



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**

Tema:

**SISTEMA DE CONTROL AUTOSUSTENTABLE UTILIZANDO PANELES
FOTOVOLTAICOS PARA APLICACIONES DEL TRANSPORTE DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado
previo a la obtención de título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas electrónicos

Autor: Daniel Alejandro Paredes Ríos

Tutor: Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg

Ambato – Ecuador

marzo - 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación con el tema: SISTEMA DE CONTROL AUTOSUSTENTABLE UTILIZANDO PANELES FOTOVOLTAICOS PARA APLICACIONES DEL TRANSPORTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Daniel Alejandro Paredes Ríos, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, marzo 2023

Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Titulación titulado: SISTEMA DE CONTROL AUTOSUSTENTABLE UTILIZANDO PANELES FOTOVOLTAICOS PARA APLICACIONES DEL TRANSPORTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, es absolutamente original, autentico y personal, En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo 2023



Daniel Alejandro Paredes Ríos

CC: 1804769675

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, marzo 2023



Daniel Alejandro Paredes Ríos

CC: 1804769675

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por la señor Daniel Alejandro Paredes Ríos, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la modalidad Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA DE CONTROL AUTOSUSTENTABLE UTILIZANDO PANELES FOTOVOLTAICOS PARA APLICACIONES DEL TRANSPORTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora presidenta del Tribunal.

Ambato, marzo 2023

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mg. Franklin Salazar
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Hernán Naranjo
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi querida madre Zandra Paredes, porque gracias a que ella supo brindarme su amor, paciencia y sobre todo supo fomentarme valores yo puedo cumplir uno de mis sueños. Ella ha sido un apoyo fundamental a lo largo de mi formación y gracias a eso pude afrontar los problemas y no darme por vencido.

A mi tía Gimena que compartió su conocimiento conmigo y siempre tuvo una palabra de aliento para motivarme y no dejar que me rindiese, por brindarme su amor al igual que un hijo y sobre todo por la paciencia que tuvo durante mis años de estudiante.

Daniel Alejandro Paredes Ríos

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento primero a mi madre por brindarme todo el apoyo necesario para que yo pueda estudiar y seguir mi sueño, también quiero agradecer a mi tía Gimena que fue una segunda madre para mí y supo guiarme a lo largo de mi formación.

A mi tutor Ing. Geovanni Brito, por su incansable apoyo durante el proceso de titulación. Sus conocimientos, experiencia y asesoramiento han sido fundamentales para el éxito de mi trabajo de titulación. Estoy muy agradecido por su paciencia, motivación y ánimos durante todo el proceso. Su dirección y consejos han sido de gran ayuda para mi éxito. Gracias de nuevo por su apoyo y ayuda.

Agradezco sinceramente al Ing. Franklin Salazar y al Ing. Jesús Guamán, por su compromiso para guiarme a través del proceso de titulación. Su dedicación y compromiso han sido invaluable para la realización de mi trabajo de titulación. Estoy muy agradecido por todas las horas de trabajo y por los esfuerzos realizados para ayudarme a alcanzar mis objetivos. Sus consejos, orientación y asesoramiento han sido invaluable para el éxito de mi título. Muchas gracias por su incondicional apoyo.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN EJECUTIVO	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Tema de Investigación	1
1.2. Antecedente Investigativos	1
1.3. Fundamentación Teórica.....	4
1.3.1. Covid-19.....	4
1.3.2. Medidas de Bioseguridad.....	5
1.3.3. Transporte Público como Servicio Esencial en el Contexto de la Pandemia ..	6
1.3.4. Transporte Publico Postpandemia	6
1.3.5. Energías Renovables	7
1.3.6. Paneles Fotovoltaicos.....	9
1.3.7. Tipos de Paneles Solares	10
1.3.8. Sistema Automatizado de Desinfección.....	12
1.3.9. Sistema de control	13
1.3.10. Placa de control	13
1.3.11. ESP-32s.....	15
1.3.12. Arduino NANO	15
1.3.13. Sistema actuador	16

1.3.14. Sistema de Ozonificación.....	16
1.3.15. Sensores.....	16
1.3.16. Sensor MQ135.....	17
1.3.17. RFID - RC522	17
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivo General	18
1.4.2. Objetivos Específicos.....	18
CAPITULO II	19
METODOLOGÍA	19
2.1. Métodos.....	19
2.1.1. Modalidad de Investigación	19
2.1.2. Recolección de Información.....	20
2.1.3. Procesamiento y Análisis De Datos	20
2.1.4. Desarrollo del Proyecto.....	20
CAPITULO III.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1. Análisis y discusión de los resultados.....	22
3.2. Desarrollo de la propuesta.....	22
3.2.1. Recolección de información sobre el afrontamiento de Covid-19.	22
3.2.2. Análisis de los sistemas actuales de bioseguridad.....	23
3.2.3. Revisión del suministro eléctrico dentro de las unidades de transporte.	25
3.2.4. Definición de los módulos IoT para adquisición y proceso de datos de las unidades móviles del transporte.....	25
3.2.5. Obtención de características técnicas de los dispositivos para la desinfección de las unidades de transporte.	28
3.2.6. Análisis de equipos para el diseño de la red WLAN.....	29
3.2.8. Desarrollo de la topología de red con la integración del sistema de desinfección.	32
3.2.9. Desarrollo del suministro de energía al sistema de desinfección.	32

3.2.11. Programación y desarrollo de los dispositivos IoT para la comunicación entre las unidades de transporte y el servidor.	38
3.2.12. Adquisición, procesamiento y envío de señales en tiempo real de los sensores y actuadores.	39
3.2.13. Diseño de una plataforma móvil para la visualización de datos en tiempo real.	45
3.2.14. Implementación de sistema en la unidad de transporte	46
3.2.15. Realización de pruebas de todo el sistema.	52
3.2.16. Corrección de errores del sistema.	59
CAPÍTULO IV	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
4.1 Conclusiones.....	63
4.2 Recomendaciones.....	64
MATERIALES DE REFERENCIA	66
Referencias Bibliográficas	66
ANEXOS	77
Anexo A Consumo energético del sistema	77
Anexo B Programación Placa Principal.....	78
Anexo C Programación Placa Secundaria	86
Anexo D Script para dimensionamiento Fotovoltaico	88
Anexo E Script para análisis de los datos de los sensores	91
Anexo F Datos de la primera prueba de funcionamiento.....	93
Anexo G Datos de la segunda prueba de funcionamiento.	94
Anexo H Datos de la tercera prueba de funcionamiento.....	95
Anexo I Hoja de Datos Sensor de Calidad de Aire MQ-135	96
Anexo J Hoja de Datos del Sensor LM 35.....	99
Anexo K Manuel de Usuario del Airthereal PA50-GO	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa de la placa de control.....	14
Tabla 2 Tipos de desinfección. Ventajas y Desventajas.	23
Tabla 3 Tecnologías para conectividad IoT.....	25
Tabla 4 Resumen consumo de energía.....	34
Tabla 5 Resumen dimensionamiento fotovoltaico.....	37
Tabla 6 Código Arduino para la Placa Principal.....	38
Tabla 7 Datos calidad de aire con el Delta OHM.	58
Tabla 8 Presupuesto del proyecto.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Esquema de un sistema de desinfección automático.	12
Figura. 2 Diagrama General del Sistema.	30
Figura. 3 Topología de red del sistema de desinfección.	32
Figura. 4 Esquema eléctrico del sistema.	33
Figura. 5 Resultados consumo energía.....	34
Figura. 6 Información sobre radiación solar y fotovoltaica para Ambato.	35
Figura. 7 Radiación solar mensual estimada para Ambato.....	35
Figura. 8 Dimensionado del Panel Fotovoltaico.....	37
Figura. 9 Capacidad de la batería.....	37
Figura. 10 Esquema para el registro de usuarios mediante RFID.....	39
Figura. 11 Estructura de la RTDB de usuarios registrados.....	40
Figura. 12 Lógica para verificación de usuarios mediante RFID.	40
Figura. 13 Placa Secundaria, adquisición y procesamiento de datos.....	41
Figura. 14 Estructura de la base de datos para los sensores.....	42
Figura. 15 Graficas calidad de aire del 17 de diciembre.....	42
Figura. 16 Graficas de temperatura del 17 de diciembre.	43
Figura. 17 Esquema del sistema de desinfección.....	43
Figura. 18 Diagrama de flujo para el control del Sistema de Desinfección.....	44
Figura. 19 Estructura de datos para la desinfección.....	44
Figura. 20 Aplicación Móvil.....	45

Figura. 21 Unidad de Transporte 14.	46
Figura. 22 Instalación caja principal del sistema.	46
Figura. 23 Caja principal y sus componentes.....	47
Figura. 24 Caja Secundaria.	47
Figura. 25 Distribución de los sensores de calidad de aire dentro de la unidad de transporte.....	48
Figura. 26 Instalación y verificación del sistema de registro.....	49
Figura. 27 Diagrama electrónico entre la PP y el dispositivo ozonificador.....	50
Figura. 28 Sistema de ozonificación instalado.....	50
Figura. 29 Instalación del panel solar.	51
Figura. 30 Verificación visual del funcionamiento del sistema.....	52
Figura. 31 Comportamiento del sensor de C02 el 16-12-2022.	53
Figura. 32 Visualización de valores faltantes de los sensores el 16-12-2022.....	53
Figura. 33 Diagrama de correlación de los sensores del el 16-12-2022.	54
Figura. 34 Resumen estadístico de los sensores el 16-12-2022.....	54
Figura. 35 Comportamiento del sensor de C02 el 17-12-2022.	55
Figura. 36 Resumen estadístico de los sensores el 17-12-2022.....	56
Figura. 37 Visualización de valores faltantes de los sensores el 17-12-2022.....	56
Figura. 38 Logs de desinfección.	57
Figura. 39 Sensor de calidad de aire del 22 al 23 de diciembre.....	57
Figura. 40 Sensor de calidad de aire con etapas de desinfección.....	58
Figura. 41 Comparativa calidad de aire pre - desinfección y durante la desinfección.	59
Figura. 42 Placa principal y placa secundaria - Primera versión	60
Figura. 43 Placa principal y placa secundaria - Versión Final.....	61
Figura. 44 Resultado del Script para dimensionamiento Fotovoltaico	90

RESUMEN EJECUTIVO

El uso de sistemas fotovoltaicos para proporcionar energía a los sistemas electrónicos dentro de una unidad de transporte puede contribuir al desarrollo de un transporte más limpio, seguro y sostenible. Por otro lado, el uso de energías limpias para la alimentación eléctrica de los sistemas de transporte es una excelente forma de generar una tecnología sostenible y respetuosa con el medioambiente.

Los sistemas de desinfección basados en ozono proporcionan una limpieza segura y efectiva, así como el uso de RFID para registro de los usuarios de las unidades de transporte mejora la seguridad y la calidad del servicio.

Estas medidas permiten un transporte más limpio, seguro y sostenible. Mediante el uso de ozono se logró la eliminación de patógenos, virus y bacterias, mejorando la calidad del aire, la seguridad de los usuarios y respetando el medio ambiente.

Palabras clave: IoT, sistema fotovoltaico, desinfección, transporte.

ABSTRACT

The use of photovoltaic systems to provide energy to electronic systems within a transportation unit can contribute to the development of a cleaner, safer and more sustainable transportation.

On the other hand, the use of clean energies for the electrical power supply of transportation systems is an excellent way to generate sustainable and environmentally friendly technology. Ozone-based disinfection systems provide safe and effective cleaning, as well as the use of RFID for registration of transportation unit users improves safety and service quality.

These measures allow for a cleaner, safer and more sustainable transportation. Through the use of ozone, the elimination of pathogens, viruses and bacteria was achieved, improving air quality, user safety and respecting the environment.

Key words: IoT, photovoltaic system, disinfection, transport.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Tema de Investigación

Sistema de control autosustentable utilizando paneles fotovoltaicos para aplicaciones del transporte de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2. Antecedente Investigativos

Los sistemas de alimentación de energía fotovoltaica tienen múltiples usos razón por la cual se ha desarrollado de manera acelerada en comparación con otras fuentes de energía renovable. Sin embargo, la implementación de sistemas automáticos de desinfección, control de aforo, medición de temperatura son relativamente nuevos. En este contexto se han establecido algunos antecedentes con base en información recopilada de diversas fuentes bibliográficas, documentos de investigación, proyectos de grado y posgrado, e información de notas de prensa relacionadas con las variables de investigación, a continuación, se detallan algunos de ellos:

En Bangalore, India en el año 2019, Chavhan, S.; Gupta, D.; Chandana, B. N.; Khanna, A. y Rodrigues, J. en su artículo denominado “IoT-based Context-Aware Intelligent Public Transport System in a metropolitan area”, analizan la posibilidad de implementar un sistema automatizado de Procedimientos de Trabajo Seguro (PTS). El cual se basa principalmente en el internet de las cosas (IoT-IPTS) para aplicaciones en servicios de transporte en áreas metropolitanas. El propósito del proyecto radicó en proporcionar conectividad de red a usuarios y transportistas para gestionar el estado de las rutas, congestión de tráfico para encontrar rutas alternas, gestionar horarios de viaje mejorando la movilidad de las grandes urbes. Los resultados son concluyentes al afirmar que el desarrollo de un transporte público inteligente a través de la tecnología (IoT-IPTS) es una herramienta útil para mejorar la movilidad y satisfacción de los usuarios del transporte público [1].

En la Ciudad de Ambato, Ecuador, en el año 2019, Puma Zúñiga Esteban Gustavo, en su trabajo de titulación denominado “Sistema fotovoltaico para una cámara fría para almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena”, implementa un sistema de alimentación eléctrico a través de módulos fotovoltaicos SUNPOWER interconectados a una potencia frigorífica INTARCON AS. R. Monobloque para ambientes externos con una tensión nominal de 230V y 50 Hz. Los resultados de la investigación determinan que si bien es cierto la ubicación geo territorial del Ecuador es un gran potencial para la aplicación de este tipo de energía renovable, la variabilidad del clima no asegura el suministro de energía durante todos los meses del año, problema que puede ser corregido por medio de una inclinación al generador de 10° con lo cual la pérdida de eficiencia es mínima <0.7% no afectando a la producción energética [2].

En el año 2021, en Bangkok, Thailandia, Arunwuttipong A, Jangtawee P, Vchirawongkwin V, Kangwansupamonkon W, Asavanant K y Ekgasit S., en su estudio “Public Buses Decontamination by Automated Hydrogen Peroxide Aerosolization System” en el contexto de la pandemia covid-19 analizan la posibilidad de implementar un sistema de descontaminación de autobuses públicos. Para ello se usa un proceso automatizado de aerosolización de peróxido de hidrógeno para mitigar los riesgos de transmisión de enfermedades infectocontagiosas. La tecnología utilizada es un sistema automático diseñando una Raspberry Pi Zero W como dispositivo principal con sensores de acoplamiento y comunicación a la placa controladora que ejecuta la acción de dispersión de Peróxido de Hidrógeno. Los resultados son concluyentes en cuanto a los ratios de descontaminación principalmente de los genotipos *Geobacillus stearothermophilus* eliminados a un 6 y 7% de peróxido en el ambiente [3].

En Cardiff, Reino Unido en 2021, Yousif, M.; Hewage, C. y Nawaf, L en su artículo denominado “IoT Technologies during and Beyond COVID-19: A Comprehensive Review”. En este artículo se analizan las tecnologías IoT que proporcionaron un gran apoyo en la gestión de la pandemia de COVID-19. Las cuales fueron usadas para el control remoto de la salud y el rastreo de contactos, brindando apoyo a las autoridades con información relevante a través de una base datos en la nube para gestionar con éxito la propagación del coronavirus. De los resultados investigativos se desprende que las aplicaciones de IoT en cada sector seleccionado se clasifican por su posible impacto económico y social, el cronograma para la adaptación masiva y el nivel de preparación tecnológica (TRL) [4]. Además, en este artículo se describen las posibles directrices de investigación para las aplicaciones de IoT de próxima generación. Estos dispositivos facilitarían un mejor rendimiento de los sistemas, además de un aumento de privacidad y seguridad.

En Białystok, Polonia, en el año 2022, Kruszewska, E.; Czupryna, P.; Pancewicz, S.; Martonik, D.; Bukłaha, A. y Moniuszko-Malinowska, con su artículo “Is Peracetic Acid Fumigation Effective in Public Transportation” realizan un estudio sobre la identificación de bacterias en lugares concurridos y la evaluación del efecto de la fumigación con ácido peracético (PAA) en el transporte público a través de la utilización de un generador de aerosol de niebla seca *Aerosept 500*. De los resultados investigativos se confirma la efectividad del método de desinfección de niebla seca con ácido peracético estabilizado con peróxido de hidrógeno y ácido acético en vehículos de transporte público. Se ha demostrado que la desinfección de las cabinas de autobuses y autocares reduce el número de colonias bacterianas en un 81,7% y un 66,5%, respectivamente. En resumen, es una tecnología fácil de usar y portátil que podría considerarse para la desinfección del transporte [5].

Por su parte Rolando Oña en la ciudad de Quito, en su investigación: “Desarrollo de un prototipo para el control y monitoreo automático del ingreso y salida de pasajeros en un bus interprovincial don alertas SMS” [6], planteó

un sistema para control de ingreso-salida y monitoreo de pasajeros. Además, se busca promover el uso del cinturón de seguridad y así reducir la fatalidad en caso de un siniestro de tráfico. El sistema estaba compuesto por un microcontrolador arduino, tarjeta GSM, entre otros sensores y actuadores. El sistema propuesto permitirá el registro de los pasajeros, control de ingreso y salida, monitoreo de pasajeros y control de paradas. Con la información recolectada con dicho sistema se logró monitorear de manera efectiva y en tiempo real el número de pasajeros que usan una unidad de transporte, facilitando así los reportes diarios de recaudación monetaria. Adicionalmente, con el control en cinturones de seguridad se evitaron multas por el uso inadecuado del cinturón, así como multas económicas dispuestas en la ley de tránsito vigente en el país [6].

1.3. Fundamentación Teórica

1.3.1. Covid-19

El virus del COVID-19 fue reportado por primera vez a finales de diciembre del año 2019 en la ciudad de Wuhan (China) por el centro de Control y Prevención de Enfermedades. El 11 de marzo de 2020, después de la caracterización del virus, la epidemia COVID-19, fue declarada una emergencia de salud pública mundial declarando enfermedad como pandemia [7]. Es así como empieza la pandemia más del siglo XXI, en pocos días el número de contagios aumento exponencialmente no solo en lo que respecta a China continental, sino que en un sin número de países[8].

Para frenar el número de contagios, de cuyos primeros indicios se desprende que la fisiopatología de la enfermedad es de origen mutágeno proveniente de la familia genética del virus SARS-CoV-2 surgido entre el 2002 y 2012 en los países de Arabia Saudí y China transmitido a los humanos por zoonosis[9].

En lo que respecta a Latinoamérica y Ecuador la confirmación del primer caso en Brasil[10], encendió las alertas de la presencia de virus en el continente, la preocupación de los Gobiernos puso de manifiesto la importancia de tomar medidas estrictas para salvaguardar la integridad de las personas, lo que frente recuento de casos confirmados y la fragilidad del sistema sanitario obligaron a declarar el confinamiento y el establecimiento de medidas de bioseguridad [11].

1.3.2. Medidas de Bioseguridad

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2020, una de las principales causas del rebrote de la enfermedad y el aumento de riesgo de contagio constituye la violación a las medidas de confinamiento y la inobservancia de las medidas de bioseguridad, lo que ha ocasionado que alrededor del mundo la pandemia acabe con la vida de millones de personas [12].

Siguiendo las disposiciones de la OMS el Centro de Operaciones de Emergencia (COE) el Ecuador dispuso adoptar medidas de bioseguridad las cuales son: El uso de mascarilla, mantener distancia al menos de un metro de las personas con las que no convive, evitar las multitudes, lavarse las manos a fondo con un desinfectante a base de alcohol, evitar tocarse los ojos, nariz y boca, mantener una buena higiene respiratoria, estornudar con el codo doblado o con un papel o pañuelo para evitar que se expandan los gérmenes, si presenta síntomas respiratorios evitar el contacto con personas cercanas y acudir de inmediato al centro de salud más cercano [13].

1.3.3. Transporte Público como Servicio Esencial en el Contexto de la Pandemia

El transporte es una de las actividades más importantes dentro del circuito productivo y tiene relación directa con el desarrollo económico de los Estados[14]. Los medios de transporte permiten brindar un servicio de movilidad y forman parte integral de la actividad económica y al mismo tiempo son los facilitadores del desarrollo económico y social [15].

El transporte público como servicio esencial en el contexto de la pandemia, supuso un problema en la medida en que eventualmente se convirtió en un foco de contagio, particularmente en las grandes ciudades. En este sentido se establecieron acciones para evitar la expansión de la pandemia, restringiendo la movilidad de los usuarios. Mediante decisiones gubernamentales de cada uno de los países se declaró un estado de emergencia, por lo que los servicios de transporte públicos se priorizaron [16].

Esto se realizó con la finalidad de que los trabajadores esenciales que dependen del transporte público puedan llegar a sus lugares de trabajo. Por otro lado, se pretendía asegurar un acceso mínimo a aquellas personas que dependen de este servicio especialmente en lugares críticos o esenciales como mercados, farmacias y hospitales. El impacto de estas medidas en los sistemas de transporte ha disminuido sustancialmente el uso de los mismos especialmente la falta de medidas de bioseguridad[16].

1.3.4. Transporte Publico Postpandemia

La importancia de los sistemas de desinfección en el transporte público después de la pandemia es fundamental para combatir la propagación de virus y bacterias. Esto incluye el uso de desinfectantes, equipos de limpieza y desinfección adecuados, así como el mantenimiento de una buena higiene [17]. Esto es especialmente importante en el transporte público porque las personas

comparten un espacio cerrado. Esto puede facilitar la propagación de enfermedades infecciosas y poner a los viajeros y al personal en riesgo. Los sistemas de desinfección y limpieza adecuados pueden ayudar a reducir el riesgo de contagio y mantener el transporte público seguro[18].

Los sistemas de control de acceso fueron una herramienta clave para garantizar la seguridad de los usuarios en los transportes públicos durante la pandemia, pero también los son después debido a que existen diversos virus y bacterias latentes en nuestro medio [19]. Los sistemas permiten controlar el número de pasajeros en un vehículo, ya que se puede establecer un límite de aforo máximo para evitar el agolpamiento y mantener el distanciamiento social. Además, los sistemas de control de acceso permiten registrar y controlar la entrada y salida de los usuarios, lo que facilita el seguimiento de los contagios de virus de transmisión directa[20].

1.3.5. Energías Renovables

Cómo primera medida es menester mencionar que las energías renovables son todas aquellas que usan fuentes de energía inagotables, limpias y respetuosas con el medio ambiente [21]. Estas se basan especialmente en la utilización de recursos naturales los cuales pueden considerarse como inagotables siendo estos: el sol, el viento, el agua, o incluso la biomasa[22]. Estas fuentes de energía no causan daños al medio ambiente y no se agotan con el uso, por lo que son consideradas como energías limpias [23]. En este contexto la principal característica es que no utilizan combustibles fósiles, sino que más bien, recursos naturales capaces de renovarse de manera ilimitada [24].

Es importante destacar que son fuentes inagotables, y que durante su operación no producen gases de efecto invernadero, elemento que hoy en día es uno de los principales agentes causantes del cambio climático[25]. El impacto

medioambiental de estas energías es bajo, razón por la cual se considera las energías renovables como fuentes de energía limpias[26].

A continuación, se presentan algunos tipos de energías renovables [27]:

Energía Solar. - Es aquella que se obtiene a partir de la radiación solar, este tipo de energía renovable es una de las más innovadoras[28]. Esta energía se puede utilizar para generar electricidad a través de tecnologías como paneles solares, calentadores de agua solares o turbinas eólicas[29]. La energía solar es una fuente de energía limpia y renovable que no produce gases de efecto invernadero. Esto significa que no contribuye al cambio climático [30]. Además, es una de las fuentes de energía más abundantes, ya que el sol es una fuente inagotable de energía [30], [31].

Energía Eólica. – La energía eólica es el proceso de convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica. Las turbinas eólicas capturan la energía cinética del viento con sus palas, que hacen girar un generador para producir electricidad. La energía eólica es una fuente de energía renovable, lo que significa que se puede reponer de forma natural y no se agota cuando se utiliza [32], [33].

La energía eólica es una fuente importante de energía renovable, y se está volviendo más popular como una forma de reducir las emisiones de carbono y ayudar a satisfacer las necesidades energéticas del mundo[34]. La energía eólica también se está volviendo cada vez más competitiva en costos con las fuentes tradicionales de energía como el carbón y el gas natural [35].

Energía Hidroeléctrica. - Utiliza la fuerza del agua también denominada hidroeléctrica es la energía renovable más conocida y utilizada alrededor del mundo, a través del curso del agua o las corrientes produce electricidad por medio del movimiento de una turbina [36]. Es una de las formas más antiguas y confiables de producción de energía, con una historia de uso que se remonta a miles de años [35].

La energía hidroeléctrica se genera aprovechando la energía cinética producida por el impulso del agua que cae o fluye. Esta energía cinética puede ser capturada y convertida en electricidad haciendo que el agua fluya a través de una turbina, que hace girar un generador para producir electricidad. La cantidad de energía hidroeléctrica que se puede generar depende del volumen y la velocidad del agua, así como del tamaño y tipo de turbina utilizada[37][38].

Biomasa. - La biomasa es una de las energías alternativas más económicas y ecológicas las cuales permiten generar energía eléctrica en una central térmica, la energía biomasa se crea a través de la combustión de restos orgánicos que pueden tener un origen vegetal o animal, entre estos restos biodegradables se encuentran: el aserrín, cortezas, misma que son prensados a fin de generar una combustión y ser utilizada para la producción de energía de forma renovable [22].

1.3.6. Paneles Fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos también conocidos como paneles solares utilizan los electrones de valencia para generar energía a través de los electrones del átomo los cuales son acoplados a través de una banda de conducción generando de esta manera un campo eléctrico [28], [39]. Una célula fotovoltaica es un dispositivo que convierte la energía del sol en electricidad.

