causa de la mala calidad del aire interior mueren 2 millones de personas cada año según datos de la OMS, una de las enfermedades que ocasionan la mortalidad en infantes es la infección del tracto respiratorio, mientras que las defunciones en adultos son por tumores en las vías respiratorias, enfermedades pulmonares o cardiovasculares y accidentes cerebrovasculares (Carazo et al., 2013, p.22).

Las fuentes de contaminación del aire interior son diversas, desde las deficiencias en la ventilación y la contaminación exterior, así como la contaminación química, física y biológica. Por lo tanto, el grado de contaminación ambiental en los espacios cerrados es el principal factor de riesgo para

un sinnúmero de patologías que afectan principalmente al aparato respiratorio, tanto en niños como en adultos (Carazo et al., 2013, p.26).

Debido a los altos niveles de contaminación interior, una alternativa que se ha puesto en práctica mundialmente es la utilización de ozonizadores. Por ejemplo, en España la desinfección con ozono de entornos cerrados es reglamentada por la norma UNE 400-201-94, que se basa en recomendaciones dadas por la OMS y el Instituto de Salud e Higiene en el Trabajo (INSHT). Es preciso mencionar que el O₃ se caracteriza por ser microbicida, germicida, esterilizante y desodorizante; pero cuando sus concentraciones superan las 4 ppm, es dañino para los seres humanos. Sin embargo, el ozono no es considerado cancerígeno (Lara et al., 2020, p.73).

Existen varios estudios que demuestran el aumento de la inactivación viral al subir la dosis de ozono, además dejan claro que mientras los tiempos de exposición son más extensos resulta en una inactivación más alta; no obstante, es complicado establecer valores concretos. Cada uno de estos estudios muestran que los todos los virus usados son inactivados con ozono, esto no significa que inactiva absolutamente todos los virus, pero se evidencia que inactiva una gran variedad de virus incluidos tanto los virus no envueltos como los envueltos (Robert et al., 2020, pp.4-5).

De acuerdo con Robert et al. (2020, p.7) para lograr una inactivación del 99% del virus dsDNA representado por T7 (siendo el más difícil de inactivar en el estudio) es necesaria una exposición de 11,36 minutos a una concentración de 10 ppm como base, puesto que las dosis para inactivar el 99% de los demás virus estudiados fueron significativamente menores. De sus cuatro estudios realizados, se estima que a una humedad relativa igual o superior al 55%, por aproximadamente 12 minutos a 10 ppm se logra el 99% de inactivación de todos los virus del aire y las superficies y una inactivación del 80% de todos los demás microorganismos estudiados.

Por tal motivo, este trabajo se centra en el diseño y construcción de nodos embebidos integrables a una red inalámbrica para la alerta, supervisión y desinfección por medio de ozono en ambientes cerrados, el dispositivo tecnológico considera necesario usar un nodo de comunicación inalámbrica para la generación, sensado y aviso respectivamente, los cuales envían datos hacia el nodo de visualización que permite realizar la supervisión y registro de los diferentes parámetros de funcionamiento; una vez instalados los respectivos nodos y con el propósito de disminuir el tiempo y esfuerzo humano que se emplea en la realización de estas tareas de desinfección, el dispositivo funcionará automáticamente dependiendo de sus parámetros de programación.

Esta investigación está alineada con los objetivos 1 y 3 que constan en el Plan Nacional para el Buen Vivir 2017–2021, los artículos 66 y 276 de la Constitución de la República del Ecuador publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre de 2008 y el artículo 7 de la Ley Orgánica de Salud publicada en el Suplemento del R. O. No. 423 del 22 de diciembre de 2006, en donde literalmente dice:

Objetivo 1: Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas. Que en la política 1.7 dice: “Garantizar el acceso a una vivienda adecuada y a un entorno seguro que incluya la provisión y calidad de los bienes y servicios públicos vinculados al hábitat: suelo, energía, movilidad, transporte, agua y saneamiento, calidad ambiental y recreación” (Plan Nacional del Buen Vivir, 2017, p.147).

Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y las futuras generaciones. Que en la política 3.3 dice: “Promover buenas prácticas ambientales que aporten a la reducción de la contaminación, a la conservación, a la mitigación y a la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global” (Plan Nacional del Buen Vivir, 2017, p.149).

El **Artículo 66**, numeral 27 establece “el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008, p.18).

Así también, el **Artículo 276**, numeral 1, señala que “El régimen de desarrollo tendrá el objetivo de mejorar la calidad y esperanza de vida, y aumentar las capacidades y potencialidades de la población en el marco de los principios y derechos que establece la Constitución” (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008, p.49).

Capítulo III, Derechos y Deberes de las Personas y del Estado en relación con la Salud, específicamente en el **Artículo 7**, literal c, se establece que “toda persona, sin discriminación por motivo alguno, en relación con la salud, tiene derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación” (Ley Orgánica de Salud, 2006, p.4).

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir nodos embebidos integrables a una red inalámbrica para la alerta, supervisión y desinfección por medio de ozono en ambientes cerrados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Especificar la arquitectura de un sistema de desinfección con ozono, su método de generación y los parámetros de desinfección que mantiene.
- Definir los requerimientos que deben cumplir los nodos embebidos integrables a una red inalámbrica para la alerta, supervisión y desinfección por medio de ozono en ambientes cerrados.
- Establecer el diseño que cumpla con los requerimientos propuestos en esta investigación.
- Seleccionar el *hardware* y *software* que permita implementar el diseño propuesto.
- Evaluar si los nodos implementados cumplen con los requerimientos propuestos al inicio de la investigación.

El presente trabajo se define como un dispositivo tecnológico, para su desarrollo es preciso utilizar de forma combinada métodos teóricos, empíricos y estadísticos. Uno de los métodos teóricos es la revisión documental cuyo objetivo es adquirir información relacionada con los nodos embebidos integrables, los sistemas comerciales desarrollados mundial y localmente, información de los avances y tecnologías que permitan la realización del dispositivo. La sistematización, permite la aplicación de la información bibliográfica y experimental obtenida en el diseño y construcción. El análisis y síntesis, para la evaluación de los resultados obtenidos del funcionamiento del prototipo y de esta manera llegar a las conclusiones y recomendaciones. Los métodos empíricos aplicados son: la experimentación, consiste en la realización de la simulación y comprobación de cada nodo que constituye el dispositivo, la evaluación de las variables durante la implementación y la observación para la validación del prototipo. Por último, el método estadístico se emplea para procesar e interpretar los resultados obtenidos con el dispositivo tecnológico desarrollado y contrastarlos con los parámetros de diseño originales.

Este documento define el proceso realizado en esta investigación y se divide en tres capítulos. En el primer capítulo se detalla la información bibliográfica necesaria para la realización del dispositivo. El segundo capítulo hace referencia al procedimiento de selección de *hardware* y *software* para implementar el diseño propuesto considerando sus requerimientos. El tercer capítulo presenta las pruebas y resultados obtenidos en el proceso de evaluación del dispositivo tecnológico y finalmente se enuncian las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En el presente capítulo se realiza una revisión bibliográfica de los fundamentos básicos tomados en cuenta para llevar a cabo el trabajo de investigación. Se considera las investigaciones realizadas, así como los sistemas comerciales desarrollados mundial y localmente, conceptos generales relacionados con los nodos embebidos integrables, consideraciones acerca del agente desinfectante en este caso el ozono e información de los avances y tecnologías que permitan la realización del dispositivo.

1.1. Antecedentes investigativos

El diseño y construcción de los nodos embebidos para la alerta, supervisión y desinfección por medio de ozono necesita de algunas consideraciones para su correcta elaboración por ello la revisión bibliográfica es fundamental. En primer lugar, se lleva a cabo una recopilación de aquellas investigaciones realizadas que se relacionan de una u otra forma con el tema del presente trabajo, las cuales se aprecian a continuación.

En la Universidad San Francisco de Quito, se desarrolló el “diseño e implementación de un sistema de control de un generador de ozono y procesamiento de datos para la Estación de Mediciones Atmosféricas”, el trabajo se basó en la construcción y control de un instrumento que permita la obtención de ozono por medio de radiación ultravioleta, el procesamiento de la señal obtenida y el desarrollo una interfaz gráfica para el usuario final en LabVIEW. En este trabajo se plantean los principios de medición y generación de ozono, así como las etapas del funcionamiento del equipo, también se muestran los diferentes circuitos para medición y control, de igual forma se describen los componentes en *hardware* y en *software* a emplear. Para medir la concentración de ozono, se evalúa cada canal por 5 minutos, intercambiando el aire filtrado cada 30 segundos con el no filtrado. Los resultados muestran que el ozono obtenido fue derivado únicamente del generador y se comprobó que la temperatura al llegar al valor de *set point* se mantuvo estable con una ligera variación (Herrera, 2016, pp.25-26).

Un trabajo similar se realizó en la Universidad Técnica de Ambato, en este se construyó un generador de ozono automatizado, con el fin de solucionar las molestias causadas por el olor. En este trabajo primero se determina el lugar y se identifican sus características, luego se establecen los parámetros de diseño para el dispositivo, considerando los límites que establece la OMS. Se describe el diseño de los componentes, elaboración e instalación del generador, en base a sus

fundamentos teóricos. Su construcción usa el método de descargas eléctricas, un tubo de circulación de aire que es controlado mediante un PIC; cada componente diseñado es sometido a variados ensayos. Con las pruebas realizadas, se concluye que la concentración de ozono depende de los elementos de la celda, el voltaje generado y el flujo de aire, más no de la dimensión de la caja. El ozonizador funciona en un rango de 5 a 25 minutos y se demuestra una relación directamente proporcional entre el tiempo y la concentración de ozono (Llagua, 2017, pp. 120-121).

El artículo desarrollado por el área de Transferencia de Tecnología del Instituto Argentino de Radioastronomía muestra el diseño de un cañón de ozono para la destrucción de la carga viral en ambientes públicos. Se desarrolló un equipo con la capacidad de inactivar la carga viral mediante una gran concentración de ozono generado por un lapso corto, esta depende de variables ambientales las cuales son determinadas por medio de sensores. En el artículo constan ciertas especificaciones sobre el funcionamiento del equipo, este puede activarse de forma local o remota, no debe ser usado en presencia de humanos, se detiene cuando llega a una apropiada esterilización e indica dicha acción mediante alarmas y un reporte. El equipo está diseñado para destruir gérmenes y bacterias, reduciendo el riesgo de transmisión de enfermedades. A diferencia de los ozonizadores comerciales, este cañón de ozono logra concentraciones adecuadas de ozono y controla de forma inteligente el proceso asegurando así la eficiencia de la esterilización tanto del aire como de superficies (Romero et al., 2020, pp.221-222).

En otro artículo denominado “Ozone Treatment for Elimination of Bacteria and SARS-CoV-2 for Medical Environments” se demostró la eficacia de dispositivos de desinfección basados en ozono para tratar equipos y superficies hospitalarios para matar bacterias, degradando así el síndrome respiratorio agudo severo conocido como coronavirus. Estos hallazgos respaldan que el tratamiento con ozono es un método de esterilización eficaz para destruir de forma rápida bacterias ambientales y de importancia médica estudiadas en cuatro superficies (mantas, catéter, controles remotos y jeringas) en 30 minutos, y hasta un 99% de reducción de bacterias viables al final de los ciclos de tratamiento de 2 horas (Westover et al., 2020, p.1).

Un artículo titulado “Ozono como método de desinfección del ambiente hospitalario” evidencia que tras la implementación de un sistema de ozonización del aire en diferentes áreas de alto riesgo los ambientes se encuentran limpios, pues presentan una disminución considerable de microorganismos, bacterias, moho entre otras, lo que favorece la estadía hospitalaria disminuyendo el consumo de antibióticos en los pacientes. Para ello se clasificaron las áreas intrahospitalarias de acuerdo con el riesgo de transmisión de infecciones, posterior a ello se instaló en la Unidad Quirúrgica un ozonificador marca ASP, modelo SP-MINI, para producción de 2

gramos de ozono y capacidad para cubrir un volumen máximo de 1600 m³. En la medición de ozono en el aire de las áreas donde se instalaron los ozonizadores, se constató que las concentraciones de ozono residual se mantienen dentro de los límites de seguridad, por debajo de 0,05 ppm/m³ en todas las mediciones efectuadas. Con la desinfección se generó ambientes limpios y favoreció la disminución del consumo de antibióticos. Además, no hubo incidencia de efectos adversos concernientes con el proceso de desinfección (Lara et al., 2020, pp.74-76).

De lo presentado anteriormente, vemos que el problema sustancial que se presenta en la utilización del ozono, es el mismo tratamiento del ozono y su toxicidad, dada su crítica estabilidad, y el pequeño margen que existe entre beneficio y daño al ser humano, por tal motivo es esencial que este dispositivo tecnológico sea puesto en funcionamiento en ausencia de personas. En estudios se ha evidenciado que es un desinfectante efectivo cuando se aplica como un agente antimicrobiano contra bacterias, hongos, protozoarios y esporas bacterianas y fúngicas, a más de ello su mecanismo de inactivación es más rápido que otros desinfectantes.

Por otro lado, dado el riesgo crítico que podría presentar el ser humano si se expone a concentraciones inadecuadas, conviene llevar un control de la concentración de ozono residual que quede en el ambiente cerrado tras realizar el tratamiento de desinfección, supervisando que no se superen los límites de exposición establecidos.

1.2. Realidad de la zona

En lo que se refiere a la zona en la que es factible aplicar el dispositivo, se puede considerar diversos tipos de ambientes cerrados como: locales comerciales, oficinas, aulas de centros educativos, habitaciones de domicilios, habitaciones de hoteles, entre otros. Según el Libro IV de las “Normas de Arquitectura, Urbanismo y Construcción Final” del Gobierno Autónomo Descentralizado de Riobamba, en el capítulo IV Normas por tipo de edificación, establece las dimensiones que deben cubrir locales de uso comercial, edificios, aulas de establecimientos educativos, etc., en la Tabla 1-1 se muestra dichas dimensiones (GADM de Riobamba, 2017, p.346).

Tabla 1-1: Dimensiones de diferentes ambientes cerrados

Establecimiento	Superficie	Altura
Oficinas y comercios	30,00 m ²	2,70 m
Habitaciones de viviendas	8,10 m ²	2,30 m
Habitaciones de hotel	14,00 m ²	3,20 m
Aulas primaria, secundaria y superior	48,00 m ²	3,00 m

Fuente: GADM de Riobamba, 2017, pp.346-379.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Basados en la información obtenida y bajo el contexto de la emergencia sanitaria por la pandemia del COVID-19, se enfoca la zona de aplicación hacia aulas de centros de educación superior considerando que se han implementado planes de retorno progresivo a instituciones educativas, como el “Plan Institucional de retorno progresivo frente al COVID-19” de la Universidad Nacional de Chimborazo que en su Sección 8: Medidas Primarias de Control contra el coronavirus, presenta directrices para promover la aplicación de medidas de bioseguridad, sin embargo, no contempla sistemas de desinfección automatizados como el dispositivo que se propone en la realización de este trabajo (Universidad Nacional de Chimborazo, 2020).

De manera específica se ha elegido el aula N°1 del edificio de la Facultad de Informática y Electrónica (FIE) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la cual según el plano elaborado por el Arquitecto Darío Vargas tiene las siguientes dimensiones: 10,15m x 7,70m x 3m. Esto nos da como resultado un total de área de 78,15m²; valor que se considera el espacio de cobertura promedio que se debe abarcar con el generador de ozono.

1.3. El ozono y su uso como desinfectante

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno (O₂), está formado por tres átomos de este elemento y se representa por el símbolo O₃. Su color característico en estado gaseoso, es azul a una temperatura de 22 °C y de 4 °C a 7 °C. El olfato humano lo detecta cuando su concentración es de 0,02 ppm a 0,05 ppm. Es un gas muy inestable, su descomposición es rápida y se regenera en moléculas de O₂, por ende, no es posible almacenarlo ni envasarlo (Marín, 2016, p.14). Debido a que posee un alto potencial de oxidación, en el mercado se comercializa un sinnúmero de equipos generadores de ozono (Leiva et al., 2018, p.78).

Fue reconocido en Estados Unidos como un producto GRAS (*Generally Recognised As Safe*) y su uso como un agente desinfectante está admitido. Se ha evidenciado que el O₃ es un excelente desinfectante pues proporciona control microbiológico, control de insectos, inactiva virus, bacterias, mohos y levaduras al oxidar sus membranas celulares (Pretell et al., 2016, p.174). Asimismo, se ha evaluado su capacidad de eliminar sustancias tóxicas (micotoxinas) y restos de plaguicidas (Marín, 2016, p.15). Por consiguiente, se lo considera como un componente preciso para la desinfección de ambientes interiores.

1.3.1.Mecanismo de acción

El proceso de inactivación mediante ozono oxida las enzimas que se hallan junto a la membrana, ácidos grasos poliinsaturados, glicolípidos y glicoproteínas, causando que se interrumpa la acción

normal de la célula y disminuya su permeabilidad. Así, el microorganismo muere a raíz de que su cubierta celular es alterada o desintegrada al disipar el contenido. Su mecanismo de inactivación denominado disrupción o lisis, actúa con más rapidez que otros agentes desinfectantes que deben penetrar la membrana celular para ser eficaces. Por otro lado, cada microorganismo posee una sensibilidad innata al O₃, es así que las bacterias tienen mayor sensibilidad que los hongos y levaduras. Las bacterias Gram negativas son menos sensibles que las Gram positivas, sin embargo, las células vegetativas son más sensibles que las esporas. Ciertas bacterias como las esporas bacterianas y *Cryptosporidium* presentan resistencia al cloro. El microorganismo *Listeria monocytogenes* es resistente al amonio cuaternario. Por lo contrario, los microorganismos no desarrollan resistencia al ozono debido a su mecanismo de acción (Marín, 2016, pp.15-16).

Se debe tomar en cuenta que los estudios muestran que los efectos del ozono sobre las membranas celulares de los diferentes microorganismos varían en función de las propiedades específicas de cada virus, la dosis y el tiempo de exposición. No obstante, el uso excesivo del O₃ por su alta acción oxidante puede afectar a las superficies ya que ocasiona corrosión en el metal (Marín, 2016, p.17).

1.3.2.Efectos del ozono en la salud humana

Según la OMS, el ozono afecta a la salud desde que su concentración es superior a 0,05 ppm en el transcurso de 8 horas al día. La exposición de todo ser vivo es peligrosa por la reacción del O₃ y sus reactivos intermediarios con las macromoléculas celulares. En una prueba donde se aplicó ozono sobre la sangre humana se encontró que deteriora los leucocitos (García et al., 2020, p.6).

Cuando la concentración del ozono supera las 4 ppm, ocasiona efectos perjudiciales para las personas, presentan irritación del tracto respiratorio y de la vista, cefaleas, síncope. Cuanto mayor es la concentración a la que se expone el ser humano, puede presentar síntomas como la pérdida de memoria, cefaleas, debilidad y agudizar la bronquitis (Lorente, 2010, p.24). Al momento no se sabe si existe una relación entre la cantidad de ozono y los síntomas presentados, sin embargo, se considera que el sistema inmunológico del hombre afecta a la gravedad de sus síntomas y existe una conexión con la sensibilidad de su sistema respiratorio (García y Marta, 2018, p.21).

Debido a ello, en la Tabla 2-1 se presentan los límites ambientales de exposición al ozono, estos dependen de la diligencia ejecutada o el tiempo de exposición.

Tabla 2-1: Límites ambientales de exposición al ozono

Organismo	Especificaciones	
OMS (Organización Mundial de la Salud)	0,05 ppm	8 h
FDA (Food and Drug Administration)	0,05 ppm	Dispositivos médicos en interiores
OSHA (Occupational Safety and Health Administration)	0,10 ppm	8 h Trabajadores
NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health)	0,10 ppm	
EPA (Environmental Protection Agency)	0,08 ppm	Al aire libre
INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo)	0,05 ppm	Trabajo pesado
	0,08 ppm	Trabajo moderado
	0,10 ppm	Trabajo ligero
	0,20 ppm	Trabajo pesado, moderado o ligero ≤ 2 h

Fuente: García et al., 2020, p.6.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Puesto que el ozono por lo general se recombina en oxígeno, no deja residuos, ya que su vida media a temperatura ambiente es de pocos minutos. Considerando los efectos del ozono en la salud humana, en el desarrollo del dispositivo se debe tener presente la supervisión del nivel de concentración de ozono residual luego del proceso de desinfección del ambiente cerrado, con fin de verificar que los seres humanos no se vean expuestos a concentraciones superiores a los 0,05 ppm que establece la OMS. Existen razones de sobra para enfatizar que al momento de la desinfección no debe existir presencia de seres vivos.

1.3.3. Formas de generar ozono

El ozono artificial es producido el sitio en el cual va a ser utilizado, ya que no se lo puede almacenar. En el método fotoquímico para la generación de ozono, utiliza lámparas ultravioletas de 185 nm y genera concentraciones bajas de 0,03 ppm. Otro método es el de descarga en corona “*corona discharge*”, consiste en usar un generador formado por dos electrodos uno de alta y otro de baja tensión (ver Figura 1-1), que se separan por un material dieléctrico unido al electrodo que posee la tensión más alta, creando así un espacio entre el otro electrodo y la capa del material, denominado hueco de descarga. Al utilizar aire como la fuente de alimentación del ozonizador, se genera entre el 1% y el 3% de O₃; no obstante, al emplear O₂ puro se obtiene hasta un 6% de O₃. A más de estos dos métodos, existen métodos químicos, térmicos, quimionucleares y electrólitos. De hecho, Lynntech propone un método diferente, un proceso electroquímico, donde el agua es descompuesta en átomos de O₂ que luego de combinarse forman ozono y moléculas de oxígeno, llegando a generar como mínimo 10% de ozono alcanzando una producción del 18% en sus resultados (Lorente, 2010, pp.24-25).

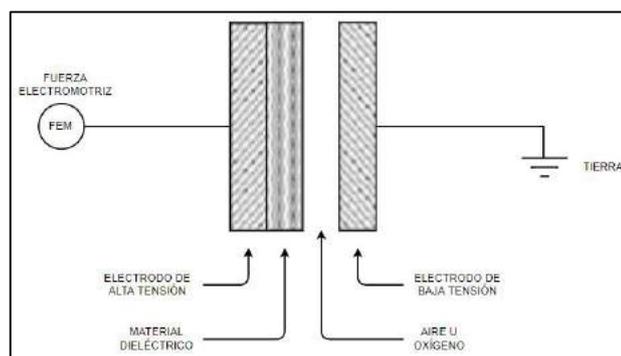


Figura 1-1: Configuración de una celda de descarga de corona para la generación de O₃

Fuente: Lorente, 2010, p.25.

1.3.3.1. Comparativa de los métodos de generación

Los métodos o formas más utilizadas para obtener ozono son: descargas eléctricas, radiación ultravioleta y electrólisis. De estos tres métodos el más destacado, por el desempeño de su eficacia e implementación, es el método por descargas eléctricas. En la Tabla 3-1 se presenta una comparación de estos tres métodos (Valle, 2016, p.22).

Tabla 3-1: Comparación de los principales métodos de generación de ozono

Método	Capacidad típica de generación de ozono (g/h)	Implementación	Consumo de energía
D. Eléctricas	100	Sencilla	El menor
R. Ultravioleta	2	Sencilla	10 veces más que el 1 ^{ero}
Electrólisis	1 a 4	Complicada	15 a 20 más que el 1 ^{ero}

Fuente: Valle, 2016, p.22.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Según los parámetros de la Tabla 3-1, el método de generación por descargas eléctricas conocido como descarga en corona, con una capacidad de generación de 100 g/h es muy superior en comparación con los otros dos métodos. Además, hay patentes que utilizan esta tecnología para la construcción de sus equipos, debido a que su implementación es sencilla y su consumo de energía es el menor siendo esto una gran ventaja a la hora de adquirir un generador de ozono.

1.3.4. Concentración y dosificación del ozono

De acuerdo con Tseng y Li (2006, p.686), su estudio evaluó el ozono en el aire para la inactivación de cuatro bacteriófagos diferentes seleccionados para representar todos los tipos de virus, sus nombres y particularidades, así como los resultados obtenidos con diferentes dosis de ozono se

muestran en la Tabla 4.1, al 55% la humedad relativa y con tiempos de contacto de 13.8 y 18.4 segundos.

Tabla 4-1: Inactivación de virus con 13.8 y 18.4 segundos de contacto

Bacteriófagos	Inactivación 90%		Inactivación 99%	
	13.8 s	18.4 s	13.8 s	18.4 s
phi 6	1,16 ppm	0,64 ppm	2,50 ppm	1,43 ppm
phi X174	1,87 ppm	0,85 ppm	3,84 ppm	1,90 ppm
MS2	3,43 ppm	1,45 ppm	6,63 ppm	2,90 ppm
T7	5,20 ppm	2,32 ppm	10,33 ppm	5,12 ppm

Fuente: Tseng y Li, 2006, p.686.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Como se indica en la Tabla 4-1 la concentración de ozono para la inactivación del 90% y el 99% de MS2 y T7 es alrededor de 2 a 4 veces mayor que la de phi X174 y phi6. Además, al aumentar el tiempo de contacto a 18.4 se requiere menores concentraciones de ozono, siendo la concentración de 5,12 ppm la máxima requerida para inactivar el 99% del virus T7, probablemente el menos susceptible al ozono. Por último, la concentración de ozono requerida al 85% de humedad relativa es de 1,2 a 1,7 veces menor que las encontradas al 55% de humedad relativa al mismo 90% y 99% de inactivación (Tseng y Li, 2006, p.686).

En cuanto a la dosificación de ozono, según CosemarOzono para una desinfección eficaz de espacios cerrados se debe calcular el volumen del lugar dando por hecho que se alcanza una concentración de 1 ppm, la cual debe perdurar por lo menos un lapso de 10 minutos (CosemarOzono, 2021). Este tiempo se tomará en cuenta en la programación del nodo generador del dispositivo tecnológico, considerando que en el estudio que se evidencia en la Tabla 4-1 se consigue una inactivación del 90 y 99% de todos los virus en tiempos mucho menores.

1.4. Red de sensores inalámbrica

Es un conjunto de nodos (sensores), interconectados entre sí, con el fin de distribuir, procesar y recopilar información del entorno. Es una de las tecnologías más competentes según analistas tecnológicos y para referirse a ellas se usa el acrónimo WSN que significa: Wireless Sensor Networks (Rodas, 2013, p.6).

