

Sistema purificador de ambientes para oficinas con monitoreo mediante IOT

Office environment purification system with IOT monitoring

Fecha de recepción: 2022-03-23 • Fecha de aceptación: 2022-04-05 • Fecha de publicación: 2022-06-10

Edison Santiago Topa¹

Investigador independiente, Ecuador

edisonsantiagots@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8995-0840>

Patricia del Rocío Rodríguez Fiallos²

Ministerio de Educación Distrito 18D02, Ecuador

patriciad.rodriguez@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5213-1008>

Juan Miguel Sánchez Toapanta³

Transport & Technology

juansan010@yahoo.es

<https://orcid.org/0000-0002-5704-9513>

RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema purificador de ambientes automatizado para oficinas de 30 metros cuadrados y con monitoreo mediante una plataforma de Internet de las cosas (IoT). La aplicabilidad del proyecto está orientada a que pueda utilizarse en diferentes entornos con el fin de mitigar los efectos del SARS-CoV-2. El sistema procesa la información, la almacena y la envía hacia la herramienta IoT, thinger.io. Esta plataforma despliega los datos de temperatura, humedad y concentración de ozono para establecer las curvas de operación y los tiempos de trabajo

del equipo. Así, es posible para los usuarios acceder y verificar la información desde cualquier lugar con una conexión a internet. Además, el monitoreo se puede realizar desde diferentes dispositivos como computadoras, tabletas o smartphones. Luego de las pruebas de funcionamiento realizadas, los resultados muestran una eficiencia del 100% en cuanto a la operación, conectividad y almacenamiento de datos.

PALABRAS CLAVE: covid-19, ozono, Internet de las Cosas, automatización

ABSTRACT

This work presents the development of an automated environment purification system for offices of 30 square meters with monitoring through an Internet of Things (IoT) platform. The applicability of the project is oriented to be used in different environments in order to mitigate the effects of SARS-CoV-2. The system processes the information, stores it and sends it to the IoT tool, thinger.io. This platform displays temperature, humidity and ozone concentration data to establish operating curves and equipment working times. Thus, it is possible for users to access and verify the information from anywhere with an internet connection. In addition, monitoring can be performed from different devices such as computers, tablets or smartphones. After the performance tests carried out, the results show 100% efficiency in terms of operation, connectivity and data storage.

KEYWORDS: covid-19, ozone, Internet of Things, automation

Introducción

El virus de la covid-19 aún sigue circulando en el Ecuador y con una mortalidad promedio de 37 personas por día (Carriel et al., 2020). En Latinoamérica, Ecuador tiene una alta tasa de mortalidad; el Instituto Nacional de Investigación en Salud, al mes de septiembre de 2021, tiene 457.489 casos confirmados, y 21.545 personas fallecidas vinculadas al virus (PNUD, s.f).

Investigadores como Grignani et al. (2020) y Sivakumar (2021) han realizado un análisis general sobre el proceso de limpieza y/o desinfección y mantenimiento de la buena calidad del aire en entornos no sanitarios, teniendo en cuenta la evidencia científica de la persistencia del virus covid-19 en diferentes superficies y la eficacia de los productos de limpieza para ambientes interiores. Se ha considerado la acción del ozono para eliminación del virus covid-19. La desinfección de aire interior con ozono es una práctica habitual en España; su uso es regulado por la correspondiente norma UNE (Norma española UNE 400-201-94: Generadores de ozono. Tratamiento de aire. Seguridad química), basada en las Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Instituto de Salud e Higiene en el Trabajo (INSHT) (Junta de Andalucía, 2020).

Este proyecto propone como medio de desinfección el ozono. “El ozono se produce cuando las moléculas de oxígeno (O₂) son disociadas por medio de una fuente de energía produciendo átomos de oxígeno que posteriormente chocan con una molécula de oxígeno para formar un gas inestable, el ozono (O₃), que se utiliza para desinfección del agua o aire” (Barrio de Vergara, 2015). Por otro lado, de acuerdo con Pizarro (2019), el concepto de Internet de las Cosas (IoT) se basa en la conexión entre Internet y objetos cotidianos. Estas interconexiones permiten enviar y recibir datos con numerosos dispositivos como electrodomésticos, animales con chips o vehículos a través de la red, sin necesidad de que participe un ser humano. Según estudios, se prevé que en 5 años la cifra de estos objetos conectados se situará entre 25.000 y 50.000 millones, mientras que actualmente está entre 6.000 y 8.000 millones (p. 16). En la cotidianidad, la tecnología IoT se muestra en los teléfonos inteligentes y las tecnologías de conectividad incorporadas, propician una nueva generación de hardware al incorporar sensores y componentes que se conectan a Internet. Así, este trabajo integra tecnologías de IoT que automatizan un proceso de desinfección de ambientes de 30 metros cuadrados mediante el uso de ozono como desinfectante frente al coronavirus SARS-CoV-2. Como plataforma IoT se utiliza *thinger.io* para la recepción, visualización y almacenamiento de los datos enviados por los sensores incorporados en el equipo purificador.

