

DOI: 10.35319/acta-nova.202315

ACTA NOVA

Revista de Ciencias y Tecnología

Universidad Católica Boliviana, Sede Académica de Cochabamba, c. M. Márquez esq. Plaza Jorge Trigo s/n, P.O. Box 5381, Cochabamba, Bolivia.

Correspondencia:

José Carlos Ojalvo

josecarlosojalvos240299@gmail.com

Prototipo de sistema de desinfección contra el COVID-19 a través de luz UV-C en la Universidad Católica Boliviana Sede Cochabamba

Prototype of disinfection system against COVID-19 through UV-C light at the Universidad Católica Boliviana-Campus Cochabamba

José Carlos Ojalvo S., Sergio Vargas V., Willman García F.

Resumen: Luego de 2 años de confinamiento por la pandemia causada por el COVID-19, para el retorno a clases presenciales la Universidad Católica Boliviana San Pablo sede Cochabamba desarrolló un sistema de desinfección portátil empleando luz UV-C que emplea un sensor de movimiento PIR, el cual está conectado a la placa de desarrollo ESP32 que controla dos módulos relé: uno de estado sólido que enciende y apaga la lámpara y otro electromecánico que controla una cerradura eléctrica mientras el proceso de desinfección esté activo. Para tener un seguimiento en tiempo real, se integra un bot en la aplicación Telegram. La placa ESP32 se conecta a Internet a través de la red WiFi. Se tiene un servidor configurado en la nube por medio del proveedor AWS. Dentro del mismo, se implementa un servidor Mosquitto, que es el broker del protocolo de comunicación MQTT para trabajar con la herramienta de desarrollo Node-RED e integrar una interfaz gráfica capaz de controlar el sistema de forma remota y desde cualquier parte del mundo. Se realizaron pruebas en diferentes ambientes de la universidad; la validación del sistema y de la desinfección se la hizo a través de papeles fotosensibles que varían su tonalidad según la incidencia de luz UV-C que tengan y con el análisis de superficies en un laboratorio clínico. Ambos métodos validaron la funcionalidad del sistema.

Palabras clave: desinfección, COVID-19, UV-C, IoT, interfaz, bot.

1 INTRODUCCIÓN

Es innegable el hecho de que en los últimos 10 años la tecnología ha dado un salto generacional, cambiando el estilo de vida de todas las personas que tengan acceso a la tecnología. Así mismo permite facilitar y hacer más eficaz la resolución de problemas en las diferentes áreas como en la salud.

De forma abrupta el año 2020 marcó un antes y un después en muchos aspectos la pandemia del COVID-19, donde, se vio forzado el cambio de los hábitos de limpieza, desinfección, distanciamiento físico, aislamiento, entre otros. De la misma forma la educación tuvo que adaptarse a las circunstancias, tomando la modalidad virtual. Sin embargo, a pesar de la implementación de diferentes

Abstract: After 2 years of confinement due to the pandemic caused by COVID-19, for the return to face-to-face classes, the Universidad Católica Boliviana San Pablo Sede Cochabamba developed a portable disinfection system using UV-C light that uses a PIR movement sensor, the which is connected to the ESP32 development board that controls two relay modules: a solid state one that turns the lamp on and off and another electromechanical one that controls an electric lock while the disinfection process is active. To have real-time monitoring, a bot is integrated into the Telegram application. The ESP32 board connects to the Internet through WiFi. There is a server configured in the cloud through the AWS provider. Within it, a Mosquitto server is implemented, which is the MQTT communication protocol broker to work with the Node-RED development tool and integrate a graphical interface capable of controlling the system remotely and from anywhere in the world. Tests were carried out in different environments of the university; The validation of the system and the disinfection was done through photosensitive papers that vary their hue according to the incidence of UV-C light they have and with the analysis of surfaces in a clinical laboratory. Both methods validated the functionality of the system.

Keywords: disinfection, COVID-19, UV-C, IoT, interface, bot.

herramientas virtuales, para facilitar y mejorar la calidad de enseñanza, está comprobado que no se llega a reemplazar la experiencia del conocimiento sobre todo práctico de forma presencial. La experiencia juega un factor muy importante, el poder tener un contacto real y experimentar con los diferentes componentes es lo que crea un conocimiento aplicado y práctico, cuestión que simuladores no pueden llenar a cabalidad.

La denominada “nueva normalidad” es una realidad, que cada vez se está más cerca de lo que se solía considerar normal, sin embargo, la vuelta a clases de forma definitiva es aún algo incierto pero muy necesario para ciertas áreas.

Dada la necesidad de retornar a las clases y los laboratorios a realizar prácticas presenciales se desea aportar con un proyecto basado en datos científicos que

permita la desinfección del ambiente empleando luz ultravioleta (UV-C) así reducir el riesgo de contagio y brindar confianza a los estudiantes como a los docentes a la hora de asistir a la casa de estudios.

Asimismo, para prevenir contagios del COVID-19, se han implementado protocolos de bioseguridad, en entidades públicas, privadas y académicas, como es el caso de la Universidad Católica Boliviana San Pablo Sede Cochabamba. De igual manera, las industrias de fármacos desarrollaron vacunas en tiempo record.

Está ampliamente demostrado que las vacunas para el COVID-19 en sus diferentes dosis de aplicación, tienen efectos positivos para contrarrestar los efectos letales de la enfermedad. En la comunidad universitaria (estudiantes, docentes y administrativos) de la UCB se tiene un porcentaje mayor al 90% de personas vacunadas con algunas de las dosis.

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo implementar un prototipo de sistema de desinfección contra el COVID-19 mediante luz UV-C para el retorno a clases presenciales en la Universidad Católica Boliviana San Pablo Sede Cochabamba.