En este tipo de redes la arquitectura es similar a una red cableada, sin embargo, estas redes deben adaptar las señales de información para lograr su transmisión a través de medios no guiados como el aire (Geier, 2008, p.3). En la figura 2-1 se indica la estructura de una red de sensores inalámbrica

en donde se puede diferenciar nodos integrados por: sensores y motes, puerta de enlace o gateway y estación base, a continuación, se explican estos elementos.

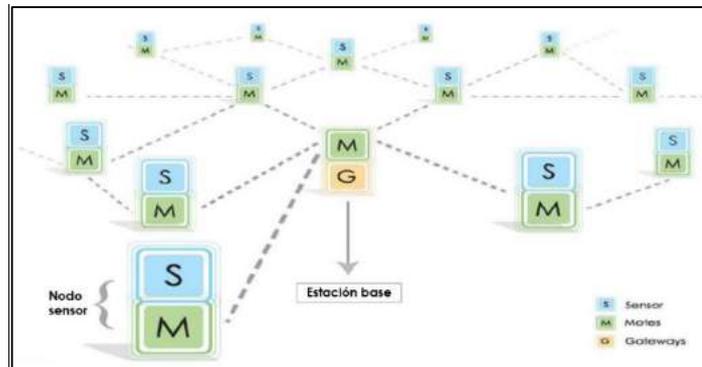


Figura 2-1: Elementos de una red de sensores inalámbrica

Fuente: Escolar, 2007, p.19.

1.4.1. Nodos Sensores

Son dispositivos electrónicos elaborados a base de *hardware* adaptable y una programación *software* que permite ejecutar las acciones planeadas, logrando así capturar información específica del lugar donde sean ubicados. En la actualidad existen diferentes campos donde se aplican este tipo de dispositivos como son: medicina, agricultura, sector industrial, entre otras (Moyón y Ordóñez, 2019, p.18).

1.4.2. Puerta de enlace

Es un dispositivo que se encarga de recibir la información proveniente de los nodos sensores, y enviarla hacia otro dispositivo dentro de la red, como un *router* o un computador para guardarlos o realizar otro tipo de acciones acorde a los requerimientos de la aplicación (Moyón y Ordóñez, 2019, p.18).

1.4.3. Estación base

Hace referencia al dispositivo que almacena y administra la información obtenida mediante los nodos sensores. Existen casos donde la estación base puede estar en el mismo espacio físico que los demás componentes de la red y otros en los que este elemento esté ubicado remotamente como por ejemplo que se encuentre en un espacio de almacenamiento en internet (Moyón y Ordóñez, 2019, p.19).

1.4.4. Topología de red

En concreto el termino topología se refiere a las estructuras de las que dependerá el funcionamiento y rendimiento de una conexión física y lógica de los dispositivos que forman una red, es decir que es el conjunto de nodos interconectados dentro de una red (Bravo y Belduma, 2017, p.3). Las topologías de red más utilizadas son las siguientes:

Topología estrella. - Consta de un nodo principal que cumple con la tarea de coordinación, este nodo deberá enviar y recibir los mensajes de los demás nodos. La comunicación entre nodos solo puede realizar con el nodo coordinador, se caracteriza por tener comunicaciones de baja latencia ya que sus nodos remotos tienen un bajo consumo de energía (Bravo y Belduma, 2017, p.3).

Topología malla. - Dentro de esta topología un nodo que este en la red, puede transferir información a un nodo que se encuentre dentro del rango establecido para la comunicación. Existen nodos repetidores que cumplen con la tarea de retransmitir la información de los nodos sensores hacia el resto que conforma la red, además estos nodos pueden ser utilizados cuando un nodo desea enviar información a otro que se encuentra fuera del rango establecido de comunicación. Esta topología se caracteriza por ser escalable y redundante (Bravo y Belduma, 2017, p.3).

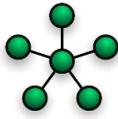
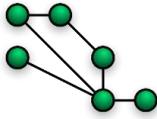
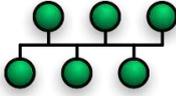
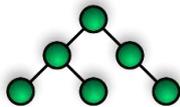
Topología Bus. - Bajo esta topología todos los nodos están interconectados a un único medio de comunicación, denominado bus. La red puede trabajar normalmente, aunque un nodo no esté funcionando correctamente, además se puede adicionar o eliminar nodos sin ninguna interferencia. La desventaja de esta topología es que toda la información que atraviesa la red depende solo de un enlace de comunicación, si éste falla, todos los nodos pierden comunicación (Rodas, 2013, p.7).

Topología árbol. – Cada nodo está conectado a otro con más jerarquía con una estructura similar a un árbol, hasta alcanzar el nodo central o primario. Es similar a un conjunto de redes en estrella por medio de un enlace *hub* del cual se bifurcan los otros nodos, de tal forma que consta de rasgos de las topologías bus y estrella (Rodas, 2013, p.7).

1.4.4.1. Comparativa de las topologías de red

Al momento de la selección de la topología se debe considerar la facilidad de expansión de la red en un futuro, las ventajas, desventajas y costo; en la Tabla 5-1 se describen estos detalles de las diferentes topologías.

Tabla 5-1: Comparativa de las diferentes topologías de red

Topología	Estrella	Malla	Bus	Árbol
Figura				
Facilidad de incrementar nodos	Si, de acuerdo a la capacidad del nodo central	Sí, pero de difícil instalación	Si, tiene una fácil implementación	Sí, es muy fácil de instalar
Ventaja	Centraliza los recursos en el nodo central, si algún otro nodo falla la red sigue funcionando.	Mayor tolerancia a fallos y alta fiabilidad, si un nodo falla, no se perderá la información.	Correcto funcionamiento de la red sin requerir el funcionamiento de todos los nodos.	Es bastante segura en información, más resistente a caídas.
Desventaja	Limitación en rendimiento y confiabilidad. El funcionamiento depende del nodo central, si este falla la conexión se pierde.	Alto consumo de energía de los nodos a causa de los varios trayectos que existen en la red.	Si el enlace de comunicación se rompe, todos los nodos quedan incomunicados.	Si se cae una parte de la red, la demás sigue funcionando aunque la que se cayó ya no recibirá información.
Costo	Alto	Muy alto	Bajo	Alto

Fuente: Buettrich y Escudero, 2007, pp.3-6.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

De acuerdo a las características presentadas en la Tabla 5-1, se escoge la topología árbol también conocida como topología jerárquica debido a que puede ser vista como una colección de redes en estrella ordenadas en una jerarquía. Este árbol tiene nodos periféricos individuales (hojas) que requieren transmitir a y recibir de otro nodo solamente y no necesitan actuar como repetidores o regeneradores. Al contrario que en las redes en estrella, la función del nodo central se puede distribuir. Sin considerar que su costo es alto al igual que la topología estrella, además si el dispositivo tecnológico necesita expandirse con el tiempo, con la topología árbol la red será capaz de admitir estas nuevas interconexiones sin afectar el rendimiento del dispositivo.

1.5. Tecnologías inalámbricas

Facilitan la comunicación entre dispositivos a distancias considerables y a altas velocidades de transmisión sin hacer uso de ningún tipo de cables o conectores, funcionan a través de ondas de radio, microondas y luz infrarroja para transferir. Por lo general, son creadas para la transmisión

de datos en redes de área personal (Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía, 2008, p.19), a continuación, se detallan algunas de ellas:

ZigBee. - Es un protocolo establecido en el estándar IEEE 802.15.4 para redes inalámbricas de área personal. Esta tecnología está diseñada específicamente para sensores de bajo consumo y sistemas que hagan uso de redes de control. Proporciona conectividad de bajo costo, flexible, escalable y baja potencia. La velocidad de datos que ofrece ZigBee es de 250kbps a 2.4GHz, 40kbps a 915MHz y 20kbps a 868MHz, capacidad de seguridad opcional y distancia máxima en línea de vista de 1200m (Loyola y Becerra., 2015, p.2-5).

Bluetooth. - Esta tecnología trabaja bajo el estándar IEEE 802.15 comúnmente utilizada para conectividad de corto alcance y bajo costo. No está diseñada para trabajar con redes de computadoras, sino para establecer una comunicación entre una computadora y otros dispositivos o periféricos. Se caracteriza porque ofrece las comunicaciones mediante el modelo maestro/esclavo, soportando un máximo de 7 nodos. Utiliza la modulación FHSS (Espectro expandido por salto de frecuencia), utilizando la banda de frecuencias de 2.4 GHz, con una distancia máxima de 10m, puede establecer comunicaciones tanto asimétricas como simétricas (Gómez et al., 2016, p.101).

Wifi. - Es conocida como WLAN bajo el estándar IEEE 802.11. Creada específicamente para redes de área local. En la actualidad con esta tecnología se puede transmitir desde 54 hasta 100 Mbps. Generalmente el estándar 802.11a trabaja en la frecuencia de operación de 5 GHz, mientras que el estándar 802.11b utiliza una frecuencia de 2,4 GHz. Esta tecnología puede acceder a una red de manera distinta gracias a que la información es transmitida desde diferentes puntos de acceso mediante frecuencias de radio hacia las antenas instaladas en las computadoras (Ahuja et al., 2010, p.134).

1.5.1. Comparativa entre zigbee, bluetooth y wifi

Como se observa en la Tabla 6-1, tanto zigbee como bluetooth tienen bajo consumo de corriente a diferencia de wifi. Sin embargo, la desventaja de bluetooth es la poca cantidad de nodos que soporta (7 nodos), a diferencia de zigbee que soporta hasta 65536 nodos agrupados hasta en 255 subredes, soportando por lo general 64000 nodos.

Tabla 6-1: Comparación entre las tecnologías zigbee, bluetooth y wifi

Estándar	ZigBee	Bluetooth	Wifi
Modulación	DSSS	FHSSS	DSSS
Ancho de banda	250 Kbps	1 Mbps	54 Mbps
Consumo de corriente	Transmisión: 30mA Reposo: 3uA	Transmisión: 40mA Reposo: 0,2mA	Transmisión: 400mA Reposo: 20mA
Nº nodos por maestro	64000	7	32
Cobertura (metros)	10 – 100	10	100
<i>Software y hardware</i>	Sencillo	Muy complejo	Complejo
Aplicaciones	Control y monitorización.	Solución de cables, móviles, WPAN.	Web, e-mail y datos, WLAN.
Ventajas	Fiabilidad, bajo consumo, bajo coste.	Interoperabilidad, sustituto del cable	Velocidad, flexibilidad.

Fuente: Rodas, 2013, p.13.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Según los detalles mostrados en la Tabla 6-1, se elige la tecnología wifi debido a que la tasa de transmisión que ofrece con un ancho de banda de 54 Mbps es la más alta en comparación con las otras tecnologías analizadas. Por lo demás, se considera sus 100 metros de cobertura, tomando en cuenta los entornos a desinfectar.

1.6. Sensores

Son dispositivos que están diseñados para detectar estímulos externos y otorgar una respuesta procesable ante dicha acción (Angeles, 2019, p.21). Los sensores entregan señales eléctricas como salida, ya sean analógicas o digitales, debido a que este tipo de dominio físico es el más utilizado en los sistemas de medida actuales. Hoy en día, la industria está inmersa de sistemas automatizados cuyos procedimientos necesitan al menos un sensor para cubrir sus requerimientos, existen diferentes tipos de sensores de acuerdo con las necesidades de los usuarios (Corona et al., 2019, p.18). Para este dispositivo se contemplan detectores de movimiento y sensores de ozono.

Detector de movimiento. - Es un dispositivo electrónico que funciona a base de la detección de movimiento físico dentro de un espacio determinado para luego transformarlo en una señal eléctrica que suele estar conectada a un sistema de seguridad como alarmas, luces, entre otros (Corona et al., 2019, p.18). Existen tres tipos:

a) Sensor inductivo: Este tipo de sensores están compuestos por una bobina y un imán los cuales detectan el cambio de inductancia que provoca un objeto metálico cuando ingresa en un campo magnético. Generalmente se usan para medir la posición de un objeto. La desventaja que presentan estos sensores es que se limitan su aplicación a objetos específicos (Corona et al., 2019, p.19).

b) Sensor infrarrojo:

- Activo: Esta tecnología trabaja a base de luz infrarroja midiendo los niveles de reflexión de esta mediante un sensor que detecta variaciones en las propiedades de las ondas que se reflejan. Se activa cuando un cuerpo interrumpe el haz de luz infrarroja (Corona et al., 2019, p.19).

- Pasivo (PIR): Se lo conoce como pasivo porque no emite radiaciones, mediante este sensor es posible detectar cambios de temperatura en relación a un objeto o cuerpo que se encuentra dentro del rango de detección del sensor y lo compara con el ambiente en el que se encuentra (Corona et al. 2019, p.19).

c) Sensor ultrasónico: Se basa en la detección de objetos o cuerpos mediante ondas ultrasónicas, se usa típicamente para medir la distancia que existe entre un objeto y otro, permite una detección a distancias mayores disponiendo de un haz acústico potente (Corona et al., 2019, p.19).

Sensor de ozono. - Este equipo está compuesto principalmente de dos elementos: el receptor y el transductor. En el receptor se realiza un proceso químico para provocar un cambio en alguna de las propiedades del material que permiten que el transductor tome ese cambio y lo traduzca en una señal eléctrica, para que esta pueda ser medida y controlada (Degler, 2017, p.27).

A continuación, se describen los dos tipos de sensores de ozono más empleados: los electroquímicos y los eléctricos.

a) Sensor electroquímico: Estos sensores están compuestos básicamente de electrodos de medida los cuales están rodeados por un electrolito acuoso. Durante el funcionamiento el gas a detectar ingresa al sensor atravesando una membrana porosa donde se produce una reacción de reducción u oxidación dependiendo del gas. Una vez ocurrida esta reacción los componentes electrónicos con los que está diseñado el sensor permiten medir este flujo transformarlo en una señal que pueda ser manipulada (Robés, 2020, p.5).

b) Sensores resistivos de óxidos metálicos: Por otra parte, los sensores resistivos funcionan a base de la interacción del elemento de sensado de gases con las moléculas del gas a detectar. Esta interacción se produce gracias a una modulación de temperatura que hace variar la resistencia del sensor realizando así la selectividad del gas, la cual se transforma en una señal eléctrica (Robés, 2020, pp.5-6).

En la Tabla 7-1 se presentan las principales ventajas y desventajas de los dos tipos de sensor de ozono expuestos en párrafos anteriores, estos son los sensores electroquímicos y los sensores resistivos de óxidos metales (MOX).

Tabla 7-1: Ventajas y desventajas de los tipos de sensores de ozono.

Tipo de sensor	Ventajas	Desventajas
Electroquímicos	<ul style="list-style-type: none"> · Bajo consumo · Selectividad alta · Sensibilidad a bajas concentraciones 	<ul style="list-style-type: none"> · Diseño (electrolito acuoso) · Corta vida útil · Elevado costo
Resistivos de óxidos metálicos	<ul style="list-style-type: none"> · Diseño compacto · Sensibilidad elevada · Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> · Consumo elevado · Baja selectividad

Fuente: Robés, 2020, p.7.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

En base a la información presentada en la Tabla 7-1 y de acuerdo con las necesidades del dispositivo a implementar se elige el tipo de sensor resistivo de óxidos metálicos por su diseño compacto, alta sensibilidad, el tipo de señal de salida que presenta y por último la disposición que existe de este tipo de sensores de ozono en el mercado.

1.7. Tarjetas de desarrollo

Son placas electrónicas que constan de un circuito, que contiene un microcontrolador que cuenta que un sistema operativo y un lenguaje de programación además de elementos como puertos, conectores y reguladores que permiten a los usuarios ofrecer soluciones en implementación de sistemas y facilitar la creación de aplicaciones de utilidad para la humanidad (Altamirano y Puente, 2016, pp.15-16). Con el avance de la tecnología se han ido desarrollando distintos tipos de tarjetas de desarrollo, existe una amplia gama donde se destacan tarjetas como:

Arduino. - Es la tarjeta más conocida de *hardware* y *software* libre, está compuesto por entradas y salidas, analógicas y digitales, para programarlo y ejecutar los procesos requeridos se usa una interfaz de desarrollo integrada en el lenguaje de programación C. Este dispositivo se usa para controlar, alarmas, sistemas de iluminación, motores, actuadores y sensores (Tapia y Manzano, 2013, pp.25-27).

Raspberry Pi. - Esta tarjeta es un minicomputador integrado en una sola placa, posee puertos USB, HDMI y ethernet, funciona a base del modelo Raspbian derivado de Devian optimizado para el hardware de Raspberry Pi, desarrollado con núcleos de Linux. Tiene una gran capacidad

de procesamiento, es útil para la automatización de procesos y aplicaciones que requieren de interfaces gráficas. Entre los lenguajes de programación que soporta esta plataforma están Python, C, C++, Java y Opencv (Escalante y Vargas, 2019, pp.2-4).

NodeMCU. – La principal característica de esta placa es la posibilidad de conexión a una red wifi, integra un procesador de 32 bits, que representa un bajo consumo de energía, tiene un conjunto de instrucciones reducido de 16 bits y alcanza una velocidad máxima de reloj de 160Mhz. Suele usarse para aplicaciones en el ámbito del internet de las cosas debido a que funciona como interfaz entre sensores y dispositivos externos a través de pines GPIO (Candelario, 2016, pp.8-9).

1.7.1. Comparativa de las tarjetas de desarrollo

Realizado el análisis de cada placa y conociendo sus particularidades más sobresalientes, en la Tabla 8-1, se realiza una comparativa entre las tarjetas de desarrollo con el fin de seleccionar la que mejor se adapte al dispositivo tecnológico a desarrollar.

Tabla 8-1: Comparación de las tarjetas de desarrollo

Parámetros	Arduino	Raspberry Pi	NodeMCU
Inversión	Baja	Alta	Baja
Software	Arduino IDE	GNU/Linux	Arduino IDE o IUA
I/O Analógicas	6-16	26-40	ADC tiene su propio pin
I/O Digitales	14-54	26-40	6-11
Consumo Corriente	Baja	Alta	Promedio
Ventajas	Software libre, bajo costo, gran variedad de sensores.	Software libre	Software libre, bajo costo, gran flexibilidad, wifi incorporado.
Desventajas	Combinación de módulos externos.	Alto costo, memoria externa.	Alimentación de 3.3V

Fuente: Arduino 2021, Raspberry Pi Foundation 2021.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Según las características señaladas en la Tabla 8-1 se ha escogido la tarjeta de desarrollo NodeMCU para trabajar en el presente dispositivo tecnológico, porque posee wifi integrado, además de ser de bajo costo, tiene un consumo de energía promedio y de precio muy accesible.

1.8. Plataformas IoT

Son el *software* que permite conectar dispositivos como sensores y actuadores generando redes de datos y distintos puntos de acceso (Cárdenas, 2016, p.25), manejan tareas de visualización y gestión de datos en tiempo real. Los principales elementos que incluyen estas plataformas son *hardware* cuya función es recopilar información del entorno en el que sean ubicados y *software* que permite realizar el análisis de estos datos y convertirlos en información útil que pueda ser usada para la toma de decisiones que generen acciones específicas (Martínez, 2017, pp.4-5). Entre las plataformas IoT se encuentra:

Thingspeak. – Es una plataforma con análisis de Matlab. Sus principales funciones son que recoge datos enviados del sensor de forma privada a la nube, permite analizar y visualizar los datos con la herramienta de Matlab y por último se puede disparar una reacción. Thingspeak funciona con los siguientes dispositivos: Arduino, fotón de partículas, módulo WIFI ESP8266, Raspberry PI, aplicaciones móviles, Twitter, Twilio, Maltlab (Manotas y Martínez ,2018, p.20).

Ubidots. – Es una herramienta de recopilación de datos, análisis y visualización, en la nube listas para producción. Esta plataforma posee características como; API y protocolos que se puede conectar de cualquier hardware a Ubidots Cloud por medio de HTTP, MQTT, TCP, UDP o Parse (protocolo personalizado). En cuanto a Dashboard se pueden analizar datos en tiempo real, porque la plataforma crea cuadros, por lo tanto, se pueden controlar los dispositivos. A más de ello, los informes programados contienen la salida de datos y su entrega puede ser en formatos PDF o Excel y puede ser programada una entrega a cualquier persona que los requiera (Manotas y Martínez ,2018, p.21).

Carriots. – Es una plataforma como servicio diseñada para proyectos de IoT de máquina a máquina. Por esta razón, esta plataforma permite integrar los dispositivos de IoT a una aplicación externa que requiera de los datos mientras ellos se encargan del almacenamiento y la comunicación. Carriots cuenta con un Rest API y un código SDK en java que facilita la integración con las aplicaciones haciendo uso de una arquitectura de siete capas que hace posible todo el funcionamiento (Manotas y Martínez ,2018, p.16).

1.8.1. Análisis comparativo de las plataformas IoT

En la Tabla 9-1, se presenta información comparativa utilizando determinados criterios de las plataformas IoT.

Tabla 9-1: Cuadro comparativo de plataformas IoT

Criterios		Plataformas IoT		
		ThingsSpeak	Ubidots	Carriots
Open Source	Conocido como código abierto, hace referencia a los softwares que están disponibles para el uso de personas.	X		
Visualización rápida de datos	La plataforma posee la capacidad de mostrar los datos obtenidos en tiempo real.	X	X	X
Escalabilidad	Es la capacidad de reacción y adaptación a cambios sin pérdida de calidad en un sistema.		X	X
Análisis	Permite el análisis detallado de la información.	X	X	X
Administración de datos	Puede administrar la información obtenida con fines de control o seguimiento de los datos.	X	X	
Almacenamiento de bases de datos	Posibilidad del control sobre los modelos de bases de datos implantados en cada una de las plataformas.	X	X	X

Fuente: Manotas y Martínez, 2018, pp.32-33.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tomando en cuenta las características descritas en la Tabla 9-1 acerca de las plataformas IoT, se decide emplear Ubidots debido a que sus cualidades superan a las otras plataformas con las que es comparada, aportando escalabilidad y administración de datos a diferencia de la plataforma ThingsSpeak y Carriot respectivamente.

CAPITULO II

2. PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO

El presente capítulo detalla una descripción de los requerimientos del sistema, los componentes utilizados, el diseño de *hardware* y *software*, las diferentes etapas, características técnicas y el esquema electrónico del dispositivo implementado.

2.1. Requerimientos del dispositivo tecnológico

Los nodos embebidos integrables a una red inalámbrica para alerta, supervisión y desinfección por medio de ozono en ambientes cerrados deben satisfacer varios requerimientos de diseño en función a las necesidades del dispositivo, por tal motivo el sistema debe contar con:

- 4 nodos: Nodo Sensor, Nodo de Generación, Nodo de Aviso y Nodo de Visualización los cuales se comunicarán inalámbricamente bajo el protocolo ESP-NOW.

El Nodo Sensor deberá obtener mediciones de gas ozono (O_3) que estén acordes a los rangos presentados en la Tabla 1-2 y detectar presencia o ausencia de personas en el ambiente a desinfectar como se muestra en la Tabla 2-2. Las lecturas de niveles de concentración de ozono y detección de movimiento se realizarán cada 5 minutos.

Tabla 1-2: Rango de concentración de ozono

Rango de concentración de ozono (ppm)	
Bueno	0 – 0,03
Normal	0,031 – 0,05
Malo	0,051 – 0,15
Muy malo	0,16 en adelante

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 2-2: Detección de personas en el ambiente

Detección de Movimiento	Salida
Existe movimiento	Alto
No hay movimiento	Bajo

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Al Nodo de Generación le corresponde automatizar el proceso de desinfección mediante el generador de ozono.

- Si los niveles de ozono se encuentren en los rangos permitidos y no se detecte movimiento de personas en el ambiente se procederá a realizar la desinfección durante los 10 minutos establecidos.
- Al detectar movimiento cuando el dispositivo esté encendido, por seguridad se procederá a detener el proceso de desinfección hasta que se cumplan los requerimientos anteriores.
- Los procesos de desinfección se realizarán cada 8 horas en concordancia a los valores de tolerancia presentados por la OMS.

El Nodo de Aviso emitirá alertas luminosas para notificar el funcionamiento del dispositivo en base a la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Parámetros del nodo de aviso

Estado	Luz Verde	Luz Roja
Generador Encendido	Apagada	Encendida
Generador Apagado	Encendida	Apagada

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

El Nodo de Visualización recolecta y almacena datos obtenidos acerca de la concentración de ozono, detección de movimiento y funcionamiento del generador indicando el estado de acceso al lugar en cuestión, por medio de la plataforma Ubidots misma que permitirá a los usuarios informarse sobre los parámetros recolectados por el dispositivo.

2.2. Consolidación general del dispositivo tecnológico

Una vez definidos los requerimientos necesarios se presenta la consolidación general del funcionamiento de cada uno de los componentes de los nodos embebidos integrables a una red inalámbrica para alerta, supervisión y desinfección por medio de ozono en ambientes cerrados.

Se plantea la concepción general de este sistema mostrado en la Figura 1-2 definiendo cuatro nodos: Nodo sensor (NS), nodo de generación (NG), nodo de aviso (NA) y nodo de visualización (NV). El NS, es el encargado de adquirir las mediciones del gas de ozono O₃ y la presencia o ausencia de personas en el ambiente a desinfectar en tiempo real, para luego ser enviados de forma inalámbrica al NG, NA y NV. El NG realiza la recepción de los datos y se encarga de controlar el encendido o apagado del generador de ozono, el NA tiene la finalidad de notificar, mediante indicadores si el ambiente a desinfectar se encuentra en condiciones aceptables para que los ocupantes puedan acceder o no, todo esto se logra gracias a sensores, tarjeta de desarrollo,

actuadores y comunicación inalámbrica. Por último, la información almacenada puede ser visualizada mediante una página web en el NV, mismo que nos permitirá observar valores de concentración de ozono, presencia o ausencia de personas en el ambiente, el encendido y apagado del dispositivo y si el acceso al lugar es permitido o denegado.