Este documento se encuentra organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se indica la metodología utilizada en la presente investigación. La sección 3 presenta el desarrollo del sistema purificador. En la sección 4 se muestran los resultados obtenidos y, finalmente, en la sección 5, se presentan las conclusiones correspondientes.

Metodología

Este proyecto se desarrolló basado en una recopilación bibliográfica para fundamentar la propuesta del equipo purificador; a la vez, se emplea el método experimental para la construcción

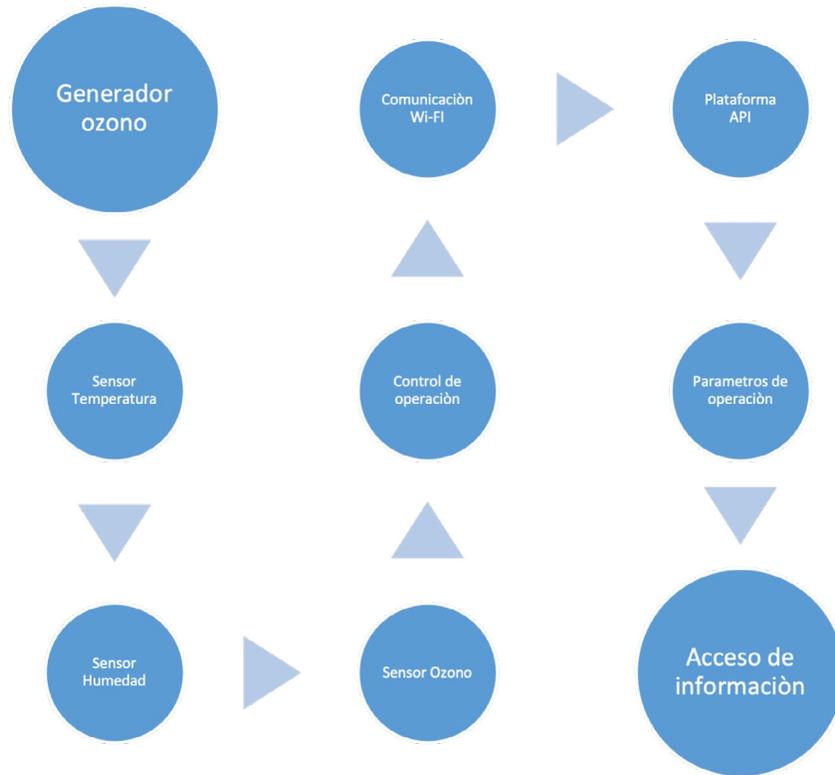


del equipo y realización de las pruebas de funcionamiento. La propuesta del equipo purificador de ambientes se muestra en la *Figura 1*. A continuación se describen brevemente los elementos esenciales:

- Generador de ozono. Está formado por cuatro elementos básicos: fuente de energía, reactor, gas de alimentación y sistema de enfriamiento. Las características que debe poseer cada uno de estos elementos son variables y dependen del tipo de aplicación.
- Sensor de ozono. Como sensores electroquímicos y varían su resistencia cuando se exponen a determinados gases.
- Sensor de humedad y temperatura. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos.
- Comunicación *Wi-Fi*. El equipo purificador de ambientes se basa en el módulo Node MCU, para operar el generador de ozono y permitir la comunicación entre el dispositivo y la plataforma IoT.
- Control de operación. NodeMCU incorpora un módulo *WiFi* que permite crear proyectos del IoT o sistemas inalámbricos. La tarjeta de control se encargó de gestionar todas las entradas, salidas y cálculos necesarios para hacer funcionar el programa incorporado basado en Arduino (Caicedo, 2017).
- Plataforma API. *Thinger.io* es una plataforma española de código abierto. Es compatible con varios dispositivos, entre ellos Arduino, Raspberry Pi, Intel Edison o NodeMCU.
- Parámetros de operación. El equipo elaborado permite: generación de ozono controlado por IoT, medición de parámetros de operación: temperatura, humedad y concentración de ozono, transmisión de datos de operación por *Wi-Fi* y capacidad de purificación: 30 m².
- Acceso de información. IoT se basa en la conexión entre internet y objetos cotidianos. Estas interconexiones permiten enviar y recibir datos con numerosos dispositivos como electrodomésticos, animales con chips o vehículos a través de la red. La plataforma *thingier.io* permite el acceso a los datos suministrados en tiempo real a través de una computadora o un teléfono inteligente.