Esto se logra mediante el efecto fotoeléctrico, un fenómeno descubierto por Albert Einstein en 1905[40].

El efecto fotoeléctrico se produce cuando la luz solar golpea una célula fotovoltaica. Esto provoca que los electrones libres se liberen de los materiales semiconductores que componen la célula. Estos electrones libres se desplazan entre los dos materiales semiconductores, creando un flujo de corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica se puede utilizar para alimentar una amplia variedad de dispositivos[41], [42].

En aquellos casos en los que los paneles solares se encuentran interconectados en serie el voltaje total lo constituye la sumatoria de los voltajes individuales de cada uno de los paneles en este sentido la corriente de salida es igual a la corriente integral del módulo interconecta [43]. Por otro lado, cuando son conectados en paralelo por el contrario la corriente total es la suma de todas las corrientes individuales de cada uno de los módulos en función de lo cual el voltaje se reduce a la unidad de la celda solar en este sentido el número de componentes que se encuentran conectados en serie determina el voltaje y los dispositivos conectados en paralelo determinan la cantidad de corriente administrada a una misma carga [39].

1.3.7. Tipos de Paneles Solares

A continuación se describen los diversos paneles solares existentes:

1. Paneles solares fotovoltaicos. - son dispositivos que convierten la energía de la luz del sol en electricidad. Están compuestos de celdas solares fotovoltaicas que absorben la luz del sol y la convierten en energía eléctrica a través del proceso conocido como efecto fotovoltaico [28].

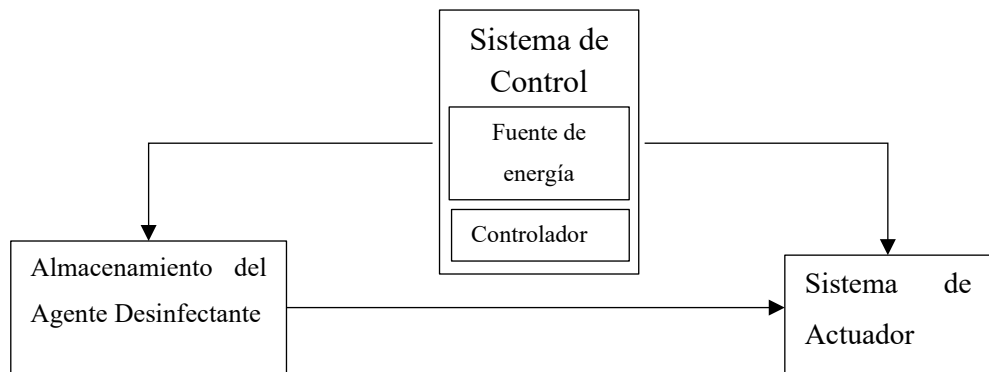
2. Paneles solares térmicos. - son dispositivos que usan la energía solar para calentar agua o fluidos calefactores para usos domésticos o industriales. Están compuestos por un colector solar que captura la luz solar, un sistema de almacenamiento de calor y un sistema de distribución de calor [44]. Estos paneles son generalmente montados en la parte superior de los techos para recibir la luz solar directa. El calor capturado se transfiere al almacenamiento de agua o al sistema de calefacción. Los paneles solares térmicos son eficientes en la producción de agua caliente para usos domésticos y pueden reducir los costos de calefacción[45].
3. Paneles solares híbridos. - son una combinación entre paneles solares fotovoltaicos y paneles solares térmicos. Estos paneles utilizan la luz solar para producir energía eléctrica y calor al mismo tiempo [46]. Esta combinación permite a los propietarios de viviendas ahorrar energía y reducir los costos de energía, ya que los paneles solares híbridos se pueden usar para calentar el agua y alimentar algunos aparatos eléctricos al mismo tiempo. Estos paneles también tienen una mayor eficiencia que los paneles solares fotovoltaicos o térmicos, ya que el calor generado por el panel solar térmico ayuda a mejorar la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos [44].
4. Paneles solares de concentración. - Los paneles solares de concentración son un tipo de panel solar que utiliza dispositivos ópticos para concentrar la luz solar en un punto para producir un calor intenso[47]. Esto se utiliza para calentar un fluido calefactor para generar electricidad. El calor generado puede ser usado para calentar el agua para uso doméstico, pero también para generar energía eléctrica en grandes plantas solares. Los paneles solares de concentración son mucho más eficientes que los paneles solares fotovoltaicos o térmicos, y pueden generar energía eléctrica a partir de la luz solar mucho más económicamente [48].
5. Paneles solares monocristalinos. - son un tipo de celda solar fotovoltaica compuesta de un único cristal de silicio. Estas celdas de

silicio se cortan en pequeños pedazos y se conectan para formar un panel solar [49]. Estos paneles monocristalinos son eficientes en la conversión de luz solar en electricidad, y suelen ser un poco más caros que los paneles solares policristalinos. Sin embargo, los paneles solares monocristalinos tienen una mayor durabilidad y una mayor eficiencia de conversión de la luz solar en electricidad[50].

6. Paneles solares policristalinos. - son un tipo de celda solar fotovoltaica compuesta de múltiples cristales de silicio. Estas celdas se cortan en pequeños pedazos y se conectan para formar un panel solar. Los paneles solares policristalinos son menos eficientes en la conversión de luz solar en electricidad que los paneles solares monocristalinos, pero son más baratos. Estos paneles tienen un rendimiento ligeramente inferior, pero tienen una mayor durabilidad y son más resistentes a los daños causados por el clima [51].

1.3.8. Sistema Automatizado de Desinfección

En la Figura. 1 se muestra el esquema general de un sistema de desinfección automático. El sistema de almacenamiento del agente debe estar presurizado para crear la niebla o el spray mediante el sistema actuador que será el encargado de esparcir el agente desinfectante por todo el vehículo.



*Figura. 1 Esquema de un sistema de desinfección automático.
Elaborado por el investigador.*

El sistema de desinfección automatizado tiene las siguientes ventajas [52]:

- El sistema puede programarse para suministrar el agente a superficies específicas.
- El agente puede suministrarse en forma de niebla o spray, lo que le permite llegar a superficies inaccesibles a la desinfección manual.
- El agente puede administrarse con un tiempo de permanencia específico, lo que permite que sea eficaz contra los microorganismos.
- El sistema es capaz de desinfectar grandes superficies en poco tiempo.
- El sistema es eficiente y no requiere mucha mano de obra para su funcionamiento.

1.3.9. Sistema de control

El sistema de control es un dispositivo electrónico que se utiliza para controlar automática o manualmente el sistema de desinfección. El sistema de control incluye un microprocesador, fuente y un dispositivo de salida. El microprocesador es el cerebro del sistema. Mientras que la fuente suministra la energía necesaria para que el sistema trabaja independientemente del sistema eléctrico del bus [53].

1.3.10. Placa de control

Placa de control o microprocesador es un dispositivo que se encarga de controlar y coordinar el funcionamiento de los demás componentes de un sistema electrónico. Por lo general, está integrado en una placa de circuito impreso y está conectado a otros componentes del sistema a través de un bus de datos [54].

Tabla 1 Comparativa de la placa de control.

Placa	Ventajas	Desventajas
Arduino	<p>Arduino se puede programar para realizar una amplia variedad de tareas y se utiliza comúnmente en proyectos de robótica e investigación de IOT [55].</p> <p>Software y Hardware de código abierto.</p> <p>Bajo Consumo energético.</p>	<p>Arduino no es un microcontrolador es una placa de desarrollo y no tiene la misma capacidad de procesamiento que un microcontrolador [56].</p> <p>Estructura limitada.</p>
PIC	<p>Fácil de programar.</p> <p>Multi tarea.</p> <p>Precio asequible.</p> <p>Mayor libertad en los diseños electrónicos [57].</p>	<p>No trabaja solo, es decir requiere de elementos adicionales para poder realizar las tareas [58].</p>
Raspberry	<p>Software y Hardware de código abierto.</p> <p>Gran cantidad de puertos y conexiones</p> <p>Amplia comunidad de usuarios que pueden ayudar con los proyectos [59].</p>	<p>No es versátil como otros sistemas microelectrónicos.</p> <p>No es tan fácil de obtener [59].</p>

Elaborado por el Investigador basado en [55], [56], [57], [58], [59].

En resumen, PIC es un microcontrolador de Microchip, mientras que Arduino y Raspberry Pi son plataformas de hardware y software libres. Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida, mientras que Arduino y PIC se pueden utilizar para una amplia variedad de proyectos. El uso de uno u otro dependerá de la aplicación específica para la cual será usado. En esta investigación se usan

placas basadas en Arduino, debido a su bajo consumo energético. Las cuales son una ESP-32s y un Arduino nano.

1.3.11. ESP-32s

La ESP32-S es una tarjeta de desarrollo de bajo consumo para aplicaciones inalámbricas basadas en Wi-Fi y Bluetooth[60]. Esta tarjeta integra un procesador principal dual core Xtensa® 32-bit LX6, un procesador de segundo núcleo Xtensa® 32-bit LX6, sistema de memoria de 320 KB SRAM, puerto de memoria flash de hasta 16 MB, puerto de comunicación serie de hasta 6 Mbps, entre otros. Además, la ESP32-S es compatible con protocolos de comunicación como SPI, I2C, I2S, CAN y UART, así como protocolos de seguridad [61]. Esta tarjeta de desarrollo es ideal para desarrollar aplicaciones inalámbricas de bajo consumo. lo que la hace ideal para el proyecto[62].

En cuanto a consumo energético de una ESP32-S es de aproximadamente 230 mA a 3,3 V cuando está en uso. Esto significa que el consumo total de energía es de aproximadamente 0,75 W cuando está en uso[63].

1.3.12. Arduino NANO

El Arduino Nano es una tarjeta de desarrollo compacta basada en el microcontrolador ATmega328. Esta tarjeta es ideal para proyectos de dispositivos electrónicos pequeños, ya que es pequeña y fácil de usar. Esta tarjeta incorpora un microcontrolador ATmega328 de 8 bits, soporte para entradas y salidas digitales, entradas analógicas, salidas PWM, un puerto USB, entre otras características[64]. Esta tarjeta también es compatible con la mayoría de las tarjetas Arduino para agregar más funcionalidad. Esta tarjeta es ideal para proyectos que requieran una plataforma pequeña y asequible para desarrollar [65].

El consumo de energía de un Arduino Nano es de aproximadamente 50 mA a 5 V cuando está conectado al USB y en uso. La corriente de reposo es de aproximadamente 8 mA cuando está conectado al USB y en uso. Esto significa que el consumo total de energía es de alrededor de 0,4 W cuando está conectado al USB y en uso [66].

1.3.13. Sistema actuador

1.3.14. Sistema de Ozonificación

Un sistema de ozonificación es un dispositivo que produce ozono a partir de oxígeno. El ozono es un gas que se usa en una variedad de aplicaciones, desde el tratamiento de agua potable para eliminar bacterias y virus, hasta la desinfección de aire en espacios cerrados [67]. El ozono se produce a través de una reacción química entre el oxígeno y la electricidad. El ozono se genera en la cámara de ozonificación y luego se libera al ambiente[68]. El sistema de ozonificación se usa para mejorar la calidad del agua, mejorar la calidad del aire, eliminar olores y desinfectar espacios [69].

Los sistemas de ozonificación se pueden aplicar en unidades de transporte para desinfectar y purificar el aire dentro del vehículo. Estos sistemas de ozonificación se pueden instalar en buses, trenes, aviones y barcos, entre otros [70]. El ozono se libera en el interior del vehículo para eliminar los gérmenes, desinfectar el aire y reducir los olores desagradables. Esto mejora la calidad del aire y ayuda a prevenir enfermedades respiratorias[71].

1.3.15. Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta cambios en una señal eléctrica y se usa para medir una propiedad física, como la temperatura, la presión, la humedad o la luz. Los sensores electrónicos se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde la medición de temperatura en motores hasta el control de la temperatura

ambiental en una habitación[72]. Estos dispositivos se pueden utilizar para detectar cambios en el entorno y proporcionar una respuesta adecuada. Los sensores electrónicos se pueden conectar a un sistema de control o a un dispositivo externo, como una computadora, para procesar la información recopilada[73].

1.3.16. Sensor MQ135

El sensor MQ135 es un sensor de calidad del aire diseñado para detectar gases tóxicos como el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno, los óxidos de nitrógeno, el dióxido de sulfuro, el amoníaco y el alcohol. Está diseñado para ser pequeño, barato y fácil de usar. El sensor usa una resistencia para medir el cambio en el valor de la resistencia del material semiconductor que se usa para determinar la concentración de gas. Esto significa que el sensor puede detectar gases tóxicos a un nivel de concentración muy bajo y también puede ser utilizado para detectar cambios sutiles en la calidad del aire[74].

El consumo energético del sensor MQ135 es muy bajo. El consumo de corriente es de alrededor de 10 mA a 5 V, lo que lo hace ideal para aplicaciones de baja potencia [75]. Esto significa que el MQ135 puede funcionar durante largos periodos de tiempo sin una fuente de alimentación externa.

1.3.17. RFID - RC522

El sensor RFID-RC522 es un dispositivo de lectura/escritura para tarjetas RFID pasivas. Está fabricado con un chip MFRC522 de NXP Semiconductors, y es una herramienta de bajo costo y de gran alcance para proyectos de comunicación inalámbrica. Está diseñado para ser utilizado en sistemas de identificación y seguridad, control de acceso, automatización industrial, etc.

Está equipado con una antena externa para una mejor lectura y transmisión de datos [76].

El consumo típico del RFID-RC522 es de aproximadamente 13-26 mA cuando está leyendo/escribiendo una tarjeta y de 0,2 mA cuando está en reposo[77].

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema de control de medidas de bioseguridad para el sistema de transporte de la Universidad Técnica De Ambato, usando energía limpia.

Para el cumplimiento de dicho objetivo fue necesario realizar las actividades que se detallan en cada objetivo específico.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar los principios y el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos en aplicaciones de transporte.
- Establecer un sistema de alimentación eléctrica utilizando energía limpia para aplicaciones tecnológicas en los sistemas de transporte.
- Implementar el sistema de desinfección, control y monitoreo, en las unidades de transporte de la Universidad Técnica de Ambato.
- Definir un sistema de ingreso para mejorar la seguridad en las unidades de transporte de la Universidad Técnica de Ambato.
- Validar los sistemas implementados en las unidades de transporte mediante pruebas de funcionamiento.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Métodos

2.1.1. Modalidad de Investigación

Investigación Aplicada

El proyecto se base en una investigación aplicada porque a través de ella se buscó resolver un problema práctico. El proyecto buscó diseñar un sistema de bioseguridad para el transporte de estudiantes de la Universidad Técnica de Ambato, con el objetivo de garantizar la seguridad de los estudiantes. Para ello, se realizó entrevistas, estudios de caso y el desarrollo de un sistema electrónico.

Investigación Bibliográfica

También fue una investigación bibliográfica debido a que se recopiló información acerca de los requerimientos de bioseguridad existentes en el transporte de estudiantes en la Universidad Técnica de Ambato, así como también información sobre los sistemas de bioseguridad implementados en otras universidades. Adicionalmente se indagó acerca de sistema de control para acceso en transportes públicos. Toda esta información se obtiene de fuentes secundarias como libros, revistas y sitios web.

Investigación experimental

Este estudio también se puede considerar como una investigación experimental ya que se desarrolló un sistema electrónico para monitorear la temperatura y los requerimientos de bioseguridad en el transporte de estudiantes. El sistema fue probado con los estudiantes y el personal de la universidad para evaluar su eficacia. Estos datos recopilados fueron analizados para determinar si el sistema cumple con los requerimientos de bioseguridad.

2.1.2. Recolección de Información

La información recibida se cuantificó mediante entrevistas. También se incluyó ítems abiertos para obtener datos cualitativos. La muestra para esta investigación fue compuesta por estudiantes universitarios y propietarios/operadores de unidades de transporte. La aplicación de los cuestionarios se llevó a cabo en línea para su mayor accesibilidad.

2.1.3. Procesamiento y Análisis De Datos

Para el desarrollo de los datos y su análisis, se desarrollaron los pasos que se describen a continuación:

- Análisis y optimización de la información.
- Estudio de equipos y dispositivos para el uso del desinfectante para el control de Covid-19.
- Estudio de equipos para el control de alimentación del sistema de desinfección.
- Evaluación de los prototipos previamente elaborados.
- Presentación de los resultados de forma acorde con los objetivos planteados.

2.1.4. Desarrollo del Proyecto

Para el cumplimiento de los objetivos planteados del proyecto de investigación se cumplieron los siguientes pasos:

1. Recolección de información sobre el afrontamiento de Covid-19.
2. Análisis de los sistemas actuales de bioseguridad.
3. Revisión del suministro eléctrico dentro de las unidades de transporte.
4. Determinación del suministro al sistema de desinfección de las unidades de transporte.
5. Definición de los módulos IoT para adquisición y proceso de datos de las unidades móviles del transporte.

6. Obtención de características técnicas de los dispositivos para la desinfección de las unidades de transporte.
7. Comparación de costos y características de los elementos a implementarse.
8. Análisis de equipos para el diseño de la red WLAN.
9. Desarrollo de la topología de red con la integración del sistema de desinfección.
10. Desarrollo del suministro de energía al sistema de desinfección.
11. Programación y desarrollo de los dispositivos IoT para la comunicación entre las unidades de transporte y el servidor.
12. Adquisición, procesamiento y envío de señales en tiempo real de los sensores o actuadores implementados en la unidad de transporte al servidor.
13. Diseño de una plataforma móvil para la visualización de datos en tiempo real.
14. Implementación de sistema en la unidad de transporte
15. Realización de pruebas de todo el sistema.
16. Corrección de errores del sistema.
17. Elaboración de la documentación final del sistema implementado.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados.

En los últimos años debido a la pandemia por SARS-CoV-2 y otras infecciones virulentas, los sistemas de desinfección dentro del transporte se han vuelto necesarios para proteger la salud de los pasajeros y del personal de transporte. Para este fin en el presente proyecto se ha desarrollado un sistema de desinfección con ozono para el transporte de la Universidad Técnica de Ambato, basado en energía solar. además, se ha implementado un sistema de registro-monitoreo de calidad de aire y temperatura. Adicionalmente se implementó un registro de usuarios mediante tarjetas RFID, lo que permite un monitoreo de usuarios dentro de las unidades de transporte.

3.2. Desarrollo de la propuesta

3.2.1. Recolección de información sobre el afrontamiento de Covid-19.

La pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto duradero en la salud, la economía y la sociedad de todo el mundo. La Organización Mundial de la Salud ha reconocido el impacto a largo plazo de la pandemia y ha exhortado a los gobiernos a prepararse para el futuro[78].

Aunque la pandemia ya es cotidiana en nuestras vidas, los virus y nuevas infecciones respiratorias siguen afectando a las personas día a día [79]. Por esta razón es importante que tomemos los pasos necesarios para prevenir la propagación del virus y protegernos a nosotros mismos y a los demás. Esto incluye lavarse las manos frecuentemente, usar una mascarilla cuando se está en público, mantener una distancia social apropiada, desinfectar regularmente las superficies y objetos. Así también es importante desinfectar los medios de transporte como son los buses, para prevenir contagios entre los usuarios y los profesionales de la conducción [80].

3.2.2. Análisis de los sistemas actuales de bioseguridad.

A raíz de la pandemia del 2020 se han tomado medidas preventivas o de bioseguridad para prevenir propagación y contagio de enfermedades virales, las medidas más comunes son:

- Lavado de manos
- Uso de equipos de protección personal
- Distancia física
- Limpieza y desinfección de superficies
- Garantizar el aire limpio
- Uso de tapabocas
- Pruebas de detección de enfermedades
- Entrenamiento en bioseguridad
- Supervisión y vigilancia
- Registro de entradas y salidas

En este proyecto se basó en la desinfección como medida de bioseguridad. Para ello, se detalla los tipos de esta medida de bioseguridad:

Desinfección química: utilizando desinfectantes químicos, como hipoclorito de sodio, alcohol, ozono, amonio cuaternario, peróxido de hidrógeno y cloruro de benzalconio[81].

Desinfección física: utilizando el calor, la luz ultravioleta, la radiación gamma, los rayos X y los ultrasonidos[82].

Desinfección biológica: utilizando microorganismos para eliminar patógenos, como el látex, el ácido láctico y las bacterias del suelo[83].

Tabla 2 Tipos de desinfección. Ventajas y Desventajas.

Desinfección	Ventajas	Desventajas
Química	Es fácil de usar y ofrece una desinfección rápida. Es generalmente asequible. Puede ser eficaz para eliminar una amplia variedad de patógenos.	Puede ser tóxico para los seres humanos y el medio ambiente si no se usa correctamente. Puede dañar superficies sensibles.

	<p>No requiere equipos costosos para su aplicación.</p> <p>No es peligroso para los seres humanos si se usa correctamente.</p>	<p>Puede ser ineficaz para el desinfectante resistente a los patógenos.</p> <p>Puede requerir equipos especiales para su aplicación.</p> <p>El uso inadecuado puede resultar en una propagación de microorganismos resistentes a los desinfectantes.</p>
Física	<p>Es eficaz para eliminar una amplia variedad de patógenos.</p> <p>No es tóxico para los seres humanos y el medio ambiente.</p> <p>No requiere equipos costosos para su aplicación.</p> <p>Puede usarse en superficies sensibles.</p> <p>No genera una resistencia a los patógenos.</p>	<p>Puede ser costoso.</p> <p>Puede ser peligroso para los seres humanos si no se usa correctamente.</p> <p>Puede ser ineficaz para el desinfectante resistente a los patógenos.</p> <p>Puede ser ineficaz en áreas difíciles de alcanzar.</p> <p>Puede no ser práctico para desinfectar grandes áreas.</p>
Biológica	<p>Es seguro para los seres humanos.</p> <p>No genera una resistencia a los patógenos.</p> <p>Puede usarse en superficies sensibles.</p> <p>No requiere equipos costosos para su aplicación.</p> <p>5. Es eficaz para eliminar una amplia variedad de patógenos.</p>	<p>Puede requerir tiempo para lograr la desinfección.</p> <p>Puede ser costoso.</p> <p>Puede ser ineficaz para el desinfectante resistente a los patógenos.</p> <p>Puede no ser práctico para desinfectar grandes áreas.</p> <p>Puede no ser adecuado para superficies sensibles.</p>

Fuente: Elaborado por el investigador basado en [81], [82], [83]

Analizando los criterios de la tabla Tabla 2 Adicionalmente de información obtenida en entrevistas en Carrocerías Varma se optó por la desinfección con ozono, ya que este es uno de los desinfectantes más eficaces y seguros para las personas y el medio ambiente. El ozono es un desinfectante de amplio espectro, lo que significa que es eficaz contra una amplia variedad de patógenos. Además, el ozono no contiene productos químicos tóxicos y no daña superficies sensibles. El ozono también es rápido y eficaz, lo que significa que es una opción excelente para la desinfección de unidades de transporte.

3.2.3. Revisión del suministro eléctrico dentro de las unidades de transporte.

EL proyecto se basó en energía solar por lo tanto trabajara independientemente del sistema eléctrico del bus lo que permite que el sistema electrónico implementando trabaje sin tener que depender de una red eléctrica del bus. El sistema solar incluye paneles solares montados en el techo del bus para capturar la luz del sol. Estos paneles generan electricidad que se almacena en baterías para suministrar la energía necesaria a nuestro sistema.

3.2.4. Definición de los módulos IoT para adquisición y proceso de datos de las unidades móviles del transporte.

Dentro de las tecnologías IoT tenemos el Zigbee, Bluetooth, WiFi, LoRa, etc. Zigbee es un estándar de comunicación inalámbrica a corta distancia basado en el protocolo IEEE 802.15.4. Está diseñado para ser usado en aplicaciones de sensores de área de red de baja potencia. Bluetooth es un protocolo de comunicación de corto alcance que permite a los dispositivos se comuniquen entre sí. Utiliza una onda radio para transmitir datos entre dispositivos conectados. El WiFi es una tecnología de red inalámbrica que permite a los dispositivos comunicarse sin necesidad de cables. Utiliza una señal de radio para transmitir información entre dispositivos. LoRa es una tecnología de comunicación inalámbrica de largo alcance que permite a los dispositivos intercambiar datos de forma inalámbrica cuando están lejos uno del otro. Utiliza una señal de radio para transmitir información entre dispositivos a largas distancias. LoRa se basa en el protocolo LoRaWAN para proporcionar una red de área amplia para la conectividad de IoT. En la tabla se especifican los detalles técnicos de cada uno de ellos.

Tabla 3 Tecnologías para conectividad IoT.