2 ANTECEDENTES

El virus COVID-19 puede propagarse a través de pequeñas partículas líquidas expulsadas por una persona infectada por la boca o la nariz al toser, estornudar, hablar o respirar. Las partículas tienen diferentes tamaños, desde las más grandes, llamadas «gotículas respiratorias», hasta las más pequeñas «aerosoles» (OMS, 2021).

El virus también puede propagarse en espacios interiores mal ventilados y/o concurridos, donde se suelen pasar largos periodos de tiempo. Ello se debe a que los aerosoles permanecen suspendidos en el aire o viajan a distancias superiores a un metro (distancia larga). También es posible infectarse al tocar superficies contaminadas por el virus y posteriormente tocarse los ojos, la nariz o la boca sin haberse lavado las manos (OMS, 2021).

A 30 de septiembre de 2021, los casos de COVID-19 en Bolivia se han visto disminuidos con un promedio de 301 casos en 7 días. En el departamento de Cochabamba se reportaron 82 casos nuevos. Una notable diferencia respecto a la cantidad de casos existente hace 6 meses. Por lo tanto, de seguir la tendencia de disminución de casos, el retorno a clases presenciales es inminente (al menos en materias que requieran prácticas, laboratorios) la gestión posterior a la presente.

Para poder asistir de forma presencial a clases, es necesario tomar medidas de prevención contra el contagio

y la propagación del virus, entre las opciones de desinfección se tienen los siguientes elementos:

- **El ozono:** producido por los generadores de este, puede inhibir el crecimiento de algunos agentes biológicos y partículas virales, sin embargo, es poco probable que descontamine completamente el aire, a menos que las concentraciones sean lo suficientemente altas que podrían ser un problema para la salud de las personas presentes (INSST, 2020).

Aún no se dispone de evidencias sobre su eficacia viricida frente al nuevo coronavirus SARS CoV-2, por lo que no se puede concluir sobre su utilidad en la prevención del contagio. Su elevada toxicidad multiorgánica por vía inhalatoria obliga a evitar la exposición de personas. Puede ser explosivo a concentraciones altas (> 240 g/m³), haciendo necesario extremar las precauciones en el uso de los sistemas de generación (Consejo General de Colegios de Farmacéuticos).

- **El alcohol:** demostraron la eficacia desinfectante del alcohol al 70% (p/v), directamente aplicado en superficies contaminadas (Graziano, et al. 2013). Sin embargo, es inflamable y de rápida evaporación. En el caso del laboratorio, la aplicación de alcohol para desinfectar puede ser dañina para ciertos equipos y componentes.

- **El amonio cuaternario:** este compuesto mataría al SARS-CoV-2, y mataría bacterias. La recomendación es no usar estos elementos en exceso y preferir siempre el agua y jabón si se tienen a mano para controlar el SARS-CoV-2 (Olivares, et al. 2020).

Hay que considerar que, para eliminar el virus, el líquido debe tener un tiempo mínimo de acción (usualmente sobre los tres minutos), (Alvarado, et al. 2020).

De la misma manera que el alcohol, su aplicación puede dañar equipos y componentes.

- **El cobre:** conocido mundialmente por sus características bactericidas ya que al liberar iones logra eliminar diferentes tipos de microorganismos, siendo el material que posee el mayor espectro de acción antimicrobiana, a lo que se suma sus capacidades antivirales. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), aseguró en 2008 que las superficies de cobre eliminan el 99,9% de los patógenos bacterianos después de 2 horas de exposición, lo cual demuestra la efectividad de las propiedades antibacterianas del cobre.

La nebulización ambiental de fracción micrométrica con Nanopartículas de Cobre garantiza la dispersión del agente sanitizante por todo el lugar con especial énfasis en las zonas de mayor riesgo, eliminando los microorganismos presentes (RENTOKIL, 2020).

El departamento de Seguridad y Medio Ambiente encargado de las medidas de bioseguridad de la Universidad Católica Boliviana Sede Cochabamba ha optado por este método de desinfección, adquiriendo termo nebulizadores para su uso de desinfección con Nanopartículas de Cobre.

• **La luz ultravioleta:** su eficacia de desinfección es dependiente de varios factores, tales como la potencia de la radiación, su distancia al objeto a ser irradiado, la presencia de zonas que el UV no llega directamente, presencia de proteínas u otros elementos que absorben UV, etc. Pese a sus limitaciones puede ser un excelente método para la inactivación del virus del COVID-19 (Costa Da Cunha, et al. 2020).

No deben utilizarse lámpara de luz ultravioleta (UV) para desinfectar las manos u otras zonas de la piel, esto causa una irritación en la piel y en los ojos (OMS, 2020).

De acuerdo con Toche (et al. 2021), la desinfección UV-C funciona incluso si los patógenos ya han desarrollado resistencia a otros métodos convencionales, como el alcohol o los antibióticos; funciona en todos los microorganismos independientemente si son bacterias comunes, como E. Coli, o en virus como el SARS, H1N1 legionella, moho o SARS-CoV-2.

El efecto de la UV-C implica daño sobre la estructura de ADN de cualquier microorganismo que este en un rango aproximado, por lo tanto, la distancia de la luz germicida es un factor clave para garantizar la inactivación microbiana (Vargas, et al. 2019).

Según Kowalski, (et al. 2014), la efectividad germicida es proporcional a la dosis de exposición, la cual esta expresada en milijulios por centímetro cuadrado [mJ/cm²]. Es el producto de la tasa de dosis (irradiancia, miliwatts por centímetro cuadrado mW / cm²) y tiempo. Existe una relación no lineal entre la exposición a los rayos UV-C y la eficacia germicida. Es decir, si una determinada exposición a los rayos UV inactiva al menos el 90% de una población bacteriana, duplicar el tiempo o la intensidad de la exposición puede inactivar el 90% del 10% de microorganismos restantes, para una eficacia germicida general del 99%.

Para el retorno a clases presenciales, en la Universidad Católica Boliviana Sede Cochabamba se determinaron las siguientes medidas de bioseguridad para sus ambientes.