Figura 1

Esquema de la Propuesta



El proceso del sistema electrónico se detalla en la *Figura 2*. Para facilitar la simulación, diseño de placa y pruebas preliminares se utilizó el *software* Proteus (Hubor-Proteus, 2015a; 2015b).

Figura 2

Proceso de Diseño e Implementación de la Placa Electrónica



En cuanto a la selección de la plataforma IoT se tomaron como referencia ciertos parámetros que garantizan interoperabilidad y soporte de diferentes funcionalidades. En la *Tabla 1* se indica la adaptabilidad de la plataforma *thinger.io* utilizada en este proyecto, en comparación con la plataforma ThingSpeak, en donde existe una diferenciación en cuanto a la escalabilidad que posee.

Tabla 1

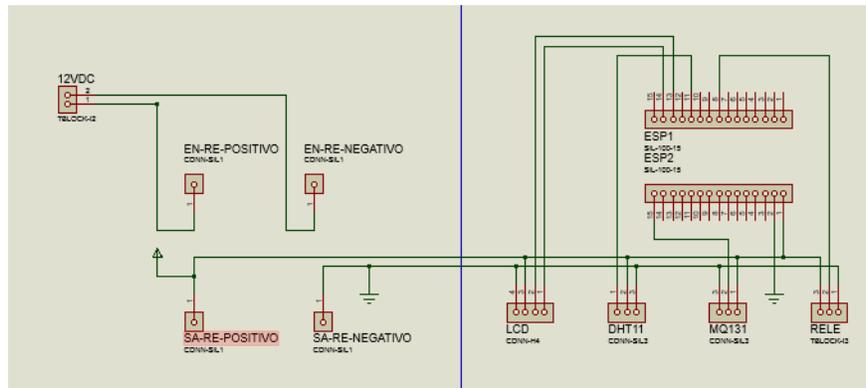
Parámetros de adaptabilidad de dos plataformas IoT

Parámetro	ThingSpeak	Thinger.io
Aplicación móvil	SI	SI
Monitoreo Web	SI	SI
Datos (tiempo real)	SI	SI
Multiplataforma	NO	SI
Escalabilidad	SI	SI
Almacenamiento de bases de datos	SI	SI

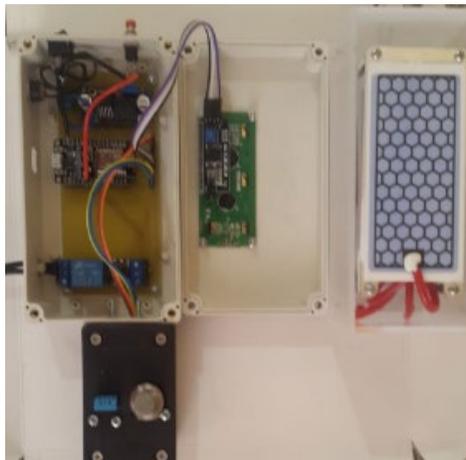
El equipo purificador de ambientes se basa en el módulo Node MCU para operar el generador de ozono, con capacidad de 10 mg/h. La operación del sistema de ozono debe limitarse a las condiciones permisibles del ozono. Para la operación del circuito se implementa un módulo relé para el accionamiento del generador y una luz de advertencia durante el periodo de activación. En el equipo purificador se distinguen dos módulos, el primero corresponde al sistema de control y operación del generador de ozono, la operación y los datos medidos se visualizan en la pantalla LCD incorporada, así como el botón para el encendido manual del equipo. En el segundo módulo se ubican los sensores de temperatura, humedad y concentración de ozono. La calibración del sensor se ejecuta con la programación en Arduino (Proserquisa, s.f).

2.1 Esquema electrónico del equipo purificador

Al operar el generador se energizan los sensores de temperatura y humedad y a la vez el sensor de ozono, permitiéndose la medición de los parámetros, a medida que opera el equipo purificador. En la *Figura 3* se muestra el esquema electrónico del equipo purificador.

Figura 3*Diagrama Electrónico del Equipo Purificador*

Una vez implementado el circuito se realizaron pruebas de operación mediante un *protoboard*, con el fin de identificar las condiciones de operación antes de elaborar el circuito impreso para el armado final. En la *Figura 4* se muestra el sistema purificador implementado.