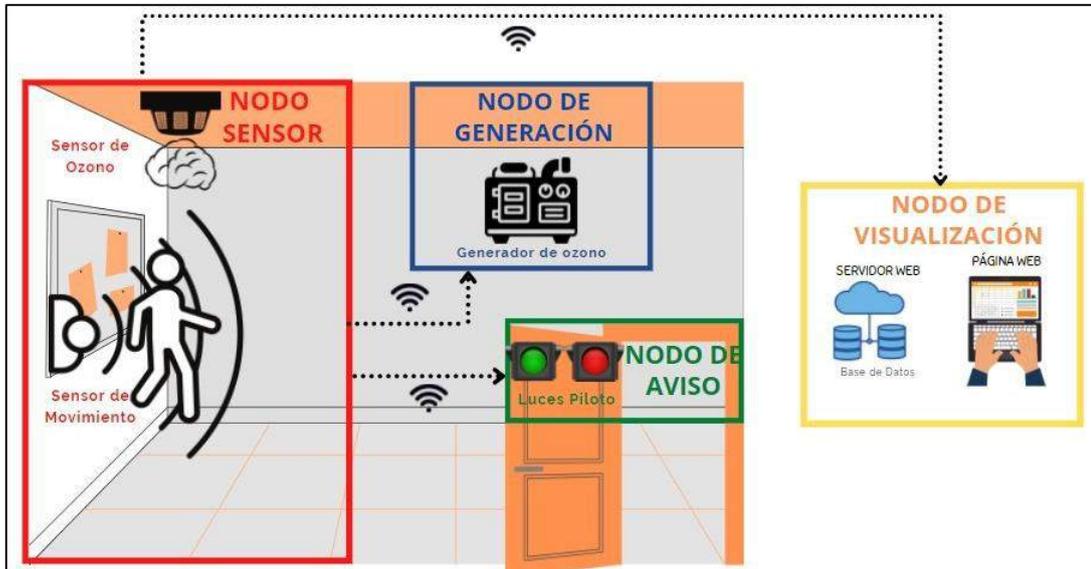


Figura 1-2: Esquema de los elementos de cada nodo embebido

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.3. Arquitectura de *hardware* del dispositivo tecnológico

Este sistema está compuesto por los nodos: sensor, de generación, aviso y administración, a continuación, se detallada su funcionamiento.

2.3.1. *Nodo sensor (NS)*

El nodo sensor está compuesto por los sensores MQ131 y PIR que miden la cantidad de ozono y la presencia o ausencia de personas en el ambiente, de manera analógica y digital. Luego de esto tenemos el procesamiento de datos y comunicación, mediante la placa NodeMCU8266 que recibe los datos y los transforma en voltaje para finalmente convertirlo a ppm, unidad de medición del O₃. Estos datos se envían al NG, NA y al NV para ser procesados y almacenados. El NS también está conformado por una fuente de alimentación correspondiente al suministro de la red de energía eléctrica. En el Gráfico 1-2, se puede observar el diagrama de bloques de este nodo.

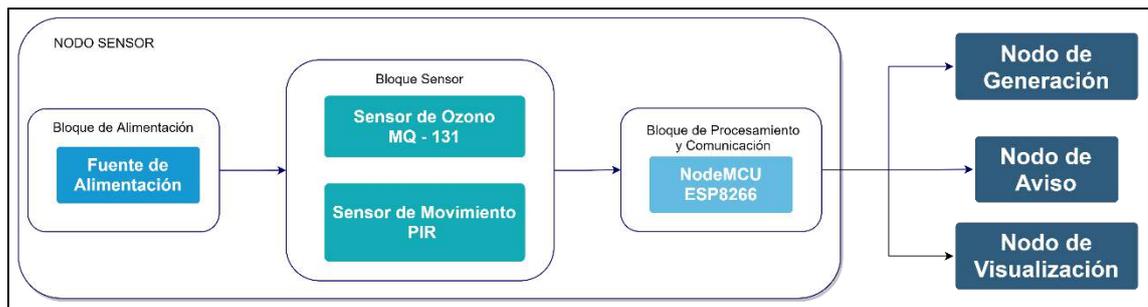


Gráfico 1-2: Diagrama de bloques del Nodo Sensor

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.3.2. *Nodo de Generación (NG)*

Este nodo realiza el proceso de desinfección del ambiente haciendo uso de un generador de ozono, también se encarga de la recepción de los datos provenientes del NS acerca del encendido y apagado automático del generador, mediante la placa NodeMCU8266. El NG contiene una fuente de alimentación que corresponde al suministro de la red de energía eléctrica. En el Gráfico 2-2, se puede observar el diagrama de bloques de este nodo.

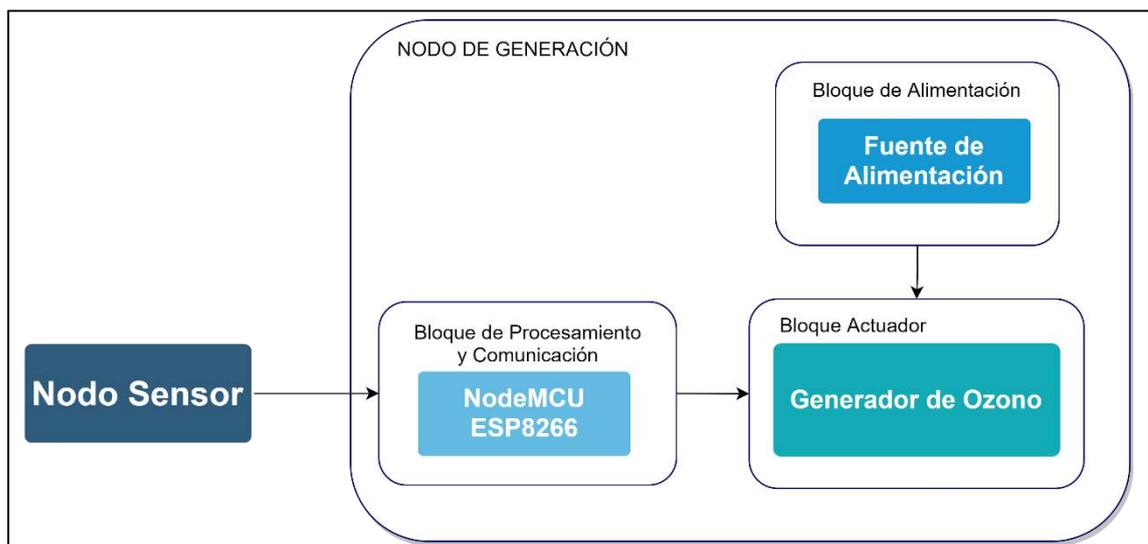


Gráfico 2-2: Diagrama de bloques del Nodo de Generación

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.3.3. *Nodo de Aviso (NA)*

El nodo de aviso recibe información de la cantidad de ozono que circula en el ambiente desde el NS a través de la placa NodeMCU8266 y mediante indicadores a base de luces se encargará de notificar si el área donde se ha realizado la desinfección es aceptable (color verde) y si esta está en riesgo (color rojo) para que los ocupantes puedan acceder al entorno sin que su salud se vea comprometida. El NA también está conformado por una fuente de alimentación que corresponde

al suministro de la red de energía eléctrica. En el Gráfico 3-2, se puede observar el diagrama de bloques de este nodo.

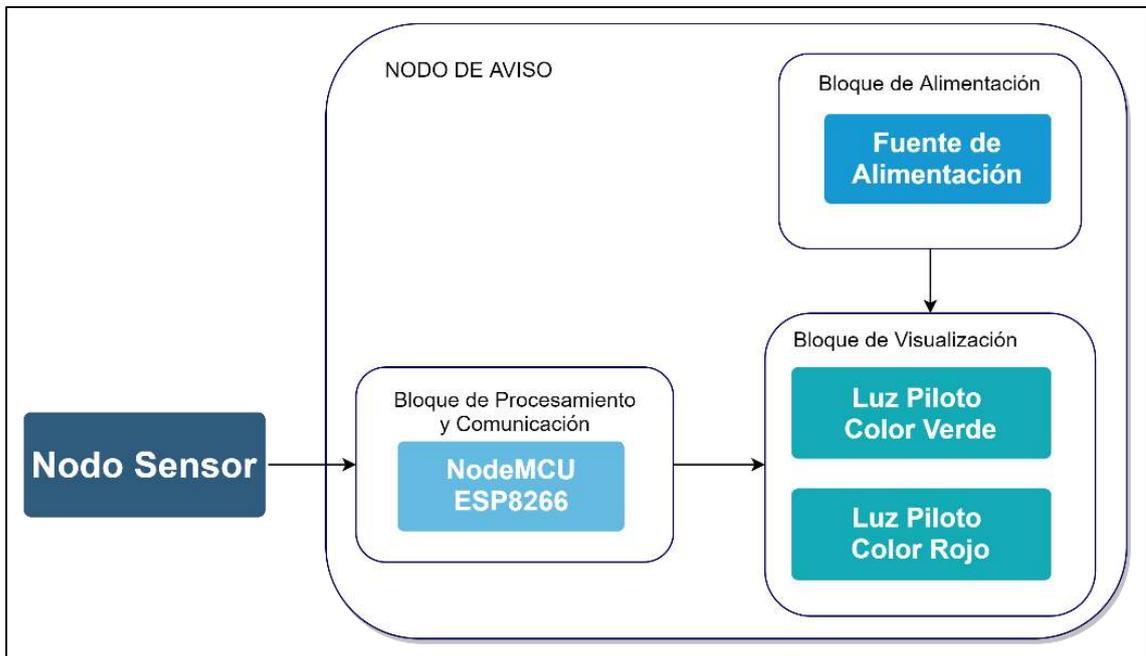


Gráfico 3-2: Diagrama de bloques del Nodo de Aviso

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.3.4. *Nodo de Visualización (NV)*

Este nodo se encarga de recibir los datos provenientes del NS por medio de tecnología wifi con el fin de recopilar la información correspondiente en una página web que permite monitorizar todo el proceso, registrando los altos o bajos índices de concentración de ozono en el ambiente, la presencia o ausencia de personas y el estado de encendido o apagado del generador juntamente con las luces piloto. En el Gráfico 4-2, se puede distinguir el diagrama de bloques de este nodo.

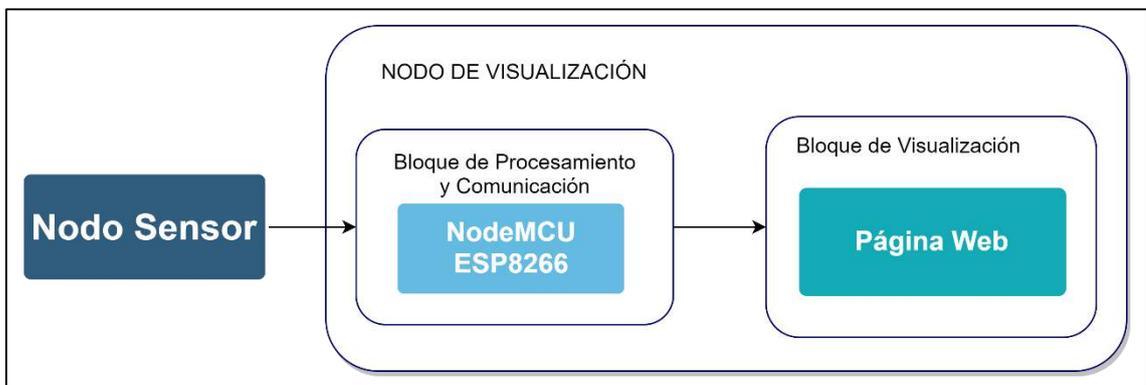


Gráfico 4-2: Diagrama de bloques del Nodo de Visualización

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.4. Descripción de los elementos *hardware* del dispositivo tecnológico

Una vez realizado el análisis de los requerimientos del *hardware* y nodos que conforman el sistema, se procede a detallar las características principales y especificaciones técnicas del funcionamiento.

2.4.1. Sensor de ozono MQ-131

Este sensor mostrado en la Figura 2-2 trabaja cuando hay presencia de gas ozono haciendo que la conductividad del sensor aumente cuando la concentración de gas aumenta. Este módulo utiliza un circuito que convierte el cambio de conductividad en una señal de salida correspondiente a la concentración del ozono circundante. Además, este sensor es sensible a Cl_2 (dióxido de cloro), NO_2 (dióxido de nitrógeno), entre otros (AV Electronics, 2021).

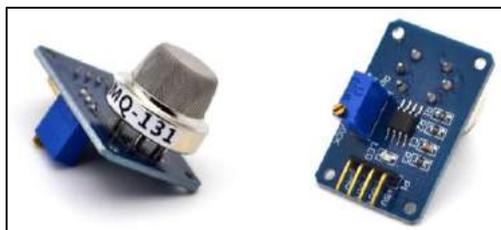


Figura 2-2: Módulo del sensor MQ-131

Fuente: AV Electronics, 2021.

Tabla 4-2: Características: Sensor de ozono MQ-131

Características	Sensor MQ-131
Tipo de sensor	Semiconductor
Concentración	10-1000ppm Ozono
Salida de señal	Analógica
Voltaje de entrada	5VDC
Corriente requerida	180mA
Rango de temperatura y humedad	20°C±2°C; 65%±5%RH
Tiempo de precalentamiento	Más de 48 horas
Dimensiones	3,2cm x 2,2cm x 2,7cm

Fuente: Henan Hanwei Electronics, 2020.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.4.2. Sensor de movimiento PIR HC-SR501

En la Figura 3-2 se muestra el sensor de movimiento PIR HC-SR501 que funciona a través de infrarrojos, detecta el movimiento midiendo los cambios en los niveles de calor que emiten las personas, animales y/u objetos que lo rodean. Cuando el sensor PIR detecta el movimiento, emite una señal de alto en su pin de salida (UNIT Electronics, 2016).



Figura 3-2: Sensor de movimiento PIR HC-SR501

Fuente: UNIT Electronics, 2016.

Tabla 5-2: Características: Sensor de movimiento PIR HC-SR501

Características	Sensor de movimiento PIR HC-SR501
Voltaje de entrada	4,5V a 12V DC
Consumo promedio	< 1mA
Salida de nivel	Alto 3,3V / Bajo 0V
Ángulo operativo	90° a 110°
Distancia de detección	3m a 7m ajustable mediante trimmer (Sx)
Temperatura de trabajo	-15°C a +70°C
Dimensiones	3,2 x 2,4 x 1,8cm

Fuente: UNIT Electronics, 2016.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.4.3. Módulo RTC DS3231

En la Figura 4-2 se muestra el módulo de reloj en tiempo real – RTC (*Real Time Clock*) que consiste en un circuito integrado alimentado por una batería el cual permite registrar en todo momento fecha, día de la semana y hora como si se tratara de un reloj digital convencional. Lleva integrado un cristal de cuarzo de 32.768kHz, para contar segundos con excelente precisión (Edubotics, 2021).

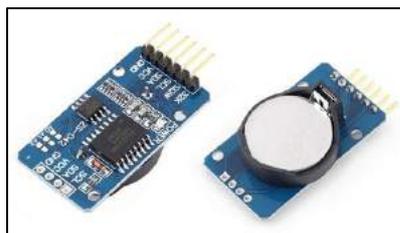


Figura 4-2: Módulo RTC DS3231

Fuente: Edubotics, 2021.

Tabla 6-2: Características: Módulo RTC DS3231

Características	Módulo RTC DS3231
Voltaje de operación	2,3V a 5,5V
Corriente de suministro activa	0,2mA
Resolución	horas:minutos:segundos:AM/PM

Exactitud reloj	2ppm
Temperatura de funcionamiento	0°C a +70°C
Peso	10g
Dimensiones	3,9 x 2,3 x 1,4 cm

Fuente: Edubotics, 2021.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.4.4. NodeMCU ESP8266

Esta placa es de código abierto y fue desarrollada para aplicaciones que requieran conexión a wifi en un menor tiempo, tiene alta capacidad de procesamiento y almacenamiento que utiliza lenguaje de programación Lua, es compatible con Arduino. NodeMCU puede realizar aplicaciones para IoT (*Internet of Thing*) de manera rápida, conectando dispositivos a la nube (Electronilab, 2017).



Figura 5-2: NodeMCU ESP8266

Fuente: Electronilab, 2021.

Tabla 7-2: Características: NodeMCU ESP8266

Características	NodeMCU ESP8266
Voltaje de alimentación	5VDC
Corriente de trabajo	12-200 mA
Protocolo wifi	802.11 b/g/n
Seguridad	WPA/WPA2
Frecuencia	2,4 a 2,5 GHz
Temperatura de funcionamiento	-40°C ~ 125°C
Protocolos de Red	IPV4, TCP/UDO/HTTP/FTP
Memoria	EEPROM

Fuente: Einstronic, 2017.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.4.5. Generador de Ozono

El generador Airthereal MA5000 desinfecta todo tipo de ambientes, dejándolos libres de virus, bacterias, hongos, etc. Además, elimina olores no deseados de cualquier habitación, oficina, sala de reuniones, entre otros. Funciona bajo el principio de generación basado en descarga eléctrica, manifestando un halo luminoso a su alrededor, una de las características principales de este

método es que el ozono producido es de muy alta calidad en pureza, esta tecnología es de las más económicas, pudiendo inclusive convertirse en la más segura (Megatex, 2017).



Figura 6-2: Generador de Ozono Airthereal MA5000

Fuente: Megatex, 2017.

Tabla 8-2: Características: Generador de Ozono Airthereal MA5000

Características	Generador de Ozono Airthereal MA5000
Voltaje de alimentación	110VDC
Consumo de corriente	100mA
Producción de Ozono	5,000mg/h
Cobertura	Máximo 100m ²
Nivel de ruido	Menos de 40dB
Potencia	50W
Frecuencia	60Hz
Flujo de aire	100CFM

Fuente: Megatex, 2017.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.4.6. Elementos Auxiliares

Dentro de estos se consideran los elementos que se detallan a continuación:

2.4.6.1. Adaptador AC-DC

Para alimentar los nodos desde un tomacorriente de 110 V se emplea un adaptador AC/DC Intel Fijo de 5V – 1A con un Plug de 2,5mm que se muestra en la Figura 7-2, tanto para el NS como para el NG y NA se recurre al modelo AD-051S sus características se presentan en la Tabla 9-2.



Figura 7-2: Adaptador AC/DC

Fuente: Grupo Velasco, 2015.

Tabla 9-2: Características: Adaptador AC/DC

Características	Adaptador AC/DC
Marca	EVL
Voltaje de entrada	100 – 240VAC
Frecuencia	50/60Hz
Voltaje de salida	5VDC
Corriente de salida	1A
Longitud de cable	1,15m aprox.
Diseño	Liviano

Fuente: Grupo Velasco, 2015.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.4.6.2. Indicador LED

Luces piloto que se encargan de informar al operador, de una manera visual, que el generador de ozono se encuentra operando normalmente y que una alarma o cambio ha ocurrido, se localizan en el nodo de aviso: la luz roja que se observa en la Figura 8-2 alerta que la entrada no es permitida mientras que la de color verde notifica que se puede acceder al ambiente desinfectado; clasificándolas de acuerdo al tipo de evento como se detalla a continuación;

- Luz piloto color rojo: representa la condición de operación cuando está en estado encendido.
- Luz piloto color verde: representa la condición de operación cuando su estado es apagado.



Figura 8-2: Indicadores LED

Fuente: Metaltex Electronic Products, 2021.

Tabla 10-2: Características: Indicador LED

Características	Indicador LED
Marca	Metaltex
Alimentación led comando	110VAC/VDC
Color del comando	Verde / Rojo
Diámetro de perforación	22 – 22mm
Voltaje de entrada	110VAC, 110VDC

Fuente: Metaltex Electronic Products, 2021.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.5. Esquema de conexión del dispositivo tecnológico

A continuación, se detallan las conexiones de los diferentes nodos realizada mediante el *software* Isis Proteus.

2.5.1. Esquema de conexión del NS

El Nodo Sensor está compuesto por un Módulo NodeMCU ESP8266, un módulo RTC DS3231, un sensor de movimiento PIR y un sensor de gas Ozono MQ -131, en la Figura 9-2 se muestra la conexión.

- Los terminales SCL y SDA del módulo RTC DS3231 están conectados a los terminales D1 y D2 respectivamente de la placa NodeMCU ESP8266.
- El sensor de movimiento está conectado al terminal D7 de la placa NodeMCU ESP8266.
- El sensor de Ozono MQ-131 está conectado al terminal A0 de la placa NodeMCU ESP8266.
- Todos los elementos de este nodo se alimentan con 5V.

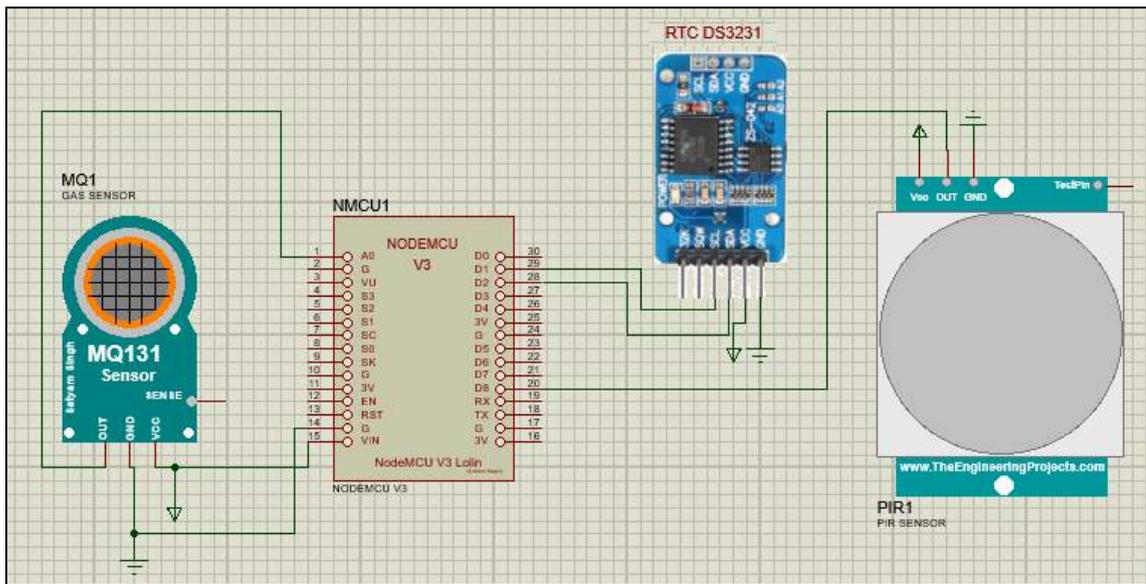


Figura 9-2: Esquema de conexión del nodo sensor

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.5.2. Esquema de conexión del NG

El Nodo de Generación está compuesto por un módulo NodeMCU ESP8266, el generador de ozono y un relé para controlar el encendido y apagado de este, en la Figura 10-2 se muestra la conexión.

- El relé está conectado al terminal D1 de la placa NodeMCU ESP8266, el cual permite la transmisión de la línea monofásica para el encendido del generador.

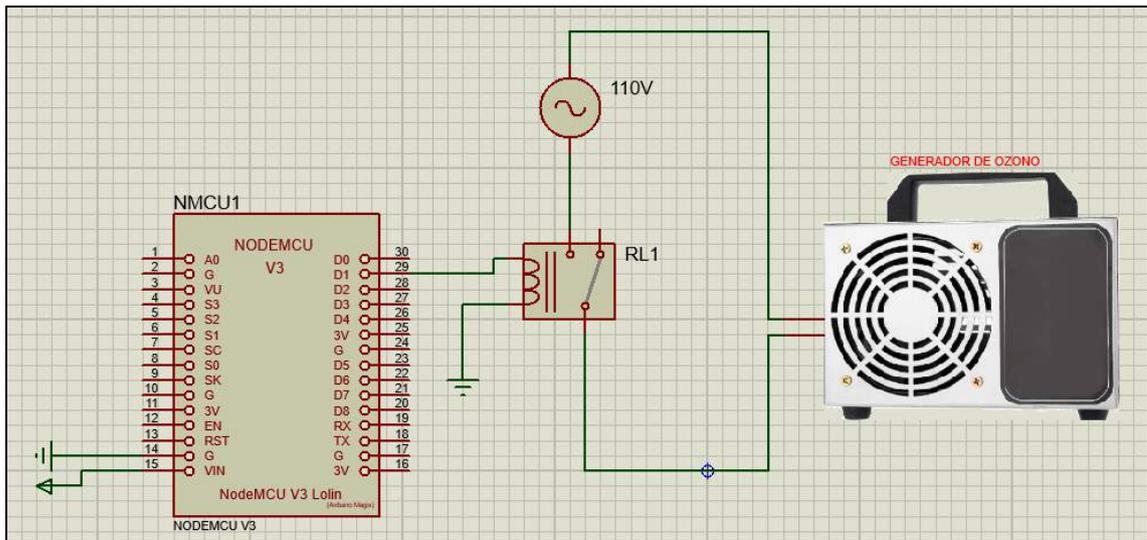


Figura 10-2: Esquema de conexión del nodo de generación

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.5.3. Esquema de conexión del NA

El Nodo de Aviso está compuesto por un Módulo NodeMCU ESP8266, dos luces piloto para indicar si el acceso es permitido o no y un relé para controlar el encendido y apagado de estas, en la Figura 11-2 se muestra la conexión.

- Las luces piloto verde y roja están conectadas a los terminales normalmente abiertos del relé y a su respectiva alimentación tomada directamente de la red.
- Los terminales N1 y N2 del relé están conectados a los terminales D1 y D2 respectivamente de la placa NodeMCU ESP8266, el cual permite la transmisión de la línea monofásica para el encendido de las luces.

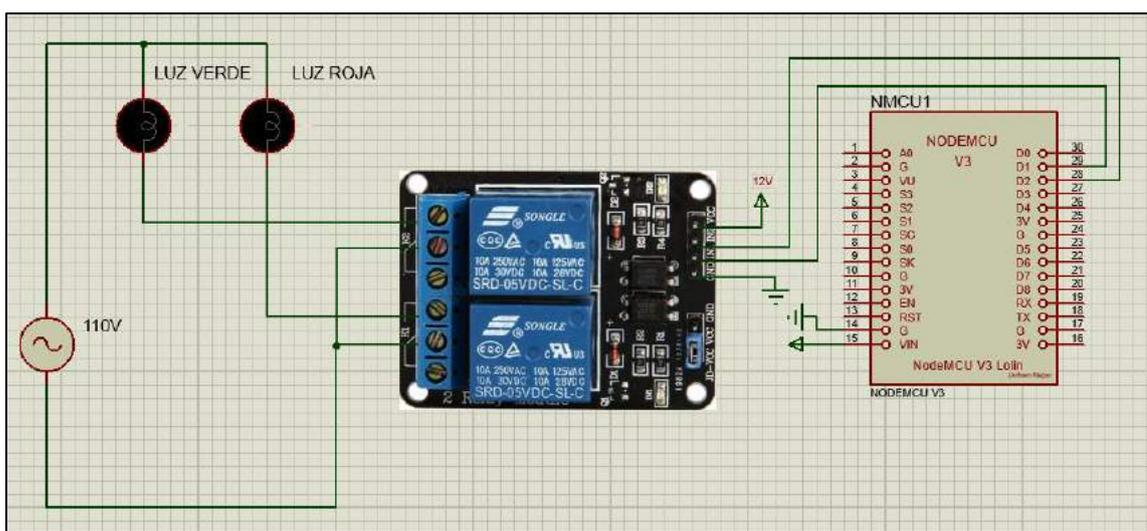


Figura 11-2: Esquema de conexión del nodo de aviso

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.6. Herramientas de *software* del dispositivo tecnológico

Este dispositivo necesita de *software* que cumpla con sus requerimientos y sea capaz de controlar los componentes electrónicos descritos anteriormente, para lo cual se inicia estableciendo los requerimientos de cada nodo, se presenta los programas/plataformas empleadas y los respectivos diagramas de flujo.