• **Aforo.**- El Aforo es la capacidad máxima de personas que pueden permanecer simultáneamente en espacios abiertos o cerrados. Considerando la pandemia y que más del 90% de la comunidad universitaria (según informes de encuestas internas) cuenta con una o dos dosis de la vacuna contra el COVID-19, se acondicionarán los ambientes internos (aulas, salas de reuniones, auditorios,

biblioteca, y otros) al 80 % de su capacidad para prevenir contagios y diseminación del COVID-19.

• **Desinfección.**- Personal de la universidad y de limpieza la empresa VJ Clean de forma diaria realizan la desinfección y limpieza de aulas, oficinas, laboratorios y ambientes abiertos respectivamente.

Personal de bioseguridad de la universidad realiza la desinfección de ambientes con Termonebulizador y producto Nanopartículas de Cobre una a dos veces por semana en los predios de Tupuraya, Laboratorios de la ex Normal, Fundación Sedes Sapientiae, Post Grado y Facultad de Teología (UCB, 2021).

3 Metodología

3.1 Descripción del sistema

La implementación del sistema de desinfección consta de dos módulos, uno de desinfección y uno de seguridad. Sin embargo, ambos se encuentran relacionados para su correcto funcionamiento.

El módulo de seguridad permite determinar la presencia de personas dentro del ambiente, para así interrumpir la desinfección. En caso de tener el ambiente despejado, se bloquea el ingreso a través de la cerradura eléctrica e inicia el proceso de desinfección. Una vez culmine el tiempo de desinfección la lámpara UV-C se apaga y se desbloquea la cerradura eléctrica.

Para demostrar de forma más gráfica, el sistema propuesto trabajará siguiendo la siguiente arquitectura representada en bloques en la Figura 1.

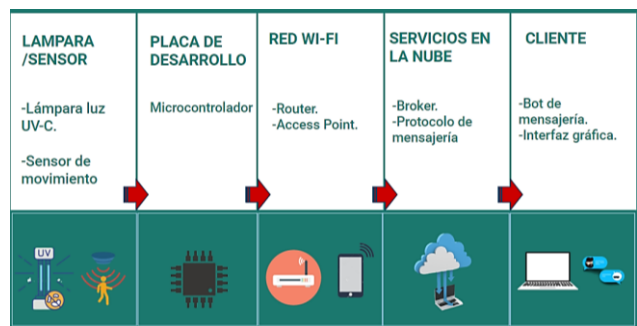


Figura 1: Diagrama de bloques del sistema.

3.2 Ambientes a desinfectar

Para poder determinar los cálculos de desinfección, es necesario contar con la relación tiempo, potencia y superficie. Como primer paso se determina las medidas de los ambientes, empezando por el laboratorio de electrónica, el cual tiene un área de 7.8 m por 5.17 m. Se

debe tener en cuenta la existencia de mesones y estantes distribuidos en el ambiente.

3.2.1 Cálculos del área de desinfección.

Hay varios factores para determinar cuánto tiempo llevará desinfectar una habitación o estancia:

- Tamaño de la habitación
- Potencia de la luminaria.
- Ángulo de apertura de la luminaria.
- Colocación de la luminaria.
- Índices de reflexión de los materiales en la sala.
- Distribución de la habitación y mobiliario.
- Temperatura y humedad.

El área, así como el tiempo de desinfección depende totalmente de la potencia de las lámparas UV-C, para el presente proyecto se trabaja con una lámpara de 30 [W], para determinar el cálculo se puede tomar como referencia la siguiente figura.

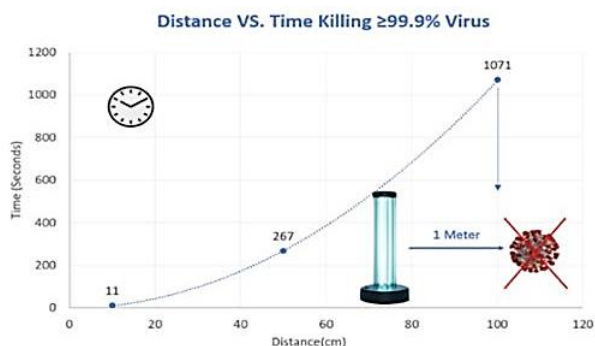


Figura 2: Tiempo en función de la distancia desinfectada con luz UV-C

Siguiendo la regla que emplea la anterior gráfica, se realiza una aproximación lineal para poder determinar la distancia máxima de desinfección.

$$5 [m^2] \rightarrow 55 [W]$$

$$x \rightarrow 30 [W]$$

$$\therefore x = 2.7 [m^2]$$

Donde x es el área máxima a desinfectar con la lámpara UV-C. Como el presente prototipo emplea una lámpara, se determina que el área total es de aproximadamente 2.7 m².

El fabricante OSRAM, proporciona a través de su página web, una calculadora para la limpieza efectiva de

ambientes y superficies empleando luz UV-C, los valores a introducir son los siguientes:

- Modelo de lámpara (en este caso: HNS 30W G13)
- Número de lámparas a usar (1)
- Distancia máxima entre la lámpara y la superficie (5 m)
- Tipo de microorganismo a eliminar (SARS-Cov-2)

Este proceso se ejemplifica en la Figura 3.

Figura 3: Cálculo de valores para el uso adecuado de lámpara.

El valor más importante que considerar es el tiempo de operación de la lámpara para tener una desinfección eficaz, en este caso es de 14 minutos y la dosis de luz UV-C es de 10.48 J/ m².

3.3 Diseño del sistema

El proceso que realiza el funcionamiento del sistema puede ser apreciado de forma gráfica en la figura 4.

El módulo de desinfección del prototipo consta de una lámpara UV-C, una placa de desarrollo ESP32, dos módulos relé (uno de estado sólido de dos canales y uno electromecánico) y un sensor de movimiento PIR.