Figura 4*Generador de Ozono y Sensor de Ozono en Operación*

Resultados

3.1. Prueba 1. Funcionamiento de los componentes

Los componentes del control del equipo purificador de ambientes se instalaron en una placa impresa, acorde al diseño del circuito electrónico para el encendido del generador de ozono y la comunicación *Wi-Fi*. Para comprobar la eficiencia de los componentes incorporados se efectúan pruebas de efectividad para el encendido. En la *Tabla 2* se muestran los resultados de operación.

Cada componente ensamblado es verificado por medio de encendido (ON) y apagado (OFF), 100 veces, para comprobar el funcionamiento.

Tabla 2

Comprobación de Componentes del Equipo Purificador

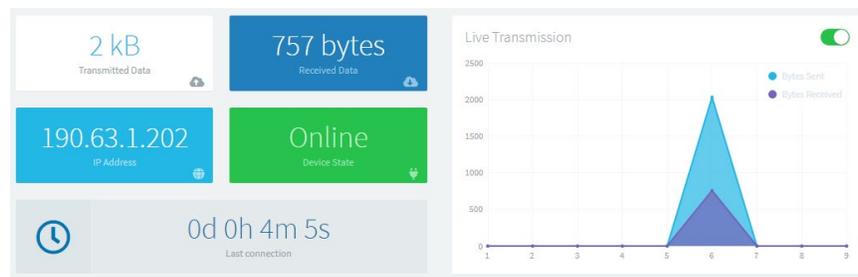
Elemento	Comprobación ON	Comprobación OFF
Sensor de temperatura y humedad	100%	100%
Sensor de ozono	100%	100%
Pantalla LED	100%	100%
Generador de ozono	100%	100%

3.2. Prueba 2. Plataforma IoT

La plataforma para la ejecución y recepción de la información es *thinger.io*, que es diseñada para admitir casi cualquier microcontrolador o dispositivo con capacidades de comunicación. Se desarrolló la configuración del panel de control, base de datos y la presentación de la información acorde a la información recibida de los sensores de temperatura, humedad y concentración de ozono. En la *Figura 5* se muestra una captura de pantalla con la recepción de la información.

Figura 5

Conectividad con la Plataforma thinger.io.



Los resultados de la operación de la plataforma se tabulan en la *Tabla 3*, sobre la base de los indicadores relacionados con los componentes de thinger.io.

Tabla 3

Comprobación de la Operación de la Plataforma IoT thinger.io

Indicador	%	Observaciones
Funcionamiento de ingreso al servidor	100	Funcionamiento apropiado
Conectividad	100	Funcionamiento sin interrupciones
Funcionamiento de interfase	100	Funcionamiento apropiado
Funcionamiento de almacenamiento	100	Funcionamiento apropiado. Se registran todos los datos en el intervalo propuesto
Funcionamiento token-Applicación móvil	95	Funcionamiento con retraso de conexión. La conexión de móvil genera un retraso en la recepción de datos acorde al lugar de ubicación del celular.

3.3. Prueba 3. Monitoreo del equipo purificador

Esta prueba corresponde a la visualización y operación de la interfase en la plataforma thinger.io. En la *Figura 6* se muestra la interfase del monitoreo del equipo purificador de ambientes. Así, se observa la variación de ozono, temperatura y humedad en el tiempo.

Figura 6

Interfase del Equipo Purificador en la Plataforma thinger.io



La evaluación de la recepción de la información de los sensores se muestra en la *Tabla 4*.

Tabla 4*Información de los Sensores de Acuerdo con la Operación del Generador de Ozono*

Hora	Temperatura [°C]	Humedad [%]	Ozono [ppm]	Observaciones
17:34	22,7	65	60	Generador de ozono apagado hace 20 minutos
17.44	22,8	65	58	Generador de ozono apagado hace 30 minutos
17.54	23,1	67	10	Generador de ozono apagado hace 40 minutos
18.14	23,1	67	7,5	Generador de ozono apagado hace 50 minutos
18.34	24,6	59	208	Generador encendido - arranque
18:40	24,2	59	175	Generador encendido 6 minutos
19:40	24,2	59	175	Generador encendido 30 minutos

3. 4. Discusión

Los resultados obtenidos en cada una de las pruebas ejecutadas se analizan en la *Tabla 5*.