2.6.1. *Requerimientos software del NS*

- Establecer el tipo de rol que cumple este nodo bajo el protocolo de comunicación ESP-NOW.
- Obtener mediciones de los niveles de ozono en el ambiente aplicando su conversión a concentración en ppm.
- Obtener datos acerca de la presencia de personas.
- Visualizar la información de cada medición.
- Enviar los datos procesados a los demás nodos.

2.6.2. *Requerimientos software del NG*

- Establecer el tipo de rol que cumple este nodo bajo el protocolo de comunicación ESP-NOW.
- Receptar los datos provenientes del NS.
- Controlar el encendido y apagado del generador de ozono.

2.6.3. *Requerimientos software del NA*

- Establecer el tipo de rol que cumple este nodo bajo el protocolo de comunicación ESP-NOW.
- Recibir información proveniente del NS.
- Encender la luz piloto color rojo para alertar que el acceso al ambiente no es permitido.
- Encender la luz piloto color verde para consentir el acceso de personas.

2.6.4. *Requerimientos software del NV*

- Receptar los datos provenientes del NS.
- Visualizar información de los niveles de ozono.
- Visualizar información del encendido o apagado del generador.
- Visualizar información de la presencia o ausencia de personas.

2.6.5. Software de desarrollo para el dispositivo tecnológico

Para la comunicación entre todos los nodos que existen en la red, se usó una programación estructurada y varias herramientas de *software* para el desarrollo de la misma, a continuación, su detalle.

2.6.5.1. Arduino IDE

El entorno de desarrollo integrado Arduino o software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*), es de código abierto y se ejecuta en varios sistemas operativos como Windows, Mac OS o Linux, está basado en el lenguaje de programación C++, es empleado para configurar *hardware* Arduino. Los programas escritos con el software Arduino (IDE) se denominan bocetos, que se escriben en el editor de texto y se guardan con la extensión de archivo .ino. Posee un monitor en serie que muestra la serie enviada desde la placa Arduino a través de un conector USB o serie. Integra un administrador de biblioteca, sencillo de utilizar debido a que no requiere mayor configuración para empezar la programación (Arduino, 2021). Para crear los sketches o programas controladores del módulo ESP8266 NodeMCU se utilizó la versión de IDE 1.8.16, incluyendo librerías y el plugin ESP8266.

2.6.5.2. Ubidots

Es una plataforma de Internet de las cosas (IoT), en la que es posible almacenar y gestionar datos obtenidos por los sensores y asimismo se los visualiza en tiempo real por medio de una página web. Ubidots es compatible con dispositivos de Arduino, NodeMCU y Raspberry pi, entre los lenguajes de programación que usa se encuentra Python, Java y PHP (Toquica y Guzman, 2016, p.38). Proporciona dos tipos de cuentas: educativo o industrial donde de acuerdo a las necesidades se puede optar para aplicaciones y soluciones a los dispositivos conectados a internet (Ubidots, 2021).

2.6.6. Programación del dispositivo tecnológico

El código de programación realizado para la programación del dispositivo construido se indica en los Anexos G, H e I. Entonces en esta parte se muestran los diagramas de flujo de cada nodo detallando las librerías y funciones utilizadas para su ejecución.

2.6.6.1. Diagrama de flujo del NS

En el Gráfico 5-2 se presenta el diagrama de flujo del *software* desarrollado para el NS, cuya programación se detalla a continuación:

Inicialización

- Se define la librería ESP8266WiFi.h que nos permite establecer la comunicación wifi entre los diferentes nodos. La librería Ubidots.h para establecer la comunicación entre el NodeMCU ESP8266 y la plataforma IoT Ubidots. La librería espnow.h que permite asignar un rol para los nodos y su comunicación entre ellos y la librería DS3231RTC.h encargada de asignar un reloj en tiempo real con el que se va a regir el funcionamiento del dispositivo.
- Se asignan los puertos digitales y analógicos de entrada para el sensor de movimiento el puerto 13 que corresponde al terminal físico D7, para el sensor de ozono el puerto 14 que corresponde al terminal físico D5 y el puerto analógico A0.
- Declaración de la estructura de datos a transmitir entre maestro y esclavos, para el sensor de movimiento se declara ESTADO y TIEMPO, para el sensor de ozono se declara ONOFF, MEDIDA.
- Se inicializa el protocolo ESP-NOW, se define el rol del nodo y se añade a los otros nodos para el NS rol Maestro.

Bucle Repetitivo

En la Tabla 11-2 se muestran las funciones utilizadas en el desarrollo del programa para el NS.

Tabla 11-2: Descripción de las funciones del programa para el NS

Nombre	Descripción
Movimiento()	Devuelve un valor de tipo entero de la lectura digital del sensor.
Ozono()	Devuelve un valor de tipo flotante de la lectura analógica del sensor dividida para 1000.
Encender_Luz_Roja()	Devuelve un valor de la estructura de datos ED. ESTADO = 0 que indica la señal baja del sensor de movimiento.
Encender_Generador()	Devuelve un valor de la estructura de datos ED. ONOFF = 1 que indica el estado de encendido del generador.
Tiempo(10)	Devuelve valores correspondientes a la fecha actual de la señal de entrada del RTC, los cuales mediante operaciones obtienen los minutos y horas requeridos.
Apagar_Generador()	Devuelve un valor de la estructura de datos ED. ONOFF = 0 que indica el estado de apagado del generador.
Encender_Luz_Verde()	Devuelve un valor de la estructura de datos ED. ESTADO = 1 que indica la señal alta del sensor de movimiento.
Enviar_Ubidots()	Devuelve un valor de tipo booleano que indica el estado del envío de datos de la función característica SEND para Ubidots.

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

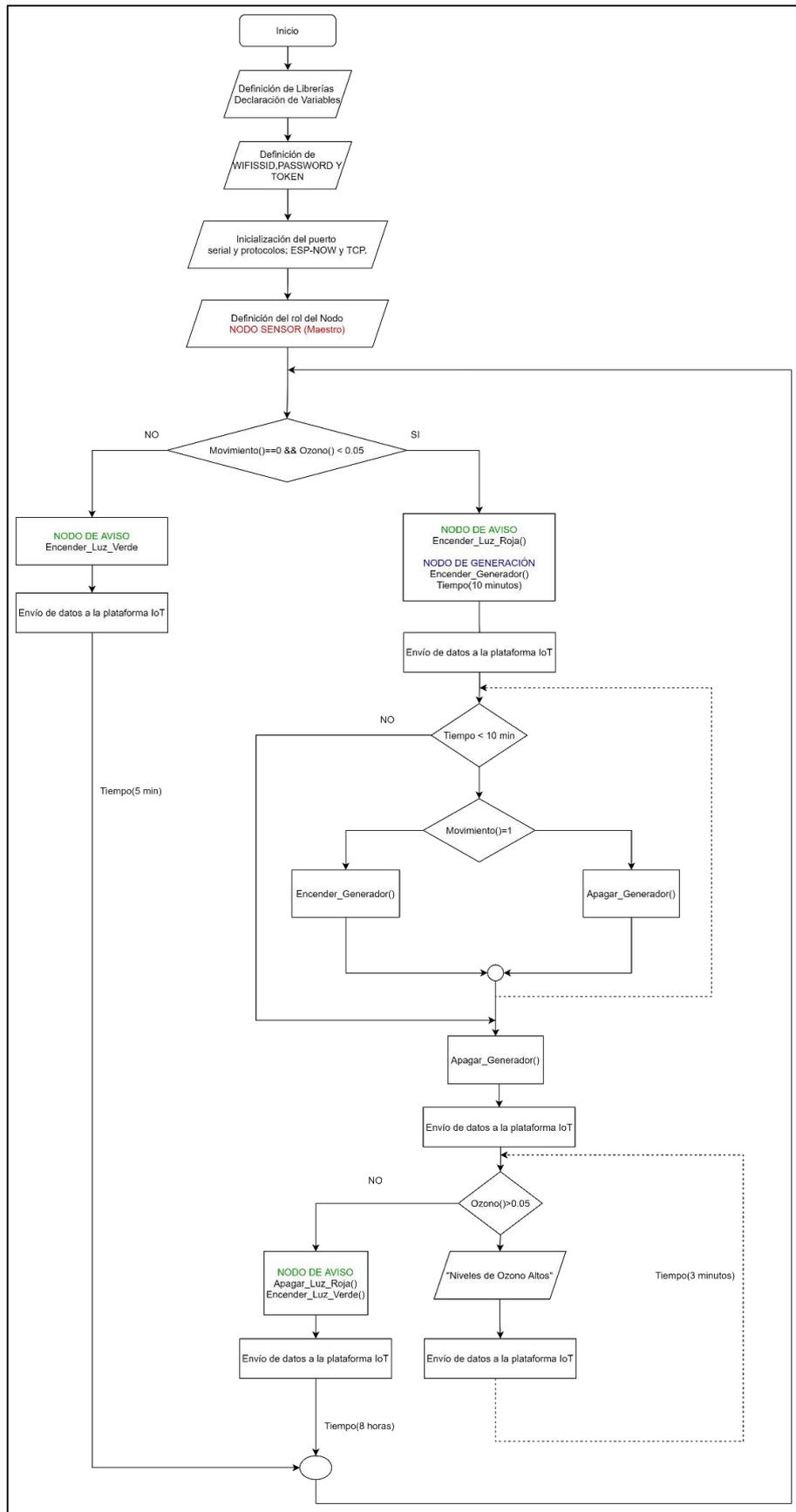


Gráfico 5-2: Diagrama de flujo del programa del NS

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

- Se realiza la lectura de los datos de detección de movimiento (Movimiento()) y medición de los valores de ozono (Ozono()). Se presenta la condición de no existir movimiento y que el nivel de ozono sea menor que 0.05 ppm.
- Si la condición es correcta el NA enciende la luz roja (Encender_Luz_Roja()), el NG enciende el generador (Encender_Generador()) se realiza la desinfección durante un tiempo de 10 minutos (Tiempo(10)) y se apaga el generador de ozono (Apagar_Generador())
- En el caso contrario el NA enciende la luz verde indicando que es seguro acceder al aula (Encender_Luz_Verde()) y se realiza nuevamente la lectura de los datos anteriores cada 5 minutos hasta que cumplan con las condiciones.
- Realizada la desinfección se presenta la condición que el nivel de ozono sea mayor que 0.05.
- En caso afirmativo se procede a notificar que los niveles de ozono son altos por lo que el NA continua con la luz roja encendida informando de que no es posible la entrada al aula y retornando a hacer la medición cada 3 minutos.
- Si los niveles de ozono son menores que 0.05 el NA procede a apagar la luz roja y encender la luz verde indicando que se puede ingresar al aula.
- En todos los casos descritos anteriormente se realiza el envío de datos a la plataforma de IoT Ubidots mediante la función Enviar_Ubidots().

2.6.6.2. Diagrama de flujo del NG

En el Gráfico 6-2 se presenta el diagrama de flujo del *software* desarrollado para el NG, el detalle de su programación se presenta a continuación:

Inicialización

- Se define la librería ESP8266WiFi.h y la librería espnow.h, descritas anteriormente.
- Se asignan los puertos digitales de entrada para el generador de ozono el puerto 5 que corresponde al terminal físico D1.
- Declaración de la estructura de datos del sensor de ozono con las variables ONOFF, MEDIDA.
- Inicializa del protocolo ESP-NOW, definiendo al NG con el rol de Esclavo.

Bucle Repetitivo

- Se verifica que la estructura de datos ED.ONOFF sea igual a 1.
- En caso afirmativo se enciende el generador (Encender_Generador()), si no se cumple la condición se apaga el generador (Apagar_Generador()).

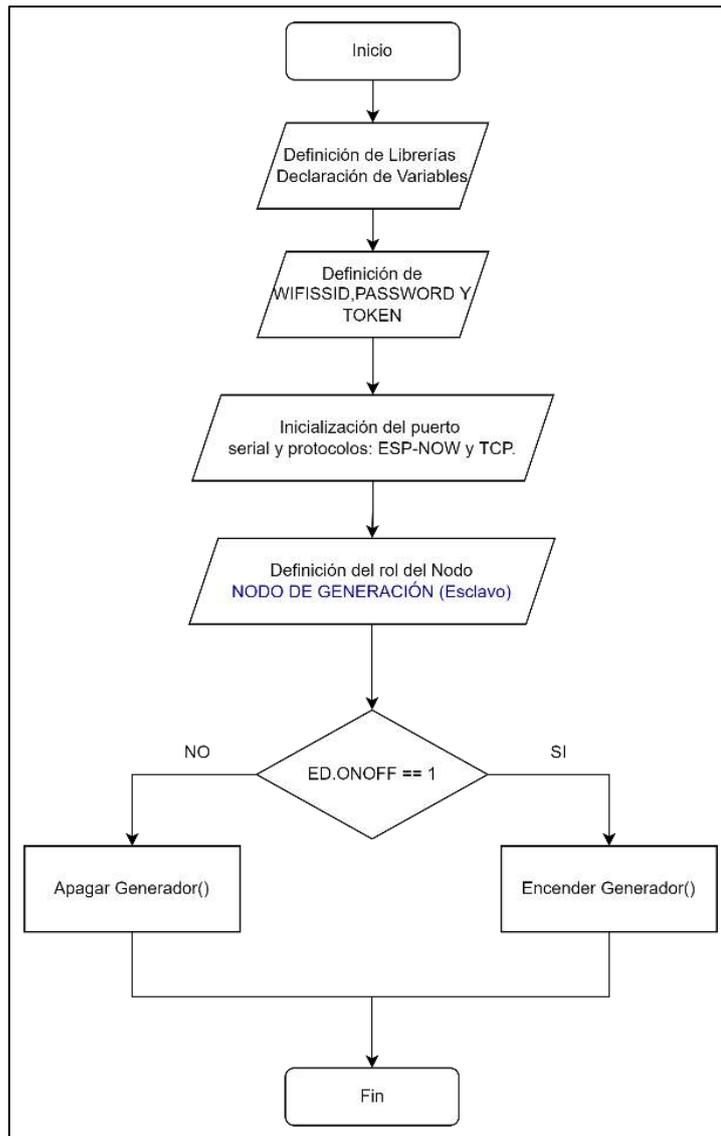


Gráfico 6-2: Diagrama de flujo del programa del NG

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.6.6.3. Diagrama de flujo del NA

A continuación, se detalla la programación del diagrama de flujo del *software* desarrollado para el NA que se presenta en el Gráfico 7-2.

Inicialización

- Se define la librería ESP8266WiFi.h y la librería espnow.h, descritas anteriormente.
- Se asignan los puertos digitales de entrada para la LUZ_ROJA el puerto 5 que corresponde al terminal físico D1 y para la LUZ_VERDE el puerto 4 que corresponde al terminal físico D2.

- Declaración de la estructura de datos del sensor de movimiento con las variables ESTADO, TIEMPO.
- Inicializa del protocolo ESP-NOW, definiendo al NA con el rol de Esclavo.

Bucle Repetitivo

- Se verifica que la estructura de datos ED.ESTADO sea igual a 1.
- En caso afirmativo se enciende la luz roja (Encender_Luz_Roja()) y se apaga la luz verde (Apagar_Luz_Verde()), caso contrario se enciende la luz verde (Encender_Luz_Verde()) y se apaga la luz roja (Apagar_Luz_Roja()).

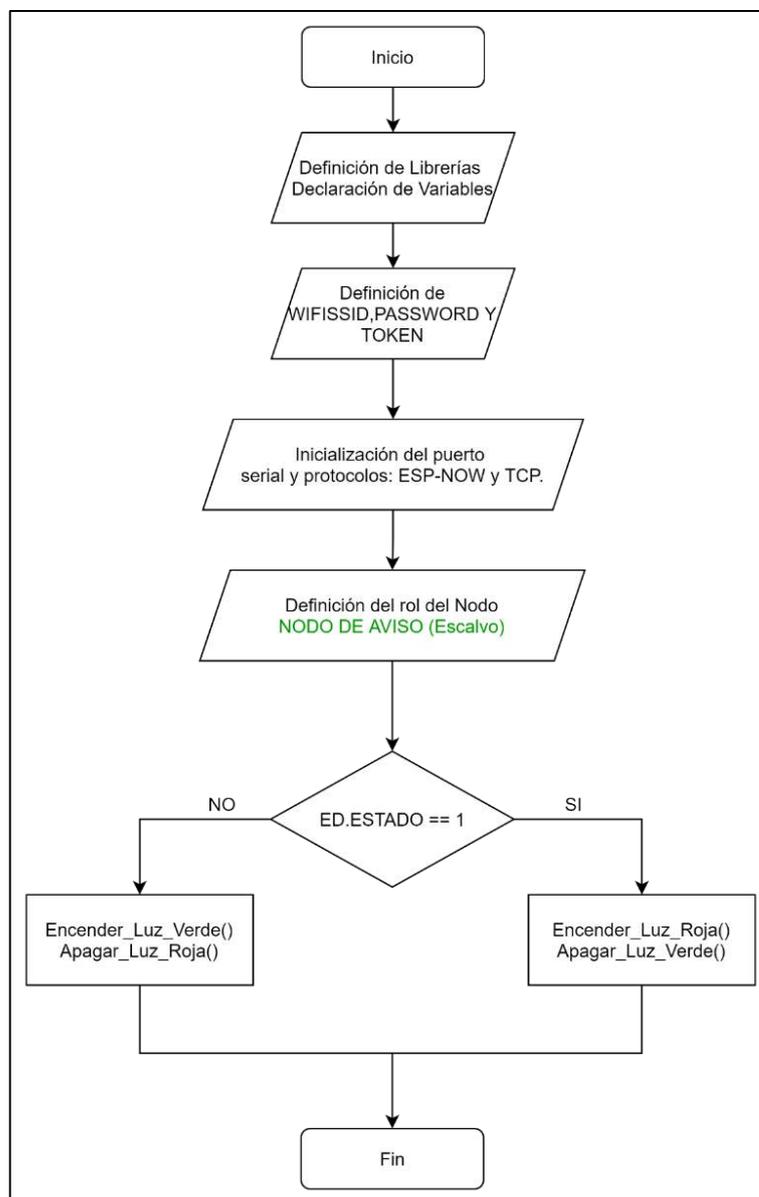


Gráfico 7-2: Diagrama de flujo del programa del NA

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

2.7. Visualización de información del dispositivo tecnológico

Los datos obtenidos por el dispositivo son presentados en forma gráfica y dinámica en la plataforma Ubidots, para ello se ha creado una cuenta introduciendo los datos previos como un nombre de usuario, correo electrónico y contraseña. El registro de los datos se lo realiza por dispositivo y dentro del dispositivo por variables, cada variable registrada permite editar una unidad de medida, ubicación geográfica y una descripción. En la Figura 12-2 se observa el dispositivo y las variables creadas.

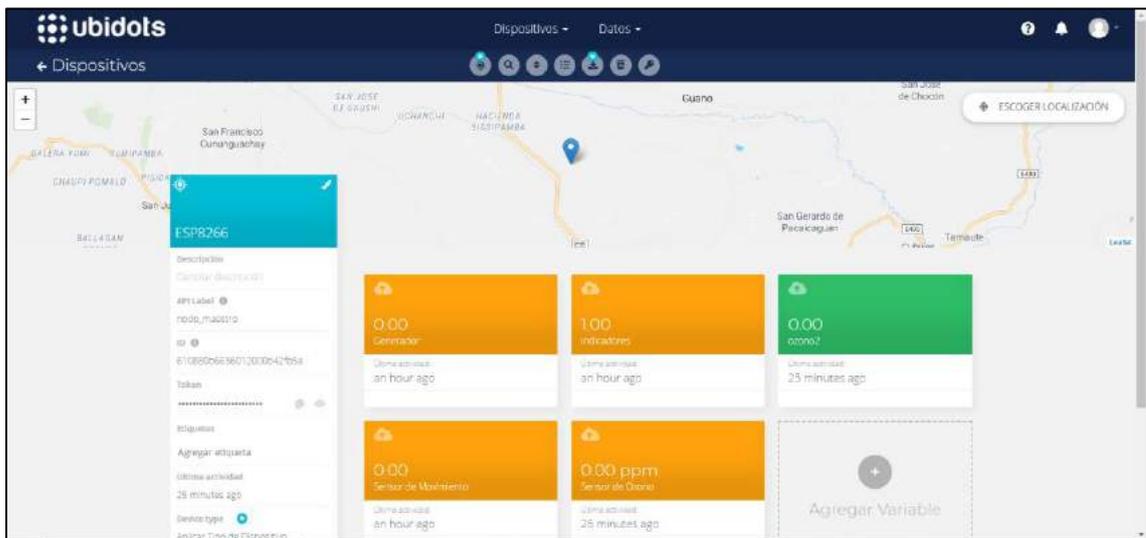


Figura 12-2: Dispositivo y variables creadas en la plataforma Ubidots

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Un dispositivo interactúa con la plataforma mediante librerías de conexión, para conectar la red inalámbrica se empleó la placa NodeMCU ESP8266 la cual requiere ser configurada con la librería, e ID de Ubidots. La placa wifi utiliza un TOKEN que es el ID principal generado por Ubidots, un WIFISSID y PASSWORD que corresponden al SSID y contraseña de la red en la cual se tiene acceso a internet, el dispositivo ESP8266 creado se muestra en la Figura 13-2.



Dispositivos				
	NOMBRE	ÚLTIMA ACTIVIDAD	CREATED AT ↓	ACCIONES
	ESP8266	an hour ago	2021-08-02 18:33:10 -05:00	

ROWS PER PAGE: 30

Figura 13-2: Dispositivo ESP8266 creado en la plataforma Ubidots

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Para incorporar las variables a la plataforma se crearon las variables desde la plataforma y obtuvo sus IDs generadas. A través del menú de Ubidots se puede organizar los datos de las variables por fecha, hora, valores máximos, mínimos, valores promedio o sumados. El detalle de los datos registrados en la variable Generador se presenta en la Figura 14-2.

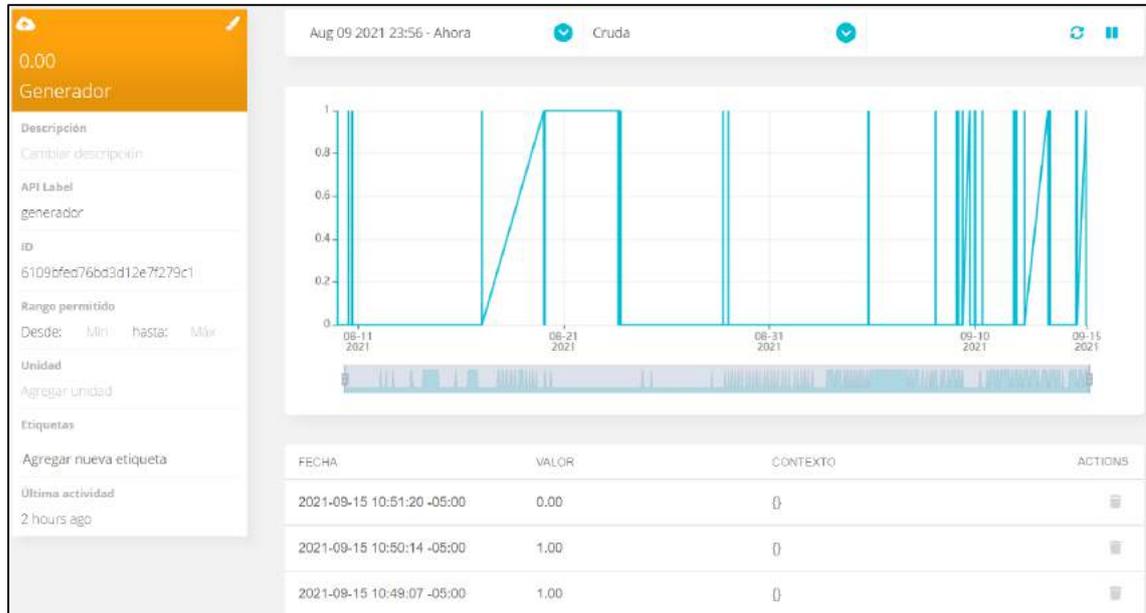


Figura 14-2: Datos registrados en la variable generador

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

La plataforma Ubidots permite organizar los datos en dashboards o tableros que son presentaciones visuales y dinámicas para el usuario, estas se muestran en la Figura 15-2.

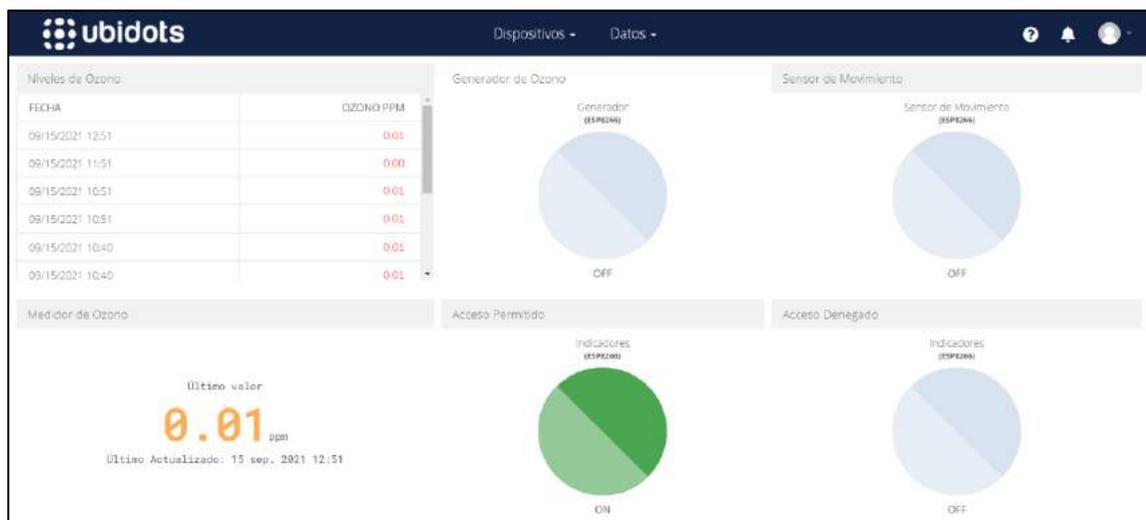


Figura 15-2: Visualización de datos en la plataforma Ubidots

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

CAPITULO III

3. VALIDACIÓN DE PROTOTIPO

En el presente capítulo se da a conocer los resultados obtenidos en base a las pruebas realizadas al dispositivo tecnológico tanto en el *hardware* y *software*. Se realizaron nueve pruebas divididas en dos grupos: Pruebas previas a la instalación y después de la instalación y finalmente se muestra el dispositivo funcionando.