Tecnología	Zigbee	Bluetooth	WiFi	LoRa
Alcance	Corto	Corto	Largo	Largo
Frecuencia	2,4 GHz	2,4 GHz/5 GHz	13,56 MHz	868 MHz / 915 MHz

Protocolo	IEEE 802.15.4	Bluetooth Classic	IEEE 802.11	LoRaWAN
Ventajas	<p>Bajo consumo de energía: Zigbee es uno de los protocolos de comunicación inalámbrica más eficientes en términos de consumo de energía.</p> <p>Costo bajo: Zigbee es uno de los protocolos de comunicación inalámbrica más baratos. Esto significa que los dispositivos Zigbee son asequibles para muchos usuarios.</p> <p>Alta velocidad: Zigbee ofrece velocidades de hasta 250 Kbps, suficientes para la mayoría de las aplicaciones.</p> <p>Mayor alcance: Zigbee puede alcanzar un alcance de hasta 100 metros, lo que lo hace ideal para aplicaciones en exteriores.</p>	<p>Bajo costo: Bluetooth es una de las tecnologías más baratas, lo que lo hace asequible para muchos usuarios.</p> <p>Bajo consumo de energía: Bluetooth es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica más eficientes en términos de consumo de energía. Esto significa que los dispositivos Bluetooth pueden funcionar durante mucho tiempo con una batería pequeña.</p> <p>Fácil de usar: Bluetooth es una tecnología fácil de usar. Se puede configurar rápidamente y no es necesario tener conocimientos técnicos para configurar un dispositivo Bluetooth.</p>	<p>Facilidad de uso: con una conexión WiFi, no hay cables ni hardware complicado que configurar. Simplemente enciende el router y tu dispositivo estará conectado en pocos segundos.</p> <p>Mayor flexibilidad: el dispositivo WiFi se puede mover de un lugar a otro y seguirá funcionando. Esto es ideal para personas que viajan mucho o tienen varios dispositivos que necesitan conectarse a Internet.</p> <p>Mayor alcance: el rango de una conexión WiFi es generalmente mayor que el de una conexión por cable. Esto significa que la señal de WiFi</p>	<p>Mayor alcance: LoRa puede alcanzar un alcance de hasta 15 km, lo que lo hace ideal para aplicaciones en exteriores.</p> <p>Bajo consumo de energía: LoRa es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica más eficientes en términos de consumo de energía. Esto significa que los dispositivos LoRa pueden funcionar durante mucho tiempo con una batería pequeña.</p> <p>Seguridad: LoRa utiliza cifrado avanzado para garantizar la seguridad de los datos transmitidos. Esto hace que el protocolo sea ideal para aplicaciones críticas.</p>

	<p>Seguridad: Zigbee utiliza cifrado avanzado para garantizar la seguridad de los datos transmitidos. Esto hace que el protocolo sea ideal para aplicaciones críticas.</p>	<p>Mayor alcance: Bluetooth puede alcanzar un alcance de hasta 100 metros, lo que lo hace ideal para aplicaciones en exteriores.</p>	<p>puede llegar más lejos y cubrir un área mucho mayor que una conexión por cable.</p>	
Desventajas	<p>Velocidad limitada: Zigbee ofrece velocidades de hasta 250 Kbps, lo que no es suficiente para algunas aplicaciones.</p> <p>Mayor configuración: Zigbee requiere una configuración más compleja que otros protocolos de comunicación inalámbrica, lo que significa que se necesitan conocimientos técnicos para configurar los dispositivos.</p> <p>Almacenamiento limitado: los dispositivos</p>	<p>Velocidad limitada: Bluetooth ofrece velocidades de hasta 1 Mbps, lo que no es suficiente para algunas aplicaciones.</p> <p>Interferencias: Bluetooth puede sufrir interferencias de otros dispositivos Bluetooth y otros dispositivos electrónicos cercanos.</p>	<p>Mayor configuración: WiFi requiere una configuración más compleja que otros protocolos de comunicación inalámbrica, lo que significa que se necesitan conocimientos técnicos para configurar los dispositivos.</p> <p>Interferencias: WiFi puede sufrir interferencias de otros dispositivos WiFi y otros dispositivos electrónicos cercanos.</p>	<p>Requiere una infraestructura de red dedicada: para implementar una red LoRa, es necesario contar con una infraestructura de red dedicada, lo que implica un coste considerable.</p> <p>Tiempo real: A diferencia de otras tecnologías de red inalámbrica, las señales de LoRa no son adecuadas para aplicaciones en tiempo real, pues la velocidad de transmisión es muy baja.</p>

	Zigbee tienen un almacenamiento limitado, lo que significa que no pueden almacenar grandes cantidades de datos.			
Costo (10 Usuarios)	Entre \$200 y \$500	Entre \$200 y \$400	Entre \$100 y \$400	Entre \$200 y \$1000

Elaborado por el Investigador basado en [84], [85], [86], [87].

Analizando los datos de la Tabla 3 se elige WiFi como tecnología debido a que necesitamos datos en tiempo real, ya que WiFi ofrece velocidades de transferencia de datos más rápidas, es más seguro, su alcance es mayor, es compatible con la mayoría de los dispositivos y su infraestructura es más fácil de implementar. Además, con WiFi, la energía consumida es mucho menor que con otras tecnologías. Por todas estas razones, WiFi se destaca como la mejor opción para implementar una red IoT.

3.2.5. Obtención de características técnicas de los dispositivos para la desinfección de las unidades de transporte.

El tipo de desinfección elegido fue por ozono, entre los mismos tenemos diversos tipos:

- **Generadores de ozono para aplicaciones domésticas:** Estos generadores se usan para purificar el aire en espacios reducidos como salas de estar, cocinas, baños, etc. Los generadores de ozono para aplicaciones domésticas son generalmente de bajo costo, fáciles de usar y pueden purificar el aire en una sola habitación[88].

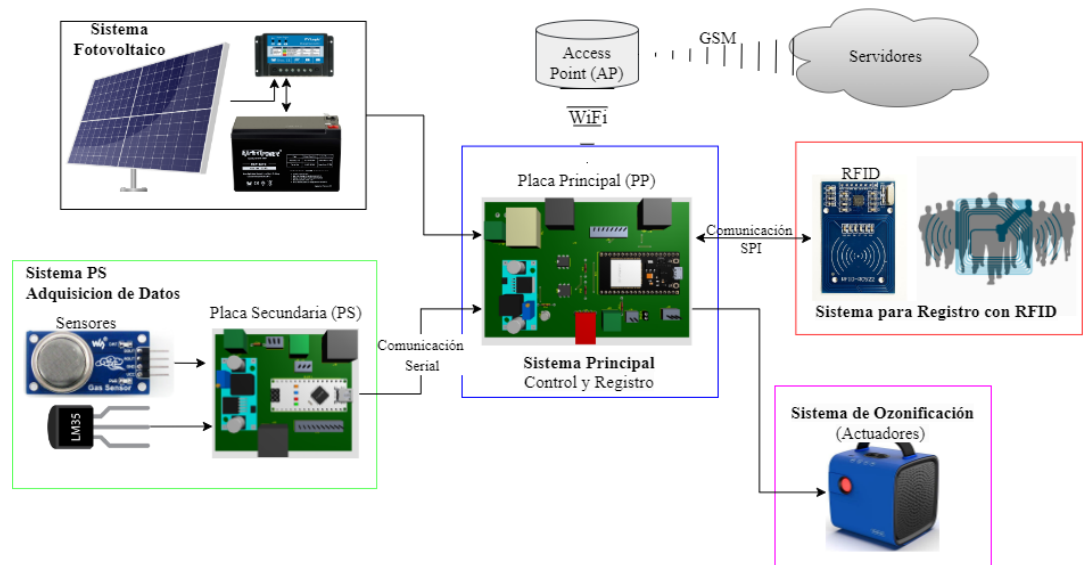
- **Generadores de ozono para aplicaciones industriales:** Estos generadores de ozono se usan para eliminar olores y contaminantes en aplicaciones industriales, como plantas de tratamiento de aguas residuales, industrias químicas, procesamiento de alimentos, etc. Estos generadores de ozono son más grandes, más caros y potentes que los generadores domésticos, y pueden proporcionar una mayor cantidad de ozono para tratar grandes espacios[89].
- **Generadores de ozono para aplicaciones médicas:** Estos generadores de ozono se usan en hospitales, clínicas y otras instalaciones médicas para desinfectar equipos, instrumentos y otras superficies con ozono. Estos generadores de ozono son a menudo más potentes y caros que los generadores domésticos y pueden usarse para tratar grandes áreas [90].

Para el proyecto se ha elegido un ozonificador domestico puesto que la superficie de trabajo fue de 2,6 m de ancho por 7m de largo dando un área aproximada de 18.2 metros cuadrados. El modelo elegido es el *Airthereal PA50-GO* [91]. Este es un generador de ozono con una potencia de 50 mg/h. Está diseñado para eliminar los olores, los gérmenes, los alérgenos y los contaminantes tóxicos del aire. Cuenta con una salida de aire de 360 grados para una distribución uniforme. Es un generador de ozono portátil con un tamaño pequeño para un fácil almacenamiento. Además, es seguro de usar ya que se apaga automáticamente cuando se abren puertas y ventanas. El área efectiva es de 300 pies cuadrados o aproximadamente 28 metros cuadrados. Adicional a estas ventajas el dispositivo trabaja a 5v con una batería interna que permite hasta 2 ciclos de desinfección sin necesidad de carga la información completa se detalla en el Anexo K. Esto brinda una gran ventaja en el proyecto debido a que todo el sistema trabaja con energía fotovoltaica.

3.2.6. Análisis de equipos para el diseño de la red WLAN.

Para el sistema se definió la arquitectura de la Figura. 2 en la misma podemos ver que tenemos un Access Point (AP), al mismo se le conecta la Placa

Principal mediante WiFi a 2.4Gz, lo que da acceso a todos los servidores y servicios necesarios para el proyecto. Es decir, tenemos una red en anillo.



*Figura. 2 Diagrama General del Sistema.
Elaborado por el investigador.*

En la placa principal tenemos 2 subsistemas: el sistema para el registro u autenticación de los usuarios y el sistema de ozonificación. El primer sistema trabaja con tecnología RFID y se conecta a la PP mediante Comunicación SPI. El sistema de ozonificación es un sistema independiente para su control se necesitan optoacopladores su funcionamiento se definirá más adelante.

Adicionalmente, se define una placa Secundaria (PS) para la adquisición de datos dentro del sistema. La misma es un dispositivo que se conecta al sistema principal para expandir sus capacidades de adquisición de datos. Esta placa se puede utilizar para recopilar y procesar información adicional que no se puede obtener directamente a través del sistema principal. Esto incluye datos de temperatura y calidad de aire. Además, la placa secundaria también puede proporcionar interfaces de entrada y salida adicionales, como entradas analógicas, entradas digitales, salidas analógicas, salidas digitales y comunicaciones de red. Esto permite al sistema principal obtener y procesar

información externa para mejorar su rendimiento y funcionalidad. la PP con la PS se conectan entre si mediante comunicación serial a 9600 baudios.

3.2.7. Selección de la base de datos para el sistema

Para IoT existen diversas bases de datos, a continuación, definimos las más importantes:

1. **MongoDB:** es una base de datos no relacional de alto rendimiento y escalabilidad. Es ideal para aplicaciones IoT porque es fácil de escalar y soporta grandes volúmenes de datos[92].
2. **Cassandra:** es una base de datos NoSQL distribuida, escalable y altamente confiable. Es ideal para aplicaciones IoT porque ofrece una gran disponibilidad y una alta escalabilidad[93].
3. **HBase:** es un sistema de base de datos de código abierto para almacenar grandes cantidades de datos distribuidos. Es ideal para aplicaciones IoT porque es escalable y ofrece un almacenamiento distribuido[94].
4. **Redis:** es una base de datos NoSQL de alto rendimiento y baja latencia. Es ideal para aplicaciones IoT porque ofrece un almacenamiento en memoria para aplicaciones de tiempo real[95].
5. **Couchbase:** es una base de datos NoSQL de alto rendimiento, escalable y con una alta disponibilidad. Es ideal para aplicaciones IoT porque soporta grandes volúmenes de datos y ofrece una gran escalabilidad[96].
6. **Firebase:** es una plataforma en la nube para el desarrollo de aplicaciones móviles y web. Es ideal para aplicaciones IoT porque ofrece un almacenamiento en la nube seguro y escalable[97].

Basado en la información anterior se ha seleccionado Firebase debido a su fácil instalación en placas de desarrollo como Arduino y su facilidad para guardar y consultar información en el almacenamiento en la nube. Esto brinda la

oportunidad de desarrollar dispositivos de bajo consumo, pero con gran capacidad. Además de ofrecer una gran escalabilidad. Lo que permite crecer al proyecto de manera fácil cuando se necesite.

3.2.8. Desarrollo de la topología de red con la integración del sistema de desinfección.

El sistema de desinfección es un dispositivo externo por ello es necesario optoacopladores para integrarlo con el sistema de control como se muestra en la Figura. 3. Para dicho control se tiene un control de la base de datos, lo que permite la activación remota o automática del sistema de desinfección. Esto se logra mediante una conexión física entre el sistema de desinfección y el controlador. Esta conexión se puede realizar a través de un optoacoplador. El controlador recibe la información de la base de datos que permite activar el sistema de desinfección.

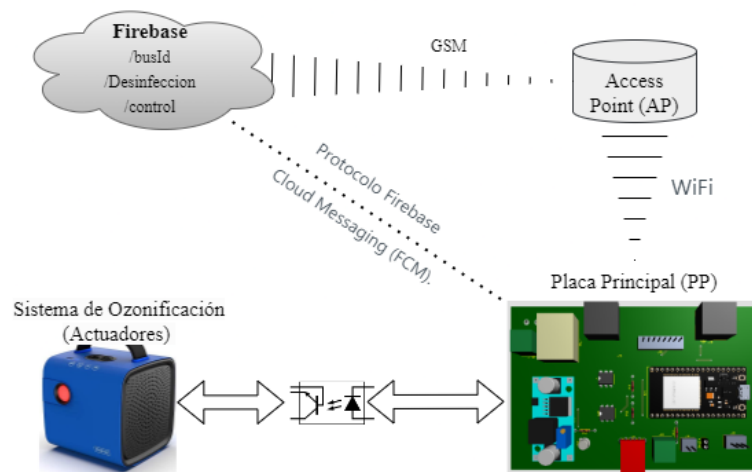
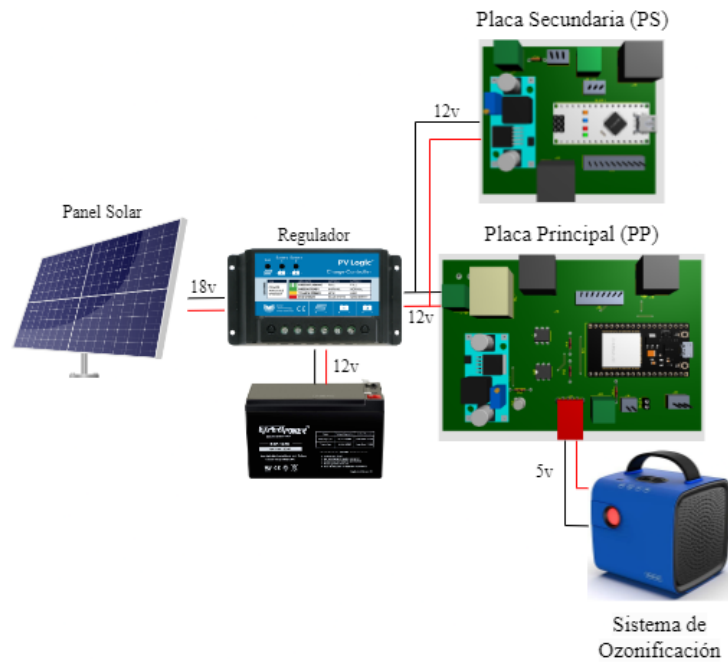


Figura. 3 Topología de red del sistema de desinfección.
Elaborado por el investigador.

3.2.9. Desarrollo del suministro de energía al sistema de desinfección.

El esquema eléctrico de todo el sistema se muestra en Figura. 4. El mismo consta de una fuente (Panel Solar) el cual entrega al Regulador 18v el mismo se encarga de cargar la batería de 12v y entregar esa energía a la PP y PS, dentro de estas tenemos reguladores Step Down para evitar las caídas de corrientes y

sobrecalentamientos del sistema. Adicionalmente la PP entrega 5v al sistema de ozonificación para mantenerlo siempre cargado y listo para su uso.



*Figura. 4 Esquema eléctrico del sistema.
Elaborado por el Investigador.*

3.2.10. Estimación del Consumo energético

Es necesario determinar el consumo de energía de los componentes del prototipo, considerando un ciclo de aproximadamente 24h de funcionamiento del sistema, con lo cual obtenemos 30 W/día (Anexo A). Los Datos del consumo completo están en Anexos. Se ha estimado la energía total con una reserva adicional del 25% para adaptarse a cualquier condición meteorológica imprevista que pueda tener un efecto en la generación de energía solar. El porcentaje de energía de reserva puede variar según la ubicación del prototipo y en algunos casos no necesitará ninguna reserva.

Para determinar el número de módulos fotovoltaicos, se asume una eficiencia teórica del 95% en los elementos de almacenamiento y una eficiencia del 100%

en los conductores. La Ecuación 1 se usa para calcular el consumo diario promedio de energía[98].

$$E_{cmd} = \frac{E_{cmd DC} + \frac{E_{cmd AC}}{\eta_{inversor}}}{\eta_{bateria} \times \eta_{conductor}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

E_{cmd} : consumo diario promedio de energía (Wh/día),

$E_{cmd DC}$: consumo diario promedio de cargas que consumen energía continua (Wh/día),

$E_{cmd AC}$: consumo diario promedio de cargas que consumen energía alterna (Wh/día),

$\eta_{inversor}$: rendimiento del inversor,

$\eta_{bateria}$: eficiencia de la batería,

$\eta_{conductor}$: eficiencia de los conductores.

Con el valor del consumo diario promedio de energía se calcula la energía total anual (ET) que consume el prototipo, como se muestra en la Ecuación 2 $ET = E_{cmd} \times 365$ [98]:

$$ET = E_{cmd} \times 365 \text{ días (4)}$$

$$ET = E_{cmd} \times 365 \quad \text{Ecuación 2}$$

Aplicando la ecuación 1 Y 2 mediante un script (Anexo D) obtenemos lo siguiente del consumo de energía en la Figura. 5:

```
#####
Consumo de energía
#####
Consumo de energía diario promedio = 39.474 kW/día
Consumo de energía total anual promedio = 14.408 kW/año
```

*Figura. 5 Resultados consumo energía.
Elaborado por el investigador.*

Tabla 4 Resumen consumo de energía.

E_{cmd}	39.474 Wh/día
ET	14.408 kWh/año

Elaborado por el investigador.

Cálculo de la cantidad de módulos solares

Para determinar cuántos módulos solares son necesarios para la implementación del prototipo en Ambato-Ecuador, se usa el valor de radiación solar proporcionado por la Comisión Europea, con la herramienta denominada “*PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM*”, para lo cual seleccionamos la ubicación de la Universidad técnica de Ambato, y los datos mensuales de radiación del 2020 que es el último año de registro como se muestra en la Figura. 6.

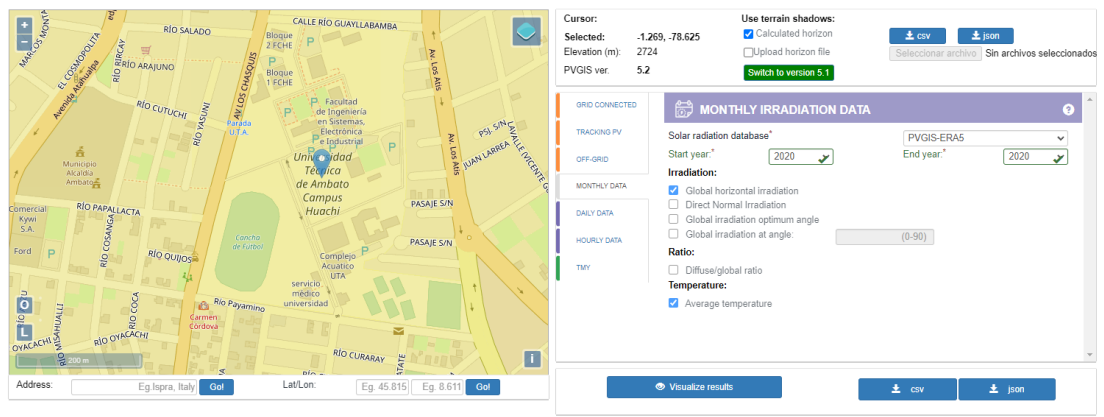


Figura. 6 Información sobre radiación solar y fotovoltaica para Ambato. Elaborado por el investigador basado en [99].

Obteniendo el mes crítico de radiación en junio con una radiación de 147.71 kWh/m² como se observa en la Figura. 7.

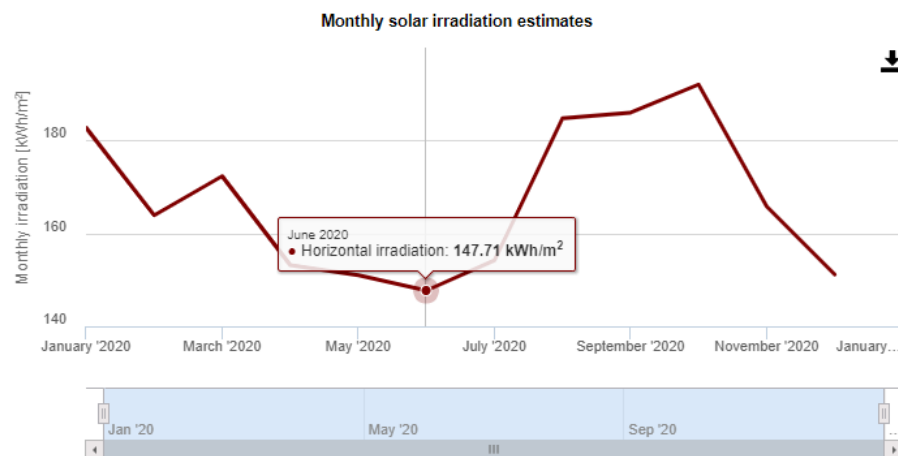


Figura. 7 Radiación solar mensual estimada para Ambato.

Elaborado por el investigador basado en [99].

Con el dato del mes crítico obtenemos la radiación diaria dividiendo ese valor entre 31 días promedio del mes, dando como resultado **4 764 Wh/m2/Dia**

La hora solar pico (*HPS*) (Ecuación 3) se determina con el valor de la radiación crítica. Esta unidad mide la cantidad de energía que proviene del sol cuando hay una radiación solar hipotética constante de 1000 W/m2 [98].

$$HPS_{CRÍTICO} = \frac{Radiación_{mes-crítico}}{1000 [Wh/m^2]} \quad \text{Ecuación 3}$$
$$HPS_{CRÍTICO} = \frac{4\,764 [Wh/m^2/Dia]}{1000 [Wh/m^2]} = \mathbf{4.7 HPS}$$

De igual manera se calcula el consumo diario en Amperio Hora (E_{Ah}) con el voltaje de la batería (V_{bat}), obteniendo:

$$(E_{Ah}) = \frac{E_{cmd}}{V_{bat}} = \frac{4.764 [Wh/Dia]}{12 V} = \mathbf{3.289 Ah/dia}$$

Para calcular la corriente generada I_g por los paneles fotovoltaicos se aplica la siguiente ecuación [98]:

$$I_g = \frac{E_{Ah}}{HPS_{CRÍTICO}} = \frac{3.289 Ah/dia}{4.765 HSP} = \mathbf{0.690 A}$$

Finalmente obtenemos el número de módulos solares requeridos de la siguiente manera[98] donde I_{max} es la corriente máxima proporcionada por el fabricante para el proyecto es 2.77A:

$$N_{modulos} = \frac{I_g}{I_{max}} = \frac{0.69A}{2.77} = 0.249 \Rightarrow \mathbf{1 modulo}$$

En la Figura. 8 se comprueban los datos descritos en la sección anterior mediante un script (Anexo D).

```
#####
Dimensionado del Panel Fotovoltaico
#####
Horas Solar Pico de la instalcion = 4.765 HSP
Energía en amperios hora = 3.289 Ah/dia
Corriente generada = 0.690 A
Numero de paneles = 1.000 Paneles
```

*Figura. 8 Dimensionado del Panel Fotovoltaico.
Elaborado por el investigador.*

Dimensionamiento de la batería

La cantidad de días deseados para que el prototipo funcione sin recibir energía solar es de dos. Es decir, luego de eso los módulos fotovoltaicos vuelvan a captar radiación, la siguiente ecuación indica la capacidad necesaria de la batería [98].

$$C_{bat} = \frac{E_{cmd} \times N}{P_{dese} * V_{bat}}$$

Donde, P_{dese} es la profundidad de descarga de la batería para el litio es 0.9

Así obtenemos la C_{bat} en **7.310 [Ah]** como se observa en la Figura. 9

```
#####
Sistema de almacenamieto
#####
Capacidad de la Bateria = 7.310 Ah
```

*Figura. 9 Capacidad de la batería.
Elaborado por el investigador.*

En la Tabla 5 se resumen todos los datos del sistema fotovoltaico

Tabla 5 Resumen dimensionamiento fotovoltaico.

Parámetro	Valor
Consumo de energía diario promedio	<i>39.474 Wh/dia</i>
Consumo de energía total anual promedio	<i>14.408 kWh/año</i>
Horas Solar Pico de la instalación	<i>4.765 HSP</i>
Energía en amperios hora	<i>3.289 Ah/dia</i>
Corriente generada	<i>0.690 A</i>
Numero de paneles	<i>1 Panel</i>
Capacidad de la batería	<i>7.310 Ah</i>

Elaborado por el investigador.

3.2.11. Programación y desarrollo de los dispositivos IoT para la comunicación entre las unidades de transporte y el servidor.

En la placa principal (PP) tenemos como microcontrolador principal una NodeMCU-32S en el mismo uso la librería “*Firebase Realtime Database Arduino Library for ESP32*” elaborada por mobizt [100] A continuación en Tabla 6 se indica las partes principales del código en Arduino y su descripción.

Tabla 6 Código Arduino para la Placa Principal

Código	Descripción
<pre>#INCLUDE <WIFI.H> #include <NTPCLIENT.H> #include <SPI.H> #include <MFRC522.H> #define API_KEY "XXXXXXX" #define DATABASE_URL "XXXXX-DEFAULT-RTDB.FIREBASEIO.COM"</pre>	<p>Librería para la conexión WiFi Librería para Obtención de Fecha y Hora Librería para conexión SPI Librería para lector RFID API Key del Proyecto RTDB (Real Time Data Base) URL</p>
<pre>FIREBASE.BEGIN (&CONFIG, &AUTH);</pre>	<p>Iniciamos la conexión con la base de datos y nos autenticamos. Los puertos usados son 443 (HTTPS), 5228 (HTTPS), 5229 (HTTPS) y 5230 (HTTPS)</p>
<pre>IF (!FIREBASE.RTDB.BEGINSTREAM (&STREAM, LISTENERPATH.C_STR ()))</pre>	<p>Iniciamos a escuchar en el path de control para la desinfección Path= /Bus1/Desinfeccion/control</p>
<pre>TIMECLIENT.BEGIN (); TIMECLIENT.SETTIMEOFFSET (-18000);</pre>	<p>Iniciamos el servidor NTP Configuramos nuestra zona horaria -5*3600</p>
<pre>SPI.BEGIN (); RFID.PCD_INIT ();</pre>	<p>Iniciamos comunicación SPI con el módulo RFID</p>
<pre>IF (FIREBASE.READY () && SIGNUPOK) { FECHA = GETFECHA (); STRING PATHDATOS4 = IDBUS + "/DESINFECCION/LOGS/" + FECHA; IF (FIREBASE.RTDB.SETSTRING (&FBDO, PATHDATOS4, "INICIO")) { }</pre>	<p>Para ingresar datos primero confirmamos que estemos conectados a RTDB, y luego subimos los datos con “SET” seguido del tipo de dato a colocar, en este caso una cadena de texto</p>

Elaborado por el investigador.