La lámpara es encendida y apagada por el módulo relé de estado sólido, alimentado por energía eléctrica doméstica (220 V), conectado a la placa de desarrollo ESP32 la cual hará el control del tiempo de encendido de la misma, el procesamiento de las señales provenientes del sensor de movimiento, así como el bloqueo y desbloqueo de puertas (esto para detener el proceso de desinfección en caso de detectar presencia de personas o animales en el ambiente, apagando la lámpara) controlado por el módulo relé electromecánico. Por último, el envío de notificaciones al administrador del laboratorio o el encargado correspondiente mediante el bot de Telegram y las notificaciones pop-up en la interfaz gráfica.

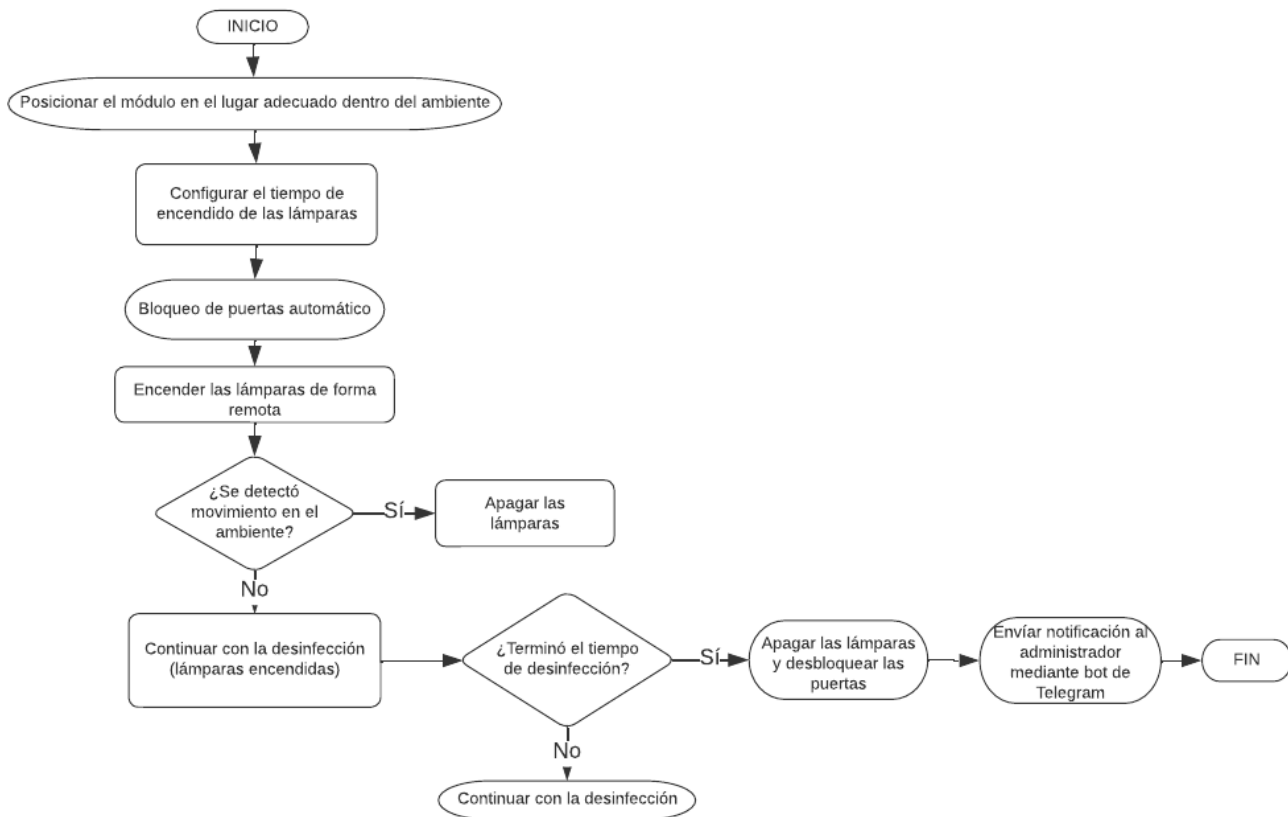


Figura 4: Diagrama de flujo: Funcionamiento del módulo de desinfección.

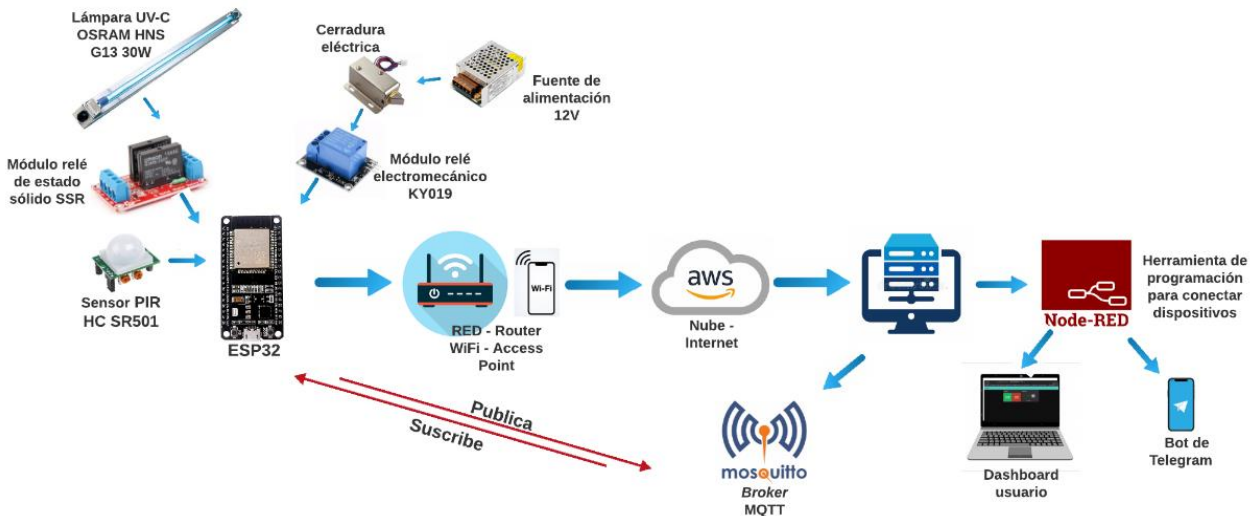


Figura 5: Diseño general del sistema

Este proceso se puede apreciar de forma más ilustrativa en la Figura 5. Contemplando los componentes y las herramientas de programación empleados.