3.1. Pruebas previas a la instalación

Estas pruebas ayudaron al desarrollo del programa del NS por consiguiente se las realizaron fuera de las instalaciones de la ESPOCH tomando en cuenta las condiciones en las que debe trabajar el dispositivo, se consideró un ambiente cerrado.

3.1.1. Caracterización del NS

Esta evaluación le corresponde al sensor de ozono y de movimiento para comprobar si los valores entregados por estos son confiables, para ello se realizaron tres pruebas que se presentan a continuación. En la Figura 1-3 se observa el NS con sus componentes, implementado.



Figura 1-3: Nodo Sensor implementado

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

3.1.1.1. Calibración del sensor de ozono

Esta prueba se la realizó para obtener la máxima precisión en la lectura de niveles de concentración por el sensor de ozono, para ello se precalentó el sensor MQ-131 durante 48 horas, el módulo de este incorpora una resistencia calefactora, la cual sirvió para regular la sensibilidad en cada comparación con el medidor de ozono marca Forensics FD-90A-O3 (ver Figura 2-3) usado como referencia para esta calibración.



Figura 2-3: Medidor Forensics vs NS del dispositivo

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

3.1.1.2. Caracterización del Sensor de Ozono

El propósito de esta prueba es determinar si existe un error adicional del dispositivo con el sensor MQ-131. Para ello se usó un medidor de ozono marca Forensics FD-90A-O3, se obtuvieron 20 mediciones del nivel de ozono cada 10 minutos y se comparó estas mediciones con los resultados generados por el sensor MQ-131, además se calculó los errores absolutos. Como se muestra en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Error absoluto del sensor de ozono MQ-131

N° de muestra	Hora	Referencia		Dispositivo		Error absoluto
		Ozono ppm	Error al 5%	Ozono ppm	Error al 5%	
1	18:30	0,04	0,002	0,04	0	0,002
2	18:40	0,04	0,002	0,04	0	0,002
3	18:50	0,04	0,002	0,04	0	0,002
4	19:00	0,04	0,002	0,041	0,001	0,001
5	19:10	0,04	0,002	0,041	0,001	0,001
6	19:20	0,04	0,002	0,041	0,001	0,001
7	19:30	0,04	0,002	0,041	0,001	0,001
8	19:40	0,05	0,0025	0,048	0,002	0,0005
9	19:50	0,05	0,0025	0,048	0,002	0,0005
10	20:00	0,05	0,0025	0,048	0,002	0,0005
11	20:10	0,05	0,0025	0,049	0,001	0,0015
12	20:20	0,05	0,0025	0,049	0,001	0,0015
13	20:30	0,05	0,0025	0,049	0,001	0,0015
14	20:40	0,05	0,0025	0,049	0,001	0,0015
15	20:50	0,05	0,0025	0,049	0,001	0,0015
15	21:00	0,04	0,002	0,041	0,001	0,001
17	21:10	0,04	0,002	0,041	0,001	0,001
18	21:20	0,04	0,002	0,04	0	0,002
19	21:30	0,04	0,002	0,041	0,001	0,001
20	21:40	0,04	0,002	0,04	0	0,002

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Luego de realizar el análisis de la Tabla 1-3, se concluye que los errores obtenidos de ozono, no supera el error del 5% de entregado por la hoja de datos del medidor de referencia (Forensics Detectors, 2021, p.1), indicando que el dispositivo no incorpora error.

3.1.1.3. Caracterización del Sensor de Movimiento

El objetivo de esta prueba es determinar la confiabilidad de las mediciones entregadas por el sensor PIR HC-SR501, para lo cual se colocó sobre una superficie de tal manera que pudiera captar movimientos de hasta 2 m de distancia y se realizó 6 pruebas de 10 lecturas en un intervalo de 10 minutos cada una, con movimiento y sin movimiento. La Figura 3-3 muestra el monitoreo de estos resultados en el puerto de comunicación serial del *software* Arduino IDE y la información resumida se presenta en la Tabla 2-3.

Timestamp	Status
02:08:58.454	-> r\$1?? ?1? □▲□▲?□1?□b
02:09:58.557	-> No existe Movimiento
02:10:58.542	-> Movimiento Detectado
02:11:58.555	-> Movimiento Detectado
02:12:58.559	-> Movimiento Detectado
02:13:58.554	-> Movimiento Detectado
02:14:58.545	-> Movimiento Detectado
02:15:58.531	-> Movimiento Detectado
02:16:58.558	-> Movimiento Detectado
02:17:58.530	-> Movimiento Detectado
02:18:58.534	-> Movimiento Detectado
02:46:37.827	-> No existe Movimiento
02:47:37.818	-> No existe Movimiento
02:48:37.803	-> No existe Movimiento
02:49:37.832	-> No existe Movimiento
02:50:37.801	-> No existe Movimiento
02:51:37.801	-> No existe Movimiento
02:52:37.810	-> No existe Movimiento
02:53:37.830	-> No existe Movimiento
02:54:37.820	-> No existe Movimiento
02:55:37.826	-> No existe Movimiento
02:56:37.806	-> No existe Movimiento

Figura 3-3: Supervisión de pruebas de detección de movimiento

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 2-3: Pruebas de detección de movimiento

Ensayo	Pruebas	Intentos	Aciertos	Porcentaje de efectividad
Con Movimiento	1	10	9	90%
	2	10	9	90%
	3	10	10	100%
Media Aritmética				93,33%
Sin Movimiento	1	10	10	100%
	2	10	10	100%
	3	10	10	100%
Media Aritmética				100%

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

En base a los datos obtenidos en la Tabla 2-3 se concluye que el sensor PIR HC-SR501 tiene un 93,33% de efectividad cuando existe movimiento y 100% de efectividad cuando no existe movimiento, entregando un 96.66% de efectividad general del sensor, indicando que los datos obtenidos por el mismo son válidos en base a lo establecido por autores donde consta que el sensor de movimiento posee una efectividad del 95% (Hidayat, 2018, p.7).

3.1.1.4. Repetitividad del NS

La intención de esta prueba es determinar la estabilidad de los datos registrados por el NS, para ello se obtuvieron 10 muestras del nivel de ozono en intervalos de 2 minutos consecutivos en un ambiente cerrado y se supervisó el puerto de comunicación serial del *software* Arduino IDE del NS como muestra la Figura 4-3. Las lecturas de los datos se presentan en la Tabla 3-3.

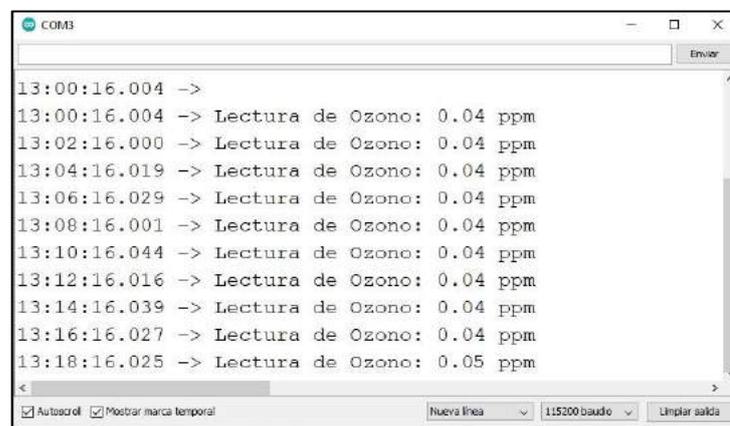


Figura 4-3: Supervisión de repetitividad de ozono

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 3-3: Repetitividad del nivel de ozono

N° de muestra	Hora	Nivel de ozono O ₃ (ppm)
1	13:00	0,04
2	13:02	0,04
3	13:04	0,04
4	13:06	0,04
5	13:08	0,05
6	13:10	0,04
7	13:12	0,04
8	13:14	0,04
9	13:16	0,04
10	13:18	0,04
Media Aritmética		0,041
Desviación Estándar		0,003
Coefficiente de Variación		7,31%

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

En la Tabla 3-3 se realizó un análisis estadístico calculando la media aritmética y la desviación estándar, en las respuestas obtenidas se encuentra en 7,31% el coeficiente de variación, lo cual indica una variabilidad no mayor al 15% llegando así a concluir que el dispositivo tecnológico es estable de acuerdo a (INE, 2016, p.5). Además, el nivel de ozono medido se encuentra por debajo de los 0,05 ppm que establece la OMS como aceptable para la exposición de personas.

3.1.2. Caracterización de la comunicación inalámbrica

Esta evaluación está enfocada a determinar el alcance e integridad de la información en base a la comunicación, se compone de cuatro pruebas presentadas a continuación.

3.1.2.1. Alcance de comunicación wifi entre nodos

Esta prueba tiene el objetivo determinar la distancia máxima de comunicación wifi que alcanza el dispositivo. Se definieron dos tipos de separación; con interferencia y con línea de vista estableciendo tramos de separación de 20m y 50m respectivamente, entre los nodos NS y NA hasta cuando se pierda la comunicación. Estas pruebas se realizaron utilizando Google Maps para las mediciones de las distancias alcanzadas.

En la Figura 5-3 se aprecia el alcance de la comunicación en dos tramos de 20 m con la separación de tres paredes que representan los obstáculos. El NS se ubica en el punto A dentro del área de una casa y el NA en el punto B que se encuentra en el interior de la vivienda contigua.

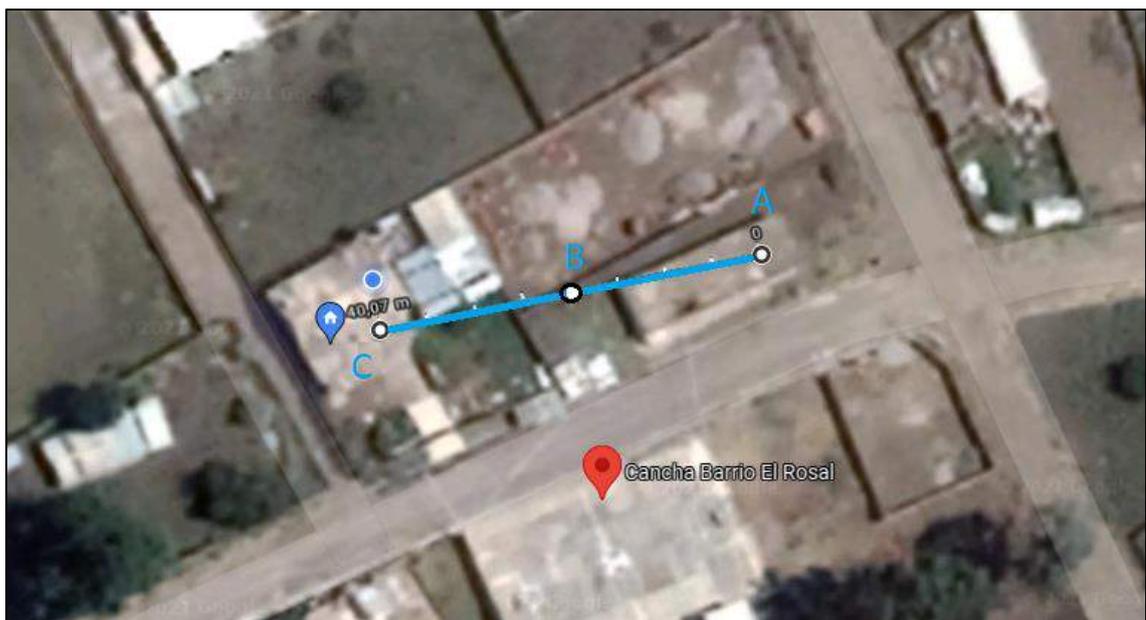


Figura 5-3: Comunicación wifi alcanzada con interferencia

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

En la Figura 6-3 se aprecia el alcance de la comunicación con línea de vista en siete tramos de 50m. El NS se ubica en el punto A y el NA en el punto H.



Figura 6-3: Comunicación wifi alcanzada con línea de vista

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Se estableció la Tabla 4-3 que resume las categorías de calidad de señal en la comunicación en base a la distancia alcanzada para la prueba con línea de vista. Definiendo: Excelente de 0 a 50m la comunicación se establece automáticamente y los datos son recibidos correctamente, Alto de 50 a 150m no existe pérdida de datos, Medio de 150 a 250m los datos son recibidos con retardo, Bajo de 250 a 300m existe pérdida de información e intermitencia en la comunicación, Nulo de 300m en adelante no existe comunicación entre los nodos.

Tabla 4-3: Alcance de la comunicación wifi con línea de vista

Puntos	Distancia (m)	Calidad de la señal
A-B	0-50	Excelente
B-D	50-150	Alto
D-F	150-250	Medio
F-G	250-300	Bajo
G-H	>300	Nulo

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

En base a la información obtenida de la Figura 5-3 se concluye que la distancia máxima alcanzada para la comunicación wifi entre los nodos NS y NA es de 40m con obstáculos, mientras que al analizar la Tabla 4-3 se obtiene que la distancia máxima es de 250m sin obstáculos, relacionando estos valores con los entregados por la hoja de datos de la placa NodeMCU ESP8266 donde se indica que la distancia máxima alcanzada con obstáculos es de 50m y con línea de vista es de 350m (Reischle, 2017, p.3). Podemos concluir que la distancia alcanzada en los dos casos es favorable considerando que el dispositivo debe trabajar dentro de un área total de 78,15 m², donde según la

prueba realizada la calidad de señal es alta, garantizando así una comunicación óptima y libre de pérdidas.

3.1.2.2. Transmisión de información entre nodos

Esta prueba se ejecutó para evidenciar que no existan pérdidas de información en la comunicación wifi entre el NS y el NA. Para ello se implementó un programa que envíe información cada minuto en un lapso de 10 minutos desde el NS hacia NA y se supervisaron los datos generados en los puertos seriales en el *software* Arduino IDE. Se realizaron 3 pruebas en diferentes horarios como muestran las Tablas 5-3, 6-3 y 7-3. La figura 7-3 expone la evidencia de una prueba.

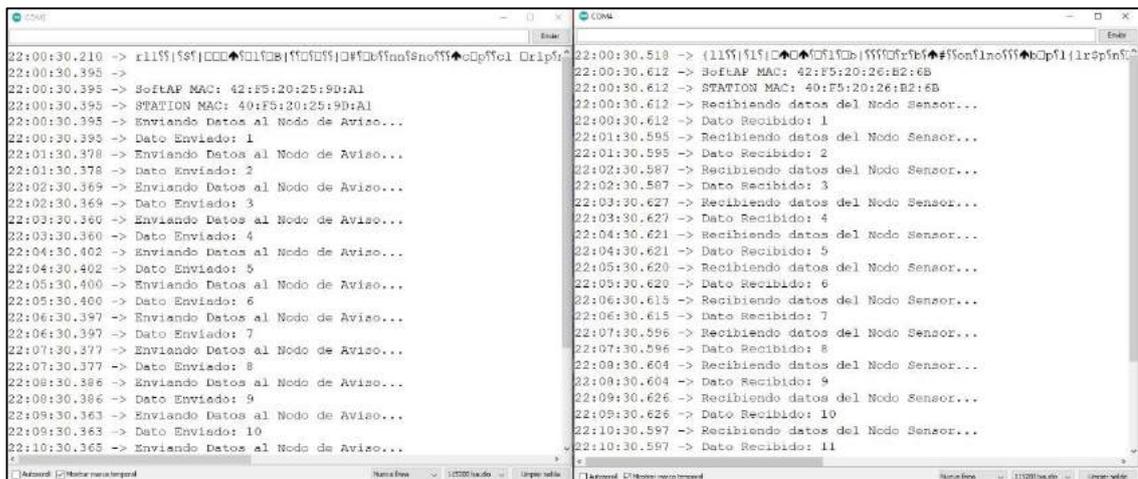


Figura 7-3: Monitores seriales de NA (izquierda) y NS (derecha)

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 5-3: Datos enviados y recibidos en la prueba 1

Hora	Información enviada por el NS	Información recibida por el NA
22:00	Dato Enviado: 1	Dato Recibido: 1
22:01	Dato Enviado: 2	Dato Recibido: 2
22:02	Dato Enviado: 3	Dato Recibido: 3
22:03	Dato Enviado: 4	Dato Recibido: 4
22:04	Dato Enviado: 5	Dato Recibido: 5
22:05	Dato Enviado: 6	Dato Recibido: 6
22:06	Dato Enviado: 7	Dato Recibido: 7
22:07	Dato Enviado: 8	Dato Recibido: 8
22:08	Dato Enviado: 9	Dato Recibido: 9
22:09	Dato Enviado: 10	Dato Recibido: 10

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 6-3: Datos enviados y recibidos en la prueba 2

Hora	Información enviada por el NS	Información recibida por el NA
6:00	Dato Enviado: 1	Dato Recibido: 1
6:01	Dato Enviado: 2	Dato Recibido: 2
6:02	Dato Enviado: 3	Dato Recibido: 3
6:03	Dato Enviado: 4	Dato Recibido: 4
6:04	Dato Enviado: 5	Dato Recibido: 5
6:05	Dato Enviado: 6	Dato Recibido: 6
6:06	Dato Enviado: 7	Dato Recibido: 7
6:07	Dato Enviado: 8	Dato Recibido: 8
6:08	Dato Enviado: 9	Dato Recibido: 9
6:09	Dato Enviado: 10	Dato Recibido: 10

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 7-3: Datos enviados y recibidos en la prueba 3

Hora	Información enviada por el NS	Información recibida por el NA
15:00	Dato Enviado: 1	Dato Recibido: 1
15:01	Dato Enviado: 2	Dato Recibido: 2
15:02	Dato Enviado: 3	Dato Recibido: 3
15:03	Dato Enviado: 4	Dato Recibido: 4
15:04	Dato Enviado: 5	Dato Recibido: 5
15:05	Dato Enviado: 6	Dato Recibido: 6
15:06	Dato Enviado: 7	Dato Recibido: 7
15:07	Dato Enviado: 8	Dato Recibido: 8
15:08	Dato Enviado: 9	Dato Recibido: 9
15:09	Dato Enviado: 10	Dato Recibido: 10

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

A partir de la información presentada en las Tablas 5-3, 6-3 y 7-3 se evidencia que el 100% de los datos que son enviados por el NS son receptados por el NA en los diferentes horarios establecidos para las pruebas, verificando que no existen pérdidas en la comunicación entre nodos.

3.1.2.3. Registro de datos en Ubidots

La siguiente evaluación se realizó para verificar que los datos enviados desde el NS y recibidos por la plataforma Ubidots sean correctos. Se lo ejecutó supervisando los puertos de comunicación serial mediante el *software* Arduino IDE en el NS y el tablero de Ubidots como muestran las Figuras 8-3 y 9-3. Se evaluaron los datos enviados por el NS y recibidos por Ubidots durante 6 horas de acuerdo con el funcionamiento del dispositivo, obteniendo los resultados presentados en la Tabla 8-3.

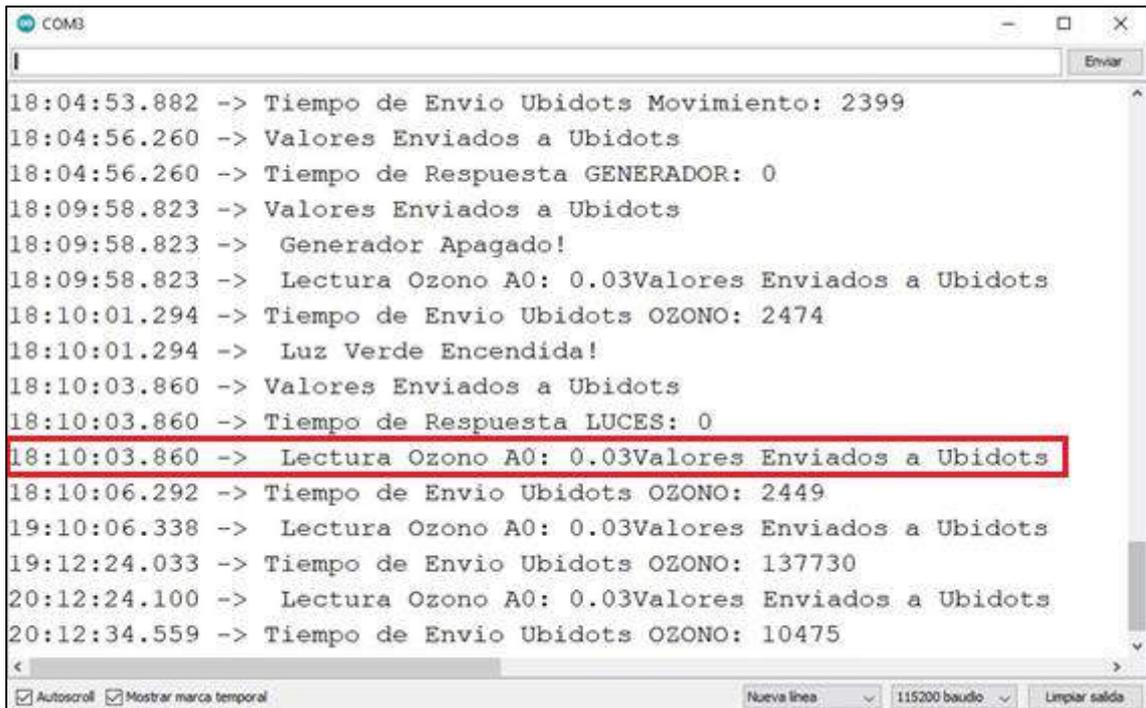


Figura 8-3: Monitor serial del envío de datos del NS

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

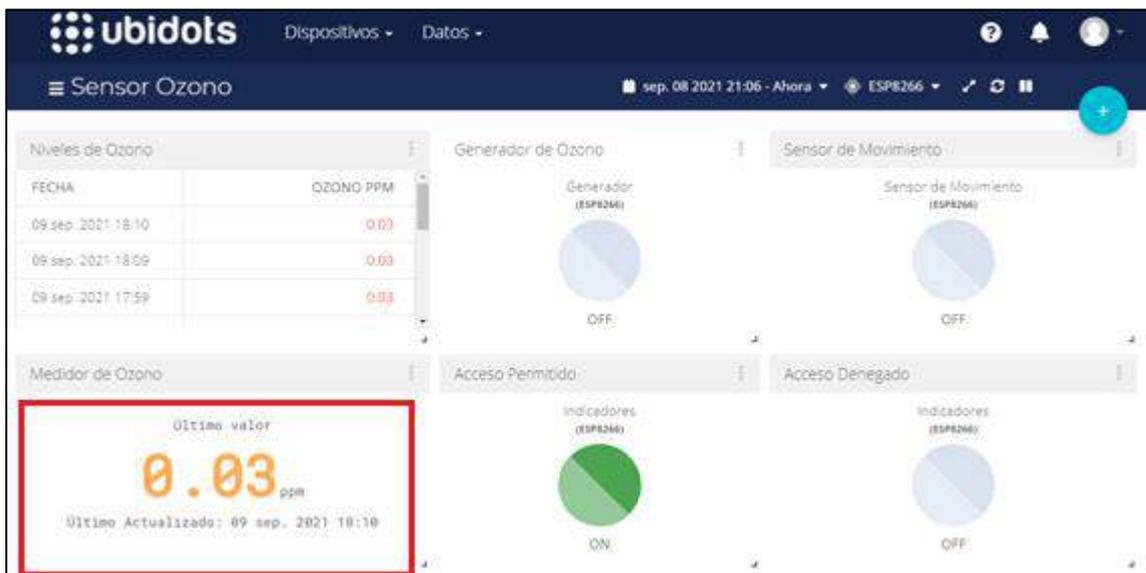


Figura 9-3: Registro de datos en Ubidots

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Se evaluaron los datos enviados por el NS y recibidos por Ubidots durante 6 horas de acuerdo con el funcionamiento del dispositivo, obteniendo los resultados presentados en la Tabla 8-3. Después de realizar la supervisión se confirma que los datos transmitidos y recibidos coinciden, asegurando el correcto registro de datos en la plataforma Ubidots.

Tabla 8-3: Datos almacenados en Ubidots

Hora	Datos enviados por puerto del NS	Datos recibidos en Ubidots
18:09:58	Generador Apagado!	Generador OFF
18:09:58	Lectura de Ozono A0:0,03	Ozono PPM 0,03
18:10:01	Luz Verde Encendida!	Acceso Permitido ON
18:10:03	Lectura de Ozono A0:0,03	Ozono PPM 0,03
19:10:06	Lectura de Ozono A0:0,03	Ozono PPM 0,03
20:12:04	Lectura de Ozono A0:0,03	Ozono PPM 0,03
21:12:33	Lectura de Ozono A0:0,04	Ozono PPM 0,04
22:12:40	Lectura de Ozono A0:0,04	Ozono PPM 0,04
23:12:45	Lectura de Ozono A0:0,04	Ozono PPM 0,04
00:12:52	Lectura de Ozono A0:0,04	Ozono PPM 0,04

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

3.1.2.4. Almacenamiento de Información en Ubidots

Mediante esta prueba se verificó si los datos enviados por el NS son almacenados en la base de datos de Ubidots. Esta evaluación se la realizó por el método de observación que consistió en supervisar 20 muestras del histórico de la variable Niveles de Ozono presentada en el tablero de la plataforma como se aprecia en la Figura 10-3. Además, esta Ubidots tiene la opción de descargar los datos almacenados en un archivo tipo Excel que organiza la información por fecha, hora y el valor registrado presentada en la Figura 11-3.