El código completo de la PP se encuentra en el Anexo B

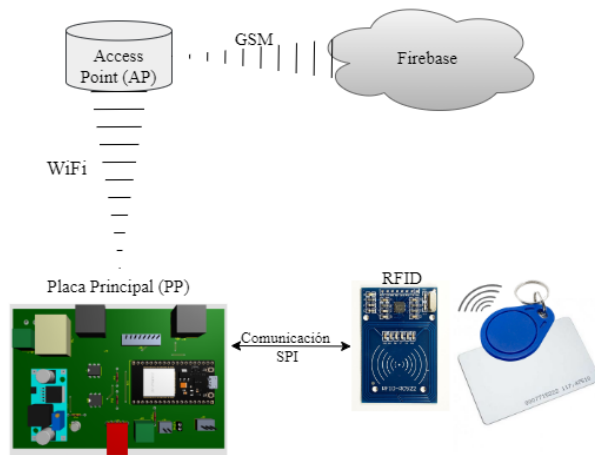
Anexo B Programación Placa Principal

del documento.

3.2.12. Adquisición, procesamiento y envío de señales en tiempo real de los sensores y actuadores.

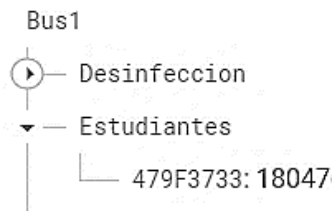
Sistema para Registro

Para el ingreso y registro de usuarios se usa el módulo RFID-RC522, conectado a la placa principal mediante comunicación SPI. En la Figura. 10 podemos ver el esquema completa para el registro de usuarios.



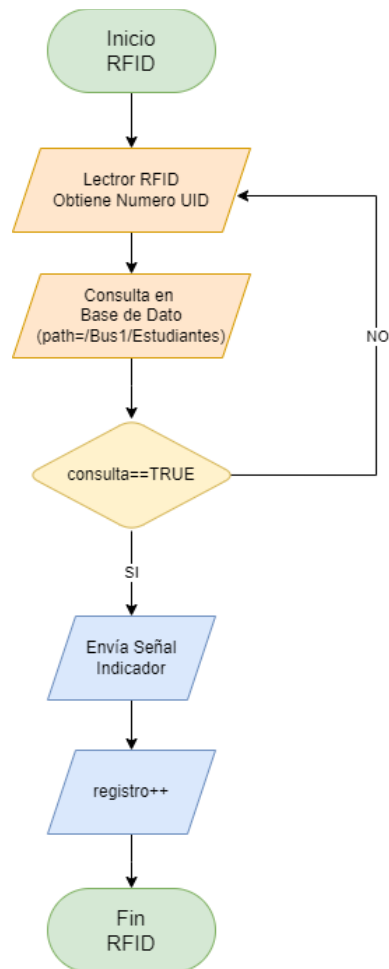
*Figura. 10 Esquema para el registro de usuarios mediante RFID.
Elaborado por el investigador.*

Los usuarios pueden acceder mediante un llavero o con una tarjeta, estas son leídas por la PP y verifica que el numero ID (UID) este registrado en la base de datos a la cual se accede mediante el punto de acceso a la nube. En Firebase están registrados los usuarios con su respectiva UID asignado, cada UID es único para cada usuario. En la base de datos únicamente se registra la cedula del usuario. En la Figura. 11, se muestra el UID=479F3733 anexado a la cedula 18047XXXXX. El módulo está esperando a que una tarjeta sea leída todo el tiempo.



*Figura. 11 Estructura de la RTDB de usuarios registrados.
Elaborado por el investigador.*

La lógica para confirmar los usuarios se muestra en Figura. 12



*Figura. 12 Lógica para verificación de usuarios mediante RFID.
Elaborado por el investigador.*

Sistema para adquisición de datos

Para la adquisición de datos se usó una segunda placa denominada Placa Secundaria (PS), esto debido a que la PP no tiene las suficientes entradas para

la lectura de los sensores, el esquema general de la PS se define en la Figura. 13. Los datos obtenidos son: temperatura ambiente mediante un LM35 y Calidad de aire mediante 3 MQ-135.

Estos sensores son linealizados y muestreados basados en los siguientes parámetros:

$$\Delta t = 60000 [ms] = 60[s] \text{ Tiempo de Envío de Datos}$$

$$n = 15 \text{ Numero de muestras}$$

$$\text{Tiempo de Muestreo } (T_m) = \frac{\Delta t}{n}$$

$$T_m = \frac{60000 [ms]}{15} = 4000 [ms]$$

Es decir, se toma muestras de los sensores cada 4 segundos y se obtiene el promedio de 15 muestras. Ese promedio se envía cada minuto mediante comunicación serial a la PP y esta a su vez envía los datos a la base de datos siguiendo la misma lógica descrita en el apartado de programación de dispositivos IoT. La estructura de la RTDB se muestra en Figura. 14.

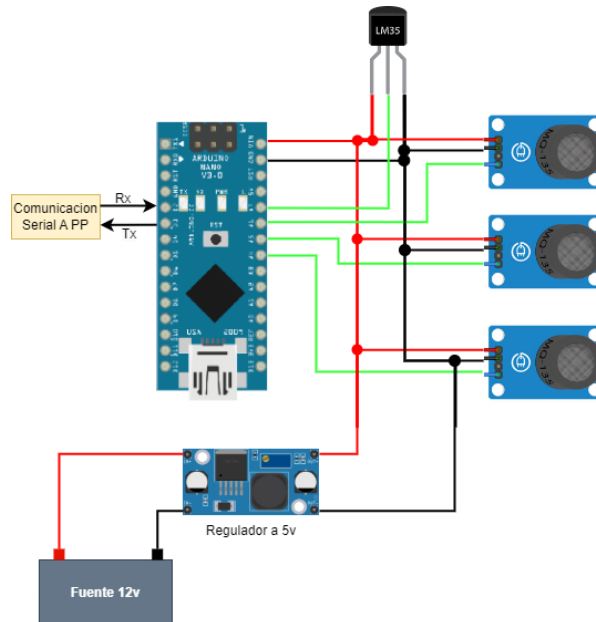
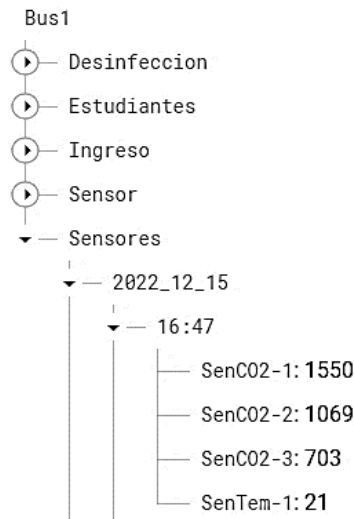
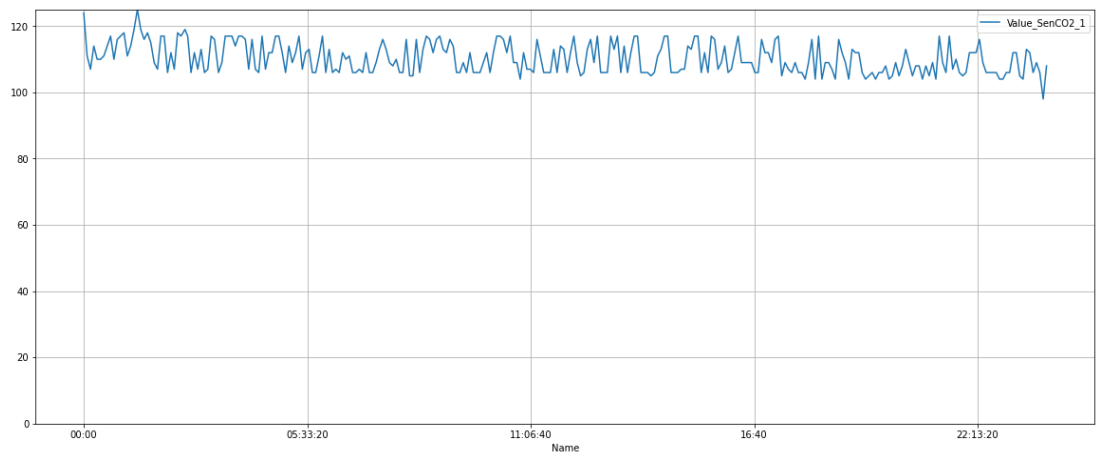


Figura. 13 Placa Secundaria, adquisición y procesamiento de datos.
Elaborado por el investigador.

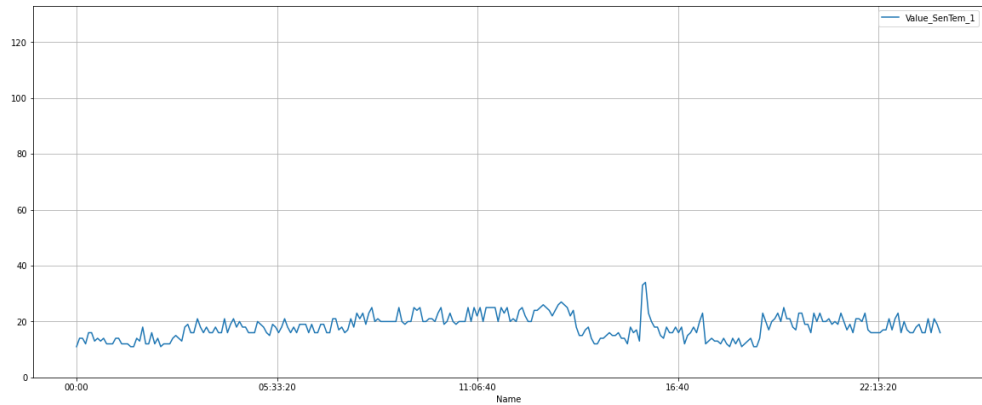


*Figura. 14 Estructura de la base de datos para los sensores.
Elaborado por el investigador.*

La ruta de los datos es **/idBus /Sensores /Fecha /hora /datos**. El id del bus se define en la PP dependiendo del número de unidad de transporte. La fecha y hora se obtiene de un servidor NTP. A continuación (Figura. 15 y Figura. 16), se muestra las gráficas de un sensor de calidad de aire y el de temperatura. Estos datos corresponden al 17 de diciembre del 2022 desde las 00:00 hasta las 22:13.



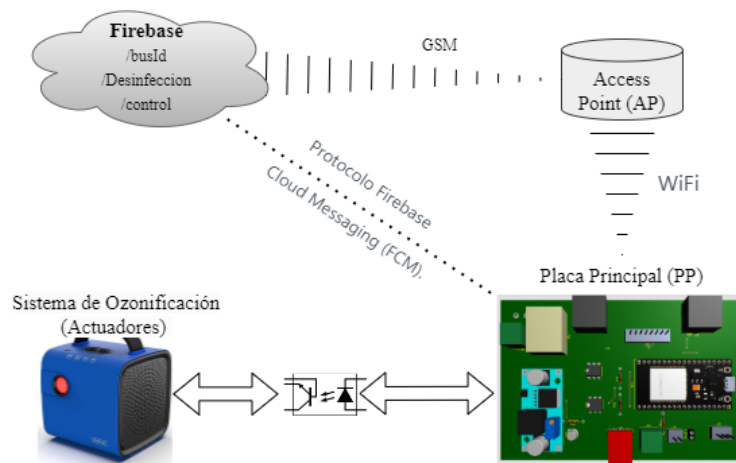
*Figura. 15 Graficas calidad de aire del 17 de diciembre.
Elaborado por el investigador.*



*Figura. 16 Graficas de temperatura del 17 de diciembre.
Elaborado por el investigador.*

Sistema actuador – Sistema de Ozonificación

El sistema de desinfección es un dispositivo externo por ello es necesario optoacopladores para integrarlo con el sistema de control como se muestra en la Figura. 3. Para dicho control se tiene un control de la base de datos, lo que permite la activación remota o automática del sistema de desinfección. Esto se logra mediante una conexión física entre el sistema de desinfección y el controlador. Esta conexión se puede realizar a través de un optoacoplador.



*Figura. 17 Esquema del sistema de desinfección.
Elaborado por el investigador.*

El controlador recibe la información de la base de datos que permite activar el sistema de desinfección. El sistema de desinfección permite un control manual

desde la aplicación móvil o automática cumpliendo los criterios de la Figura. 18.

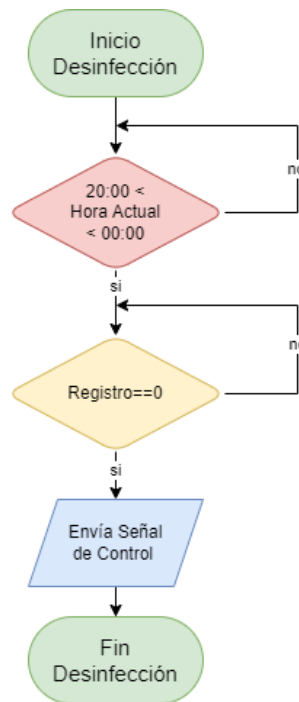


Figura. 18 Diagrama de flujo para el control del Sistema de Desinfección. Elaborado por el investigador.

La estructura de la base de datos es: **/Bus1 /Desinfección /control** y se muestra Figura. 19. Tenemos dos datos el primero es “control” y sirve para activar remotamente la desinfección y el “estado” sirve para verificar el estado del sistema.

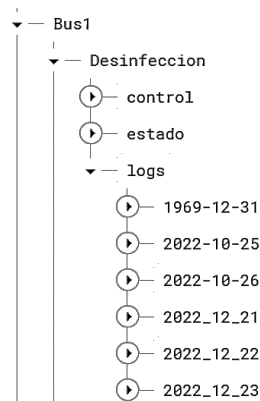


Figura. 19 Estructura de datos para la desinfección. Elaborado por el investigador.

3.2.13. Diseño de una plataforma móvil para la visualización de datos en tiempo real.

La plataforma móvil fue desarrollada juntamente con otro investigador parte del proyecto de la DIDE. A continuación, se muestran las diferentes partes de esta.

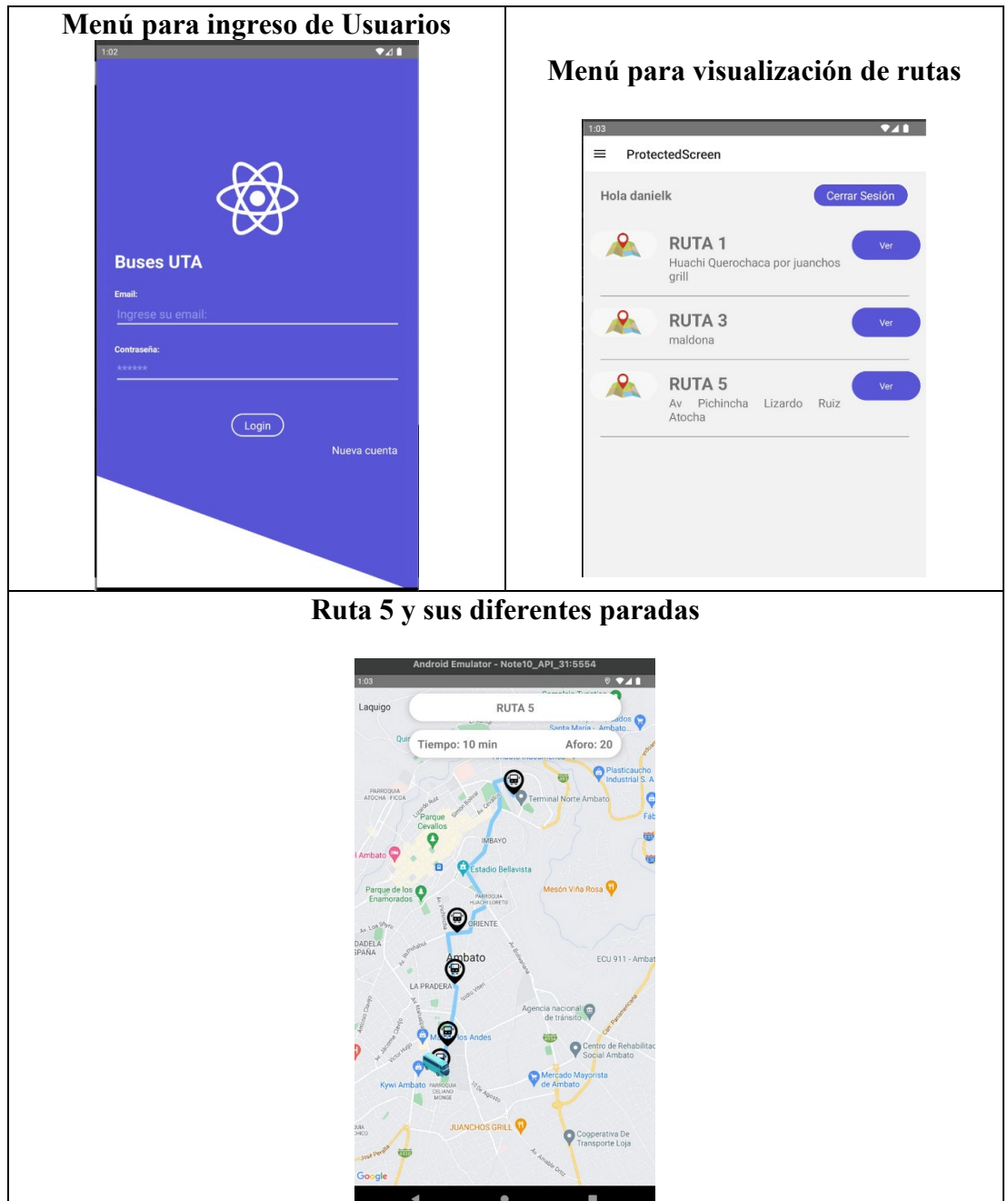


Figura. 20 Aplicación Móvil.
Elaborado por Daniel Pantoja (DIDE).

3.2.14. Implementación de sistema en la unidad de transporte

El sistema se implementó en la unidad número 14 del transporte de la Universidad Técnica de Ambato (Figura. 21).



*Figura. 21 Unidad de Transporte 14.
Elaborado por el investigador.*

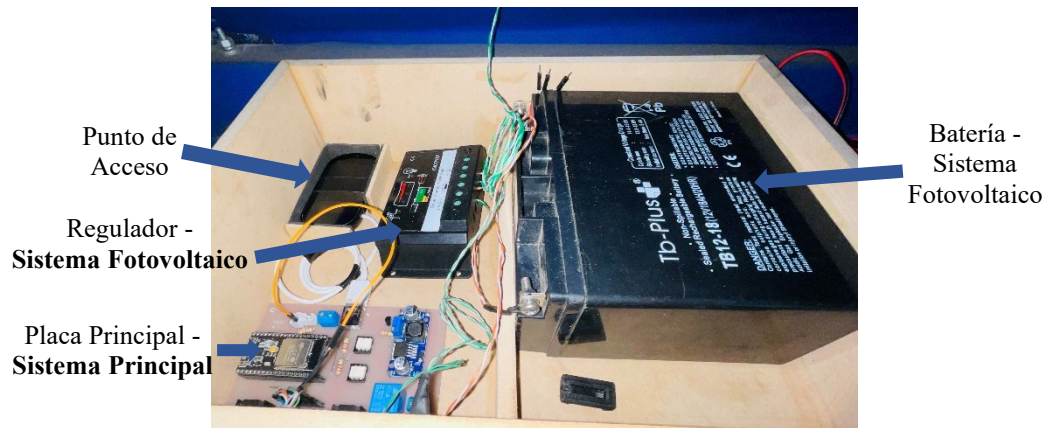
Sistema principal, regulador y de almacenamiento.

El primer sistema instalado fue la placa principal junto con la batería del sistema fotovoltaico, para posteriormente distribuir el cableado hacia el resto de los sistemas. Para la instalación de dicho sistema se usó una caja de madera para proteger los elementos de polvo u otros materiales que puedan ser perjudiciales, en la Figura. 22 (izquierda) se muestra la instalación de la caja principal en la estante superior del bus. En la Figura. 22 (derecha) se muestra la caja principal sellada.



*Figura. 22 Instalación caja principal del sistema.
Elaborado por el investigador.*

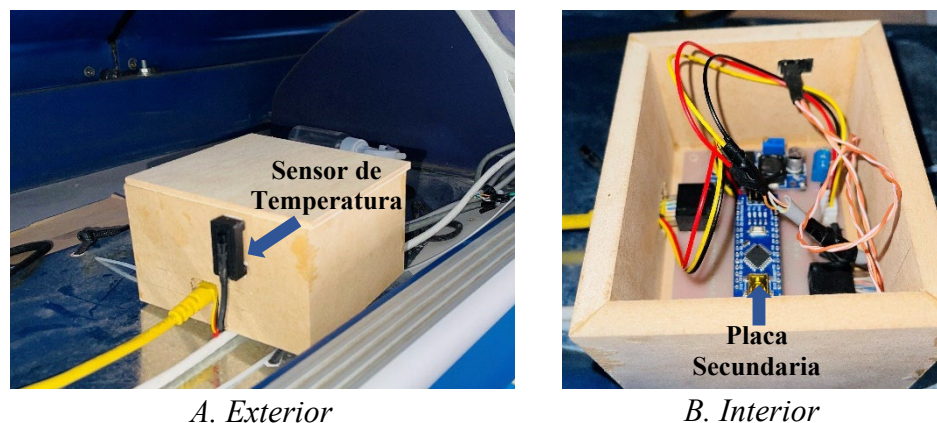
Los elementos distribuidos en la caja principal son: placa principal, punto de acceso, batería y regulador. En la Figura. 23 se muestran dichos elementos y el subsistema al que pertenecen cada uno en base al diagrama general de la Figura. 2.



*Figura. 23 Caja principal y sus componentes.
Elaborado por el investigador.*

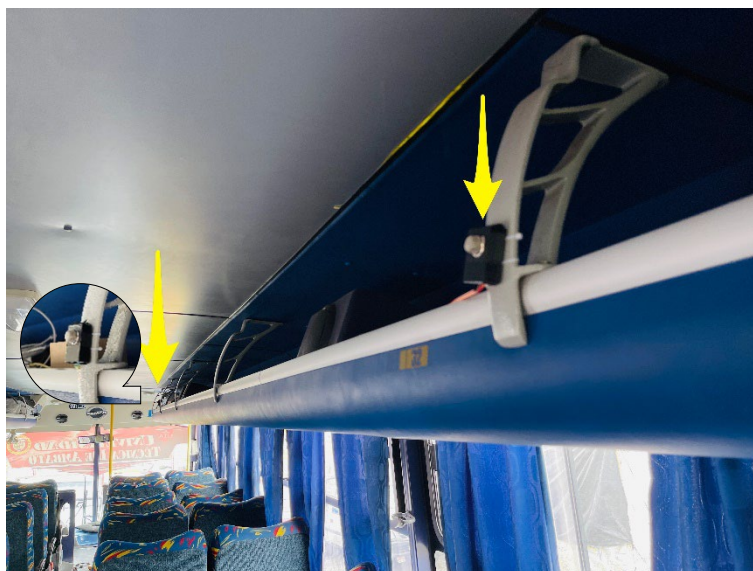
Sistema secundario

Para el sistema de adquisición de datos se instaló la placa secundaria en una caja secundaria ubicada a 2m de la principal en la misma estantería superior, adicionalmente se situó un sensor de temperatura en el exterior de la caja. La caja secundaria únicamente contiene: la placa secundaria en su interior y el sensor de temperatura en su exterior (Figura. 24).



*Figura. 24 Caja Secundaria.
Elaborado por el investigador.*

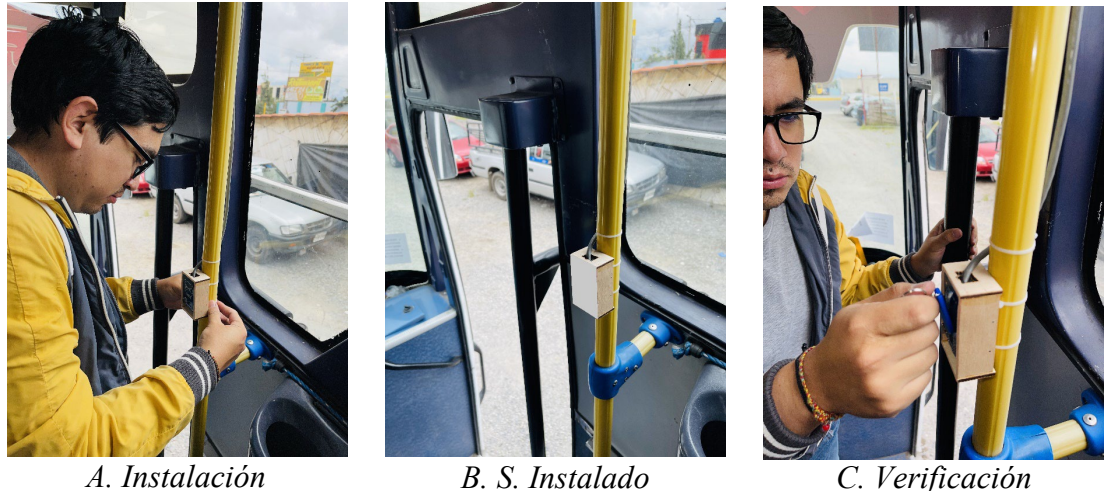
Los sensores de calidad de aire fueron distribuidos de la siguiente manera: El primer sensor junto a la caja secundaria y el resto a 3 m de distancia entre sí para cubrir el área completa del bus. En la Figura. 25 se aprecian la ubicación de los sensores con flechas amarillas.