Tabla 5*Análisis de Resultados*

Indicador	Eficiencia [%]	Observaciones
Operatividad de componentes	100	El equipo prototipo funciona sin inconvenientes entre el encendido y su aplicación
Plataforma IoT	99	Plataforma funciona correctamente, existe retrasos de comunicación con aplicación móvil.
Datos de sensores	100	Los sensores funcionan correctamente al detectar las variables físicas
Conectividad Wi- Fi	99	Conectividad apropiada, retrasos con aplicación móvil.

La generación de ozono está acorde al diseño del equipo purificador. La conectividad a través de la tarjeta Node MCU, se ejecuta sin fallos, enviando los datos de los sensores a la plataforma *thinger.io*, con una efectividad del 100%. Cada sensor mide las propiedades sin error, acorde a la sensibilidad y rango de diseño disponible en las especificaciones de este. La capacidad requerida de generación de ozono para áreas de 30 metros cuadrados es de 8,1 mg/h. No obstante, el equipo genera un 19% más, logrando cubrir adecuadamente las áreas acordes a las mediciones efectuadas. La codificación sobre la base de Arduino permite la operación de cada componente y el enlace correcto a la IoT, alcanzando el control y el almacenamiento de datos del equipo purificador de ambientes.

Conclusiones

Los sensores y componentes del equipo purificador de ambientes cumplen con los parámetros de operación, alcanzando un 100% de efectividad desde el arranque del equipo hasta la transmisión de datos a la plataforma *thinger.io*.

El diseño del software para el control del equipo generador de ozono basado en Arduino con un sensor de ozono, sensor de temperatura y humedad satisface la operación del equipo purificador, con una efectividad de 100% en la transmisión de datos desde el equipo a la base de datos de la plataforma y el dispositivo móvil.

El sistema de monitoreo del equipo purificador utilizando *thinger.io*, permite mostrar la concentración de ozono y operación del equipo, con un 99 % de efectividad para conectividad, base de datos e interfase. Las pruebas de funcionamiento desarrolladas permiten comprobar el alcance del proyecto dentro los parámetros medibles del equipo, obteniendo un manejo desde la plataforma *thinger.io* y el dispositivo móvil con una efectividad promedio del 99,5%.



Referencias

- Barrio de Vergara, M. D. (2015). *Cloración frente a ozonización en el tratamiento de agua potable. Ventajas y desventajas de ambos procesos* [Tesis de grado, Universidad Complutense de Madrid]. E-Prints Complutense. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/48546/>
- Caicedo, A. (2017). *Arduino para principiantes*. 2ª Edición. IT Campus Academy.
- Carriel, J., Muñoz-Jaramillo, R., Bolaños-Ladinez, O., Heredia-Villacreses, F., Menéndez-Sanchón, J., y Martín-Delgado, J. (2020). *CURB-65 como predictor de mortalidad a 30 días en pacientes hospitalizados con COVID-19 en Ecuador: estudio COVID-EC*. *Revista Clínica Española*, 222(1), 37-41. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.10.001>
- Grignani, E., Mansi, A., Cabella, R., Castellano, P., Tirabasso, A., Sisto, R., Spagnoli, M., Fabrizi, G., & Frigerio, F. (2020). Safe and effective use of ozone as air and surface disinfectant in the conjuncture of Covid-19. *Gases*, 1(1), 19-32. <http://dx.doi.org/10.3390/gases1010002>
- Hubor-Proteus. (2015a). La suite Proteus. <https://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/240-la-suite-proteus.html>
- Hubor-Proteus. (2015b). ¿Qué es proteus? <https://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2-proteus.html>
- Junta de Andalucía. (2020). *Nota informativa sobre desinfectantes virucidas, ozono y túneles desinfectantes de personas*. Dirección General de Salud Pública y Ordenación Farmacéutica. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Formato%20nota%20informativa_Prueba.pdf
- Pizarro, J (2019). *Internet de las cosas (IoT) con Arduino. Manual práctico*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Proserquisa. (s.f.). *Tutorial 1 Introducción a Arduino*. (<http://proserquisa.com/portal/33-arduino/curso-arduino/93-tutorial-1>)
- PNUD Ecuador. (s.f). *COVID-19: la pandemia. La humanidad necesita liderazgo y solidaridad para vencer a COVID-19* <https://www.ec.undp.org/content/ecuador/es/home/coronavirus.html>
- Sivakumar, S. (2021). Outdoor disinfectant sprays for the prevention of COVID-19: Are they safe for the environment? *Science of The Total Environment*, 759, 144289. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144289>

Copyright (2022) © Edison Santiago Topa, Patricia del Rocío Rodríguez Fiallos
y Juan Miguel Sánchez Toapanta



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.

Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)