Figura 10-3: Almacenamiento de datos en Ubidots

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

	B	C	D	E	F	G	H
1	human readable date,nodo_maestro_ozono2,context_nodo_maestro_ozono2						
2	72	2021-09-12 17:01:49,0.013,{}					
3	04	2021-09-12 16:01:46,0.015,{}					
4	87	2021-09-12 15:01:44,0.014,{}					
5	32	2021-09-12 14:01:41,0.014,{}					
6	39	2021-09-12 13:01:39,0.016,{}					
7	70	2021-09-12 12:01:36,0.019,{}					
8	87	2021-09-12 11:01:34,0.017,{}					
9	08	2021-09-12 10:01:31,0.018,{}					
10	61	2021-09-12 10:01:24,0.018,{}					
11	25	2021-09-12 09:50:08,0.015,{}					
12	15	2021-09-12 09:50:03,0.018,{}					
13	61	2021-09-12 09:44:36,0.019,{}					
14	22	2021-09-12 09:39:19,0.016,{}					
15	03	2021-09-12 09:34:01,0.016,{}					
16	36	2021-09-12 09:28:44,0.017,{}					
17	31	2021-09-12 09:23:23,0.019,{}					
18	91	2021-09-12 09:18:05,0.019,{}					
19	23	2021-09-12 09:12:50,0.02,{}					
20	69	2021-09-12 09:07:33,0.02,{}					

Figura 11-3: Datos de niveles de ozono descargados en Excel

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Culminada esta observación se comprobó que los datos de Niveles de Ozono se almacenan correctamente en la plataforma Ubidots permitiendo además la opción de descargarlos en un archivo tipo Excel.

3.1.3. Tiempos de respuesta

El propósito que tiene esta evaluación es determinar el tiempo en el que se realiza el envío y recepción de datos entre los diferentes nodos y entre el NS y la plataforma de internet Ubidots.

3.1.3.1. Tiempo de respuesta entre nodos

El objetivo de esta prueba es determinar el tiempo que tarda el NS en transmitir la información al NG y NA para ello se implementó una estructura de datos que contiene una variable llamada Tiempo de respuesta, la cual permite calcular el tiempo que transcurre entre el envío/recepción de datos entre los nodos y se la supervisó en el puerto serial del *software* Arduino IDE del NS,

presentado en la Figura 12-3. Se realizaron 10 lecturas de la variable Tiempo de Respuesta GENERADOR, que hace referencia a la comunicación NS-NG y la variable Tiempo de Respuesta LUCES, que indica la comunicación NS-NA que se encuentran en la Tabla 9-3.

```

COM3
+
09:42:45.425 -> s11??SQ1?|□▲▲□$?▲#|??SQ?{?b?▲#??oo?son??▲#□p??1{1r?P?}
09:42:45.567 ->
09:42:46.083 -> ....WiFi connected
09:42:47.589 -> IP address:
09:42:47.589 -> 192.168.1.105
09:42:47.589 -> SoftAP MAC: 42:F5:20:25:9D:A1
09:42:47.589 -> STATION MAC: 40:F5:20:25:9D:A1
09:42:50.399 -> Valores Enviados a Ubidots
09:42:50.399 -> Tiempo de Respuesta LUCES: 0
09:42:50.399 ->
09:42:50.399 -> Lectura Ozono A0: 0.03Valores Enviados a Ubidots
09:42:52.955 -> Tiempo de Envio Ubidots OZONO: 2547
09:42:52.955 -> Movimiento: 0
09:42:58.506 -> Valores Enviados a Ubidots
09:42:58.506 -> Tiempo de Envio Ubidots Movimiento: 5542
09:42:58.506 -> Lectura Ozono A0: 0.04Valores Enviados a Ubidots

```

Figura 12-3: Supervisión de variable Tiempo de Respuesta

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 9-3: Tiempos de Respuesta NS-NG y NS-NA

N° de muestra	Tiempo NS-NG (ms)	Tiempo NS-NA (ms)
1	335	317
2	361	420
3	338	514
4	420	330
5	331	369
6	475	418
7	426	486
8	501	321
9	482	459
10	374	509
Media Aritmética	404,3	414,3

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Con los valores obtenidos en la Tabla 9-3 se puede concluir que el tiempo de respuesta entre el NS y NG es en promedio 0,40 segundos mientras que entre el NS y NA existe un tiempo de respuesta de 0,41 segundos. Los tiempos resultantes están por debajo de 0,5 segundos que es el tiempo de retardo promedio en comunicación wifi entre estas placas, indicando que la comunicación entre nodos cumple con los tiempos estándares asignados por autores (Moreno, 2019, p.29).

3.1.3.2. Tiempo de registro de datos en Ubidots

Esta prueba se realizó para conocer el tiempo que tardan los datos del NS en registrarse en la plataforma Ubidots. Para ello se estableció una variable llamada Tiempo de Envío Ubidots que fue supervisada en el puerto de comunicación serial en el *software* Arduino IDE del NS, tal como se muestra en la Figura 13-3. Se realizaron 10 lecturas de los tiempos de envío de datos a Ubidots de la variable OZONO y MOVIMIENTO que se presentan en las Tablas 10-3 y 11-3 respectivamente.

```

COM3
|
09:43:06.114 -> Tiempo de Envío Ubidots OZONO: 7627
09:43:06.114 ->
09:43:06.114 -> Encendiendo Generador...
09:43:08.814 -> Valores Enviados a Ubidots
09:43:08.814 -> Tiempo de Respuesta LUCES: 1
09:43:11.273 -> Valores Enviados a Ubidots
09:43:11.273 -> Tiempo de Respuesta GENERADOR: 1
09:43:11.273 -> Movimiento: 0
09:43:13.871 -> Valores Enviados a Ubidots
09:43:13.871 -> Tiempo de Envío Ubidots Movimiento: 2572
09:43:19.334 -> Valores Enviados a Ubidots
09:43:19.334 -> Tiempo de Respuesta GENERADOR: 0
09:48:19.310 -> Movimiento: 0
09:48:21.875 -> Valores Enviados a Ubidots
09:48:21.921 -> Tiempo de Envío Ubidots Movimiento: 2570
09:48:24.334 -> Valores Enviados a Ubidots
  
```

Figura 13-3: Supervisión de variable tiempo de envío a Ubidots

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 10-3: Tiempos de envío de datos a Ubidots – variable ozono

Nombre de la variable	N° de Dato	Tiempo de envío Ubidots (ms)
OZONO	1.	2547
	2.	2627
	3.	2414
	4.	2593
	5.	3559
	6.	2487
	7.	2499
	8.	2506
	9.	3373
	10.	3347
Media Aritmética		2795,2

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 11-3: Tiempos de envío de datos a Ubidots - variable movimiento

Nombre de la variable	N° de Dato	Tiempo de envío Ubidots (ms)
MOVIMIENTO	1.	5542
	2.	2572
	3.	2570
	4.	2633
	5.	2481
	6.	2399
	7.	2411
	8.	2532
	9.	2320
	10.	2478
Media Aritmética		2793,8

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Después de analizar las Tablas 10-3 y 11-3 se concluye que el tiempo de envío de datos para su registro en Ubidots de la variable OZONO y MOVIMIENTO se mantienen en el margen de 2,7 segundos, el cual está por debajo de 4 segundos, valor promedio de envío de datos para el servidor de Ubidots según autores (Arguero, 2020, p.63). Con lo que se garantiza una rápida comunicación entre el NS y la plataforma Ubidots.

3.2. Funcionamiento del dispositivo tecnológico

Después de la validación de todos los nodos que conforman el dispositivo, se procedió a realizar la prueba de funcionamiento del dispositivo, se lo instaló en la casa barrial del Barrio “El Rosal” área que cumple con las características para las que fue diseñado el dispositivo. Al NS se lo ubicó a una distancia de 5 metros respecto del NG y a 9 metros del NA, con línea de vista en ambos casos. En la Figura 14-3 se evidencia la instalación del dispositivo.



Figura 14-3: NG y NA instalados para su funcionamiento

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

De las evaluaciones realizadas se determina que el dispositivo tecnológico no presenta problemas de funcionamiento y cumple con todos los requerimientos planteados.

3.3. Prueba realizada después de la instalación

El objetivo que tiene esta prueba es determinar el funcionamiento del dispositivo en cuanto al tiempo en el que realiza cada proceso en coordinación del NS, NG y NA. Para ello se monitorearon los datos y horarios durante 3 desinfecciones consecutivas.

La primera desinfección se la realizó bajo condiciones normales, en la segunda desinfección se activó la detección de movimiento antes de que el generador se encienda y para la tercera desinfección se activó la detección de movimiento mientras el generador estaba encendido, los procesos y tiempos de cada una se muestran en las Tablas 12-3, 13-3 y 14-3 respectivamente.

Tabla 12-3: Monitorización del dispositivo en la primera desinfección

Desinfección #1					
Hora	Proceso	Hora	Proceso	Hora	Proceso
09:30	Conexión con el servidor	09:38	Movimiento: 0	09:53	Luz verde encendida
09:31	Luz verde encendida	09:39	Movimiento: 0	09:53	Lectura de ozono 0,03
09:32	Lectura de ozono 0,03	09:40	Movimiento: 0	10:53	Lectura de ozono 0,03
09:32	Movimiento: 0	09:41	Movimiento: 0	11:53	Lectura de ozono 0,02
09:33	Encendiendo generador	09:42	Movimiento: 0	12:53	Lectura de ozono 0,02
09:33	Luz roja encendida	09:43	Apagando generador	13:53	Lectura de ozono 0,02
09:34	Movimiento: 0	09:44	Lectura de ozono 0,41	14:53	Lectura de ozono 0,02
09:35	Movimiento: 0	09:47	Lectura de ozono 0,10	15:53	Lectura de ozono 0,02
09:36	Movimiento: 0	09:50	Lectura de ozono 0,05	16:53	Lectura de ozono 0,02
09:37	Movimiento: 0	09:53	Lectura de ozono 0,04	17:53	Lectura de ozono 0,02

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 13-3: Monitorización del dispositivo en la segunda desinfección

Desinfección #2					
Hora	Proceso	Hora	Proceso	Hora	Proceso
17:53	Movimiento: 1	16:10	Movimiento: 0	16:27	Luz verde encendida
17:58	Movimiento: 1	16:11	Movimiento: 0	16:27	Lectura de ozono 0,03
16:03	Movimiento: 0	16:12	Movimiento: 0	17:27	Lectura de ozono 0,02
16:04	Encendiendo generador	16:13	Movimiento: 0	18:27	Lectura de ozono 0,02
16:04	Luz roja encendida	16:14	Apagando generador	19:27	Lectura de ozono 0,02
16:05	Movimiento: 0	16:15	Lectura de ozono 0,53	20:27	Lectura de ozono 0,02
16:06	Movimiento: 0	16:18	Lectura de ozono 0,27	21:27	Lectura de ozono 0,03
16:07	Movimiento: 0	16:21	Lectura de ozono 0,15	22:27	Lectura de ozono 0,03
16:08	Movimiento: 0	16:24	Lectura de ozono 0,05	23:27	Lectura de ozono 0,03
16:09	Movimiento: 0	16:27	Lectura de ozono 0,03	00:27	Lectura de ozono 0,03

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 14-3: Monitorización del dispositivo en la tercera desinfección

Desinfección #3					
Hora	Proceso	Hora	Proceso	Hora	Proceso
00:27	Movimiento: 0	00:34	Encendiendo generador	01:45	Lectura de ozono 0,02
00:28	Encendiendo generador	00:35	Movimiento: 0	02:45	Lectura de ozono 0,02
00:28	Luz roja encendida	00:36	Movimiento: 0	03:45	Lectura de ozono 0,02
00:29	Movimiento: 0	00:37	Movimiento: 0	04:45	Lectura de ozono 0,02
00:30	Movimiento: 0	00:38	Apagando generador	05:45	Lectura de ozono 0,02
00:31	Movimiento: 0	00:39	Lectura de ozono 0,25	06:45	Lectura de ozono 0,02
00:32	Movimiento: 1	00:42	Lectura de ozono 0,13	07:45	Lectura de ozono 0,01
00:32	Generador Apagado	00:45	Lectura de ozono 0,04	08:45	Lectura de ozono 0,01
00:33	Movimiento:1	00:45	Luz verde encendida	08:45	Movimiento: 0
00:34	Movimiento: 0	00:45	Lectura de ozono 0,04	08:46	Encendiendo generador

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

A continuación, se muestran evidencias del dispositivo en funcionamiento en una de las desinfecciones realizadas. En la Figura 15-3 se observa el NS del dispositivo, en la Figura 16-3 el NG tanto apagado como encendido y en la Figura 17-3 se presenta el NA con sus respectivas luces piloto operando.



Figura 15-3: NS en funcionamiento

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.



Figura 16-3: NG – generador apagado (izquierda) y generador encendido (derecha)

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.



Figura 17-3: NA – luz verde encendida (izquierda) y luz roja encendida (derecha)

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

En base a los resultados obtenidos en la Tabla 12-3 se concluye que los procesos que cumple el dispositivo se realizan de manera normal y están acorde a los tiempos asignados en la programación. En cuanto a los datos de la Tabla 13-3 se concluye que ante la detección de movimiento el generador no se enciende realizando una nueva medición después de 5 minutos, cumpliendo con lo establecido. Por último, después de analizar la Tabla 14-3 se concluye que al detectar movimiento mientras el generador está encendido, este se apaga al instante y se realiza una nueva medición cada minuto para encender nuevamente el generador y completar la desinfección. Aparte de ello, se concluye que el tiempo de espera para ingresar al área desinfectada es en promedio 10 minutos después de lo cual los niveles de ozono se encuentran en un nivel estable y no perjudicial para la salud humana.

3.4. Alimentación del dispositivo tecnológico

El objetivo es determinar el consumo total del dispositivo tecnológico e individual de cada nodo para lo cual primero se toman valores teóricos obteniendo así la potencia de los componentes más representativos como muestra la Tabla 15-3, donde se aprecia un valor de 106,986W en la potencia teórica total del dispositivo tecnológico.

Posterior a ello se observa en la Tabla 16-3 tanto el voltaje como la corriente consumidas por los componentes distintivos del NS, NG y NA, para calcular la potencia práctica total y finalmente se obtiene la demanda de energía del dispositivo para esto se estableció que trabajará 24 horas al día de manera continua conectado al suministro de la red eléctrica.

Tabla 15-3: Cálculo teórico de potencia del dispositivo.

Nodo	Componente	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Potencia (W)
NS	Sensor de ozono MQ-131	5	180,0	0,900
	Sensor de Movimiento PIR HC-SR501	5	1,0	0,005
	NodeMCU ESP8266	5	200,0	1,000
	Módulo RTC DS3231	5	0,2	0,001
Consumo de potencial total del NS				1,906
NG	Generador de Ozono Airthereal MA5000	110	909	100
	NodeMCU ESP8266	5	200	1
Consumo de potencial total del NG				101
NA	Luz piloto color verde	110	14	1,54
	Luz piloto color rojo	110	14	1,54
	NodeMCU ESP8266	5	200	1,00
Consumo de potencial total del NA				4,080
Consumo teórico de potencial total del dispositivo				106,986

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

La evidencia las mediciones del voltaje y corriente que consumen componentes específicos de cada nodo, se presenta en la Figura 18-3 mediciones en el sensor MQ-131 del NS, del NodeMCU ESP8266 del NG en la Figura 19-3 y en la Figura 20-3 las mediciones en el NodeMCU ESP8266 del NG, los datos de voltaje y corriente medidos se encuentran plasmados en la Tabla 16-3, de lo cual se pudo determinar que el dispositivo consume una potencia total de 106,9091W.

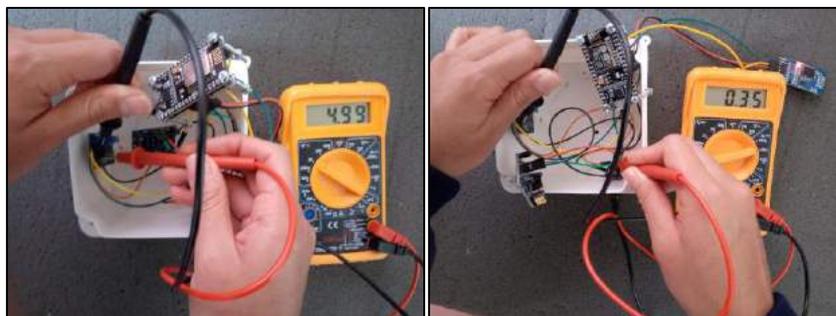


Figura 18-3: Voltaje y corriente medidos en el sensor MQ-131 del NS

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

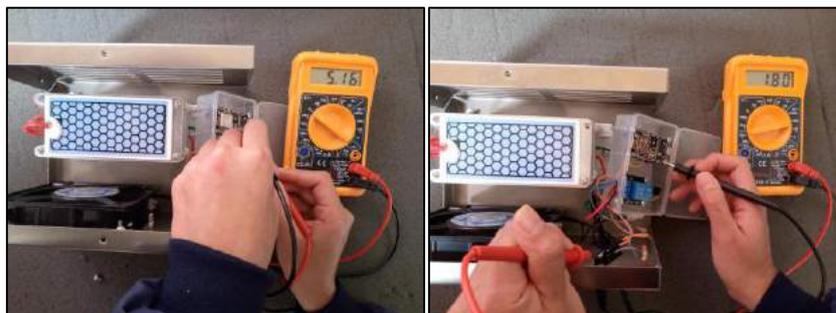


Figura 19-3: Voltaje y corriente medidos en el NodeMCU ESP8266 del NG

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

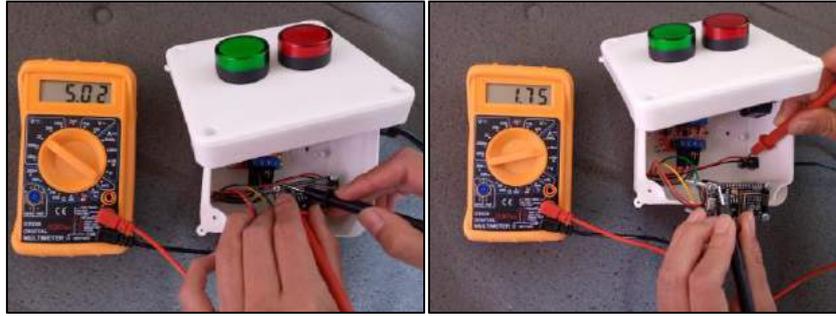


Figura 20-3: Voltaje y corriente medidos en el NodeMCU ESP8266 del NA

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Tabla 16-3: Cálculo práctico de potencia consumida por el dispositivo.

Nodo	Componente	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Potencia (W)
NS	Sensor de ozono MQ-131	4,99	0,35	0,0017
	Sensor de Movimiento PIR HC-SR501	5,04	0,31	0,0015
	NodeMCU ESP8266	5,02	5,43	0,0276
	Módulo RTC DS3231	3,29	0,17	0,0006
	Consumo de potencial total del NS			0,0314
NG	Generador de Ozono Airthereal MA5000	120,70	861,60	103,9951
	NodeMCU ESP8266	5,16	1,80	0,0093
	Consumo de potencial total del NG			104,0044
NA	Luz piloto color verde	110,20	15,30	1,6861
	Luz piloto color rojo	110,32	15,40	1,6989
	NodeMCU ESP8266	5,02	1,75	0,0088
	Consumo de potencial total del NA			2,8733
Consumo práctico de potencial total del dispositivo				106,9091

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Al comparar el valor del consumo teórico total con el valor del consumo medido se determina que el dispositivo tecnológico no consume más energía de los 106,986W que se calculó teóricamente en la Tabla 15-3 puesto que la diferencia respecto al valor de 106,9091W obtenido en la Tabla 16-3 es de 0,0769W.

Utilizando los valores de consumo medidos presentados en la Tabla 16-3 se calcula la cantidad de potencia requerida en un mes de treinta días por los nodos NS, NG y NA, aplicando la Fórmula 1-3 (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2015).

$$C = \frac{p \times h \times d}{1000} \quad \text{Fórmula 1 - 3}$$

Donde:

C : Consumo en el mes (KWH)

p : Potencia del dispositivo a alimentar (W)

h : Horas del funcionamiento al día

d : Días de funcionamiento al mes

Entonces resulta que el consumo teórico de potencia en el mes del NS es 0,0226KWH/mes, del NG es 74,8832KWH/mes y por último el NA consume 2,0688KWH/mes, con un consumo mensual total del dispositivo de 76,9746KWH/mes, siendo la demanda de energía mayor la del NG.

Tabla 17-3: Consumo de aparatos de uso común en ambientes cerrados

Aparato	Potencia promedio (W)	Tiempo de uso	Horas de uso al mes	Consumo mensual (KWH/mes)
Computadora	300	9 hrs/diarias	270	81
Refrigerador	375	8 hrs/diarias	240	90
Secadora de ropa eléctrica	5600	4 hrs/semanales	16	90
Focos incandescentes (8 de 60W c/u)	480	5 hrs/diarias	150	72

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

En la Tabla 17-3 se presenta el consumo de KWH/mes de ciertos aparatos de uso común en ambientes cerrados los valores de potencia promedio dependen de la marca, el modelo y los años que tengan. Se concluye que el dispositivo tecnológico implementado consume 76,9746 KWH/mes lo que indica que mantiene estándares de consumo por lo general inferiores a los equipos utilizados en las dependencias en las que puede instalarse, como son habitaciones, centros educativos y médicos, entre otros.

CAPITULO IV

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El presente capítulo tiene como finalidad analizar el costo del dispositivo total e individual de cada nodo implementado NS, NG y NA; esto sin considerar las horas hombre, para ello se hizo el cálculo con los precios de los elementos más representativos que se utilizaron en cada nodo, en la Tabla 1-4, se presenta el detalle del presupuesto del dispositivo tecnológico.

Tabla 1-4: Presupuesto del dispositivo tecnológico

Nodo	Componentes	Cantidad	Costo (USD)
NS	Sensor de ozono MQ-131	1	50,00
	Sensor de movimiento PIR HC-SR501	1	5,00
	Módulo reloj en Tiempo Real RTC DS3231	1	4,00
	NodeMCU ESP8266	1	9,00
	Gabinete de resguardo	1	10,00
	Adaptador AC-DC 5V	1	7,00
	Elementos eléctricos		7,00
Costo del nodo sensor			92,00
NG	Generador de Ozono Airthereal MA5000	1	130,00
	NodeMCU ESP8266	1	9,00
	Módulo Relé KY-019 5V 1 canal	1	3,00
	Gabinete de resguardo	1	5,00
	Adaptador AC-DC 5V	1	7,00
	Elementos eléctricos		5,00
Costo del nodo de generación			159,00
NA	Luz piloto color verde	1	3,00
	Luz piloto color rojo	1	3,00
	NodeMCU ESP8266	1	9,00
	Módulo Relé 5V 2 canales con optoacopladores	1	5,00
	Gabinete de resguardo	1	10,00
	Adaptador AC-DC 5V	1	7,00
	Elementos eléctricos	1	3,00
Costo del nodo de aviso			40,00
Costo total del dispositivo tecnológico			291,00

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Al analizar el presupuesto de la Tabla 1-4 se observa que el costo total del prototipo es de 291,00 dólares en el que el nodo de generación presenta el mayor porcentaje del costo de la implementación con el 54,639%, mientras que el nodo sensor representa el 31,615% y finalmente al nodo de aviso le corresponde el 13,746%, del costo total.

4.1. Análisis de costos del dispositivo tecnológico

En la Tabla 2-4 se muestra el precio de equipos comerciales en el mercado y su respectivo ahorro en relación al dispositivo tecnológico construido.

Tabla 2-4: Equipos comerciales en el mercado

Equipo	Precio	Ahorro respecto al dispositivo implementado
Generador de ozono de 5 G/h industrial	\$980	70,3061%
Generador de ozono de 3 y 5 G/h	\$520/\$650	44,0385%/55,2307%

Realizado por: Morocho, M.; Pucha, E., 2021.

Se concluye que el dispositivo implementado presenta un ahorro máximo del 70,3061% como se muestra en la Tabla 2-4 en relación al costo de los equipos comerciales disponibles en el mercado, que presentan características semejantes al nodo de generación del dispositivo tecnológico.

Aparte de ello presenta mejores prestaciones respecto a los equipos comerciales disponibles en el mercado, respecto a la salud de las personas puesto que descarta su exposición al ozono y disminuye el tiempo en comparación con una desinfección manual debido a que consta del NS, NA y NV los cuales indican que la entrada al entorno cerrado en cuestión no es perjudicial.

CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un dispositivo tecnológico con nodos embebidos integrables a una red inalámbrica para la alerta, supervisión y desinfección por medio de ozono en ambientes cerrados, constituido por cuatro nodos: sensor, generación, aviso y visualización de información, basado en tecnología wifi que permite visualizar y almacenar datos mediante la plataforma Ubidots.
- De las pruebas realizadas al comparar las mediciones de ozono con un equipo de referencia, se determinó que el dispositivo no incorpora un error adicional al generado por el sensor de O₃ manteniendo errores menores al 5%, concluyendo que el dispositivo tecnológico presenta similares características a equipos comerciales en cuanto a medición.
- A partir de pruebas se estableció que el sensor de movimiento PIR HC-SR501 tiene una efectividad del 93,33% cuando existe movimiento y un 100% de efectividad cuando no existe, confirmando una efectividad general del sensor del 96.66% en base a una efectividad del 95% establecida por autores, lo que muestra que los datos obtenidos son válidos.
- Aplicando el coeficiente de variación se determina que el prototipo presenta un rango de variabilidad del 7,31%, lo que indica que no supera el 15% según lo reportado por autores para demostrar la estabilidad del dispositivo.
- Al evaluar la comunicación de wifi se determinó que la distancia máxima alcanzada entre los nodos NS y NA es de 40m con obstáculos, mientras que con línea de vista la distancia máxima es de 250m, lo que garantizó una comunicación libre de pérdidas para ambos casos. Estas distancias son favorables y garantizan una comunicación óptima, considerando que el equipo generador de ozono tiene un área de cobertura de 180 m².
- En base a los resultados se concluyó que el tiempo de retardo promedio en comunicación wifi entre los nodos existe un tiempo de respuesta por debajo de los 0,5 segundos; en cuanto al tiempo de envío de datos a Ubidots de las variables sensadas se mantienen por debajo de 4 segundos de referencia en valores alrededor de los 2,7 segundos, indicando que el tiempo de la comunicación es adecuado; por último después de la desinfección el tiempo de espera para ingresar al ambiente es de 10 minutos cuando los niveles de ozono no perjudican a la salud.

- En la comparación de los valores de consumo teórico y práctico totales del dispositivo tecnológico se concluyó que la diferencia es de 0,0769W. Por otra parte, al comparar el consumo mensual de KWH/mes se concluyó que el dispositivo mantiene estándares de consumo inferiores a los equipos utilizados en las dependencias en las que puede instalarse el dispositivo.
- En el mercado aún no existen equipos similares al dispositivo desarrollado, pero al comparar con los equipos encontrados en el mercado se concluye que el ahorro que representa corresponde a un 70,3061% en relación al costo de equipos comerciales. Del costo total del prototipo que son 291,00 dólares el nodo de generación presenta el mayor porcentaje del costo de la implementación con el 54,639%.