*Figura. 25 Distribución de los sensores de calidad de aire dentro de la unidad de transporte.
Elaborado por el investigador.*

Sistema de registro

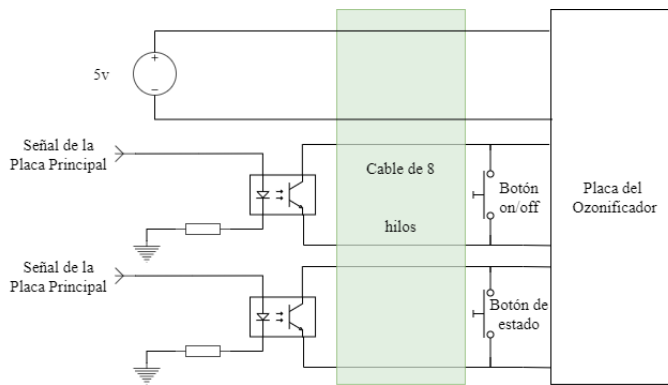
Para el sistema de registro se colocó el sensor RFID junto a la puerta de acceso, con una conexión mediante un cable de red hacia la caja principal, adicional al sensor también se colocó un zumbador (“*buzzer*”) que se activa si se cumple la lógica para verificación de usuarios de la Figura. 12. En la Figura. 26 se muestra la instalación del sistema (A), el sistema instalado (B) y la verificación con un tag (C.)



*Figura. 26 Instalación y verificación del sistema de registro.
Elaborado por el investigador.*

Sistema de ozonificación

El dispositivo de ozonificación escogido fue el airthereal pa50-go, para su instalación primero se realizó una modificación el mismo para agregarle un puerto RJ-45 el cual permitirá el control de este mediante optoacopladores desde la placa principal (PP). El sistema de control esta colocado en paralelo con los botones físicos del dispositivo. Como podemos ver en el la hoja de datos (Anexo K) el dispositivo tiene 2 botones con el primero los encendemos y con el otro cambiamos de modo. Por lo tanto, para el control se necesitan dos optoacopladores. La conexión entre la placa principal y el dispositivo es mediante un cable de 8 hilos, por el cual se transmite la señal de los optoacopladores y Adicionalmente 5v para cargar el dispositivo, el diagrama electrónico se muestra a continuación (Figura. 27):



*Figura. 27 Diagrama electrónico entre la PP y el dispositivo ozonificador.
Elaborado por el investigador.*

Finalmente, para la implementación al ser un dispositivo portátil se lo instalo en la parte trasera del bus. Además, debido a que el ozono tiende a subir se lo debe colocar en la parte más baja es decir pegado al suelo. El dispositivo instalado y funcionando se lo muestra en la Figura. 28.

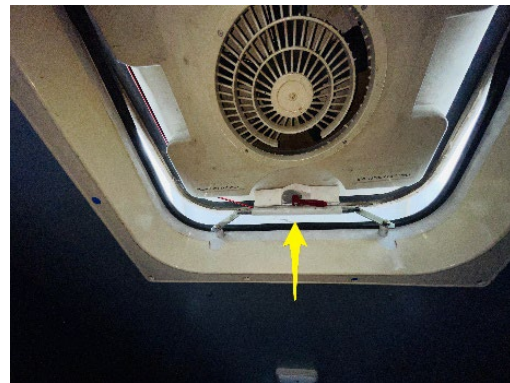
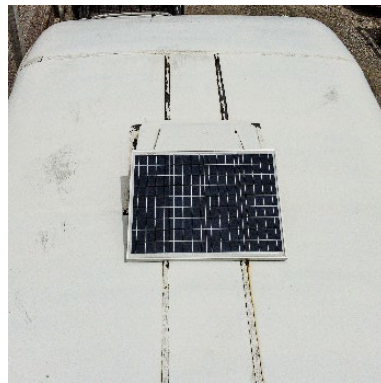


*Figura. 28 Sistema de ozonificación instalado.
Elaborado por el investigador.*

Sistema Fotovoltaico – Panel Solar

El regulador y la batería del sistema fotovoltaico fueron instalados en la caja principal, y el elemento faltante del sistema es decir el panel solar fue instalado en la parte superior del bus al lado de la puerta de ventilación para tener un fácil acceso y poder realizar los mantenimientos correspondientes a futuro, en la Figura. 29 se observa la vista superior y lateral del panel instalado en la unidad.

Culminada la instalación de todos los sistemas con su respectivo cableado se verifico que todos estén energizados y encendidos. Para lo cual es realizo una inspección visual de cada sistema y se comprobó el funcionamiento de todos.



*Figura. 29 Instalación del panel solar.
Elaborado por el investigador.*

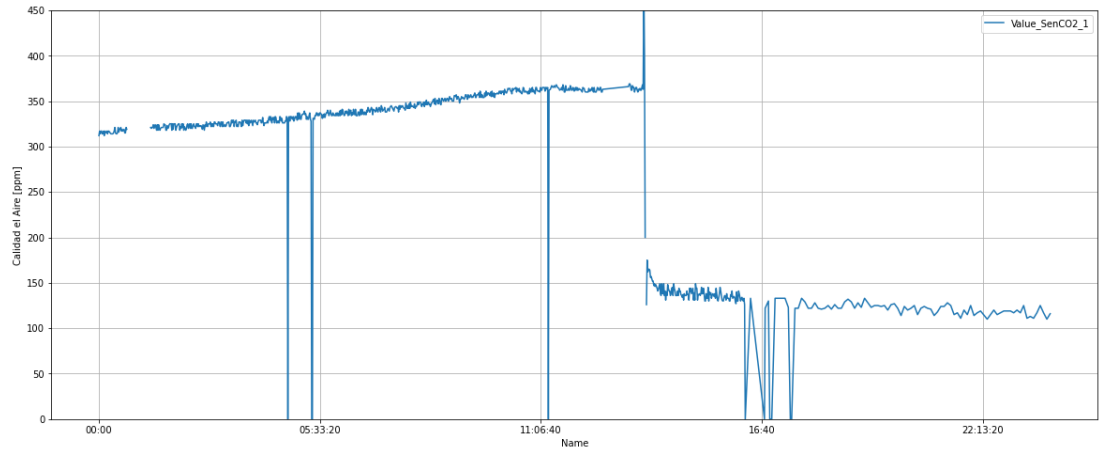


*Figura. 30 Verificación visual del funcionamiento del sistema.
Elaborado por el investigador.*

3.2.15. Realización de pruebas de todo el sistema.

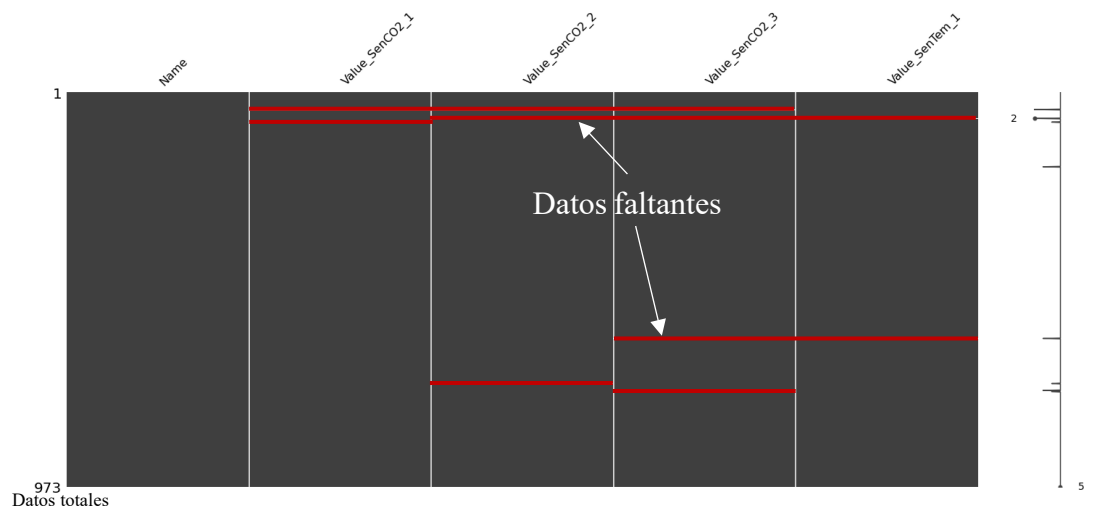
Primera Prueba

Las primeras pruebas se realizaron en un aula de los Talleres Tecnológicos de la Universidad Técnica De Ambato, en un ambiente controlado para tener una base de resultados preliminares para su posterior implementación en una unidad de transporte de la universidad. Los primeros resultados fueron del 16 de diciembre del 2022 y se muestran en la Figura. 31. Estas graficas fueron hechas mediante el script del Anexo E, el cual permite sacar las gráficas de los datos, visualización de valores faltantes y diagramas de correlación entre sensores.



*Figura. 31 Comportamiento del sensor de C02 el 16-12-2022.
Elaborado por el investigador.*

En la Figura. 31 se observa que existen perturbaciones en el sistema además de pérdidas de datos en varios puntos del día, a continuación, se presenta en la visualización de valores faltantes. En la Figura. 32 se interpreta que, de los 973 datos del día, existen perdidas en todos los sensores (líneas rojas), llegando a tener mayor pérdida en el tercer sensor.



*Figura. 32 Visualización de valores faltantes de los sensores el 16-12-2022.
Elaborado por el investigador.*

Finalmente, en la Figura. 33 se muestra que la correlación entre sensores es casi inexistente es decir no hay un correcto funcionamiento debido a que los sensores no están bien calibrados o existe mucha interferencia en los datos.

Debido a estos se requiere una linealización completa de los sensores, misma que se detalla en el siguiente apartado.

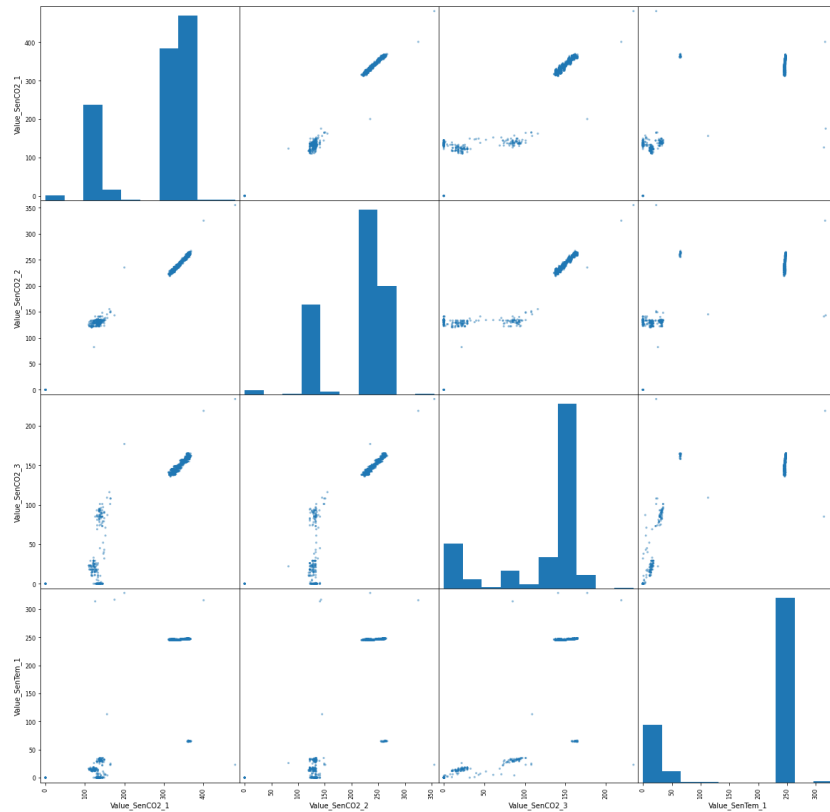


Figura. 33 Diagrama de correlación de los sensores del el 16-12-2022.
Elaborado por el investigador.

Adicionalmente el script muestra los valores máximos y mínimos de los sensores, desviación estándar, media aritmética y acumulaciones en percentiles.

	Value_SenCO2_1	Value_SenCO2_2	Value_SenCO2_3	Value_SenTem_1
count	970.000000	969.000000	968.000000	969.000000
mean	287.952577	213.411765	121.454545	185.059856
std	95.206082	54.523752	54.187674	102.181558
min	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
25%	312.000000	219.000000	136.750000	64.000000
50%	330.000000	234.000000	145.000000	246.000000
75%	353.000000	250.000000	155.000000	247.000000
max	481.000000	355.000000	234.000000	329.000000

Figura. 34 Resumen estadístico de los sensores el 16-12-2022.
Elaborado por el investigador.

La desviación estándar de cada sensor son 95, 54, 54 y 102. Lo que indica que los datos están dispersos a lo largo de un rango muy amplio. Se tiene una gran variabilidad en los datos, e indica que hay algunos datos atípicos o anómalos

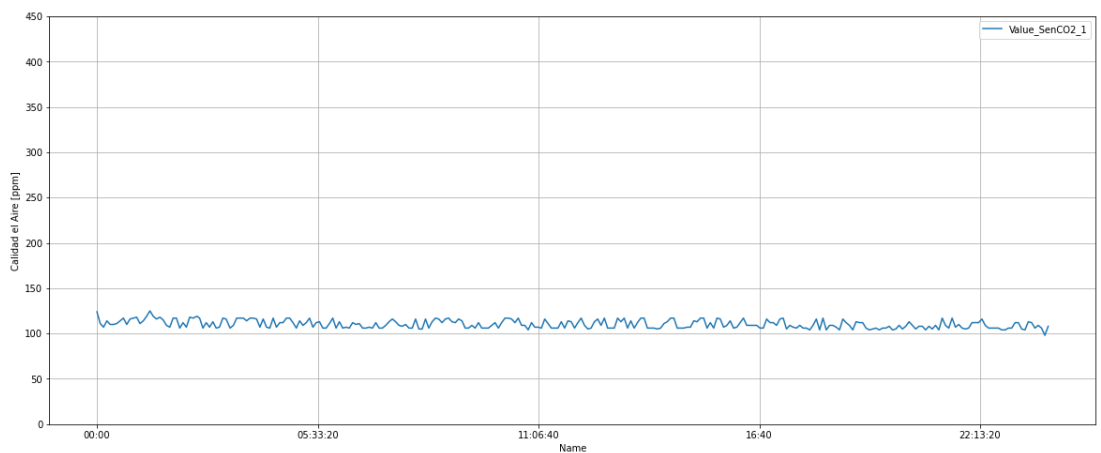
que están afectando la media. Por lo que se requiere de un ajuste en los sensores.

Linealización de los sensores

Para linealizar los sensores se tomó la lectura de un sensor "base" colocado directamente a la placa de adquisición de datos, y los otros a 2m y 4m de distancia. La linealización consiste en ajustar los datos recogidos por los distintos sensores para que se ajusten a una línea recta. Esto se hace para eliminar errores en la medición y para calibrar los sensores a la misma escala. Esto se hace calculando la pendiente y la ordenada al origen de la recta que mejor se ajusta a los datos. Una vez que se haya calculado la línea recta, los datos de los sensores se pueden ajustar a la nueva escala. Esta nueva escala se utiliza para leer los datos de los sensores y para comparar los datos entre los distintos sensores.

Segunda Prueba

A continuación, se analizan los datos del 17 de diciembre de 2022, con los sensores previamente calibrados a las distancias requeridas.



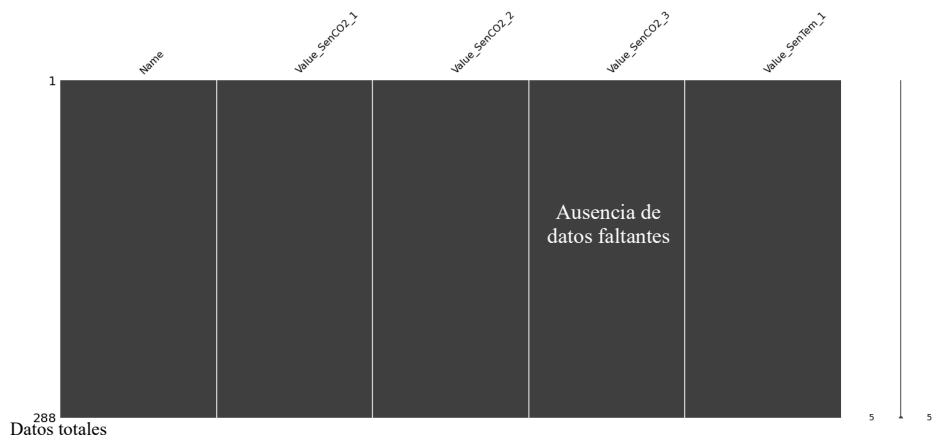
*Figura. 35 Comportamiento del sensor de CO2 el 17-12-2022.
Elaborado por el investigador.*

La Figura. 35 muestra una gráfica más uniforme de calidad del aire, con valores entre 98 y 133 ppm. Estos datos en comparación con los de la primera prueba tienen una desviación estándar de 4.6, 5.2, 4.66 y 4.1, respectivamente para cada sensor como se muestra en la Figura. 36. Esto evidencia el buen funcionamiento de los sensores luego de la linealización correspondiente.

	Value_SenCO2_1	Value_SenCO2_2	Value_SenCO2_3	Value_SenTem_1
count	288.000000	288.000000	288.000000	288.000000
mean	110.336806	121.274306	15.659722	18.190972
std	4.624706	5.221682	4.664587	4.100011
min	98.000000	110.000000	8.000000	11.000000
25%	106.000000	118.000000	10.000000	16.000000
50%	109.000000	121.000000	16.000000	18.000000
75%	114.000000	125.000000	21.000000	21.000000
max	125.000000	133.000000	22.000000	34.000000

*Figura. 36 Resumen estadístico de los sensores el 17-12-2022.
Elaborado por el investigador.*

Mediante la visualización de valores faltantes de sensores linealizados verificamos la ausencia de líneas rojas o lo que indicaba datos faltantes, es decir no hay pérdida de información de ningún sensor, lo que hace que el sistema de sonorización sea más estable y fiable que en la primera prueba, estos datos se observa en la Figura. 37.

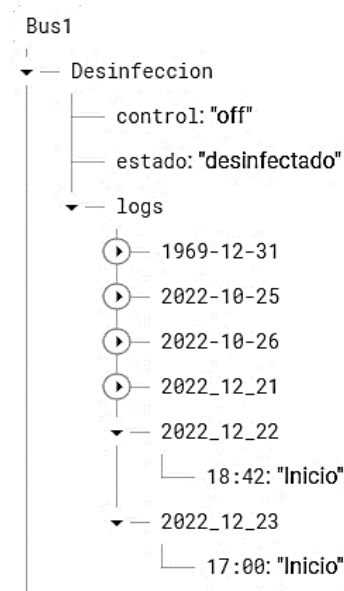


*Figura. 37 Visualización de valores faltantes de los sensores el 17-12-2022.
Elaborado por el investigador.*

Tercera Prueba

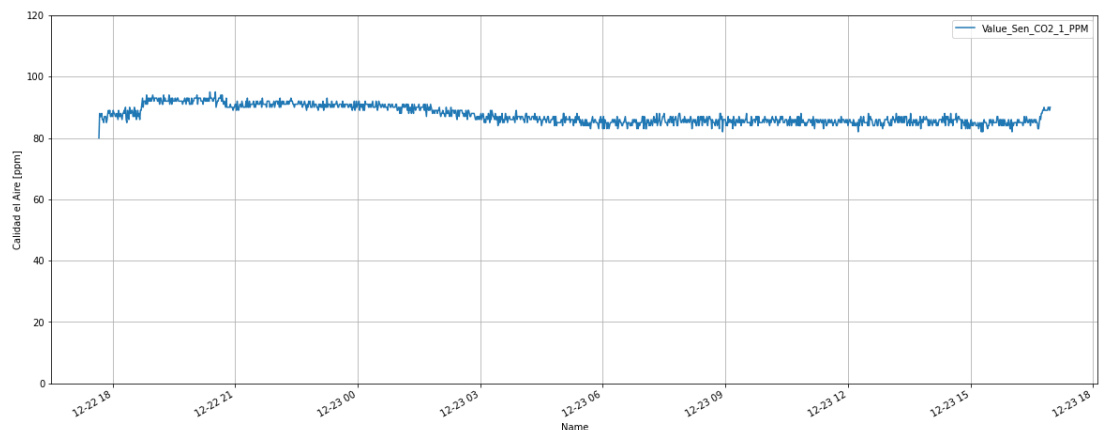
Con el Sistema correctamente funcionando se procede a ozonificar durante dos horas el aula en el que estaba el sistema en los logs de la base de datos podemos

constatar que dicha desinfección se realiza el 22 de diciembre a las 18:42 así como también el 23 de diciembre a las 17:00, estos datos corresponden a la Figura. 38 Logs de desinfección.



*Figura. 38 Logs de desinfección.
Elaborado por el investigador.*

Con los datos linealizados se tomó muestras 24h desde el 22 de diciembre a las 17:40 hasta el 23 de diciembre a las 16:57. En la Figura. 39 se observa el comportamiento del sensor en tres etapas claramente definidas, primero en estado normal, en desinfección y en post desinfección.



*Figura. 39 Sensor de calidad de aire del 22 al 23 de diciembre.
Elaborado por el Investigador.*

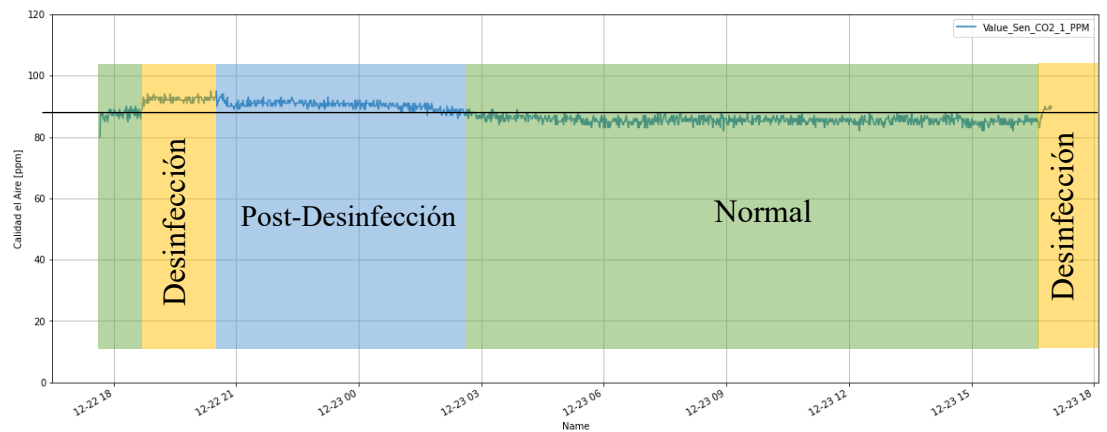


Figura. 40 Sensor de calidad de aire con etapas de desinfección.

Elaborado por el Investigador

El proceso de desinfección dura 2H y durante este tiempo la unidad debe permanecer vacía y totalmente cerrada, esto permite al ozono eliminar cualquier microorganismo presente en la unidad, adicionalmente elimina malos olores y mejora la calidad del aire. Una vez finalizado este proceso el ozono se reemplaza con aire limpio y el equipo queda desinfectado.

Para la validación de estos resultados se usó un equipo comercial que mide la calidad de aire de la marca Delta OHM, modelo HD37AB1347. Los datos se muestran en la Tabla 7 y su correspondiente relación en la Figura. 41.

Tabla 7 Datos calidad de aire con el Delta OHM.

Fecha y Hora	Pre-Desinfección	Fecha y Hora	Durante la Desinfección
23/12/2022 16:32	222.25	23/12/2022 17:00	265
23/12/2022 16:33	217.5	23/12/2022 17:01	273.5
23/12/2022 16:34	216.25	23/12/2022 17:02	268.5
23/12/2022 16:35	213.75	23/12/2022 17:03	249.25
23/12/2022 16:36	214.5	23/12/2022 17:04	247.5
23/12/2022 16:37	207.75	23/12/2022 17:05	245
23/12/2022 16:38	208.25	23/12/2022 17:06	244.5
23/12/2022 16:39	208	23/12/2022 17:07	242.75
23/12/2022 16:40	216.25	23/12/2022 17:08	245
23/12/2022 16:41	221	23/12/2022 17:09	240.75
23/12/2022 16:42	217.75	23/12/2022 17:10	244.5
23/12/2022 16:43	219	23/12/2022 17:11	240.25
23/12/2022 16:44	217	23/12/2022 17:12	239.25
23/12/2022 16:45	218	23/12/2022 17:13	237.5

Elaborado por el investigador.