De forma técnica el funcionamiento del sistema es el siguiente:

La placa de desarrollo ESP32 cuenta con un módulo WiFi, el cual permite poder conectarse a una red con salida a Internet, de esta forma, se establece la conexión con el servidor creado dentro del proveedor de servicios AWS, en este se aloja el broker Mosquitto (servidor que acepta mensajes publicados por clientes y los difunde entre los

clientes suscritos). De esta forma, utilizando el protocolo de comunicación MQTT; la placa de desarrollo ESP32 publica los datos obtenidos por los módulos relé y el sensor de movimiento.

A través de AWS, se genera una dirección IP elástica por la cual se accede al servidor, donde mediante la herramienta de programación Node-RED se realiza la creación de nodos, los cuales se suscriben al servidor Mosquitto, recibiendo así los datos publicados por la placa ESP32. De esta forma, por medio de códigos de programación se realiza la comunicación con el bot de Telegram y la visualización de información en la interfaz gráfica.

Para que todo este proceso se lleve a cabo, el sistema debe estar conectado a la red WiFi local de la Universidad, caso contrario a la red Access Point del teléfono móvil de quien opere el sistema de desinfección. De no ser así no se podrá dar inicio ni ejecutar acción alguna.

Cabe recalcar que no se hace el almacenamiento de ningún dato o información obtenida

3.4 Ensamblaje del sistema



Figura 6: Estructura metálica regulable en altura + caja PVC.

Para albergar a la lámpara UV-C y a los componentes del sistema, se diseñó una estructura metálica regulable en altura, con unas dimensiones de un mínimo de 1.45 m de altura desde su base hasta el punto más alto y un máximo de 2.15 m respecto a su base. Cumpliendo con el requerimiento de ser portátil, tiene un peso de 3 kg. Los

componentes se encuentran alojados en una caja de PVC, la cual, está integrada en el pedestal metálico. Tal como se aprecia en la Figura 6.

4 RESULTADOS

Para las pruebas se utilizó en un principio el laboratorio de electrónica en la Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, recordando las dimensiones de dicho ambiente y empleando la calculadora proporcionada por el fabricante OSRAM, se determina el tiempo de funcionamiento del sistema (ver Figura 7).

La interfaz gráfica cuenta con 2 pestañas; en la primera se puede realizar el encendido y apagado de la lámpara, así como visualizar el estado de esta; el led cambiará a color turquesa si la lámpara está encendida y un color gris claro si se apaga la misma, en caso de que se detecte movimiento la lámpara se apagará y se mostrará un mensaje en el apartado de “Estados” dentro de la interfaz gráfica. En la segunda pestaña se puede programar el tiempo de desinfección, introduciendo la hora y fecha de inicio y de fin del proceso de desinfección.

HNS lamps

Please select your product
HNS 30W G13

Please enter the number of lamps being used
1

Please enter the distance between lamp and surface in cm (max. 1000 cm)*
700

Please select the microorganism to be eliminated
SARS-CoV-2

Your result

Distance (m)	7
UV-C irradiance at 1 metre (W/m ²)	0.31
UV-C irradiance at 2.5 metres (W/m ²)	0.05
Organism type	Virus
UV-C dose (J/m ²)	10.48
Operation time to obtain a disinfection rate of 99.9% (hh:mm:ss)	0:27:37

Figura 7: Tiempo necesario de operación del Sistema.

A continuación, en las Figura 8 y 9 se aprecia el funcionamiento de la interfaz gráfica.

En el caso de que se detecte movimiento en el ambiente durante el proceso de desinfección se muestra el mensaje dentro la interfaz gráfica y la notificación en el bot de Telegram. Se puede ver en la Figura 9.

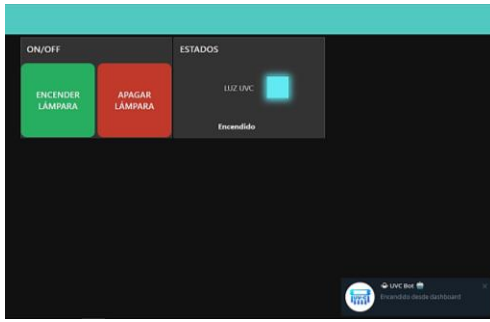


Figura 8: Estado Encendido de la lámpara visto desde el dashboard.

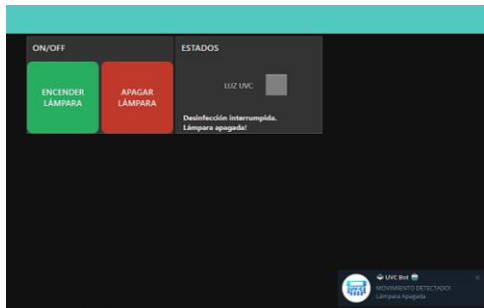


Figura 9: Aviso de Desinfección interrumpida vista desde el dashboard

La segunda pestaña en la interfaz gráfica permite introducir el tiempo, con horas y minutos y un espacio para introducir la fecha con formato de dd/mm/aa. Así mismo dos botones, para ingresar los valores o para cancelarlos. Esto para establecer el tiempo de funcionamiento de la lámpara o en su defecto programar el día y la hora para que se realice la desinfección. La Figura 10 muestra la pestaña 2 desde un dispositivo móvil.