RECOMENDACIONES

- En cuanto a la comunicación inalámbrica mediante wifi, se recomienda incorporar tarjetas de desarrollo con antenas para mejorar el alcance de la comunicación dependiendo de los requerimientos en la aplicación del dispositivo.
- Se recomienda que el almacenamiento de datos del dispositivo se lo realice en una plataforma de pago debido a las mejores prestaciones que estas tienen en lo que se refiere a seguridad, gestión, control de datos y capacidad de almacenamiento.
- Con respecto a las condiciones en las que debe trabajar el dispositivo se debe considerar que el ambiente debe estar limpio puesto que el O₃ cumple con la desinfección y desodorización más no de la limpieza física del lugar.
- En futuras investigaciones se recomienda incorporar sensores de calidad del aire que establezcan una mejor capacidad de análisis e interpretación de resultados después que el dispositivo haya realizado la desinfección.
- Se invita al personal experto en el área de análisis de datos a emplear los datos históricos de los procesos realizados por el dispositivo, con el objetivo de extraer información útil que sea considerada en la creación de patrones matemáticos que contribuyan al mejoramiento de la autonomía de estos dispositivos.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE ANDALUCÍA. “Tecnologías inalámbricas”. *Vigilancia tecnológica* [en línea], 2008, España. [Consulta: 2 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/371284820/tecnologias-inalambricas-pdf>.

AHUJA, Sanjay P.; & COLLIER, N. “An Assessment of WiMax Security”. *Commun. Netw* [en línea], 2010, 2 (2), pp. 134-137. [Consulta: 29 de junio de 2021]. Disponible en: https://file.scirp.org/pdf/CN20100200006_68068368.pdf.

ALTAMIRANO BENALCÁZAR, Héctor Rodrigo; & PUENTE MORENO, Amanda Madelaine. Diseño e implementación de una red inalámbrica de Sensores inteligentes para el registro de la Contaminación acústica en la ESPOCH basado en Tarjetas de desarrollo (Trabajo de Titulación). (Grado). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes, Riobamba, Ecuador. 2016. [Consulta: 30 de junio de 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6378>.

ANGELES ANGELES, Francisco. "Sensor". *Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 3* [en línea], 2019, (México) 6(12), pp. 21-22. [Consulta: 24 de abril de 2021]. ISSN 2007-7653. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/4219>.

ARDUINO. *Software Arduino (IDE)* [en línea]. 2021. [Consulta: 16 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment>.

ARGUERO TELLO, Jonathan David. Desarrollo de una red de sensores inalámbricos con comunicación Zigbee para el monitoreo de una estación didáctica (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Ingeniería Electrónica, Quito, Ecuador. 2020. [Consulta: 15 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18575>.

ASAMBLEA CONSTITUYENTE DEL ECUADOR. Constitución de la República del Ecuador. Decreto Legislativo 0 [en línea]. 2008. [Consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.uteq.edu.ec/lotaip/lotaip/pdf/2014/constitucion2008.pdf>.

AV ELECTRONICS. *Sensor Gas MQ-131* [en línea]. Quito-Ecuador, 2021. [Consulta: 16 de julio de 2021]. Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/sensor-gas-mq-131/>.

BRAVO GRANDA, Byron Andrés; & BELDUMA BELDUMA, Luis Alberto. Diseño de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo del tránsito vehicular y la contaminación CO2 dentro de un sector urbano (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad politécnica Salesiana, Ingeniería Electrónica, Cuenca, Ecuador. 2017. [Consulta: 16 de junio de 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14153>.

BUETTRICH, Sebastián; & ESCUDERO, Alberto. *Topología e Infraestructura Básica de Redes Inalámbricas* [en línea] Tshwane, Sudafrica: TRICALCAR, 2007. [Consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: https://www.unac.edu.pe/images/inventario/documentos/manuales/topologia-e-infraestructura_guia_v02.pdf.

CANDELARIO ELÍAS, Julio. Implementación de WPS en el firmware NodeMCU para el ESP8266 (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Electrónica, Sevilla, España. 2016. [Consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11441/44574>.

CARAZO FERNÁNDEZ, Luis; et al. Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. *Archivos de Bronconeumología* [en línea], 2013, (España) 49(1), pp. 22-27. [Consulta: 17 de mayo de 2021]. ISSN 0300-2896. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2012.04.00>.

CÁRDENAS RIVERO, Arturo Javier. Diseño de una aplicación IoT para casas de cultivo (Trabajo de titulación). (Doctoral). [en línea] Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Automática y Sistemas Computacionales, Santa Clara, Cuba. 2019. [Consulta: 2 de julio de 2021]. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/11347>.

CORONA RAMÍREZ, Leonel Germán; et al. *Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino* [en línea]. (2a. ed.). Ciudad de México-México: Grupo Editorial Patria, 2019. [Consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/121284>.

COSEMAROZONO. *Nota informativa: El ozono en la desinfección. Coronavirus de Wuhan y ozono. Desinfección con ozono: aire, agua, alimentos* [blog]. 2021. [Consulta: 29 de junio de 2021].

2021]. Disponible en: <https://www.cosemarozono.com/blog/nota-informativa-el-ozono-en-la-desinfeccion-coronavirus-de-wuham-y-ozono/>.

DEGLER, David. Spectroscopic insights in the gas detection mechanism of tin dioxide based gas sensors (Trabajo de titulación). (Doctoral). [en línea] Universidad Eberhard Karls de Tubinga, Facultad de Matemáticas y Ciencias Naturales, Tubinga, Alemania. 2017. [Consulta: 21 de junio de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15496/publikation-19211>.

DÍAZ PINZÓN, Jorge Enrique. "Estudio de los resultados del contagio por COVID-19 a nivel mundial". *Revista Repertorio De Medicina Y Cirugía* [en línea], 2020, (Colombia) 29(Num.Supl.1), pp. 65-71. [Consulta: 22 de abril de 2021]. ISSN 0121-7372. Disponible en: <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.01217372.1089>.

EDUBOTICS. *Módulo Reloj de Tiempo Real (RTC) DS3231* [en línea]. 2021. [Consulta: 16 de julio de 2021]. Disponible en: <https://eduboticsperu.com/tienda/modulo-reloj-de-tiempo-real-rtc-ds3231/>.

EINSTRONIC. Introduction to NodeMCU ESP8266. *Datasheet* [en línea]. 2017. [Consulta: 2 de junio de 2021]. Disponible en: <https://ardustore.dk/error/Manuel%20-%20NodeMCU%20Lua.pdf>.

ELECTRONILAB. NodeMCU – Board de desarrollo módulo ESP8266 Esp12e WiFi [en línea]. 2017. [Consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: <https://electronilab.co/tienda/nodemcu-board-de-desarrollo-con-esp8266-wifi-y-lua/>.

ESCALANTE CARDONA, David Steeven, & VARGAS OSPINA, Daniel Mateo . "Raspberry pi: la tecnología reducida en placa". *Tecnología de sistemas de información*. [en línea] Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Tecnología en Sistemas de Información, Cali, Colombia. 2019. [Consulta: 19 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/4250>.

ESCOLAR DÍAZ, M. S. *Wireless Sensor Networks: Estado del Arte e Investigación* [en línea]. 2007. [Consulta: 7 de julio de 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/13303321-Wireless-sensor-networks-estado-del-arte-e-investigacion-m-soledad-escolar-diazd.html>.

FORENSICS DETECTORS. *Ozone Detector | USA NIST Calibration* [en línea]. 2021. [Consulta: 17 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://www.forensicsdetectors.com/products/ozone-detector>.

GADM DE RIOBAMBA. *Código urbano. Libro IV de las normas de arquitectura, urbanismo y construcción final* [en línea]. 2017. [Consulta: 8 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/descarga/nuevo-codigo-urbano>.

GARCÍA CHAMIZO, Juan Manuel; et al. *Revisión de las Aplicaciones del Ozono y su Generación para el Uso en Mascarillas contra Patógenos. Versión Preliminar* [en línea]. 2020. [Consulta: 12 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/104988/1/Ozono%20contra%20patogenos-version%20preliminar.pdf>.

GARCÍA NIETO, Almudena; & MARTA MORALES, Isabel. *Calidad del ambiente interior en edificios de uso público* [en línea]. (2a. ed.). Madrid-España: Dirección General de Ordenación e Inspección & Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid, 2018. [Consulta: 27 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.comunidad.madrid/publicacion/1354725910508>.

GEIER, Jim. Chapter 1, Wireless System Architecture: How Wireless Works. *Cisco Press* [en línea]. 2008. [Consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: http://www.wireless-nets.com/resources/sample_chapters/wireless_first_step_C1.pdf.

GLOWACZ, Marcin; et al. Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini. *Postharvest Biology and Technology* [en línea], 2015, 99, pp. 1-8. [Consulta: 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.06.015>.

GÓMEZ GONZÁLEZ, Arnaldo Andrés; et al. “Implementación de un dispositivo basado en Bluetooth y RFID para guía y posicionamiento en interiores de personas con incapacidad visual usando una APP en su dispositivo móvil”. *Redes de Ingeniería* [en línea], 2016, pp. 97-106. [Consulta: 30 de junio de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/2248762X.11996>.

GRUPO VELASCO. *Adaptador AC/DC Intel. Fijo 5V-1A Plug 2.5* [en línea]. 2015. [Consulta: 7 de julio de 2021]. Disponible en: <http://www.velasco.com.ec/velasco/producto.php?id=4431>.

GUSQUI BEJARANO, Yessenia Alexandra. Diseño de un prototipo de red WSN para el monitoreo del nivel de contaminación de CO2 existente en el centro de la ciudad de Riobamba (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes,

Riobamba, Ecuador. 2017. [Consulta: 18 de junio de 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8001>.

HENAN HANWEI ELECTRONICS. *MQ131 Semiconductor Sensor for Ozone* [en línea]. 2020. [Consulta: 13 de junio de 2021]. Disponible en: <http://www.datasheet.es/PDF/770516/MQ131-pdf.html>.

HERRERA MONTALVO, Edgar Alexis. Diseño e implementación de un sistema de control de un generador de ozono y procesamiento de datos para la EMA-USFQ (Trabajo de Titulación) (Grado). [en línea] Universidad San Francisco de Quito USFQ. Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito-Ecuador. 2016. [Consulta: 9 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5498>.

HIDAYAT, M. Reza; et al. “Perancangan sistem keamanan rumah berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266 menggunakan sensor PIR HC-SR501 dan sensor smoke detector”. *Journal Kilat* [en línea], 2018, (Indonesia) 7(2), pp.139-148. [Consulta: 6 de julio de 2021]. ISSN 2089-1245. Disponible en: <https://doi.org/10.33322/kilat.v7i2.357>.

INE, I.N. de E. *Coefficiente de variación y error asociado al estimador Encuesta Nacional de Empleo (ENE)* [en línea], 2016. p.5. [Consulta: 12 de julio de 2021]. Disponible en: http://historico.ine.cl/ene/files/pdf/anexo_estadistico_coeficiente_de_variacion_y_error_asociado_al_estimador_v20160429.pdf.

LARA FERNÁNDEZ, Gloria Esther; et al. Ozono como método de desinfección del ambiente hospitalario. *Acta Médica Costarricense* [en línea], 2020, (Costa Rica) 62(2), pp. 72-78. [Consulta: 23 de abril de 2021]. ISSN 0001-6002. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43463319005>.

LEIVA PÉREZ, Agustín; et al. Eliminación de materia orgánica en aguas residuales textiles mediante la aplicación de ozono. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad* [en línea], 2018, (Ecuador) 1(2), pp. 76-87. [Consulta: 2 de junio de 2021]. ISSN 2697-3510. Disponible en: <https://doi.org/10.46380/rias.v1i2.31>.

LEY ORGÁNICA DE SALUD. Ley 67 de 2006. *Registro Oficial Suplemento 423 de 22 de diciembre de 2006* [en línea]. 2006. [Consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORG%C3%81NICA-DE-SALUD4.pdf>.

LLAGUA PAREDES, Samuel Esteban. Construcción de un generador de ozono automatizado para la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial (Trabajo de Titulación). (Grado). [en línea] Universidad Técnica de Ambato Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en procesos de Automatización, Ambato, Ecuador. 2017. [Consulta: 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25699>.

LORENTE GONZÁLEZ, Gustavo Yasser. Evaluación de un sistema de desinfección de acelga (*Beta vulgaris* var Cicla) mediante ozono acuoso (Trabajo de titulación). (Maestría). [en línea] Universidad de La Habana. Instituto de farmacia y alimentos, La Habana, Cuba. 2010. [Consulta: 1 de junio de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2988.0406>.

LOYOLA PINOS, María Augusta; & BECERRA DELGADO, Paúl Alfonso. Manual para la aplicación de la tecnología ZigBee para edificios inteligentes en la ciudad de Cuenca (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Electrónica, Cuenca, Ecuador. 2015. [Consulta: 6 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7986>.

MANOTAS CAMPOS, J.; & MARTÍNEZ MARÍN, N. Exploración de las plataformas IOT en el mercado para fomentar el conocimiento, buen uso y efectividad de los dispositivos IOT creados en la facultad de ingeniería y ciencias básicas de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano, Facultad de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones, Bogotá, Colombia. 2018. [Consulta: 15 de junio de 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10823/1215>.

MARÍN LEÓN, Valeria. Evaluación del efecto de la aplicación de ozono gaseoso sobre las características físico-químicas y parámetros de calidad poscosecha de mora fresca (*Rubus adenotrichos*) durante su almacenamiento a 2°C. (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Tecnología de Alimentos, San José, Costa Rica. 2016. [Consulta: 24 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3617>.

MARÍN TOVAR, Carlos Alberto. Diseño de un sistema de ventilación mediante el uso de CFD (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingenierías el Politécnico, Quito, Ecuador. 2013. [Consulta: 20 de junio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2486>.

MARTINEZ JACOBSO, Rodrigo. Comparativa y estudio de plataformas IoT (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad Politécnica de Cataluña, Ingeniería Informática, Cataluña, España. 2017. [Consulta: 1 de julio de 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/113622>.

MEGATEX. *Generador De Ozono Industrial Original Garantia 1 Año 5g/h.* [en línea]. 2017. [Consulta: 15 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.ocompra.com/ecuador/item/generador-de-ozono-industrial-original-garantia-1-ano-5g-h-432429667/>.

METALTEX ELECTRONIC PRODUCTS. Sinalizadores. *L20-R - Sinalizador LED 22mm com proteccion IP65* [en línea]. 2021. [Consulta: 10 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://www.metaltex.com.br/produtos/automacao/sinalizadores/l20-r-sinalizador-led-22mm-com-protecao-ip65>.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. CENTROSUR. *Calcular Consumo* [en línea]. 2015. [Consulta: 27 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.centrosur.gob.ec/calcular-consumo/>.

MORENO STRAUCH, Felipe. “Comunicación en tiempo real sobre internet”. *Buran* [en línea], 2000, (España) 15, pp. 28-32. [Consulta: 10 de junio de 2021]. ISSN 2013-9713. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099/9969>.

MOYÓN RIVERA, Cristian William; & ORDÓÑEZ BERRONES, Dayana Karina. Construcción de un prototipo de red de nodos inteligentes para supervisar la calidad y niveles del agua potable en los tanques de reserva de EP-EMAPAR (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica Telecomunicaciones y Redes, Riobamba, Ecuador. 2019. [Consulta: 16 de junio de 2021]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/13488>.

ONTANEDA ZAPATA, Roberto Javier. Diseño y construcción de un rodete de ventilador centrífugo de 100 cfm para el laboratorio de termofluidos de la Universidad Politécnica Salesiana – campus Kennedy (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Mecánica, Quito, Ecuador. 2015. [Consulta: 20 de junio de 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8926>.

PRETELL VASQUEZ, Carla; et al. "Efecto del ozono gaseoso sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y apariencia general de *Punica Granatum L. wonderful fresca*". *Scientia Agropecuaria* [en línea], 2016, (Perú) 7(3), pp. 173-180. [Consulta: 21 de junio de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.03>.

RASPBERRY PI FOUNDATION. Raspberry pi Foundation. *Sobre nosotros* [en línea]. 2021. [Consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/about/>.

REISCHLE, Andy. *ESP8266 range tester* [blog]. 26 de marzo, 2016. [Consulta: 11 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://www.areresearch.net/2016/03/udp-ranger-simple-esp8266-range-tester.html>.

ROBERT, Dennis; et al. "Ozone Gas: Scientific Justification and Practical Guidelines for Improvised Disinfection using ConsumerGrade Ozone Generators and Plastic Storage Boxes". *The Journal of Science and Medicine* [en línea], 2020, (Estados Unidos) 2(1), pp. 1-28. [Consulta: 19 de mayo de 2021]. ISSN 2690-2656. Disponible en: <https://doi.org/10.37714/JOSAM.V2I1.35>.

ROBÉS YSART, Diego . Sensores Resistivos de nanofibras de dióxido de estaño para la detección de ozono (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad Politécnica de Madrid, Carrera de Ingeniería Química, Madrid, España. 2020. [Consulta: 3 de julio de 2021]. Disponible en: <https://oa.upm.es/65018/>.

RODAS VÁSQUEZ, Urpi. Diseño de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de un almacén de una empresa de Lima-Perú (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima, Perú. 2013. [Consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5425>.

ROMERO, Gustavo Esteban; et al. "Cañón de ozono para la destrucción de la carga viral en ambientes públicos". *Innovación y Desarrollo Tecnológico y Social (IDTS)* [en línea], 2020, (Buenos Aires) 2(2), pp.204-224. [Consulta: 11 de mayo de 2021]. ISSN 2683-8559. Disponible en: <https://doi.org/10.24215/26838559e022>.

SEMANATE ZAPATA, Rubén Dario. Construcción de un purificador de aire con generación de gas ozono para ambientes residenciales y de oficina (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Escuela Politécnica Nacional, Escuela de formación de tecnólogos, Mantenimiento Industrial,

Quito, Ecuador. 2013. [Consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7097>.

TAPIA AYALA, Carlos Hipólito, & MANZANO YUPA, Hector Mauricio. Evaluación de la plataforma Arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Carrera de Ingeniería Electrónica mención en Sistemas Computacionales, Guayaquil, Ecuador. 2013. [Consulta: 12 de julio de 2021]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5522>.

TOQUICA RAMÍREZ, Lina María; GUZMÁN RUIZ, Michael Leandro. Desarrollo de Sistema de Seguridad para Automóviles con IOT y Smartphone (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia. 2016. [Consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/2750>.

TSENG, Chun Chieh; & LI, Chih Shan. "Ozone for Inactivation of Aerosolized Bacteriophages". *Aerosol Science and Technology* [en línea]. 2006. [Consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02786820600796590>.

UBIDOTS. Ubidots. *Enabling the data-driven future, today*. [en línea]. 2021. [Consulta: 20 de junio de 2021]. Disponible en: <https://ubidots.com/about/>.

UNIT ELECTRONICS. *Sensores de Movimiento PIR HC-SR501 / HC-SR505* [en línea]. 2016. [Consulta: 16 de julio de 2021]. Disponible en: <https://uelectronics.com/producto/sensores-de-movimiento-pir-hc-sr501-hc-sr505/>.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. Plan institucional de retorno progresivo frente al Covid-19 [en línea]. Riobamba: 2 de junio, 2020. [Consulta: 14 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.unach.edu.ec/plan-institucional-de-retorno-progresivo-frente-al-covid-19/>.

VALLE ESPINOSA, Luis Rodrigo. Evaluación de un método alternativo de pasteurización por inyección directa de ozono en vino de frutas elaborado a partir de un mosto combinado de manzana (*pyrus malus* l.), pera (*pyrus communis* l.) y uva (*vitis vinifera*) (Trabajo de titulación). (Grado). [en línea] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería en Alimentos, Ambato, Ecuador. 2016. [Consulta: 13 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24088>.

WESTOVER, Craig; et al. "Ozone Treatment for Elimination of Bacteria in Medical Environments". *bioRxiv* [en línea], 2020, pp. 1-15. [Consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1101/420737>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO guidelines for drinking water quality: training pack [en línea] 2001. [Consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66218>.

ANEXO A: HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR MQ-131

Henan Hanwei Electronics Co., Ltd. www.hwsensor.com

MQ131 Semiconductor Sensor for Ozone

Sensitive material of MQ131 gas sensor is SnO_2 , which with lower conductivity in clean air. When Ozone gas exists. The sensor's conductivity is more higher along with the gas concentration rising. Please use simple electronic circuit. Convert change of conductivity to correspond output signal of gas concentration.

MQ131 gas sensor has high sensitivity to Ozone, also sensitive to Cl_2 , NO_2 , etc.

Character

- Good sensitivity to Ozone in wide range
- High sensitivity to Ozone
- Long life and low cost
- Simple drive circuit

Application

- Domestic Ozone concentration overload Detector
- Industrial Ozone concentration overload Detector
- Portable Ozone concentration overload Detector

Configuration

Basic test loop

The above is basic test circuit of the sensor. The sensor need to be out 2 voltage, heater voltage (VH) and test voltage (VC). VH used to supply certified working temperature to the sensor, while VC used to detect voltage (VRL) on load resistance (RL) when is in series with sensor. The sensor has light polarity, VC need DC power, VC and VH could use same power circuit with precondition to assure performance of sensor. In order to make the sensor with better performance, suitable RL value is needed.

Technical Data

Model No.	MQ131
Sensor Type	Semiconductor
Standard Encapsulation	Bobbin (Black Substrate)
Detection Gas	Ozone
Concentration	10-1000ppm Ozone
Loop Voltage	V_L 5.0V DC
Heater Voltage	V_H 5.0V±0.2V AC or DC
Load	R_L Adjustable
Heater Resistance	R_H 310±30 (Room Temp.)
Heater consumption	P_H $\leq 900\text{mW}$
Sensing Resistance	R_s 50KΩ-500KΩ (in 50ppm O_3)
Sensitivity	$S = R_s(\text{in air})/R_s(\text{in } 50\text{ppm } \text{O}_3)$
Slope	$\alpha = (R_{s1} - R_{s2})/R_{s1}$
Temp. Humidity	20°C±2°C, 60%±5%RH
Standard test circuit	V_C 5.0V±0.1V, V_H 5.0V±0.1V
Preheat time	Over 48 hours

Power of Sensitivity body (Pa), $P_s = V_C^2 / (R_s + R_L)$
 Resistance of sensor (Rs), $R_s = (V_C / I) - R_L$

Tel: 86-371-6716907080 Fax: 86-371-67169000 Email: sales@hwsensor.com

Henan Hanwei Electronics Co., Ltd. www.hwsensor.com

Sensitivity Characteristics

Fig 1 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ131, ordinate means resistance ratio of the sensor (R_s/R_0), abscissa is concentration of gases, R_0 means resistance in different gases, R_s means resistance of sensor in 50ppm Cl_2 . All test are under standard test conditions.

Influence of Temperature/Humidity

Fig 2 shows the typical temperature and humidity characteristics. Ordinate means resistance ratio of the sensor (R_s/R_0), R_0 means resistance of sensor in 50ppm Ozone under different temp. and humidity. R_s means resistance of the sensor in environment of 50ppm Ozone, 20°C/60%RH.

Structure and configuration

Structure and configuration of MQ131 gas sensor is shown as Fig. 3, sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a cruet made by plastic and stainless steel nut. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-1 have 6 pins, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Tel: 86-371-6716907080 Fax: 86-371-67169000 Email: sales@hwsensor.com

Henan Hanwei Electronics Co., Ltd. www.hwsensor.com

Notification

1 Following conditions must be prohibited

1.1 Exposed to organic silicon steam
 Organic silicon steam cause sensors invalid, sensors must be avoid exposing to silicon bond, fixtature, silicon latex, oily or plastic contain silicon environment

1.2 High Corrosive gas
 If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as H_2S , SO_2 , Cl_2 , HCl etc.) it will not only result in corrosion of sensors structure, also it cause sincere sensitivity attenuation.

1.3 Alkali, Alkali metals salt, halogen pollution
 The sensors performance will be changed badly if sensors are sprayed polluted by alkali metals salt especially berric, or be exposed to halogen such as fluorine.

1.4 Touch waste
 Sensitivity of the sensors will be reduced when splattered or dipped in water.

1.5 Freezing
 Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensor would lose sensitivity.

1.6 Applied voltage higher
 Applied voltage on sensor should not be higher than stipulated value, otherwise it cause down-line or heater damaged, and bring on sensors' sensitivity characteristic changed badly.

1.7 Voltage on wrong pins
 For 6 pins sensor, if apply voltage on 1, 3 pins or 4, 6 pins, it will make lead broken, and without signal when apply on 2, 4 pins

2 Following conditions must be avoided

2.1 Water Condensation
 Indoor conditions, slight water condensation will effect sensors performance lightly. However, if water condensation on sensors surface and keep a certain period, sensor's sensitivity will be decreased.

2.2 Used in high gas concentration
 No matter the sensor is electrified or not, if long time placed in high gas concentration, it will affect sensors characteristic.

2.3 Long time storage
 The sensors resistance produce reversible drift if it's stored for long time without electricity, this drift is related with storage conditions. Sensors should be stored in airtight without silicon gel bag with clean air. For the sensors with long time storage but no electricity, they need long aging time for stability before using.

2.4 Long time exposed to adverse environment
 No matter the sensors electrified or not, if exposed to adverse environment for long time, such as high humidity, high temperature, or high pollution etc., it will effect the sensors performance badly.

2.5 Vibration
 Continual vibration will result in sensors down-lead response then rupture. In transportation or assembling line, pneumatic screwdriver/ultrasonic welding machine can lead this vibration.

2.6 Concussion
 If sensors meet strong concussion, it may lead its lead wire disconnected.

2.7 Usage
 For sensor, handmade welding is optimal way. If use wave crest welding should meet the following conditions:

- 2.7.1 Soldering flux: Rosin soldering flux contains least chlorine.
- 2.7.2 Speed: 1-2 Meter/Minute
- 2.7.3 Warm-up temperature: 100±20°C
- 2.7.4 Welding temperature: 250±10°C
- 2.7.5 1 time pass wave crest welding machine

If disobey the above using terms, sensors sensitivity will be reduced.

Tel: 86-371-6716907080 Fax: 86-371-67169000 Email: sales@hwsensor.com

ANEXO C: HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO RTC DS3231

DS3231

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

General Description

The DS3231 is a low-cost, extremely accurate I²C real-time clock (RTC) with an integrated temperature-compensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device as well as reduces the piece-part count in a manufacturing line. The DS3231 is available in commercial and industrial temperature ranges, and is offered in a 16-pin, 300-mil SO package.

The RTC maintains seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. Two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output are provided. Address and data are transferred serially through an I²C bidirectional bus.