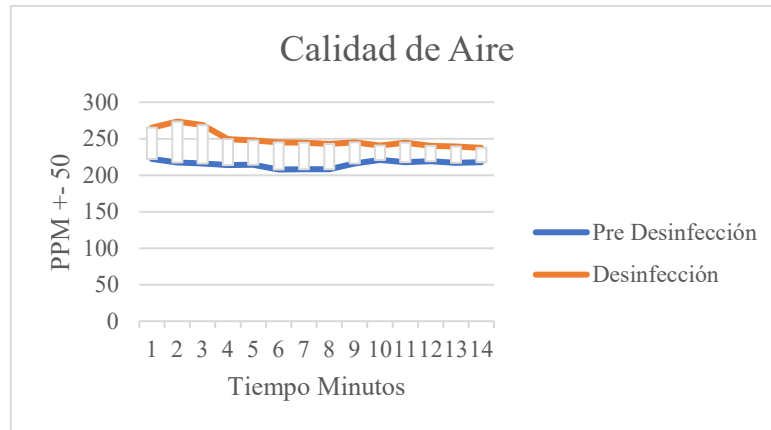


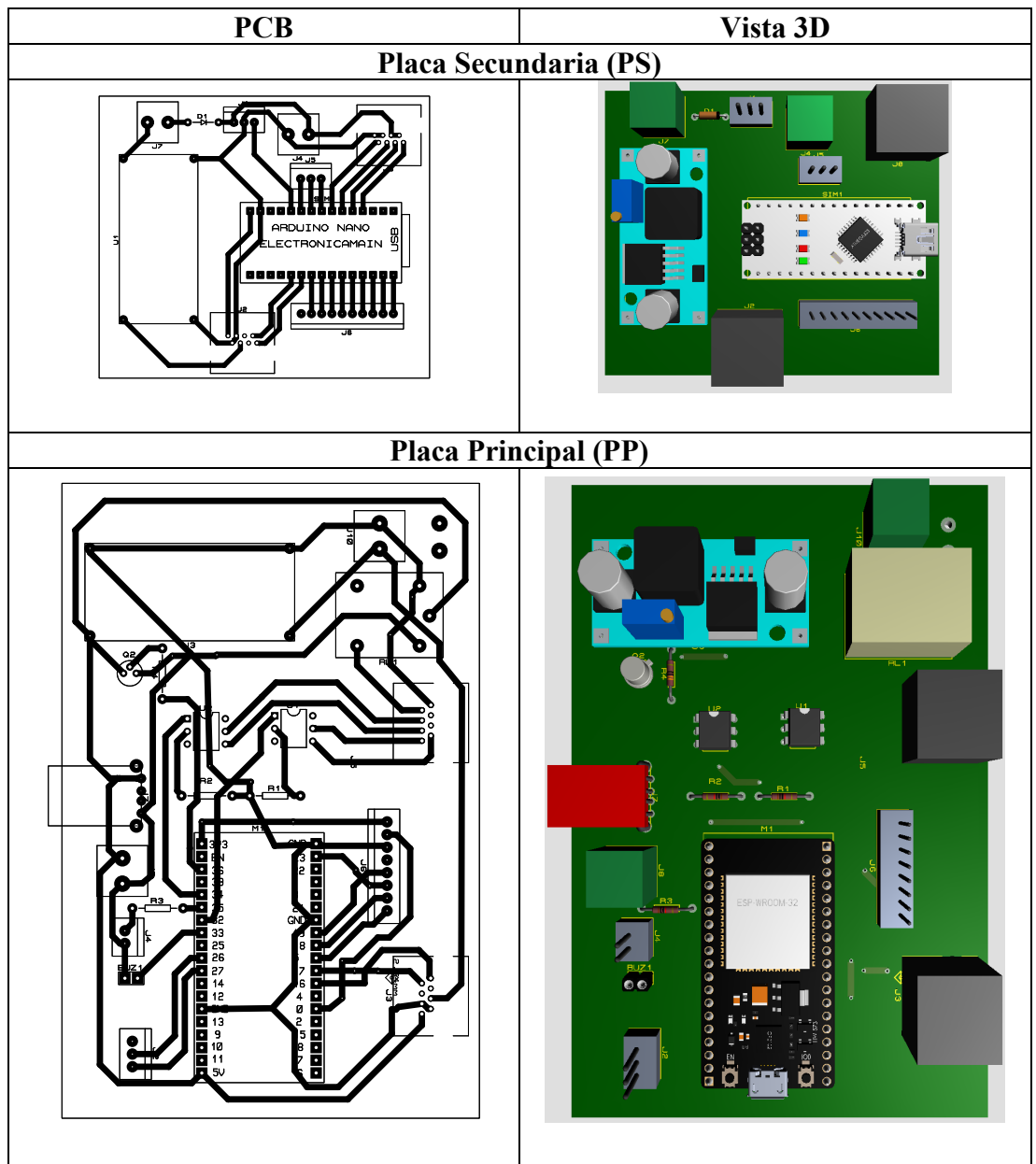
Figura. 41 Comparativa calidad de aire pre - desinfección y durante la desinfección.

Elaborado por el investigador.

Analizando los datos de la Figura. 40 y la Figura. 41 encontramos que tienen una relación directa puesto que en la etapa de pre desinfección o normal los valores se mantienen dentro de un rango, en cambio cuando inicia la ozonificación los valores de calidad de aire tienen a subir en ambos casos, corroborando así que los datos de nuestro sistema tienen el mismo comportamiento que un equipo comercial para calidad de aire.

3.2.16. Corrección de errores del sistema.

En la primera prueba de funcionamiento en laboratorio se utilizó una versión preliminar de las placas (Figura. 42). En el apartado anterior se verificó la existencia de mucha pérdida de datos entre los diferentes sensores. Uno de los factores era la utilización de conectores no regulados para la interconexión entre ellas, por lo que se optó por la utilización de conectores rj45 y cable Cat 5e para la transmisión de datos obteniendo así las placas de la Figura. 43.



*Figura. 43 Placa principal y placa secundaria - Versión Final
Elaborado por el investigador.*

En la versión final de la placa secundaria se agregó un regulador directamente en la placa para alimentarla desde la batería del sistema fotovoltaico y evitar pérdidas de voltaje debido a la distancia entre la PP y la PS.

3.2.17. Presupuesto

El presupuesto final luego de la implementación del proyecto se detalla a continuación:

Tabla 8 Presupuesto del proyecto.

Ítem	Detalle	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
1	ESP-32s	c/u	1	\$ 20.00	\$ 20.00
2	Arduino Nano	c/u	1	\$ 12.00	\$ 12.00
3	MQ-135	c/u	3	\$ 6.00	\$ 18.00
4	RFID - RC522	c/u	1	\$ 15.00	\$ 15.00
5	Lm-35	c/u	1	\$ 3.00	\$ 3.00
6	Sistema de desinfección	c/u	1	\$ 200.00	\$ 200.00
7	Panel Solar	c/u	1	\$ 168.00	\$ 168.00
8	Regulador para panel solar	c/u	1	\$ 15.00	\$ 15.00
9	Bateria 12v7AH	c/u	1	\$ 25.00	\$ 25.00
10	Elementos electrónicos	c/u	Varios	\$ 60.00	\$ 60.00
11	Impresion 3D	c/u	1	\$ 40.00	\$ 40.00
				Subtotal	\$ 576.00
				IVA (12%)	\$ 69.12
				Total	\$ 645.12

Elaborado por el investigador.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con el análisis de los principios y el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos en aplicaciones de transporte, se puede concluir que los sistemas fotovoltaicos pueden ser una excelente opción para proporcionar energía a sistemas electrónicos dentro de la unidad de transporte y contribuir al desarrollo de un transporte más limpio, seguro y sostenible. En nuestro medio se tiene 4.7 horas solar pico, lo que brinda un gran rango para aplicaciones con sistemas fotovoltaicos.
- Con base en el objetivo establecido, se concluye que el uso de energías limpias para la alimentación eléctrica de los sistemas de transporte es una excelente alternativa para generar una tecnología sostenible y respetuosa con el medioambiente. Esto contribuirá a reducir las emisiones de gases nocivos provenientes de los combustibles fósiles y ayuda a mejorar la calidad del aire en las localidades. Para el almacenamiento de la batería se necesitan 7.310 AH a 12 V.
- Con la implementación del sistema de desinfección no solo se elimina virus y bacterias latentes en el medio, sino que también la eliminación malos olores y se evita la propagación de enfermedades infecciosas. Además, se mejora el medio ambiente, contribuyendo al bienestar de la comunidad universitaria.
- Mediante el uso de RFID se logró el registro de los usuarios de las unidades de transporte lo que permitió establecer un sistema de ingreso que mejora la seguridad y asegura que los usuarios sean verificados antes de poder ingresar a las unidades. Esto a su vez mejora la calidad del servicio y la seguridad de los usuarios. Con los datos registrados se puede identificar las rutas más saturadas e implementar nuevas rutas o más unidades en estas rutas.
- Los sistemas de desinfección basados en ozono permiten una limpieza segura puesto que no dañan ningún material o elemento presente en el

bus. Con los datos recolectados por los sensores de verifico la mejora de la calidad luego de la ozonificación de los buses, se puede inferir que los sistemas de desinfección basados en ozono son efectivos. Esto se debe a que el ozono tiene una capacidad de desinfección muy alta, lo que significa que elimina eficazmente los patógenos, virus y bacterias. Esto permite que los buses sean seguros para los pasajeros, por que la limpieza se realiza de una forma eficaz y segura. Además, el ozono es un producto natural que no daña el medio ambiente, por lo que es una forma sostenible de desinfección.

- Luego de llevar a cabo las pruebas de funcionamiento, podemos concluir que los sistemas implementados en las unidades de transporte son adecuados para su uso, considerando que cumplieron satisfactoriamente todos los requerimientos y estándares establecidos. Esto permite asegurar la eficiencia y seguridad de dichos sistemas.

4.2 Recomendaciones

- Dentro de la cabina del chofer existe un sensor de temperatura. Este puede ser utilizado para monitorear la temperatura dentro de la cabina del chofer. Esto permite al chofer ajustar el aire acondicionado y ventiladores para mantener la temperatura adecuada para una conducción segura. Además de esto, el sensor de temperatura también puede ser utilizado para detectar cualquier cambio en la temperatura que pueda ser una señal de que algo anda mal con el vehículo. Esto ofrece al conductor una seguridad adicional al saber que su vehículo está funcionando de forma óptima.
- Adicional a las tarjetas RFID se puede colocar un dispositivo físico que impida el ingreso a las unidades a personas no registradas en la base de datos. Esto se puede lograr con un sistema de cerraduras electromagnética que se abran con la autenticación de los usuarios haciendo así más robusto el sistema de ingreso.
- Con base en el monitoreo de usuarios en las unidades de transporte se puede optimizar las rutas de los buses, así como identificar rutas

problemáticas o saturadas para posteriormente buscar alternativas de solución para estas.

- Se recomienda calibrar cada cierto tiempo los sensores al igual que durante la implementación debido a la variabilidad de voltaje debido a las diferentes distancias de colocación de los sensores.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- [1] S. Chavhan, D. Gupta, B. Chandana, A. Khanna, y J. Rodrigues, “IoT-Based Context-Aware Intelligent Public Transport System in a Metropolitan Area”, *IEEE Internet Things J*, vol. 7, núm. 7, pp. 6023–6034, jul. 2019.
- [2] E. Puma, *Sistema fotovoltaico para una cámara fría para almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena*, 1a ed. Ambato : Repositorio Digital Uta , 2019.
- [3] A. Arunwuttipong, P. Jangtawee, V. Vchirawongkwin, W. Kangwansupamonkon, K. Asavanant, y S. Ekgasit, “Public Buses Decontamination by Automated Hydrogen Peroxide Aerosolization System”, *Open Access Maced J Med Sci*, vol. 9, núm. E, pp. 847–856, sep. 2021.
- [4] M. Yousif, C. Hewage, y L. Nawaf, “IoT Technologies during and Beyond COVID-19: A Comprehensive Review”, *Future Internet 2021, Vol. 13, Page 105*, vol. 13, núm. 5, p. 105, abr. 2021.
- [5] E. Kruszewska, P. Czupryna, S. Pancewicz, D. Martonik, A. Bukłaha, y A. Moniuszko-Malinowska, “Is Peracetic Acid Fumigation Effective in Public Transportation?”, *Int J Environ Res Public Health*, vol. 19, núm. 5, mar. 2022.
- [6] R. J. OÑA, “Desarrollo de un prototipo para el control y monitoreo automático del ingreso y salida de pasajeros en un bus interprovincial don alertas SMS”, 2019.
- [7] “WHO Director-General’s opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020”. [En línea]. Available: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director->

general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020. [Consultado: 04-dic-2022].

- [8] “Pandemia de COVID-19: Impacto en la educación y respuestas en materia de políticas”. [En línea]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/topic/education/publication/the-covid19-pandemic-shocks-to-education-and-policy-responses>. [Consultado: 29-ago-2022].
- [9] “‘La era de las pandemias’: así serán las enfermedades del futuro”. [En línea]. Available: <https://gacetamedica.com/investigacion/la-era-de-las-pandemias-asi-seran-las-enfermedades-del-futuro/>. [Consultado: 29-ago-2022].
- [10] “Coronavirus: Brasil confirma el primer caso en América Latina - BBC News Mundo”. [En línea]. Available: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51641436>. [Consultado: 04-dic-2022].
- [11] R. Pierre Alvarez y P. R. Harris, “COVID-19 en América Latina: Retos y oportunidades”, *Rev Chil Pediatr*, vol. 91, núm. 2, 2020.
- [12] “Orientaciones para el público”. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>. [Consultado: 29-ago-2022].
- [13] “Centro de Operaciones de Emergencia (COE) Transcript | CDC-TV | CDC”. [En línea]. Available: <https://www.cdc.gov/cdctv/spanish/emergencypreparednessandresponse/eoc101-transcript.html>. [Consultado: 29-ago-2022].
- [14] CEPAL, “Transporte limpio: oportunidad para el desarrollo económico de México | Comisión Económica para América Latina y el Caribe”, may-2020. [En línea]. Available: <https://www.cepal.org/es/eventos/transporte-limpio-oportunidad-desarrollo-economico-mexico>. [Consultado: 04-dic-2022].

- [15] A. Tardivo, A. C. Zanuy, y C. S. Martín, “Covid-19 impact on transport: A paper from the railways’ systems research perspective”, en *Transportation Research Record*, vol. 2675, núm. 5, 2021.
- [16] C. F. Pardo, S. Zapata-Bedoya, A. Ramirez-Varela, D. Ramirez-Corrales, J.-J. Espinosa-Oviedo, D. Hidalgo, N. Rojas, C. González-Uribe, J. D. García, y Z. M. Cucunubá, “COVID-19 and public transport: an overview and recommendations applicable to Latin America TT - COVID-19 y transporte público: una revisión y recomendaciones aplicables a América Latina”, *Infectio*, vol. 25, núm. 3, 2021.
- [17] E. Chiliquinga, V. Silva, D. Ugeño, y E. Machay, “Sistema de sanitización para la bioseguridad en el transporte turístico”, *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, núm. E47, pp. 484–494, 2022.
- [18] M. Baselga, J. J. Alba, y A. J. Schuhmacher, “Impact of needle-point bipolar ionization system in the reduction of bioaerosols in collective transport”, *Science of The Total Environment*, vol. 855, p. 158965, 2023.
- [19] M. I. Gómez Cárdenas y S. Gutiérrez Puertas, “Diseño de un sistema de bioseguridad inteligente para mitigación de riesgo por covid19 en la empresa central cervecera de Colombia”, 2021.
- [20] C. F. Pachay García, “Desarrollo de un sistema web, dirigido al proceso de control de registro de las unidades de transporte público de la Cooperativa Jorge Mendoza del cantón Balzar.”, sep. 2022.
- [21] X. E. Castells, *Energía agua medioambiente territorial y sostenibilidad*. Madrid: DIAZ DE SANTOS, 2011.
- [22] M. Borja Velázquez, *Aprovechamiento de la biomasa para uso energético*. Barcelona España: Reverté, 2018.
- [23] C. González Armada, *Cambio climático causas y consecuencias*. Madrid: Mundi-Prensa, 2010.

- [24] T. Perales Benito, *El universo de las energías renovables*. Barcelona: marcombo, 2014.
- [25] “Las energías renovables y su relación con el cambio climático”. [En línea]. Available: <https://www.fiiapp.org/las-energias-renovables-y-su-relacion-con-el-cambio-climatico/>. [Consultado: 04-dic-2022].
- [26] J. L. Oviedo-Salazar, M. H. Badii, A. Guillen, y O. L. Serrato, “Historia y uso de energías renovables history and use of renewable energies”, *Daena Int. J. Good Conscience*, vol. 10, núm. 1, pp. 1–18, 2015.
- [27] H. Catalán, “Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases efecto invernadero en México”, *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, vol. 52, núm. 204, 2020.
- [28] T. Perales Benito, *Guía del instalador de energías renovables: : energía fotovoltaica, energía térmica, energía eólica, climatización*. México: Limusa, 2010.
- [29] A. Gutiérrez M., *Aprovechamiento de energías renovables*. Bogotá: Ediciones de la U, 2015.
- [30] “¿Qué beneficios tiene la energía solar? | ACCIONA | Business as unusual”. [En línea]. Available: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/>. [Consultado: 04-dic-2022].
- [31] N. P. Quadri, *Energía solar*. Buenos Aires: Alsina, 2010.
- [32] J. M. Mendez Muñiz y L. M. Rodríguez Rodríguez, *Energía eólica*. Madrid: Fundación Confemetal, 2012.
- [33] “Wind Energy Basics | Department of Energy”. [En línea]. Available: <https://www.energy.gov/eere/wind/wind-energy-basics>. [Consultado: 04-dic-2022].
- [34] P. A. Owusu y S. Asumadu-Sarkodie, “A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation”, *Cogent Eng*, vol. 3, núm. 1, p. 1167990, 2016.

- [35] A. v Herzog, T. E. Lipman, y D. M. Kammen, “Renewable energy sources”, *Encyclopedia of life support systems (EOLSS). Forerunner Volume-‘Perspectives and overview of life support systems and sustainable development*, vol. 76, 2001.
- [36] J. Roldán Vilorio, *Energías renovables; : Lo que hay que saber*. Madrid España: Paraninfo, 2013.
- [37] M. T. Gatte y R. A. Kadhim, “Hydro power”, *Energy Conservation*, vol. 9, núm. 51000, pp. 95–124, 2012.
- [38] M. V. Zubicaray y P. Alonso Palacios, *Energía hidroeléctrica*. México: Limusa, 1977.
- [39] E. G. Puma Zúñiga, “Sistema fotovoltaico para una cámara fría para almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena”, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas~..., 2018.
- [40] A. Einstein, “The photoelectric effect”, *Ann. Phys*, vol. 17, núm. 132, p. 4, 1905.
- [41] A. Joseph y D. J. Leahy, *Física programada: tópicos de física moderna*. México: Limusa, 1973.
- [42] N. Bohr, “Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?”, *Physical review*, vol. 48, núm. 8, p. 696, 1935.
- [43] J. de Cusa, *Energía solar para viviendas*. Barcelona: CEAC, 1989.
- [44] T. T. Chow, “A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology”, *Applied Energy*, vol. 87, núm. 2. 2010.
- [45] T. Perales Benito, *Instalación de paneles solares térmicos: : componentes, instalación, desarrollo de proyectos*. México: Alfaomega, 2010.
- [46] T. H. Kwan y X. Wu, “Power and mass optimization of the hybrid solar panel and thermoelectric generators”, *Appl Energy*, vol. 165, 2016.

- [47] K. A. Rosero Chavez y O. I. Achicanoy Lara, “Evaluación del uso de materiales alternativos para la fabricación de paneles solares fotovoltaicos”, 2022.
- [48] O. Ogunmodimu y E. C. Okoroigwe, “Concentrating solar power technologies for solar thermal grid electricity in Nigeria: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 90. 2018.
- [49] L. I. Romero Tubon, “Implementación de un sistema solar fotovoltaico para la generación eléctrica mediante paneles policristalinos.”, 2021.
- [50] D. A. Loor Jacome, “Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica”.
- [51] P. Harahap, F. I. Pasaribu, C. A. P. Siregar, y B. Oktrialdi, “Performance of Grid-Connected Rooftop Solar PV System for Households during Covid-19 Pandemic”, *Journal of Electrical Technology UMY*, vol. 5, núm. 1, pp. 26–31, 2021.
- [52] A. Arunwuttipong, P. Jangtawee, V. Vchirawongkwin, W. Kangwansupamonkon, K. Asavanant, y S. Ekgasit, “Public Buses Decontamination by Automated Hydrogen Peroxide Aerosolization System”, *Open Access Maced J Med Sci*, vol. 9, núm. E, pp. 847–856, 2021.
- [53] W. Bolton y R. Bautista Gutiérrez, *Mecatrónica : sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. Alfaomega, 2001.
- [54] E. Mandado Pérez, J. M. Acevedo, C. Fernández Silva, y J. I. Armesto Quiroga, *Autómatas programables y sistemas de automatización*. México: Alfaomega, 2010.
- [55] J. R. Lajara Viscaíno y J. Pelegrí Sebastián, *Sistemas integrados con Arduino*. México: Alfaomega, 2014.
- [56] F. R. Cortes y J. C. Monjaraz, *Arduino: aplicaciones en robótica, mecatrónica e ingeniería*. Marcombo, 2020.

- [57] F. Valdéz y R. Pallás Areny, *Microcontroladores: : fundamentos y aplicaciones con PIC*. México: Alfaomega, 2007.
- [58] J. A. Castaño Welgos, *Curso práctico sobre microcontroladores : teoría, programación, diseño, prácticas y proyectos completos*. CEKIT, 2002.
- [59] S. Monk, *Programar la Raspberry Pi con Python*. Madrid: Anaya, 2016.
- [60] O. T. Khattab, M. A. Alshmmri, y M. J. Marie, “Implementation and Design of a Monitoring System for Tikrit Substation Using IoT”, *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, vol. 13, núm. 03, pp. 607–616, 2022.
- [61] P. Bertoleti, *Proyectos com ESP32 y LoRa*. Editora NCB, 2019.
- [62] J. Peris Martínez, “Sistema de monitorización inalámbrica de temperatura mediante sensor de infrarrojos y microcontrolador ESP32”, 2020.
- [63] B. Mataloto, J. C. Ferreira, y N. Cruz, “LoBEMS—IoT for building and energy management systems”, *Electronics (Basel)*, vol. 8, núm. 7, p. 763, 2019.
- [64] A. Nano, “Arduino Nano”, *A MOBICON Company*, 2018.
- [65] N. Goilav y L. O. I. Geoffrey, *Arduino: Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Ediciones ENI, 2016.
- [66] S. Sebastian, “A Survey about Power Consumption for Arduino”, *Carpathian Journal of Electrical Engineering*, vol. 14, núm. 1, pp. 105–109, 2020.
- [67] S. L. Martínez Pineda y J. C. Cubides Aguilar, “Diseño e Implementación de un Sistema de Ozonificación Electrónico que Aporte a la Disminución de Microorganismos Presentes en el Agua.”, 2019.

- [68] Y. O. Jimenez Muñiz y J. Dalens Vargas, “Diseño y construcción de un generador de ozono portátil para la desinfección de ambientes en tiempos del COVID-19, año 2021”, 2022.
- [69] L. M. Cortés Jimenez y C. A. Giraldo Osorio, “Plan de negocio para el desarrollo y comercialización de un generador de ozono para desinfección de espacios”, 2019.
- [70] I. Falcó, W. Randazzo, G. Sánchez, J. Vilarroig, J. Climent, S. Chiva, A. Chica, y J. Navarro-Laboulais, “Experimental and CFD evaluation of ozone efficacy against coronavirus and enteric virus contamination on public transport surfaces”, *J Environ Chem Eng*, vol. 9, núm. 5, p. 106217, 2021.
- [71] A. Patlins y N. Kunicina, “How to Make Public Transport System Safer During the Pandemic and after”, en *25th International Scientific Conference Transport Means 2021*, 2021, pp. 193–198.
- [72] R. P. Areny, *Sensores y acondicionadores de señal*. Marcombo, 2004.
- [73] M. A. Pérez García, J. C. Alvarez Antón, J. C. Campo Rodríguez, Fco. J. Ferrero Martín, y G. J. Grillo Ortega, *Instrumentación electrónica*. Madrid: Thomson, 2008.
- [74] F. N. Abbas, M. I. M. Saadoon, Z. K. Abdalrdha, y E. N. Abud, “Capable of gas sensor MQ-135 to monitor the air quality with Arduino Uno”, *Int. J. Eng. Res. Technol*, vol. 13, núm. 10, pp. 2955–2959, 2020.
- [75] D. Misra, G. Das, T. Chakraborty, y D. Das, “An IoT-based waste management system monitored by cloud”, *J Mater Cycles Waste Manag*, vol. 20, núm. 3, pp. 1574–1582, 2018.
- [76] J. M. Sánchez Ramírez, “Diseño e implementación de un sistema de control de acceso y monitoreo, mediante temperatura corporal para el personal de una empresa de servicios informáticos en Lima-Perú”, 2022.

- [77] G. Larroy Alarcón, “Diseño y desarrollo de una etiquetadora OEM para la trazabilidad de envases en el proceso de reciclaje”, 2018.
- [78] M. Pinilla-Roncancio y N. R. Caicedo, “Recolección de datos durante la pandemia por la COVID-19 y la inclusión de la población con discapacidad en América Latina y el Caribe”, *Revista Panamericana de Salud Pública*, vol. 46, 2022.
- [79] G. Salanti, N. Peter, T. Tonia, A. Holloway, I. R. White, L. Darwish, N. Low, M. Egger, A. D. Haas, y S. Fazel, “The Impact of the COVID-19 Pandemic and Associated Control Measures on the Mental Health of the General Population: A Systematic Review and Dose–Response Meta-analysis”, *Ann Intern Med*, vol. 175, núm. 11, pp. 1560–1571, 2022.
- [80] L. B. Aknin, J.-E. de Neve, E. W. Dunn, D. E. Fancourt, E. Goldberg, J. F. Helliwell, S. P. Jones, E. Karam, R. Layard, y S. Lyubomirsky, “Mental health during the first year of the COVID-19 pandemic: A review and recommendations for moving forward”, *Perspectives on psychological science*, vol. 17, núm. 4, pp. 915–936, 2022.
- [81] E. P. Chavarro, “Desinfección química”, *Revista química útil*, vol. 13, núm. 13, p. 4, 2011.
- [82] L. M. Vasilyak, “Physical methods of disinfection (a review)”, *Plasma Physics Reports*, vol. 47, núm. 3, pp. 318–327, 2021.
- [83] J. Fu, C.-H. Huang, C. Dang, y Q. Wang, “A review on treatment of disinfection byproduct precursors by biological activated carbon process”, *Chinese Chemical Letters*, vol. 33, núm. 10, pp. 4495–4504, 2022.
- [84] T. Perales Benito, *Infraestructuras comunes de telecomunicación (ICT) y radiocomunicación*. México: Alfaomega, 2014.
- [85] N. J. Muller, *Tecnología Bluetooth*. Madrid: McGraw-Hill, 2002.