El bot de Telegram, lleva por nombre "UVC Bot", se encarga de notificar acerca del estado de la lámpara, además de poder enviar comandos (/ON /OFF) para encender o apagar la misma. Y notificar si se detectó algún movimiento durante la desinfección. Su funcionamiento se observa en la Figura 11.

Para poder verificar que se tiene incidencia de la luz UV-C en las superficies se hace uso de las tiras de papel fotosensible para la comprobación rápida, las cuales cambian su tonalidad según reciban dicha luz.

Se adhirieron las tiras en diferentes superficies y a diferentes distancias de la lámpara. Esto se puede ver en la Figura 12.

Programados los 28 minutos y con los papeles fotosensibles ubicados, se cierra el ambiente e inicia la desinfección. En la Figura 13 se puede observar al módulo de desinfección en funcionamiento.

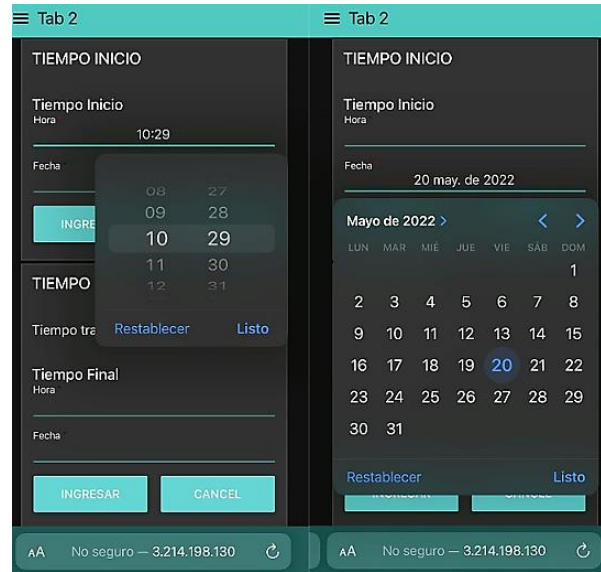


Figura 10: Pestaña 2 de la interfaz gráfica, programación del tiempo de desinfección

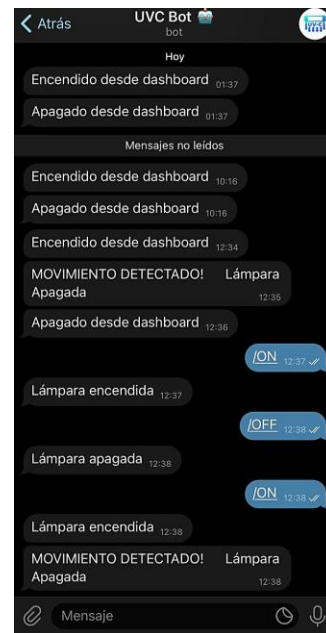


Figura 11: Funcionamiento bot de Telegram

Una vez concluido el tiempo de desinfección se procede a tomar muestras con el hisopo estéril para posteriormente ser llevados a un laboratorio clínico para su análisis. La toma de muestras post desinfección se observan en la Figura 14.



Figura 12: Integración de papeles fotosensibles en el ambiente.



Figura 13: Módulo de desinfección en funcionamiento



Figura 14: Toma de muestras con hisopo post desinfección

Una vez culminado el proceso de desinfección se evidencia el cambio de tonalidad de los papeles fotosensibles, aquellos que se encontraban ubicados más próximos a la lámpara presentan una tonalidad más oscura, a diferencia de los que se encontraban más alejados que no llegan a presentar cambios muy notorios. Se puede apreciar el cambio de color de los papeles en la Figura 15.

Los niveles de incidencia de la luz UV-C se miden en mJ cm^{-2} , para poder determinar el valor obtenido con la tonalidad del papel fotosensible se emplea la siguiente guía de comprobación que proporciona el fabricante UVPS.

Una vez concluido el proceso de desinfección, se evidencia el cambio de tonalidad de los papeles fotosensibles, guiándose en el gráfico clave de las tiras de comprobación rápida, se puede asegurar que en el punto donde más incidencia tuvo la luz UV-C, (pizarra), se llegó a tener un valor de hasta 400 mJ cm^{-2} y en el punto con menos incidencia (sillas y mesón del fondo) se obtuvo un valor de hasta 100 mJ cm^{-2} . Demostrando que se llega a cubrir varias superficies y espacios de forma satisfactoria; a pesar de haber realizado la prueba con prácticamente la luz del sol directa.



Figura 15: Tonalidad de los papeles fotosensibles post-desinfección

Los resultados de la toma de muestras de superficie demoran entre 24 a 48 h. Debido a que la Universidad emplea un método de desinfección mediante Nanopartículas de Cobre, se evidencia que en la superficie existe una desinfección vigente. Sin embargo, se tiene un análisis satisfactorio, comprobando la eficacia del uso de la luz UV-C en la desinfección de ambientes. Los resultados posteriores al proceso de desinfección se encuentran en el reporte de ensayo del análisis clínico, los cuales son los siguientes.