A precision temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the status of V_{CC} to detect power failures, to provide a reset output, and to automatically switch to the backup supply when necessary. Additionally, the RST pin is monitored as a pushbutton input for generating a μP reset.

Benefits and Features

- Highly Accurate RTC Completely Manages All Timekeeping Functions
 - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year, with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
 - Accuracy ±2ppm from 0°C to +40°C
 - Accuracy ±3.5ppm from -40°C to +85°C
 - Digital Temp Sensor Output: ±3°C Accuracy
 - Register for Aging Trim
 - RST Output/Pushbutton Reset Debounce Input
 - Two Time-of-Day Alarms
 - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Interface Connects to Most Microcontrollers
 - Fast (400kHz) I²C Interface
- Battery-Backup Input for Continuous Timekeeping
 - Low Power Operation Extends Battery-Backup Run Time
 - 3.3V Operation
- Operating Temperature Ranges: Commercial (0°C to +70°C) and Industrial (-40°C to +85°C)
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized

Applications

- Servers
- Telematics
- Utility Power Meters
- GPS

Ordering Information and Pin Configuration appear at end of data sheet.

Typical Operating Circuit

Underwriters Laboratories is a registered certification mark of Underwriters Laboratories Inc.

19-5170; Rev 10; 3/13

DS3231

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground: -0.3V to +0.6V
 Junction-to-Ambient Thermal Resistance (R_{JA}) (Note 1): 23°C/W
 Junction-to-Case Thermal Resistance (R_{JC}) (Note 1): 23°C/W
 Operating Temperature Range
 DS3231S: 0°C to +70°C
 DS3231N: -40°C to +85°C

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to www.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Recommended Operating Conditions
(T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V _{CC}		2.3	3.3	5.5	V
	V _{BAT}		2.3	3.0	5.5	V
Logic 1 Input SDA, SCL	V _{IH}		0.7 x V _{CC}	0.3	V _{CC} + 0.3	V
Logic 0 Input SDA, SCL	V _{IL}		-0.3		0.3 x V _{CC}	V

Electrical Characteristics
(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} = Active Supply (see Table 1), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Supply Current	I _{CCA}	(Notes 4, 5)			200	μA
			V _{CC} = 3.63V		300	
Standby Supply Current	I _{CCS}	IC bus inactive, 32kHz output on, SQW output off (Note 5)			110	μA
			V _{CC} = 3.63V		170	
Temperature Conversion Current	I _{CCSQW}	IC bus inactive, 32kHz output on, SQW output off			575	μA
			V _{CC} = 5.5V		650	
Power-Fail Voltage	V _{PF}		2.45	2.575	2.70	V
Logic 0 Output, 32kHz, INT/SQW, SDA	V _{OL}	I _{OL} = 3mA			0.4	V
Logic 0 Output, RST	V _{OL}	I _{OL} = 1mA			0.4	V
Output Leakage Current 32kHz, INT/SQW, SDA	I _{LO}	Output high impedance	-1	0	+1	μA
Input Leakage SCL	I _{LI}		-1		+1	μA
RST Pin I/O Leakage	I _{CL}	RST high impedance (Note 6)	-200		+10	μA
V _{BAT} Leakage Current (V _{CC} Active)	I _{BATLKG}			25	100	nA

www.maximintegrated.com Maxim Integrated | 2

DS3231

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

Electrical Characteristics (continued)
(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} = Active Supply (see Table 1), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Frequency	f _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V		32.768		kHz
Frequency Stability vs. Temperature (Commercial)	Δf _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V, aging offset = 00h	0°C to +40°C		±2	ppm
			+40°C to +70°C		±3.5	
Frequency Stability vs. Temperature (Industrial)	Δf _{OUT}	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V, aging offset = 00h	-40°C to -0°C		±3.5	ppm
			0°C to +40°C		±2	
Frequency Stability vs. Voltage	Δf _V		+40°C		1	ppm/V
			+25°C		0.7	
Trim Register Frequency Sensitivity per LSB	Δf/LSB	Specified at:	+70°C		0.1	ppm
			+0°C		0.4	
			+85°C		0.8	
Temperature Accuracy	Temp	V _{CC} = 3.3V or V _{BAT} = 3.3V		-3	+3	°C
Crystal Aging	Δf _C	After reflow, not production tested	First year		±1.0	ppm
			0-10 years		±5.0	

Electrical Characteristics
(V_{CC} = 0V, V_{BAT} = 2.3V to 5.5V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Battery Current	I _{BATA}	EOSC = 0, BBSQW = 0, SCL = 400kHz (Note 5)			70	μA
			V _{BAT} = 3.63V		150	
Timekeeping Battery Current	I _{BATT}	EOSC = 0, BBSQW = 0, EN29Hz = 1, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V _{BAT} (Note 5)			0.84	3.0
			V _{BAT} = 3.63V		1.0	3.5
Temperature Conversion Current	I _{BATTC}	EOSC = 0, BBSQW = 0, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V _{BAT}			575	μA
			V _{BAT} = 3.63V		650	
Data-Retention Current	I _{BATDR}	EOSC = 1, SCL = SDA = 0V, +25°C			100	nA

www.maximintegrated.com Maxim Integrated | 3

DS3231

Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal

AC Electrical Characteristics
(V_{CC} = V_{CC(MIN)} to V_{CC(MAX)} or V_{BAT} = V_{BAT(MIN)} to V_{BAT(MAX)}, V_{BAT} > V_{CC}, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f _{SCL}	Fast mode		100	400	kHz
		Standard mode		0	100	
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t _{BUF}	Fast mode		1.3		μs
		Standard mode		4.7		
Hold Time (Repeated) START Condition (Note 7)	t _{HD STA}	Fast mode		0.6		μs
		Standard mode		4.0		
Low Period of SCL Clock	t _{LOW}	Fast mode		1.3		μs
		Standard mode		4.7		
High Period of SCL Clock	t _{HIGH}	Fast mode		0.6		μs
		Standard mode		4.0		
Data Hold Time (Notes 8, 9)	t _{HD DAT}	Fast mode		0	0.9	μs
		Standard mode		0	0.9	
Data Setup Time (Note 10)	t _{SU DAT}	Fast mode		100		ns
		Standard mode		250		
START Setup Time	t _{SU STA}	Fast mode		0.6		μs
		Standard mode		4.7		
Rise Time of Both SDA and SCL Signals (Note 11)	t _r	Fast mode		20 +	300	ns
		Standard mode		0.1C _B	1000	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals (Note 11)	t _f	Fast mode		20 +	300	ns
		Standard mode		0.1C _B	300	
Setup Time for STOP Condition	t _{SU STO}	Fast mode		0.6		μs
		Standard mode		4.7		
Capacitive Load for Each Bus Line	C _B	(Note 11)			400	pF
Capacitance for SDA, SCL	C _{IO}				10	pF
Pulse Width of Spikes That Must Be Suppressed by the Input Filter	t _{SP}				30	ns
Pushbutton Debounce	t _{PDB}				250	ms
Reset Active Time	t _{RST}				250	ms
Oscillator Stop Flag (OSF) Delay	t _{OSF}	(Note 12)			100	ms
Temperature Conversion Time	t _{CCNV}				125	200

Power-Switch Characteristics
(T_A = T_{MIN} to T_{MAX})

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V _{CC} Fall Time, V _{FF(MAX)} to V _{FF(MIN)}	t _{VCCF}			300		μs
V _{CC} Rise Time, V _{FF(MIN)} to V _{FF(MAX)}	t _{VCCR}			0		μs
Recovery at Power-Up	t _{REC}	(Note 13)		250	300	ms

www.maximintegrated.com Maxim Integrated | 4

ANEXO D: HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL NODEMCU ESP8266

INTRODUCTION TO NodeMCU ESP8266

DEVKIT v1.0 JULY 2017

www.einstronic.com

Internet of Things NodeMCU ESP8266 ESP-12E WiFi Development Board

NodeMCU is an open source IoT platform. It includes firmware which runs on the ESP8266 Wi-Fi SoC from Espressif Systems, and hardware which is based on the ESP-12 module. The term "NodeMCU" by default refers to the firmware rather than the device. The firmware uses Lua scripting language. It is based on the Lua project, and built on the Espressif form-factor ESP8266. It also inherits open source projects, such as Lua, jQuery, and jQuery.

Features

- Version : DevKit v1.0
- Breadboard Friendly
- Light Weight and small size.
- 3.3V operated, can be USB powered.
- Uses wireless protocol 802.11b/g/n
- Built-in wireless connectivity capabilities.
- Built-in PCB antenna on the ESP-12E chip.
- Capable of PWM, I2C, SPI, UART, 1-wire, 1-wire pin.
- Uses CP2102 USB Serial Communication interface module.
- Arduino IDE compatible (extension board manager required).
- Supports Lua (like node.js) and Arduino C programming language.

PINOUT DIAGRAM

NodeMCU ESP8266 v1.0

Source: https://pinout.readthedocs.io/en/latest/pinout_gpio_esp8266.html

Safety: #nooutput 40 GPIO pins on 3.3V V

NodeMCU ESP8266

Specifications of ESP-12E WiFi Module

Wireless Standard	IEEE 802.11 b/g/n
Frequency Range	2.412 - 2.484 GHz
Power Transmission	802.11b : +16 ± 2 dBm (at 11 Mbps) 802.11g : +14 ± 2 dBm (at 54 Mbps) 802.11n : +13 ± 2 dBm (at HT20, MCS7)
Receiving Sensitivity	802.11b : -93 dBm (at 11 Mbps, CCK) 802.11g : -85 dBm (at 54 Mbps, OFDM) 802.11n : -82 dBm (at HT20, MCS7)
Wireless Form	On-board PCB Antenna
IO Capability	UART, I2C, PWM, GPIO, 1 ADC
Electrical Characteristic	3.3 V Operated 15 mA output current per GPIO pin 12 - 200 mA working current Less than 200 uA standby current
Operating Temperature	-40 to +125 °C
Serial Transmission	110 - 921600 bps, TCP Client 5
Wireless Network Type	STA / AP / STA + AP
Security Type	WEP / WPA-PSK / WPA2-PSK
Encryption Type	WEP64 / WEP128 / TKIP / AES
Firmware Upgrade	Local Serial Port, OTA Remote Upgrade
Network Protocol	IPv4, TCP / UDP / FTP / HTTP
User Configuration	AT + Order Set, Web Android / IOS, Smart Link APP

Disclaimer: Information provided in this document is for reference only and does not constitute Espressif's obligation. Espressif does not warrant the accuracy, completeness, or timeliness of the information. Espressif reserves the right to change the information without notice.

July 2017

Related Sites

- NodeMCU Official Site: <http://nodemcu.com>
- NodeMCU Github: <https://github.com/nodemcu/nodemcu-firmware>
- NodeMCU Firmware (GitHub): <https://github.com/nodemcu/nodemcu-firmware>
- Project supported with NodeMCU, WAGO: <http://www.wago.com>
- ESP8266 Getting started, by ACR007C: <https://www.instructables.com/ESP8266-getting-started/>
- Quick Start to NodeMCU (ESP8266) on Arduino IDE, by Joseph Jacobson: <https://www.instructables.com/Quick-Start-to-NodeMCU-ESP8266-on-Arduino-IDE/>
- GETTING STARTED WITH PLATFORMIO AND ESP8266 NODEMCU by Arshad Gani: <https://www.instructables.com/Getting-Started-with-PlatformIO-and-ESP8266-NodeMCU/>
- Programming ESP8266 ESP-12E NodeMCU v1.0 with Arduino IDE with Wireless Temperature Logger by Zhu Tao: <https://www.instructables.com/Programming-ESP8266-ESP-12E-NodeMCU-v1-0-with-Arduino-IDE-with-Wireless-Temperature-Logger/>

For more details, we can be reached at all the addresses below. You'd be thankful.

CONTACT INFORMATION

www.einstronic.com | 010-2181042 (Heery - Owner) | einstronic@gmail.com | facebook.com/einstronic

FICHA TÉCNICA

EQUIPO GENERADOR DE OZONO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Purificador altamente eficaz para eliminar virus, bacterias y malos olores
Temporizador de 60 minutos.

Apropiado para usar en oficinas, guarderías, locales, almacenes, restaurantes, peluquerías, casas, departamentos, hospitales



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Modelo:	G010G
Voltaje:	110V
Garantía:	1 Año
Rendimiento:	10gr/hora
Peso:	2.5kg
Consumo:	100W
Temporizador:	1 hora
Tamaño de la caja:	30x25x25
Material de la carcasa:	Acero inoxidable
Área de cobertura :	180m2

MÁS INFORMACIÓN AL : + 593 98 708 5284

ANEXO F: HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INDICADORES LED

Sinaleiros 22mm LED
22mm LED indicators

L20R
Linha / Type

- De acordo com a norma IEC/EN60947-5-1 Código de compra / How to order
- Certificado UL e CE
- Grau de proteção IP65
- Led integrado ao corpo

L20-R2-R

Tensão de alimentação / Power Supply

1 - 110 VCA/WCC / VAC/VDC
 2 - 220 VCA / VAC
 7 - 24 VCA/WCC / VAC/VDC
 8 - 48 VCA/WCC / VAC/VDC
 9 - 12 VCA/WCC / VAC/VDC

Cores / Colors

R - Vermelha / Red
 GF - Verde puro / Pure green
 BLF - Azul puro / Pure blue
 Y - Amarelo / Yellow
 WP - Branco puro / Pure white

Especificações / Specifications

Categoria de sobretensão / Overvoltage:	III
Umidade / Humidity	45% - 85%
Temperatura / Temperature	-5°C - 40°C
Corrente operacional (Ie) / Nominal current (Ie)	< 20 mA
Vida útil / Life	> 30000 h
Brilho / Brightness	> 80 cd/m²

Dimensões / Dimensions

Furação / Mounting hole

Tolerâncias / Tolerance : ± 0,20 mm
 Todas as dimensões em milímetros / All dimensions in millimeters

ANEXO G: CÓDIGO DEL NODO SENSOR (NS)

```
// NODO SENSORES MAESTRO - CENTRAL
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <DS3232RTC.h>
#include <Time.h>
#include <WiFi.h>
#include "Ubidots.h"

const char * UBIDOTS_TOKEN = "BBFF-LfrJj60tSbl20KjFR2wmjdYSQUPQuF";
const char * WIFI_SSID = "WIFI";
const char * WIFI_PASS = "876543210";
const char * DEVICE_LABEL = "nodo_maestro";
Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN, UBI_TCP); //Protocolo TCP
DS3232RTC myRTC(false);
extern "C"
{
    #include <espnow.h>
}

/*
Estructura de datos para transmitir entre Maestro y Esclavo
Esta estructura debe ser la misma tanto en el Maestro y en el Esclavo
*/
struct ESTRUCTURA_DATOS // Sensor PIR
{
    uint16_t ESTADO = 0;
    uint32_t TIEMPO = 0;
    char side = 'R';
}
ED;
struct ESTRUCTURA_DATOS_OZONO // Sensor OZONO
{
    uint16_t ONOFF = 0;
    float MEDIDA = 0;
}EDO;
int sensor = 13; // D7 SENSOR PIR
int MQ_PIN_D5 = 14; // D5 SENSOR OZONO
const int MQ_PIN = A0; // SENSOR OZONO ANÁLOGO
void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    ubidots.wifiConnect(WIFI_SSID, WIFI_PASS); // Conectamos al WIFI
    // ubidots.setDebug(true); //Visualizar respuesta de la API de ubidots
    myRTC.begin();
    // setTime ( 17 , 57 , 00 , 23 , 8 , 2021 ); // establece la hora del sistema
    // myRTC.set (now ());
    pinMode(sensor, INPUT);
    pinMode(MQ_PIN_D5, INPUT);
    // Inicializando protocolo ESP-NOW
    if (esp_now_init() != 0)
    {
        Serial.println("Error al Iniciar el Protocolo esp_now_init()");
        ESP.restart();
    }
    // Imprime la Direccion MAC del NODO MAESTRO
    Serial.print("SoftAP MAC: ");
```

```

Serial.println(WiFi.softAPmacAddress());
Serial.print("STATION MAC: ");
Serial.println(WiFi.macAddress());
// Definir el rol del NODO
// 0=OCIOSO, 1=MASTER, 2=SLAVE y 3=MASTER+SLAVE
esp_now_set_self_role(1);
// Añadimos NODO LUCES ESCLAVO
uint8_t mac_addr[6] =
{
    0x42, 0xF5, 0x20, 0x26, 0xB2, 0x6B
};
uint8_t role = 2;
uint8_t channel = 3;
uint8_t key_len = sizeof(key);
esp_now_add_peer(mac_addr, role, channel, key, key_len);

// Añadimos NODO GENERADOR ESCLAVO
uint8_t mac_addr2[6] =
{
    0x42, 0xF5, 0x20, 0x2D, 0x73, 0x2B
};
uint8_t role2 = 2;
uint8_t channel2 = 3;
uint8_t key_len2 = sizeof(key2);
esp_now_add_peer(mac_addr2, role2, channel2, key2, key_len2);
}

void Encender_Luz_Verde()
{
    ED.ESTADO = 1;
    uint8_t da[6] =
    {
        0x40, 0xF5, 0x20, 0x26, 0xB2, 0x6B
    };
    uint8_t data[sizeof(ED)];
    memcpy(data, & ED, sizeof(ED));
    uint8_t len = sizeof(data);
    ubidots.add("indicadores", 1);
    Enviar_Ubidots();
    esp_now_send(da, data, len);
}

void Encender_Luz_Roja()
{
    ED.ESTADO = 0;
    uint8_t da[6] =
    {
        0x40, 0xF5, 0x20, 0x26, 0xB2, 0x6B
    };
    uint8_t data[sizeof(ED)];
    memcpy(data, & ED, sizeof(ED));
    uint8_t len = sizeof(data);
    ubidots.add("indicadores", 0);
    Enviar_Ubidots();
    esp_now_send(da, data, len);
}

```

```

void Encender_Generador()
{
    EDO.ONOFF = 1;
    uint8_t da2[6] =
    {
        0x40, 0xF5, 0x20, 0x2D, 0x73, 0x2B
    };
    uint8_t data2[sizeof(EDO)];
    memcpy(data2, & EDO, sizeof(EDO));
    uint8_t len2 = sizeof(data2);
    ubidots.add("generador", 1);
    Enviar_Ubidots();
    esp_now_send(da2, data2, len2);
}

void Apagar_Generador()
{
    EDO.ONOFF = 0;
    uint8_t da2[6] =
    {
        0x40, 0xF5, 0x20, 0x2D, 0x73, 0x2B
    };
    uint8_t data2[sizeof(EDO)];
    memcpy(data2, & EDO, sizeof(EDO));
    uint8_t len2 = sizeof(data2);
    ubidots.add("generador", 0);
    Enviar_Ubidots();
    esp_now_send(da2, data2, len2);
}

int Detectar_Movimiento()
{
    int movimiento = digitalRead(sensor);
    Serial.print(" Movimiento: ");
    Serial.println(movimiento);
    ubidots.add("movimiento", movimiento);
    Enviar_Ubidots();
    return movimiento;
}

float Medir_Ozono()
{
    EDO.MEDIDA = analogRead(MQ_PIN);
    Serial.print(" Lectura Ozono A0: ");
    Serial.print(EDO.MEDIDA/1000);
    float digital = digitalRead(2);
    ubidots.add("ozono", EDO.MEDIDA/1000);
    Enviar_Ubidots();
    return EDO.MEDIDA/1000;
}

void Enviar_Ubidots()
{
    bool buffer = false;
    buffer = ubidots.send(DEVICE_LABEL);
    if (buffer)
    {
        Serial.println("Valores Enviados a Ubidots");
    }
    else
    {
        Serial.println("Valores NO Enviados a Ubidots");
    }
}

```

```

void reloj()
{
    char buf[40];
    time_t t = myRTC.get();
    sprintf(buf, "%.2d:%.2d:%.2d %.2d%s%d ",
        hour(t), minute(t), second(t), day(t), monthShortStr(month(t)), year(t));
    Serial.print(buf);
}

int getMinuto()
{
    time_t t = myRTC.get();
    int minuto = minute(t);
    return minuto;
}

void minutosGenerador(int tiempo)
{
    time_t t = myRTC.get();
    int Inicio = minute(t);
    int Fin = Inicio + tiempo;
    Serial.println(" Tiempo Inicio: ");
    Serial.println(Inicio);
    Serial.println(" Tiempo FIN: ");
    Serial.println(Fin);
    int whileTime;
    while (Fin != getMinuto())
    {
        Serial.println("WTime: " + whileTime);
        if (Detectar_Movimiento() == 1)
        {
            Apagar_Generador();
        }
        Serial.println(" Minuto Actual: ");
        Serial.println(getMinuto());
    }
}

void tiempo(int tiempo)
{
    time_t t = myRTC.get();
    int Inicio = minute(t);
    int Fin = Inicio + tiempo;
    while (Fin != getMinuto())
    { }
}

void loop()
{
    reloj();
    Apagar_Generador();
    Encender_Luz_Verde();
    Serial.println();
    Medir_Ozono();
}

```

```

if (Detectar_Movimiento() == 0 && Medir_Ozono() < 0.07)
{
    Serial.println();
    reloj();
    Serial.print(" Encendiendo Generador...");
    Serial.println();
    Encender_Luz_Roja();
    Encender_Generador();
    Serial.println("\n>> R1\n");
    time_t hora = myRTC.get();
    // int minuto = minute(t);
    Serial.println("\n>> Reloj Capturado\n");
    Serial.println(ctime(& hora));
    Serial.println(minute(hora));
    // minutosGenerador(2);
    delay(40000); // 10 minutos
    Serial.println("\n>> R2\n");
    Apagar_Generador();
    Serial.print(" Generador Apagado!");
    reloj();
    Serial.println();
    while (Medir_Ozono() > 0.05)
    {
        Serial.println("Niveles de Ozono Altos\n");
        reloj();
        // Esperamos 3 minutos para una nueva medicion
        tiempo(3);
    }
    Serial.print(" Luz Verde Encendida!");
    reloj();
    Serial.println();
    Encender_Luz_Verde();
    tiempo(8);
}
else
{
    Serial.print(" Luz Verde ON y Generador Apagado");
    reloj();
    Serial.println();
    Encender_Luz_Verde();
}
reloj();
// Espera 5 min hasta que no haya mov
tiempo(5);
// Si tenemos perdida de datos en el receptor, aumentamos el tiempo de espera
}

```

ANEXO H: CÓDIGO DEL NODO DE GENERACIÓN (NG)

```
#include <ESP8266WiFi.h>
extern "C"
{
#include <espnow.h>
}
/*
Estructura de datos para transmitir entre Maestro y Esclavo
Esta estructura debe ser la misma tanto en el Maestro y en el Esclavo
*/
struct ESTRUCTURA_DATOS_OZONO //OZONO
{
uint16_t ONOFF = 0;
float MEDIDA = 0;
} EDO;
#define GENERADOR_PIN 5 //D1
void setup()
{
Serial.begin(115200);
// Inicializando protocolo ESP-NOW
if (esp_now_init() != 0)
{
Serial.println("Error al Iniciar el Protocolo ESP NOW");
ESP.restart();
}
// Imprime la Dirección MAC del NODO
Serial.print("SoftAP MAC: ");
Serial.println(WiFi.softAPmacAddress());
Serial.print("STATION MAC: ");
Serial.println(WiFi.macAddress());
// Definir el rol del NODO
// 0=OCIOSO, 1=MASTER, 2=SLAVE y 3=MASTER+SLAVE
esp_now_set_self_role(2);
pinMode(GENERADOR_PIN, OUTPUT);
esp_now_register_recv_cb([](uint8_t *mac, uint8_t *data2, uint8_t len2)
{
ESTRUCTURA_DATOS_OZONO EDO;
memcpy(&EDO, data2, sizeof(EDO));
Serial.print("Nodo: ");
Serial.print(EDO.side);
Serial.print(" ON/OFF: ");
Serial.print(EDO.ONOFF);
Serial.print(" MEDIDA: ");
Serial.print(EDO.MEDIDA);
if(EDO.ONOFF == 1)
digitalWrite(GENERADOR_PIN, HIGH);
else
digitalWrite(GENERADOR_PIN, LOW);
}
);
}
void loop()
{
}
```

ANEXO I: CÓDIGO DEL NODO DE AVISO (NA)

```
#include <ESP8266WiFi.h>
extern "C"
{
  /*
  Estructura de datos para transmitir entre Maestro y Esclavo
  Esta estructura debe ser la misma tanto en el Maestro y en el Esclavo
  */
  struct ESTRUCTURA_DATOS
  {
    uint16_t ESTADO = 0;
    uint32_t TIEMPO = 0;
  };
  #define LUZ_ROJA 5 //D1
  #define LUZ_VERDE 4 //D2
  void setup()
  {
    Serial.begin(115200);
    // Inicializando protocolo ESP-NOW
    if (esp_now_init() != 0)
    {
      Serial.println("Error al Iniciar el Protocolo ESP NOW");
      ESP.restart();
    }
    // Imprime la Direccion MAC del NODO
    Serial.print("SoftAP MAC: ");
    Serial.println(WiFi.softAPmacAddress());
    Serial.print("STATION MAC: ");
    Serial.println(WiFi.macAddress());
    // Definir el rol del NODO
    // 0=OCIOSO, 1=MASTER, 2=SLAVE y 3=MASTER+SLAVE
    esp_now_set_self_role(2);
    pinMode(LUZ_ROJA, OUTPUT);
    pinMode(LUZ_VERDE, OUTPUT);
    esp_now_register_recv_cb([(uint8_t *mac, uint8_t *data, uint8_t len) {
      ESTRUCTURA_DATOS ED;
      memcpy(&ED, data, sizeof(ED));
      Serial.print("Nodo: ");
      Serial.print(ED.side);
      Serial.print(" Estado: ");
      Serial.print(ED.ESTADO);
      Serial.print(" Tiempo: ");
      Serial.print(ED.TIEMPO);
      Serial.println();
      if(ED.ESTADO == HIGH){
        digitalWrite(LUZ_VERDE, HIGH);
        digitalWrite(LUZ_ROJA, LOW);
      }
      else{
        digitalWrite(LUZ_ROJA, HIGH);
        digitalWrite(LUZ_VERDE, LOW);
      }
    }
  });
}
void loop()
{
}
```



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DE LAS AUTORAS	
Nombres – Apellidos: MARISOL ELIZABETH MOROCHO DELGADO ERIKA PATRICIA PUCHA ALDAZ	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN	
Título a optar: INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN	
f. Analista de Biblioteca responsable:	 Firmado electrónicamente por: ELIZABETH FERNANDA AREVALO MEDINA