- [86] C. M. Ramya, M. Shanmugaraj, y R. Prabakaran, “Study on ZigBee technology”, en *2011 3rd international conference on electronics computer technology*, 2011, vol. 6, pp. 297–301.
- [87] S.-Y. Wang, Y.-R. Chen, T.-Y. Chen, C.-H. Chang, Y.-H. Cheng, C.-C. Hsu, y Y.-B. Lin, “Performance of LoRa-based IoT applications on campus”, en *2017 IEEE 86th vehicular technology conference (VTC-Fall)*, 2017, pp. 1–6.
- [88] H. Pous Casas, “Sistema de desinfección mediante ozono con monitorización IoT”, 2021.
- [89] Y. O. Jimenez Muñoz y J. Dalens Vargas, “Diseño y construcción de un generador de ozono portátil para la desinfección de ambientes en tiempos del COVID-19, año 2021”, 2022.
- [90] J. M. García-Chamizo, S. Alcañiz Lucas, F.-J. Ferrandez-Pastor, J. J. Pérez Maciá, D. Silveira Madrid, y M. García Pérez, “Revisión de las Aplicaciones del Ozono y su Generación para el Uso en Mascarillas contra Patógenos. Versión Preliminar”, 2020.
- [91] “Say Hello to Our New Perfectly Portable Ozone Generator – Airthereal”. [En línea]. Available: <https://airthereal.com/blogs/story/say-hello-to-our-new-perfectly-portable-ozone-generator>. [Consultado: 04-ene-2023].
- [92] R. Caballero, E. Matín, y A. Riesco, *Big data con Python: Recolección, almacenamiento*. Bogotá: Alfaomega, 2019.
- [93] A. Chebotko, A. Kashlev, y S. Lu, “A big data modeling methodology for Apache Cassandra”, en *2015 IEEE International Congress on Big Data*, 2015, pp. 238–245.
- [94] L. George, *HBase: the definitive guide: random access to your planet-size data*. “O’Reilly Media, Inc.”, 2011.
- [95] J. Carlson, *Redis in action*. Simon and Schuster, 2013.

- [96] M. A. I. Hubail, A. Alsuliman, M. Blow, M. Carey, D. Lychagin, I. Maxon, y T. Westmann, “Couchbase analytics: NoETL for scalable NoSQL data analysis”, *Proceedings of the VLDB Endowment*, vol. 12, núm. 12, pp. 2275–2286, 2019.
- [97] L. Moroney, “The firebase realtime database”, en *The Definitive Guide to Firebase*, Springer, 2017, pp. 51–71.
- [98] J. A. Alonso Lorenzo, “SUNFields Europe”, *Obtenido de Radiación Solar: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/radiacion-solar>*.
- [99] “PVGIS user manual”. [En línea]. Available: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system/getting-started-pvgis/pvgis-user-manual_en. [Consultado: 04-ene-2023].
- [100] “GitHub - mobizt/Firebase-ESP32: 🔥 Firebase RTDB Arduino Library for ESP32. The complete, fast, secured and reliable Firebase Arduino client library that supports CRUD (create, read, update, delete) and Stream operations.” [En línea]. Available: <https://github.com/mobizt/Firebase-ESP32>. [Consultado: 03-ene-2023].

ANEXOS

Anexo A Consumo energético del sistema

Primeros 50 Datos del 22 al 23 de diciembre del 2022

Name	Fecha_hora	Value_I (mA)	Value_Irms (mA)	Value_P (mW)
1671731576	22/12/2022 17:52:56	137	97	1164
1671731577	22/12/2022 17:52:57	138	98	1177
1671731578	22/12/2022 17:52:58	138	98	1176
1671731579	22/12/2022 17:52:59	138	97	1172
1671731581	22/12/2022 17:53:01	131	92	1113
1671731582	22/12/2022 17:53:02	136	96	1157
1671731583	22/12/2022 17:53:03	138	97	1171
1671731584	22/12/2022 17:53:04	131	93	1119
1671731585	22/12/2022 17:53:05	130	92	1110
1671731586	22/12/2022 17:53:06	135	96	1152
1671731587	22/12/2022 17:53:07	136	96	1158
1671731589	22/12/2022 17:53:09	138	97	1173
1671731590	22/12/2022 17:53:10	133	94	1133
1671731591	22/12/2022 17:53:11	131	93	1116
1671731592	22/12/2022 17:53:12	134	94	1137
1671731593	22/12/2022 17:53:13	135	95	1145
1671731594	22/12/2022 17:53:14	134	94	1137
1671731596	22/12/2022 17:53:16	138	97	1173
1671731597	22/12/2022 17:53:17	137	97	1170
1671731598	22/12/2022 17:53:18	134	94	1138
1671731599	22/12/2022 17:53:19	135	95	1145
1671731600	22/12/2022 17:53:20	140	99	1194
1671731602	22/12/2022 17:53:22	135	96	1153
1671731603	22/12/2022 17:53:23	136	96	1156
1671731604	22/12/2022 17:53:24	136	96	1156
1671731605	22/12/2022 17:53:25	133	94	1132
1671731606	22/12/2022 17:53:26	135	95	1145
1671731608	22/12/2022 17:53:28	138	98	1177
1671731609	22/12/2022 17:53:29	142	100	1209
1671731610	22/12/2022 17:53:30	134	95	1143
1671731611	22/12/2022 17:53:31	139	98	1186
1671731612	22/12/2022 17:53:32	131	92	1112
1671731614	22/12/2022 17:53:34	133	94	1132
1671731616	22/12/2022 17:53:36	136	96	1154
1671731617	22/12/2022 17:53:37	136	96	1162
1671731618	22/12/2022 17:53:38	133	94	1131
1671731619	22/12/2022 17:53:39	138	98	1176
1671731620	22/12/2022 17:53:40	141	100	1201
1671731621	22/12/2022 17:53:41	142	100	1210
1671731622	22/12/2022 17:53:42	134	95	1140
1671731623	22/12/2022 17:53:43	135	95	1147
1671731624	22/12/2022 17:53:44	132	93	1126
1671731625	22/12/2022 17:53:45	136	96	1158
1671731626	22/12/2022 17:53:46	132	93	1124
1671731628	22/12/2022 17:53:48	138	98	1176
1671731629	22/12/2022 17:53:49	140	98	1187
1671731630	22/12/2022 17:53:50	130	91	1102
1671731631	22/12/2022 17:53:51	136	96	1159
1671731632	22/12/2022 17:53:52	137	97	1170
1671731634	22/12/2022 17:53:54	133	94	1133

Anexo B Programación Placa Principal

```
#include <Arduino.h>
#if defined(ESP32)
#include <WiFi.h>
#elif defined(ESP8266)
#include <ESP8266WiFi.h>
#endif
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#define RXD2 16
#define TXD2 17
#include <NTPClient.h>
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
//Provide the token generation process info.
#include "addons/TokenHelper.h"
//Provide the RTDB payload printing info and other helper
functions.
#include "addons/RTDBHelper.h"

// Insert your network credentials
#define WIFI_SSID "Bus1"
#define WIFI_PASSWORD ""

// Insert Firebase project API Key
#define API_KEY "XXXXXXXXXXXX"

// Insert RTDB URLdefine the RTDB URL */
#define DATABASE_URL "XXXXXXXXXXXX.firebaseio.com"

#define DEBUG_ARRAY(a) {for (int index = 0; index < sizeof(a) /
sizeof(a[0]); index++) {Serial.print(a[index]);
Serial.print('\t');} Serial.println();};

//Variables Tiempos de Espera-----
-----
#define INTERVALO_1 5000
#define INTERVALO_2 500
#define INTERVALO_3 11000
#define INTERVALO_4 13000
unsigned long tiempo_1 = 0;
unsigned long tiempo_2 = 0;
unsigned long tiempo_3 = 0;
unsigned long tiempo_4 = 0;

//Variables Servidor NTP-----
-----
WiFiUDP ntpUDP;
NTPClient timeClient(ntpUDP, "pool.ntp.org");
String formattedDate;
String dayStamp;
String timeStamp;

//Variables RFID-----
-----
#define RST_PIN 0 //Pin 9 para el reset del RC522
```



```

#define SS_PIN 5 //Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
String lecturaRFID;
const int ipaddress[4] = {103, 97, 67, 25};
MFRC522::MIFARE_Key key;
MFRC522 rfid = MFRC522(SS_PIN, RST_PIN);
byte ActualUID[4]; //almacenará el código del Tag leído
byte Usuario1[4] = {0x47, 0x9F, 0x37, 0x33} ; //código del usuario
1
byte Usuario2[4] = {0x09, 0xD4, 0xDC, 0x6A} ; //código del usuario
2

// Define Firebase Data object
FirebaseData stream;
//Define Firebase Data object-----
FirebaseData fbdo;

FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;

unsigned long sendDataPrevMillis = 0;
int count = 0;
bool signupOK = false;
//Define Firebase Data object-----

char cmd;
char old_cmd;
char answer;
char old_answer;
//bufer-----
-----
String str = "";
const char separator = ':';
const int dataLength = 7;
int data1[dataLength];
//buffer-FIN-----
-----
//Variables-Generales-----
-----
String fecha;
String idbus = "Prueba";
String listenerPath = "/" + idbus + "/Desinfeccion/control";
const int pinCO2 = A0;
int ppmCO2;
int cedula;
String stateDes;
bool actual = 0, anterior = 0;
const int pinBat = 27, pinBuzzer = 33, pinOn = 32, pinCam = 25,
pinLed = 26;
int ledState = LOW;
int ledState2 = LOW;
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long previousMillis2 = 0;
const long interval = 5000;
const long interval2 = 500;

```

```

bool aux = false;
bool aux2 = false;
int auxC = 0;
void streamCallback(FirebaseStream data) {
    Serial.printf("stream path, %s\nevent path, %s\ndata type,
%s\nevent type, %s\n\n",
                data.streamPath().c_str(),
                data.dataPath().c_str(),
                data.dataType().c_str(),
                data.eventType().c_str());
    printResult(data); //see addons/RTDBHelper.h
    Serial.println();
    stateDes = (data.to<String>());
}

void streamTimeoutCallback(bool timeout) {
    if (timeout)
        Serial.println("stream timeout, resuming...\n");
    if (!stream.httpConnected())
        Serial.printf("error code: %d, reason: %s\n\n",
stream.httpCode(), stream.errorReason().c_str());
}

void setup() {
    pinMode(pinBat, OUTPUT);
    pinMode(pinBuzzer, OUTPUT);
    pinMode(pinOn, OUTPUT);
    pinMode(pinCam, OUTPUT);
    pinMode(pinLed, OUTPUT);
    digitalWrite(pinBat, HIGH);
    digitalWrite(pinBuzzer, HIGH);
    digitalWrite(pinOn, HIGH);
    digitalWrite(pinCam, HIGH);
    digitalWrite(pinLed, HIGH);

    // Note the format for setting a serial port is as follows:
    Serial2.begin(baud-rate, protocol, RX pin, TX pin);
    Serial.begin(115200);
    Serial.println("ENTER Commands:");
    Serial2.begin(9600, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);
    //Wifi-----
    WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
    Serial.print("Connecting to Wi-Fi");
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.print(".");
        delay(300);
    }
    Serial.println();
    Serial.print("Connected with IP: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    Serial.println();

    /* Assign the api key (required) */
    config.api_key = API_KEY;

    /* Assign the RTDB URL (required) */
    config.database_url = DATABASE_URL;

    /* Sign up */

```

```

if (Firebase.signUp(&config, &auth, "", "")) {
    Serial.println("ok");
    signupOK = true;
}
else {
    Serial.printf("%s\n",
config.signer.signupError.message.c_str());
}

/* Assign the callback function for the long running token
generation task */
config.token_status_callback = tokenStatusCallback; //see
addons/TokenHelper.h

Firebase.begin(&config, &auth);
Firebase.reconnectWiFi(true);

if (!Firebase.RTDB.beginStream(&stream, listenerPath.c_str()))
    Serial.printf("stream begin error, %s\n\n",
stream.errorReason().c_str());

// Assign a callback function to run when it detects changes on
the database
Firebase.RTDB.setStreamCallback(&stream, streamCallback,
streamTimeoutCallback);
delay(2000);

//Inicio NTP
timeClient.begin();
timeClient.setTimeOffset(-18000); // GMT -1 = -3600
//Fin NTP
//RFID
SPI.begin();
rfid.PCD_Init();
Serial.print(F("Reader :"));
rfid.PCD_DumpVersionToSerial();

}

void loop() {
    old_cmd = cmd;
    old_answer = answer;
    int aux = false;
    //Read command from monitor
    readRFID();
    unsigned long currentMillis = millis();
    if (stateDes == "on") {
        if (anterior == false) {
            if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
                // save the last time you blinked the LED
                previousMillis = currentMillis;

                // if the LED is off turn it on and vice-versa:
                if (ledState == LOW) {
                    ledState = HIGH;
                } else {
                    ledState = LOW;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        anterior = true;
        aux2 = true;
    }

    // set the LED with the ledState of the variable:
    digitalWrite(pinOn, ledState);
}

if (Firebase.ready() && signupOK) {
    fecha = getfecha();
    String pathDatos4 = idbus + "/Desinfeccion/logs/" + fecha;
    if (Firebase.RTDB.setString(&fbdo, pathDatos4, "Inicio"))
{
        Serial.println("PASSED data0 ");
    }

}

}

if (aux2 == true) {
    unsigned long currentMillis = millis();
    if (currentMillis - previousMillis2 >= interval2) {
        // save the last time you blinked the LED
        previousMillis2 = currentMillis;

        // if the LED is off turn it on and vice-versa:
        if (ledState2 == LOW) {
            ledState2 = HIGH;
        } else {
            ledState2 = LOW;
        }

        // set the LED with the ledState of the variable:
        auxC++;
        if (auxC == 6) {
            aux2 = false;
            digitalWrite(pinCam, LOW);

        }
        digitalWrite(pinCam, ledState2);
    }
}

} else {
    digitalWrite(pinBuzzer, LOW);
    digitalWrite(pinLed, LOW);
    anterior = false;
}

//Read answer from slave
if (Serial2.available()) {
    str = Serial2.readStringUntil('\n');
    for (int i = 0; i < dataLength ; i++) {
        int index = str.indexOf(separator);
        data1[i] = str.substring(0, index).toInt();
        str = str.substring(index + 1);
    }
}

```

```

        aux = true;
    }
    if (data1[0] != 0) {
        if (Firebase.ready() && signupOK) {
            fecha = getfecha();
            String pathDatos3 = idbus + "/Sensores/" + fecha;
            FirebaseJson json;
            String S1_Path = "Sen_CO2_1_PPM", S1_C_Path =
"Sen_CO2_1_PPM_C";
            String S2_Path = "Sen_CO2_2_PPM", S2_C_Path =
"Sen_CO2_2_PPM_C";
            String S3_Path = "Sen_CO2_3_PPM", S3_C_Path =
"Sen_CO2_3_PPM_C";
            String S4_Path = "Sen_Tem_1";
            json.set(S1_Path.c_str(), data1[0]);
            json.set(S1_C_Path.c_str(), data1[1]);
            json.set(S2_Path.c_str(), data1[2]);
            json.set(S2_C_Path.c_str(), data1[3]);
            json.set(S3_Path.c_str(), data1[4]);
            json.set(S3_C_Path.c_str(), data1[5]);
            json.set(S4_Path.c_str(), data1[6]);
            Firebase.RTDB.setJSON(&fbdo, pathDatos3.c_str(), &json);
        }
    }
}

}

void readRFID(void ) { /* function readRFID */
    ////Read RFID card
    for (byte i = 0; i < 6; i++) {
        key.keyByte[i] = 0xFF;
    }
    // Look for new 1 cards
    if ( ! rfid.PICC_IsNewCardPresent())
        return;
    // Verify if the NUID has been readed
    if ( !rfid.PICC_ReadCardSerial())
        return;
    // Store NUID into nuidPICC array
    for (byte i = 0; i < 4; i++) {
        ActualUID[i] = rfid.uid.uidByte[i];
    }

    Serial.print("      ");
    char str[32] = "";
    array_to_string(ActualUID, 4, str);
    Serial.println(str);
    String auxS = idbus + "/Estudiantes/" + String(str);
    if (Firebase.RTDB.getInt(&fbdo, auxS)) {
        if (fbdo.dataType() == "int") {
            cedula = fbdo.intData();
            if ( cedula != 0) {
                fecha = getfecha();
                String pathDatos2 = idbus + "/Ingreso/" + fecha;
                if (Firebase.ready() && signupOK) {
                    if (Firebase.RTDB.pushInt(&fbdo, pathDatos2, cedula)) {

```

```

        Serial.println("PASSED data0 ");
    }
    else {
        Serial.println("FAILED");
        Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
    }
}

// handle error
Serial.println("OK");

}
}
else {
    Serial.println(fbdo.errorReason());
}
// Halt PICC
rfid.PICC_HaltA();
// Stop encryption on PCD
rfid.PCD_StopCrypto1();
}
/**
 * Helper routine to dump a byte array as hex values to Serial.
 */

//Función para convertir array en string-----
-----
void array_to_string(byte array[], unsigned int len, char
buffer[])
{
    for (unsigned int i = 0; i < len; i++)
    {
        byte nib1 = (array[i] >> 4) & 0x0F;
        byte nib2 = (array[i] >> 0) & 0x0F;
        buffer[i * 2 + 0] = nib1 < 0xA ? '0' + nib1 : 'A' + nib1 -
0xA;
        buffer[i * 2 + 1] = nib2 < 0xA ? '0' + nib2 : 'A' + nib2 -
0xA;
    }
    buffer[len * 2] = '\0';
}

String getfecha() {
    timeClient.update();
    time_t epochTime = timeClient.getEpochTime();
    // String formattedTime = timeClient.getFormattedTime();
    // return formattedTime;
    struct tm *ptm = gmtime ((time_t *)&epochTime);
    int monthDay = ptm->tm_mday;
    int currentMonth = ptm->tm_mon + 1;
    int currentYear = ptm->tm_year + 1900;
    String fecha = String(currentYear) + "_" + String(currentMonth)
+ "_" + String(monthDay);
    int minu = timeClient.getMinutes();
    String hora = String(timeClient.getHours());
}

```

```
String minu2;
if (minu < 10) {
    minu2 = "0" + String(minu);
} else {
    minu2 = String(minu);
}
String horaActual = hora + ":" + minu2;
String currentDate = fecha + '/' + horaActual;
return currentDate;
}
```

Anexo C Programación Placa Secundaria

```
#define RXD2 2
#define TXD2 3
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial = SoftwareSerial(RXD2, TXD2);
char cmd = "";
char old_cmd;
//Sensores-----
#include <MQ135.h>
#define pinG1 A6
#define pinG2 A4
#define pinG3 A0
#define pinT1 A7
int g1, g2, g3, t1;
MQ135 mq135_sensor1(pinG1);
MQ135 mq135_sensor2(pinG2);
MQ135 mq135_sensor3(pinG3);
float temperature = 21.0; // Assume current temperature.
Recommended to measure with DHT22
float humidity = 25.0; // Assume current humidity. Recommended to
measure with DHT22
//bufer-----
-----
#define DEBUG_ARRAY(a) {for (int index = 0; index < sizeof(a) /
sizeof(a[0]); index++) {Serial.print(a[index]);
Serial.print('\t');} Serial.println();};
String str = "";
const char separator = ':';
const int dataLength = 2;
float data[dataLength];
//buffer-FIN-----
-----
int a = 0, n = 15;
int tiempoMin = 1;
long tiempoMs = ((tiempoMin * 60.0) * 1000.0);
long tiempoMuestreo = (tiempoMs / n);
void setup() {
    pinMode (RXD2, INPUT);
    pinMode (TXD2, OUTPUT);
    // Note the format for setting a serial port is as follows:
    Serial2.begin(baud-rate, protocol, RX pin, TX pin);
    mySerial.begin(9600);
    Serial.begin(115200);
    Serial.println(tiempoMs);
    Serial.println(tiempoMuestreo);
    delay(5000);
}
void loop() {

    float ppm1 = 0;
    float correctedPPM1 = 0;

    float ppm2 = 0;
    float correctedPPM2 = 0;

    float ppm3 = 0;
    float correctedPPM3 = 0;
```



```

t1 = 0;

for (int x = 0; x < n; x++) { //suma todos los datos

    //G1-
    ppm1 += analogRead(pinG1);
    correctedPPM1 += (map(analogRead(pinG1), 0,1023,0,5000));
    //G2-----
    ppm2 += mq135_sensor2.getPPM();
    correctedPPM2 += mq135_sensor2.getCorrectedPPM(temperature,
humidity);
    //G3-----
    ppm3 += mq135_sensor3.getPPM();
    correctedPPM3 += mq135_sensor3.getCorrectedPPM(temperature,
humidity);
    t1 += (analogRead(pinT1) * (5.0 / 1024.0) * 100.0);
    delay(tiempoMuestreo);
}

ppm1 = ppm1 / n;
correctedPPM1 = correctedPPM1 / n;
ppm2 = ppm2 / n;
correctedPPM2 = correctedPPM2 / n;
ppm3 = ppm3 / n;
correctedPPM3 = correctedPPM3 / n;
t1 = t1 / n;

mySerial.print(ppm1);
mySerial.print(":");
mySerial.print(correctedPPM1);
mySerial.print(":");
mySerial.print(ppm2);
mySerial.print(":");
mySerial.print(correctedPPM2);
mySerial.print(":");
mySerial.print(ppm3);
mySerial.print(":");
mySerial.print(correctedPPM3);
mySerial.print(":");
mySerial.println(t1);

Serial.print(ppm1);
Serial.print(":");
Serial.print(correctedPPM1);
Serial.print(":");
Serial.print(ppm2);
Serial.print(":");
Serial.print(correctedPPM2);
Serial.print(":");
Serial.print(ppm3);
Serial.print(":");
Serial.print(correctedPPM3);
Serial.print(":");
Serial.println(t1);
}

```

Anexo D Script para dimensionamiento Fotovoltaico

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Wed Dec 28 14:58:38 2022

@author: JeusSurfacePro6
"""

# Dimensionado del sistema fotovoltaico

# Analisis de los datos de corriente

# Estimacion de consumo diario de energías del sistema

# Dimensionamiento del sistema solar
E_cmd_DC=30 #Consumo diario promedio de energia en continua
(Wh/día) (Sale del analisis del consumo de potencia de un dia )
n_bat=0.95 # Eficiencia del sistema de Almacenamiento en %
n_con=1 #Eficiencia del los conductores
M_seg=1.25# Margen de seguridad de 25%

E_cmd= (E_cmd_DC*M_seg)/((n_bat)*(n_con)) # Demanda de energia
diaria

print("\n\n#####
#####")
print("Consumo de energía")
print("#####
#####")

print("Consumo de energía diario promedio = %.3f" % E_cmd ,
"Wh/dia")

print("Consumo de energía total anual promedio = %.3f" %
(E_cmd*365)/1000), "kWh/año" )

# Calculo de número de paneles

# Para el calculo del numero de paneles se usa las horas solar
pico (HPS)
# para lo cual se realiz en el mes mas critico del año
Rad_mes=4764.83 # Se usa el aporte de radiacion del mes más critico
del año Wh/m2/dia
#Obtenidos del con ayuda de la herramienta PVGIS
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
R_ideal= 1000# Radiacion hipotetica de 1000 W/m2

HSP= (Rad_mes)/1000 #Horas Sol Pico
```

```

print("\n\n#####
#####")
print("Dimensionado del Panel Fotovoltaico")
print("#####
#####")

print("Horas Solar Pico de la instalcion = %.3f" % HSP, "HSP" )

V_bat= 12 # Voltaje de la batería
E_cmd_Ah =E_cmd/V_bat #Consumo energético diario en amperios hora

print("Energía en amperios hora = %.3f" % E_cmd_Ah, "Ah/dia" )

#Calculo de la corriente generada en el mes mas critico
I_g=(E_cmd_Ah/HSP) # Corriente generada
print("Corriente generada = %.3f" % I_g, "A" )

# Para cacular el nuenmro de modulos se debe tener en cuenta el
corriente maxima del modulo
# que se encuentra en la placa del fabricante
I_max_p= 2.77#Corriente maxima del panel Fotovoltaico

Num_p= (I_g/I_max_p) # Numero de paneles solares
print("Numero de paneles = %.3f" % (round(Num_p)+1), "Paneles" )

print("\n\n#####
#####")
print("Sistema de almacenamieto")
print("#####
#####")
#Para el dimensionamiento de la bateria se debe tener en cuenta
los dias de autonomia del
#sistema, asi como la porfundidad de descarga de la misma
N= 2# Dias de Atonomia
P_des= 0.9 # Prfundidad de descarga

C_bat= (E_cmd*N)/(P_des*V_bat) # Capacidad de la Bateria
print("Capacidad de la Bateria = %.3f" % C_bat, "Ah" )

```

Resultados del Script

```
#####  
Consumo de energía  
#####  
Consumo de energía diario promedio = 39.474 Wh/día  
Consumo de energía total anual promedio = 14.408 kWh/año  
  
#####  
Dimensionado del Panel Fotovoltaico  
#####  
Horas Solar Pico de la instalación = 4.765 HSP  
Energía en amperios hora = 3.289 Ah/día  
Corriente generada = 0.690 A  
Numero de paneles = 1.000 Paneles  
  
#####  
Sistema de almacenamiento  
#####  
Capacidad de la Bateria = 7.310 Ah
```

Figura. 44 Resultado del Script para dimensionamiento Fotovoltaico

Anexo E Script para análisis de los datos de los sensores

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Tue Dec 20 09:27:00 2022

@author: JeusSurfacePro6
"""
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import missingno as msno
from pandas.plotting import scatter_matrix

Dt_In_1=pd.read_excel('Datos_22_23_Sensores.xlsx')
# pd.read_excel('Datos_15_12_2022.xlsx')
# pd.read_excel('Datos_16_12_2022.xlsx')
# pd.read_excel('Datos_17_12_2022.xlsx')
# pd.read_excel('Datos_18_12_2022.xlsx')

#Grafica en el tiempo del Sensor uno
fig=plt.figure(figsize=(20,8))
Dt_In_1.plot(kind='line',x='Name',y='Value_Sen_CO2_1_PPM',ylim=[0, 450],figsize=(20,8), grid='on', ylabel='Calidad el Aire [ppm]')
plt.show()

size = Dt_In_1.Value_Sen_CO2_1_PPM

print(Dt_In_1.head())
print(Dt_In_1.tail())

msno.matrix(Dt_In_1)

print(Dt_In_1.describe())

print(Dt_In_1.columns)

scatter_matrix(Dt_In_1, figsize=(20,20))

#Mapa de calor de la matriz de correlacion
cor= Dt_In_1.corr()

list_plot=['Value_Sen_CO2_1_PPM', 'Value_Sen_CO2_2_PPM',
'Value_Sen_CO2_3_PPM',
          'Value_Sen_Tem_1']
```

```

uno
=[Dt_In_1.Value_Sen_CO2_1_PPM.max(),Dt_In_1.Value_Sen_CO2_2_PPM.ma
x(),Dt_In_1.Value_Sen_CO2_3_PPM.max(),Dt_In_1.Value_Sen_Tem_1.max(
)]

j=0

for i in list_plot:
    Dt_In_1.plot(kind='line',x='Name',y=i,
ylim=[0,(uno[j])],figsize=(20,8), grid='on')
    plt.show()
    j+=1

#
print('\n#####')
# print('Energía Anual: %.3f' %(Ene_Año/1000), 'MWh/Año')
#
print('#####')

#
print('\n#####')
# print('Demanda maxima anual: %.3f' %(Ene_Año_Max), 'kWh')
#
print('#####')

```

Anexo F Datos de la primera prueba de funcionamiento.