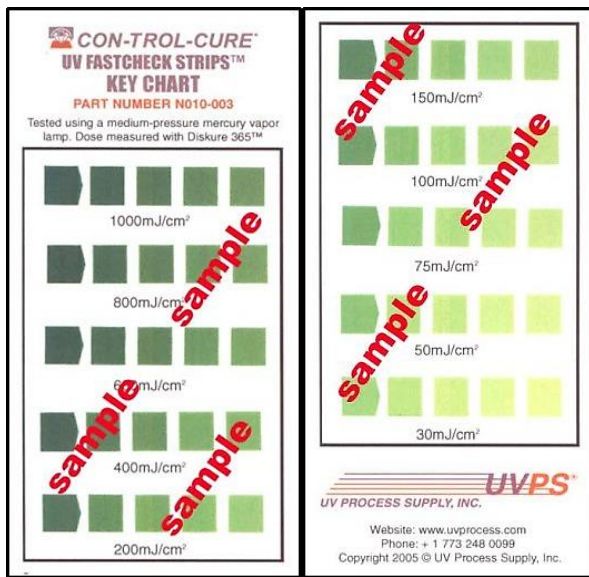


Figura 16: Guía de comprobación para las tiras de papel fotosensible

Entre los parámetros analizados se tienen bacterias Coliformes y E. Coli, teniendo como resultado valores de presencia cero sobre las superficies. En el caso de las partículas virales, para su análisis se requiere de una toma de muestras con métodos de cultivo, lo cual demanda una cantidad de tiempo de espera mayor, sin embargo, los resultados serían totalmente similares.

4.1 Capacitación del personal y pruebas en diferentes ambientes

Como fase siguiente se realizó la capacitación del personal responsable de realizar la desinfección en los ambientes de la Universidad Católica Boliviana-Sede Cochabamba. En la Figura 18 se muestra la explicación y entrega del manual básico de usuario. Se ejecutó la operación desde el dispositivo móvil del encargado, accediendo a la interfaz correspondiente al sistema e ingresando los datos necesarios para la desinfección del ambiente.

De esta forma, se realizó la desinfección de un laboratorio de cómputo y un aula de la planta baja de la Universidad, estos ambientes con diferentes superficies y de diferente tamaño.

De igual manera, se colocaron tiras de papel fotosensible en diferentes superficies y a diferentes distancias para poder demostrar el alcance y la intensidad de la luz UV-C al ser aplicada en un ambiente, así determinar la cantidad de veces que debe ser usado el prototipo y las ubicaciones estratégicas para cubrir el área por completo.

De igual manera, se colocaron tiras de papel fotosensible en diferentes superficies y a diferentes distancias para poder demostrar el alcance y la intensidad de la luz UV-C al ser aplicada en un ambiente, así determinar la cantidad

de veces que debe ser usado el prototipo y las ubicaciones estratégicas para cubrir el área por completo.

REPORTE DE ENSAYO
ANÁLISIS DE SUPERFICIES EN CONTACTO ALAB-22-308

Datos de Cliente

Cliente: Jose Carlos Ojalvo Sandoval
Fecha de elaboración Informe: 2022-06-03

Datos de Muestra

Código de Muestra Campo: JS-01 Código de Muestra Laboratorio: JS-01
Coordenadas GPS: 19K 803678.221mE, 8050968.2541mS
Departamento - Provincia - Municipio: Cochabamba - Cochabamba - Cochabamba
Fecha - Hora de Muestreo: 2022-05-31 - 14:15
Lugar de Muestreo: Universidad Católica Boliviana San Pablo
Punto de Muestreo: Laboratorio de electrónica
Método de Muestreo: Hisopado
Frecuencia de limpieza y desinfección: 1 vez por semana (Calos de nanoparticles de cobre)
Responsable de Muestra: Raina Peredo Perez (AnalystLab SRL)

Cliente

Fecha de Recepción: 2022-05-21 Cadena de Custodia: LAB-CC-AC-03822
Período de Ensayo: 2022-05-21 al 2022-06-27 Lugar de Ensayo: Laboratorio de Microbiología
Aspecto: Clara

#	Parámetro	Método de determinación	LD*	Unidad	Resultado
1	Coliformes Totales	SM 9221 (PROC-007.4) (Interno)	0	UFC/100 ml	0
2	Coliformes Fecales	SM 9221 (PROC-007.4) (Interno)	0	UFC/100 ml	2
3	Escherichia coli	SM 9221 (PROC-007.4) (Interno)	0	UFC/100 ml	0

OBSERVACIONES
* LD: Límite de detección del método
El método de muestreo se realizó de acuerdo al PROC-008.1 procedimiento interno

- Las firmas de los responsables de este trabajo confirman que los resultados finales reflejan verdaderamente los datos originales. Los resultados se refieren únicamente a las muestras ensayadas en el momento y lugar de muestreo.
- En caso de que el laboratorio no efectúe el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de las muestras.
- Las muestras serán almacenadas por un tiempo no mayor a 2 meses en un depósito del laboratorio en relación a la estabilidad.
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio.

FIN DEL REPORTE DE ENSAYO


 Lic. Geidy Torres
 RESPONSABLE DE LABORATORIO


 Lic. Raina Peredo Perez
 JEFE DE LABORATORIO

Dra. Geidy Torres
 BIQUÍMICA - FARMACÉUTICA
 Calle Castró Rojas entre Beijing y Antofagasta Zona Sarco
 69411771 - 69445420 analyticlabrsl@gmail.com

Figura 1 de 4



Figura 17: Reporte ensayo de laboratorio clínico de análisis de superficies



Figura 18: Capacitación del personal encargado de la desinfección



Figura 19: Desinfección de ambientes en la UCB

5 CONCLUSIONES

En base a las pruebas realizadas se puede comprobar el correcto funcionamiento del sistema, sin embargo, para poder tener una desinfección efectiva se debe considerar el tiempo de funcionamiento de la lámpara (determinado mediante la calculadora del fabricante) y la dimensión del ambiente. Es necesario posicionar el módulo de desinfección en diferentes puntos para así cubrir por completo el espacio.

Las pruebas con papel fotosensible son de gran utilidad por la rapidez de los resultados, no obstante, se verifican los resultados mediante pruebas más complejas como son las de laboratorio.

Para poder trasladar el módulo de desinfección y que este sea totalmente portátil basta con desconectar los cables del relé electromecánico. Es primordial contar con una regleta de al menos dos entradas, para alimentar el módulo (lámpara y microcontrolador).

Ante experiencia propia, es primordial el tema del cuidado a la salud, se debe evitar la exposición directa a la luz UV-C ya que puede causar lesiones graves, sobre todo a la vista. En este sentido, el módulo de seguridad cumple un rol fundamental. El sensor PIR HC-SR501 no decepcionó, siendo capaz de detectar movimientos a distancias de hasta 6 metros y de poca intensidad.

Una observación que se tiene es el tema del cableado para el funcionamiento de la cerradura eléctrica, ya que es necesario contar con una gran extensión de cables, debido a que el módulo de desinfección debe realizar el proceso en al menos 2 puntos del ambiente para dar una cobertura suficiente y así realizar una desinfección efectiva.

Para el usuario, ya sea administrador o responsable, le es muy sencillo operar el sistema desde interfaz gráfica teniendo todo el control desde la misma, el bot sirve de respaldo y es de mucha utilidad en cuanto a las notificaciones.

6 RECOMENDACIONES

Para la implementación final del sistema propuesto como prototipo se consideran las siguientes observaciones:

El funcionamiento de la cerradura eléctrica demanda una gran extensión de cable por lo que se recomienda buscar una alternativa wireless, la cual facilitaría el traslado del módulo de desinfección.

Se recomienda la integración de un segundo módulo de desinfección capaz de mantener conexión con la instancia E2C, es decir ser controlado de la misma forma que el módulo de desinfección del presente proyecto y con la capacidad de leer el estado del otro módulo. Así agilizar el

proceso de desinfección cubriendo dos puntos de forma simultánea y aportar escalabilidad al sistema.

Dentro del panel de la interfaz gráfica se recomienda añadir la opción de una bandeja que permita diferenciar el ambiente por su nombre, así llevar seguimiento de los ambientes en proceso de desinfección

Se recomienda mantener distancia cierta entre los módulos relé, ya que al ser accionados pueden generar un rebote de voltaje provocando que algunos sensores tomen ese cambio como una variación y den falsas mediciones.

Como alternativa innovadora se recomienda la integración de un sensor LiDAR u otro capaz de medir distancias, así crear relaciones y determinar el área total de la superficie a desinfectar, agilizando los cálculos, obteniendo el tiempo necesario para una desinfección efectiva y así se automatiza más el proceso.

En el caso de pasar el prototipo a un producto final, el servicio de nube gratuito caducará en 1 año, por lo tanto, se recomienda adquirir el servicio bajo la modalidad de instancias por demanda o el plan Savings Plans que varían de precio según el requerimiento del sistema. Otra opción, es la de implementar un servidor local para el sistema, así se tiene el servicio de nube dentro de la Universidad.

Para que este módulo deje de ser un prototipo y pueda convertirse en un sistema final se requiere la implementación de un control de seguridad más automatizado, capaz de alertar y prevenir la exposición directa a la luz, sin la intervención de un encargado responsable.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO ANA. (2020). El amonio cuaternario debe ser usado solo sobre objetos y superficies. En: <https://www.elcomercio.com/tendencias/salud/amonio-cuaternario-desinfectante-coronavirus-covid19.html>, (fecha de consulta 12/03/2022).

COSTA DA CUNHA JEFFERSON. (2020). Uso adecuado de lámparas germicidas. En: <https://oftalmologos.org.ar/files/institucional/covid/uso-adecuado-de-lamparas-germicidas.pdf>, (fecha de consulta 22/04/2022).

GRAZIANO MU, GRAZIANO KU, PINTO FMG, BRUNA CQM, QUEIROZ RQ, LASCALA CA. Eficacia de la desinfección con alcohol al 70% (p/v) de superficies contaminadas sin limpieza previa. Rev. Latino-Am. Enfermagem [Internet]. mar.-abr. 2013 [acceso: 15/11/2021];21(2):[06 pantallas]. En: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/CfZMMxxqFn6mgd74MK8m8Sh/?lang=es&format=pdf#:~:text=Los%20resultados%20de%20la%20presente,limpieza%20previa%20de%20la%20superficie>

- J. VARGAS, "Efecto de la radiación gamma sobre las características físico - químicas, sensoriales y microbiológicas en pprika en polvo (*Capsicum annuum* L.)", Revista ECIPer, pp. 68-71, 2019.
- OLIVARES JORGE. (2020). Qué Pasa: Amonio cuaternario: los peligros de usar este químico para combatir el coronavirus. En: <https://microb-r.org/2020/05/19/amonio-cuaternario-los-peligros-de-usar-este-quimico-para-combatir-el-coronavirus/>. (fecha de consulta 18/11/2021).
- OMS. (2020). DEMOSTRADO: No deben utilizarse lámpara de luz ultravioleta (UV) para desinfectar las manos u otras zonas de la piel. En: https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/myth-busters?gclid=EAlaIqobChMI64-cnYen8wIVkcmUCR2UOai9EAAAYASAAEgJSafD_BwE#uv, (fecha de consulta 23/11/2021).
- OMS. (2021). Preguntas y respuestas sobre la transmisión de la COVID-19. En: <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted#:~:text=El%20virus%20puede%20propagarse%20a,peque%C3%B1as%2C%20o%20%20C2%BAerosoles%C2%BB>. (fecha de consulta 15/02/2022).
- RENTOKIL. (2020). Propiedades del cobre y la sanitización frente al COVID-19. En: <https://www.rentokil.com/cl/blog/propiedades-del-cobre-y-la-sanitizacion-frente-al-covid-19/>, (fecha de consulta 16/04/2022).
- UCB. (2021). PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD PARA LA PRESENCIALIDAD DIFERENTE EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA SAN PABLO SEDE COCHABAMBA
- W. KOWALSKI, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, 5th ed. Berlin: Springer Berlin, 2014, pp. 1-13.
- W. KOWALSKI, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, 5th ed. Berlin: Springer Berlin, 2014, pp. 17-47.