Primeros 50 Datos del 16 de diciembre del 2022

Name	Value_SenCO2_1	Value_SenCO2_2	Value_SenCO2_3	Value_SenTem_1
00:00	312	222	141	246
00:01	317	224	136	246
00:02	314	228	141	247
00:03	317	224	138	246
00:04	317	225	138	247
00:05	314	225	141	246
00:06	314	223	141	246
00:07	317	225	137	246
00:08	312	223	141	246
00:09	317	225	138	246
00:10	316	228	141	247
00:11	315	219	138	245
00:12	317	225	138	246
00:13	314	222	138	245
00:14	317	224	138	246
00:15	317	228	139	246
00:16	316	219	138	245
00:17	315	219	138	245
00:18	314	222	138	245
00:19	314	222	140	246
00:20	314	222	140	246
00:21	314	222	138	245
00:22	315	222	138	245
00:23	317	225	136	246
00:24	321	225	138	246
00:25	315	222	138	245
00:26	314	223	141	246
00:27	314	222	141	246
00:28	315	222	138	245
00:29	321	225	138	246
00:30	316	229	141	247
00:31	319	229	139	246
00:32	319	225	138	246
00:33	321	225	138	246
00:34	317	224	138	246
00:35	319	222	138	246
00:36	317	222	138	245
00:37	318	229	141	247
00:38	319	222	138	246
00:39	315	222	138	245
00:40	315	223	141	246
00:41	321	227	138	246
00:42	319	224	138	246
01:17				246
01:18	321	227	138	246
01:19	320	228	141	247
01:20	321	224	138	246
01:21	321	229	139	246
01:22	324	227	138	247

Anexo G Datos de la segunda prueba de funcionamiento.

Primeros 50 Datos del 17 de diciembre del 2022

Name	Value_SenCO2_1	Value_SenCO2_2	Value_SenCO2_3	Value_SenTem_1
00:00	124	129	17	11
00:05	111	122	20	14
00:10	107	122	22	14
00:15	114	132	21	12
00:20	110	122	21	16
00:25	110	126	21	16
00:30	111	122	18	13
00:35	114	122	21	14
00:40	117	122	14	13
00:45	110	126	20	14
00:50	116	132	21	12
00:55	117	123	14	12
01:00	118	133	15	12
01:05	111	120	18	14
01:10	114	122	20	14
01:15	119	121	11	12
01:20	125	121	10	12
01:25	119	128	10	12
01:30	116	129	21	11
01:35	118	125	17	11
01:40	115	122	18	14
01:45	109	122	18	13
01:50	107	120	21	18
01:55	117	133	13	12
02:00	117	121	10	12
02:05	106	126	21	16
02:10	112	127	21	12
02:15	107	114	18	14
02:20	118	133	15	11
02:25	117	133	11	12
02:31	119	120	10	12
02:35	117	121	10	12
02:40	106	122	21	14
02:45	112	124	21	15
02:50	107	120	21	14
02:55	113	111	10	13
03:00	106	122	21	18
03:05	107	122	22	19
03:10	117	129	11	16
03:15	116	129	13	16
03:21	106	118	21	21
03:26	109	122	14	18
03:31	117	121	11	16
03:36	117	120	10	18
03:41	117	120	10	16
03:46	114	125	21	16
03:51	117	120	10	18
03:56	117	117	10	16
04:01	116	119	17	16

Anexo H Datos de la tercera prueba de funcionamiento.

Primeros 40 Datos del 22-23 de diciembre del 2022

Name	Value_Sen_ CO2_1_PPM	Value_Sen_ CO2_1_PPM_C	Value_Sen_ CO2_2_PPM	Value_Sen_ CO2_2_PPM_C	Value_ Sen_Tem_1
22/12/2022 17:40	80	381	49	54	18
22/12/2022 17:41	88	426	65	78	21
22/12/2022 17:42	87	434	69	75	20
22/12/2022 17:43	87	423	68	75	20
22/12/2022 17:44	88	423	68	72	20
22/12/2022 17:45	86	423	66	71	20
22/12/2022 17:46	86	427	69	71	20
22/12/2022 17:47	85	436	75	70	20
22/12/2022 17:48	87	419	67	75	20
22/12/2022 17:49	87	426	68	71	20
22/12/2022 17:50	87	425	64	76	20
22/12/2022 17:51	85	435	73	77	20
22/12/2022 17:52	86	435	72	75	19
22/12/2022 17:53	88	420	70	74	19
22/12/2022 17:54	89	425	67	70	18
22/12/2022 17:55	88	427	70	74	20
22/12/2022 17:56	89	419	64	76	19
22/12/2022 17:57	87	430	70	76	20
22/12/2022 17:58	87	433	66	70	19
22/12/2022 17:59	88	423	65	73	19
22/12/2022 18:00	87	427	67	71	20
22/12/2022 18:01	89	432	67	75	19
22/12/2022 18:02	88	424	68	69	18
22/12/2022 18:03	88	431	66	71	19
22/12/2022 18:04	87	429	70	75	19
22/12/2022 18:05	87	432	67	74	18
22/12/2022 18:06	88	437	69	71	19
22/12/2022 18:07	87	440	68	69	19
22/12/2022 18:08	86	431	68	71	18
22/12/2022 18:09	89	428	62	76	19
22/12/2022 18:10	87	435	66	73	19
22/12/2022 18:11	87	435	68	74	18
22/12/2022 18:12	88	436	69	74	18
22/12/2022 18:13	87	435	67	69	19
22/12/2022 18:14	86	428	69	69	18
22/12/2022 18:15	88	430	65	73	18
22/12/2022 18:16	88	422	66	70	19
22/12/2022 18:17	89	437	65	76	18
22/12/2022 18:18	88	431	64	71	18

Anexo I Hoja de Datos Sensor de Calidad de Aire MQ-135

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, fixature, silicon latex, putty or plastic contain silicon environment

1.2 High Corrosive gas

If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as H_2S , SO_x , 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 be sprayed polluted by alkali metals salt especially brine, or be exposed to halogen such as fluorin.

1.4 Touch water

Sensitivity of the sensors will be reduced when spattered or dipped in water.

1.5 Freezing

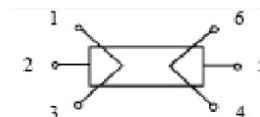
Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensor would lose sensitivity.

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' 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 electrify, this drift is related with storage conditions. Sensors should be stored in airproof without silicon gel bag with clean air. For the sensors with long time storage but no electrify, they need long aging time for stbility 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 repture. 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: $100 \pm 20^\circ C$

2.7.4 Welding temperature: $250 \pm 10^\circ C$

2.7.5 1 time pass wave crest welding machine

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

sensitive components. The enveloped MQ-135 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2
E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

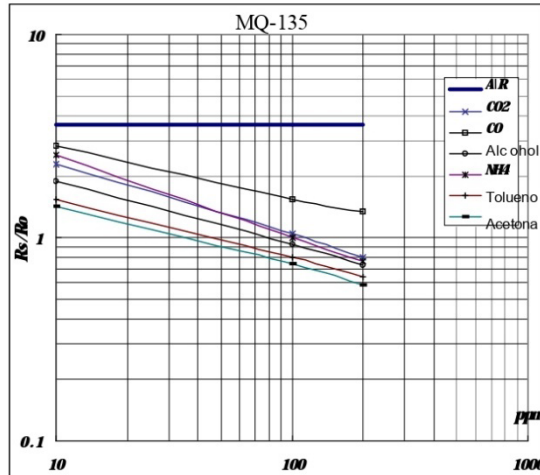


Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20℃、 Humidity: 65%、 O₂ concentration 21% RI=20kΩ
Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air.
Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

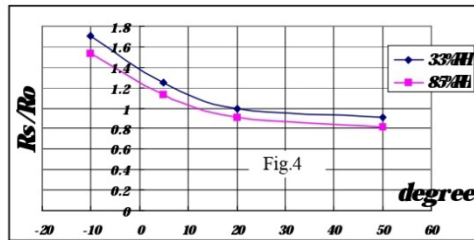
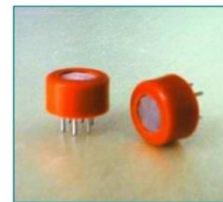


Fig.4 shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity.
Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree.
Rs: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH₃ or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that(R_L) about 20 KΩ (10KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



TEL: 86-371-67169070 67169080

FAX: 86-371-67169090

E-mail: sales@hwsensor.com

TECHNICAL DATA

MQ-135 GAS SENSOR

FEATURES

Wide detecting scope
Stable and long life

Fast response and High sensitivity
Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃,NO_x, alcohol, Benzene, smoke,CO₂,etc.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

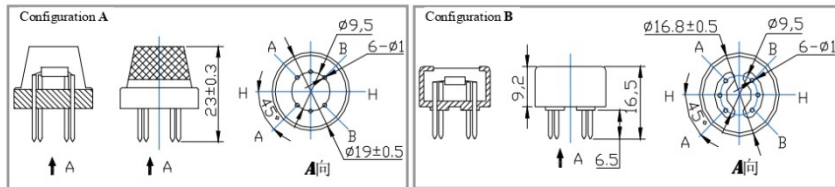
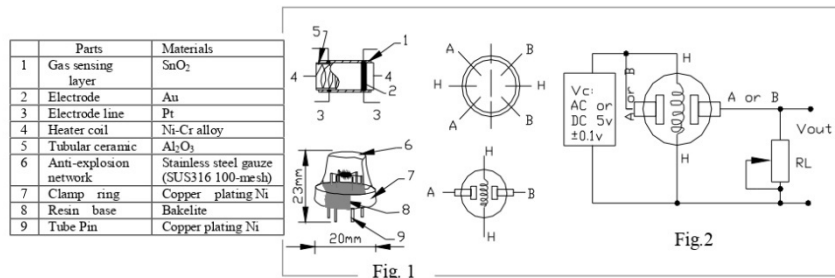
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10℃-45℃	
T _{as}	Storage Tem	-20℃-70℃	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30K Ω -200K Ω (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope: 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤ 0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65%±5%	V _c :5V±0.1 V _h : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of

Anexo J Hoja de Datos del Sensor LM 35

LM35

Electrical Characteristics (Notes 1, 6)								
Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	±0.5			±0.5		±1.5	°C
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	±0.8	±1.5		±0.8		±1.5	°C
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	±0.8		±1.5	±0.8		±2.0	°C
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				±0.6	±1.5		°C
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				±0.9		±2.0	°C
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				±0.9		±2.0	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	±0.3		±0.5	±0.2		±0.5	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.4	±2.0		±0.4	±2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	±0.5		±5.0	±0.5		±5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.01	±0.1		±0.01	±0.1		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	±0.02		±0.2	±0.02		±0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		µA
	$V_S = +5V$	105		158	91		138	µA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		µA
	$V_S = +30V$	105.5		161	91.5		141	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		µA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		3.0	0.5		3.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	µA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	±0.08			±0.08			°C

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of *Figure 2*. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of *Figure 1*. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W , junction to ambient, and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

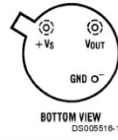
Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

Absolute Maximum Ratings (Note 10)		TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)		260°C				
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.								
Supply Voltage	+35V to -0.2V	SO Package (Note 12)		215°C				
Output Voltage	+6V to -1.0V	Vapor Phase (60 seconds)		220°C				
Output Current	10 mA	Infrared (15 seconds)		2500V				
Storage Temp.:		ESD Susceptibility (Note 11)		Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)				
TO-46 Package,	-60°C to +180°C	LM35, LM35A		-55°C to +150°C				
TO-92 Package,	-60°C to +150°C	LM35C, LM35CA		-40°C to +110°C				
SO-8 Package,	-65°C to +150°C	LM35D		0°C to +100°C				
TO-220 Package,	-65°C to +150°C							
Lead Temp.:								
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C							
Electrical Characteristics (Notes 1, 6)								
Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	μA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Connection Diagrams

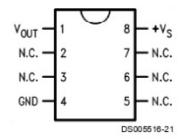
TO-46
Metal Can Package*



*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

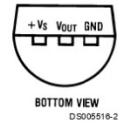
SO-8
Small Outline Molded Package



N.C. = No Connection

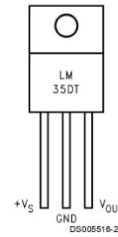
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

TO-92
Plastic Package



Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

TO-220
Plastic Package*



*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

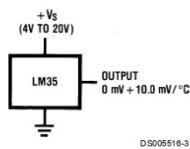
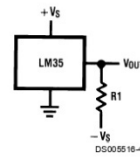


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Anexo K Manuel de Usuario del Airthereal PA50-GO

Always here to help you
www.airthereal.com


Made in China
V 20200421

AN ETHEREAL AMBIANCE



SERVICE AND CONTACT / SERVICES UND UNTERSTÜTZUNG

www.airthereal.com
support@airthereal.com
6140 North Hollywood Boulevard, Suite 110, Las Vegas, Nevada 89115 USA
Toll-free: 1-833-373-2524
Monday to Friday: 10:00 am - 5:00 pm PDT

GARANTIEBESTIMMUNGEN

Airthereal gewährt auf PA50-GO Ozon-Luftreiniger eine Garantie von 1 Jahr ab Kaufdatum. Für weitere Informationen besuchen Sie bitte www.airthereal.com/warranty.

- **Was wird abgedeckt?**
Defekte aufgrund von Material- und/oder Verarbeitungsfehlern des Produkts.
- **Was ist nicht abgedeckt?**
 1. Schäden, die vom Eigentümer verursacht werden, wenn er versucht, das Produkt selbst zu reparieren oder zu verändern.
 2. Schäden, die durch Missbrauch, unsachgemäßen Gebrauch, Vernachlässigung, Änderungen oder nicht autorisierte Reparaturen verursacht werden.
 3. Natürliche Wertminderung.
- **Garanzzeitraum**
Die Garantie tritt ab dem Datum des ursprünglichen Kaufs in Kraft und gilt für 1 Jahr.
- **Wer ist versichert?**
Diese beschränkte Garantie gilt nur für den ursprünglichen Käufer. Sie ist nicht übertragbar.
- **Wie können Garantieleistungen beantragt werden?**
Um in den Genuss dieser Garantie zu kommen, senden Sie bitte eine E-Mail an support@airthereal.com. Unser Kundendienst wird sich so schnell wie möglich um Ihr Problem kümmern!

- 3 1h Läuft 1 Stunde und schaltet sich dann aus.
- 4 2h Läuft 2 Stunden und schaltet sich dann aus.
 - Wenn das Produkt vollständig aufgeladen ist, kann es 4 Stunden lang laufen. Wenn die Betriebsanzeige rot blinkt, bedeutet dies, dass der Akku schwach ist und aufgeladen werden muss.
 - Dieses Produkt ist ab Werk mit 70%-80% Akku vorgeladen. Wenn es sich nicht normal einschalten lässt, wenden Sie sich bitte an support@airheresl.com.
 - Verwenden Sie zum Aufladen des Produkts das originale Micro-USB-Kabel. Wenn der Eingangsstrom 2,1A beträgt, kann der Ladevorgang in ca. 4 Stunden abgeschlossen werden. Wenn der Eingangsstrom weniger als 2,1A beträgt oder andere Micro-USB-Kabel verwendet werden, kann sich die Ladezeit verlängern.
 - Während des Ladevorgangs blinkt die Betriebsanzeigeleuchte kontinuierlich weiß. Der Ladevorgang ist abgeschlossen, wenn die Betriebsanzeige nicht mehr blinkt und ein kontinuierliches weißes Licht anzeigt.
 - Um die Batterie zu schützen und die Lebensdauer der Ozonmaschine zu verlängern, verwenden Sie die Ozonmaschine nicht während des Ladevorgangs.

BATTERIE INFORMATIONEN

Entsorgung von gebrauchten im Produkt verbauten Lithium Batterien.



Batterien können gefahrlche Stoffe enthalten, die bei unsachgemäßer Entsorgung die Umwelt und die menschliche Gesundheit gefährdet können. Batterien sollten zum Recycling an einer geeigneten Sammelstelle entsorgt werden. Das Recycling von Materialien trägt dazu bei, natürliche Ressourcen zu schonen. Indem Sie sicherstellen, dass die gebrauchten Batterien korrekt entsorgt werden, tragen Sie dazu bei, mögliche negative Folgen für die Umwelt und die menschliche Gesundheit zu vermeiden. Für weitere Informationen über das Recycling von Altbatterien wenden Sie sich bitte an den Abfallentsorgungsdienst Ihrer Gemeinde vor Ort.

SPEZIFIKATIONEN

Stromversorgung	USB 5V 2,1A max.
Nennleistung	4W
Akku-Kapazität	3600mAh 3,7V
Aufladezeit	ca. 4 Std. (5V 2,1A)
Ozонаussto	50mg/h
Anwendbare Fläche	150 sq. ft. (14m ²) Max. / Bezugshöhe: 10ft (3M)
Geräuschpegel	≤ 30dB
Betriebs-Temperatur	32°F - 130°F (0°C - 55°C)
zulässige Luftfeuchtigkeit	≤ 95% RH
Abmessungen der Einheit (LxBxH)	3,7 x 3,7 x 4 Zoll (95 x 95 x 100 mm)
Gewicht der Einheit	0,4 kg (0,9lbs)

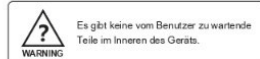
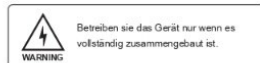
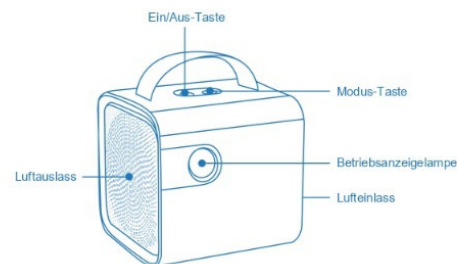
GEBRAUCHSANWEISUNG

Halten Sie die Netztate 3 Sekunden lang gedrückt, um das Gerät einzuschalten. Während des Einschaltens leuchtet die Betriebsanzeigeleuchte rot auf.

Wählen Sie je nach Bedarf den entsprechenden Ozonfunktionsmodus.

1. HOLD: Läuft kontinuierlich bis zu 4 Stunden.
2. 1545: Läuft für 15 Minuten, Standby für 45 Minuten, Wiederholung. Läuft bis zu 4 Stunden oder bis zu 4 vollständige Zyklen.

TEILELISTE



■ VORWORT

Herzlichen Glückwunsch zu Ihrem Kauf und willkommen bei Airthereal!
Um in vollem Umfang von der Unterstützung, die Airthereal bietet, zu profitieren und eine Garantieverlängerung von einem Jahr zu erhalten, registrieren Sie sich bitte unter www.airthereal.com/register.

⚠️ Wichtige Sicherheitshinweise

LESEN SIE VOR GEBRAUCH ALLE ANWEISUNGEN UND BEWAHREN SIE SIE FÜR DIE ZUKUNFT AUF.

1. Nur in ungenutzten Räumen verwenden!
2. Personen, Haustiere und Tiere sollten sich während der Ozonbehandlung nicht länger als 1 Minute im Raum aufhalten. Es ist in Ordnung, das Gerät einzuschalten und den Raum einige Sekunden später zu verlassen.
3. Nach der Behandlung kann ein Ozongeruch im Raum verbleiben. Einige Leute beschreiben ihn als schwachen Chlorgeruch, wie man ihn z.B. am Swimmingpool oder im Whirlpool wahrnehmen würde.
4. Öffnen Sie Türen und Fenster, um den Raum nach Beendigung der Behandlung mindestens 1 Stunde lang zu lüften, bevor Sie den Raum nutzen.

■ MECHANISMUS

Ozon - Leistungsstarker Sterilisator und Deodorant

Ozongeneratoren erzeugen O₃ durch Mechanismen wie ultraviolettes Licht oder eine Korona-Entladung (eine Art elektrische Entladung). Ozon (O₃) enthält drei Sauerstoffatome. Das dritte Sauerstoffatom macht Ozon extrem reaktiv, wodurch es sich leicht an andere Moleküle bindet.
Wenn Gerüche, Bakterien oder Viren auf Ozon treffen, kommt es zu Oxidationsreaktionen und beide Parteien werden zerstört. Ozon verwandelt sich im Wesentlichen wieder in Sauerstoff. Deshalb ist es umweltfreundlich.

■ Anwendungsgebiet

Die maximale Anwendungsfäche vom PA50-GO beträgt 150 sq. ft. (14m²). Es kann in Hotels, Küchen, Toiletten, Terräumen, Lagerräumen, Schlafzimmern, Autos und Booten usw. verwendet werden.



BATTERY INTRODUCTION

DISPOSAL OF USED PRODUCT BUILT-IN LITHIUM BATTERIES



Batteries may contain hazardous substances which could endanger the environment and human health if improperly disposed of. Batteries should be disposed of at an appropriate collection point for recycling. The recycling of materials will help to conserve natural resources. By ensuring the used batteries are disposed of correctly, you will help prevent potential negative consequences for the environment and human health. For more information about the recycling of used batteries, please contact your local municipality waste disposal service.

LIMITED WARRANTY

Airthereal warrants PA50-GO Ozone Air Purifiers for 1 year from the date of purchase.
For more information please visit www.airthereal.com/warranty.

- **What's covered?**
Defects due to faulty materials and/or workmanship of the product
- **What's not covered?**
 1. Damage caused by the owner when attempting to fix or altering the product by himself or herself.
 2. Damage caused by misuse, abuse, neglect, alterations or unauthorized repair.
 3. Natural depreciation.
- **Warranty Period**
Warranty becomes effective since the date of original purchase and will last for 1 year.
- **Who's covered?**
This limited warranty is only effective for the original purchaser. It is non-transferable.
- **How to request warranty services?**
To obtain the benefit of this warranty, please email support@airthereal.com.
Our customer Service will address your issue as soon as possible!

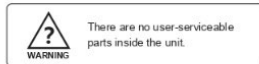
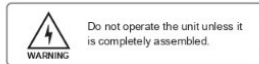
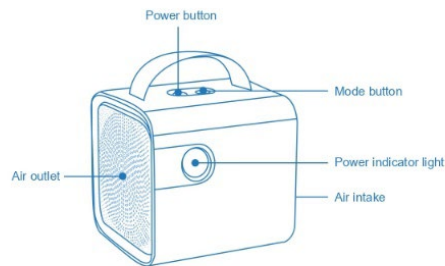
HOW TO USE

1. Press and hold the power button for 3 seconds to turn on the power. The power indicator light will be illuminated in red while the power is turned on.
2. According to your needs, select the corresponding ozone function mode.
 - HOLD: Runs continuously up to 4 hours.
 - 15/45: Runs for 15 minutes, standby for 45 minutes, repeat. Lasts up to 4 hours, or up to 4 complete cycles.
 - 1h: Runs for 1 hour then powers off.
 - 2h: Runs for 2 hours then powers off.
3. When the product is fully charged it can run for 4 hours. When the power indicator is flashing red, it means that the battery is low and needs to be charged.
4. This product is pre-charged with 70% -80% battery when it leaves the factory. If it cannot be turned on normally, please contact support@airthereal.com.
5. Use the original Micro-USB cable to charge the product. When the input current is 2.1A, charging can be completed in approx. 4hours. If the input current is lower than 2.1A or using other Micro-USB cables may extend the charging time.
6. While charging, the power indicator light will continuously flash white. Charging is complete when the power indicator stops blinking and displays a continuous white light.
7. To protect the battery and extend the service life of the ozone machine do not use the ozone machine during charging.

SPECIFICATIONS

Power Supply	USB 5V 2.1A max.
Rated Power	4W
Battery Capacity	3000mAh 3.7V
Recharge Time	Approx. 4 hrs. (5V 2.1A)
Ozone Output	50mg/h
Applicable Area	150 sq. ft (14m ²) Max. / Reference height: 10ft (3M)
Noise Level	<= 30dB
Operating TEMP	32°F - 130°F (0°C - 55°C)
Operating Humidity	<= 95% RH
Unit Dimension (LxWxH)	3.7 x 3.7 x 4 inch (95 x 95 x 100mm)
Unit Weight	0.9lbs (0.4kg)

PARTS LIST



■ INTRODUCTION

Congratulations on your purchase and welcome to Airthereal! To fully benefit from the support that Airthereal offers and get a 1-year warranty extension, please register at www.airthereal.com/register.

⚠️ IMPORTANT SAFEGUARDS

READ ALL INSTRUCTIONS BEFORE USE AND KEEP THEM FOR FUTURE REFERENCE.

1. Use in unoccupied spaces only!
2. People, pets, and animals should not stay in the room for more than 1 minute during the ozone treatment.
It's okay to start the unit and then leave the room a few seconds later.
3. There might be an ozone smell remaining in the room after treatment. Some people describe it as a faint smell of chlorine, like you'd notice at the swimming pool or hot tub.
4. Open doors and windows to ventilate the space for at least 1 hour after treatment ends before occupying the space.

■ MECHANISM

Ozone - Powerful sterilizer and deodorant

Ozone generators create O₃ using mechanisms such as an ultraviolet light or a corona discharge (a type of electrical discharge). Ozone (O₃) contains three atoms of oxygen. The third oxygen atom makes ozone extremely reactive, which readily attaches itself to other molecules. When odors, bacteria or viruses meet ozone, oxidation reactions occur and both parties are destroyed. Ozone essentially reverts back to oxygen. That's why it's environment friendly.

■ Applicable Space

The cover area of PA50-GO is 150 sq. ft (14m²) Max. It could be used in hotels, kitchens, toilets, pet rooms, storerooms, bedrooms, cars and boats, etc.



USER MANUAL



AIRTHEREAL

Portable Ozone Generator

PA50-GO

