

Estación interactiva de desinfección para ingreso a establecimientos

Interactive disinfection station for entering establishments

Oscar M.
Duque S¹⁻³

Dayana N.
Galvis²

Jhonatan A.
Avila³

Byron F.
Sanabria³

José M.
Jauregui³

Brayan H.
Lindarte³

oduques@sena.edu.co

dngalvis@sena.edu.co

jhonatan.avila@unipa
mplona.edu.co

byron.sanabria@unipa
mplona.edu.co

josejauregui1202@gm
ail.com

brayan.lindarte@unip
amplona.edu.co

¹ ORCID 0000-0001-6246-604X, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

² ORCID 0000-0002-8200-5969, Centro CEDRUM, Grupo CEDRUM NDS-Regional N.D.S, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Colombia

³ Universidad de Pamplona - Programa de Ingeniería Mecatrónica, Villa del Rosario, Colombia

Resumen - El Covid-19 es una enfermedad infecciosa que se ha descubierto recientemente y se trata de virus que era desconocido antes que presentara el brote principal en diciembre del 2019 y que posteriormente se extendió a nivel mundial en cuestión de meses. Gracias a los avances científicos y las investigaciones se pudieron determinar acciones que previenen la propagación de este virus, como son el uso de tapabocas, la limpieza de las manos y el aislamiento social, entre otras. En este sentido, la finalidad de este estudio es diseñar una estación de desinfección para ambientes de acceso público, tales como universidades, colegios y entidades de gobierno, entre otros. Se plantea un módulo interactivo que pueda reconocer al personal que interactúa con este y que permita controlar el ingreso a estos establecimientos mediante sensores para la interacción humano-máquina. Estos datos son visualizados en una interfaz gráfica para que cada persona conozca los valores de temperatura que presenta y reportar alarma si es necesario.

Palabras Claves: Covid 19, estación de desinfección, virus.

Abstract— Covid-19 is an infectious disease that has been recently discovered and it is a virus that was unknown before the main outbreak occurred in December 2019 and that later spread globally in a matter of months. Thanks to scientific advances and research, actions that prevent the spread of this virus could be determined, such as the use of masks, cleaning of hands and social isolation, among others. In this sense, the purpose of this study is to design a disinfection station for public access environments, such as universities, colleges and government entities, among others. An interactive module is proposed that can recognize the personnel who interact with them and that allows controlling the entrance to these establishments by means of sensors for human-machine interaction. These data are displayed in a graphical interface so that each person knows the temperature values that it presents and report an alarm if necessary.

Keywords: Covid, service, station, disinfection.

I. INTRODUCCIÓN

Los coronavirus se descubrieron en los años 60, siendo importantes patógenos humanos y animales, provocando distintas enfermedades que pueden ir desde un resfriado hasta una neumonía. Hasta diciembre del 2019, se habían identificado seis tipos de coronavirus que pudieran generar enfermedad en humanos; entre ellos, los causantes de los dos

brotes epidémicos anteriores: el SARS coronavirus que apareció por primera en el año 2002 y el MERS-CoV, que se identificó por primera vez en el año 2012 en el medio oriente. A finales de diciembre del 2019, se identificó un nuevo coronavirus como el agente causal de un grupo de casos de neumonías en Wuhan, capital de la provincia de Hubei en China, denominándolo la Organización Mundial de la Salud (OMS) en febrero de 2020, coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) y a la enfermedad que origina Covid-19, que significa enfermedad por coronavirus 2019. Desde Wuhan se extendió rápidamente, dando como resultado al inicio una epidemia en toda China, seguida de un número creciente de casos en todo el mundo, generado la pandemia y emergencia sanitaria actual [1].

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

A. Problema

La familia de los virus SARS (Síndrome Agudo Respiratorio Grave) son virus que ocasionan problemas respiratorios graves y en ocasiones mortales a la gran mayoría de especies que los portan (incluso a los humanos), éstos son procedentes de los murciélagos, y efectúan el proceso de zoonosis pasando a otras especies silvestres o salvajes y a través del consumo de carne de esta clase de animales, dicho virus da el salto entre especies hasta llegar a los humanos. Estos virus nunca habían llegado hasta los humanos, sino hasta finales del 2002 en China fue cuando uno de estos virus dio el salto entre especies; éste se extendió por 26 países, pero contagió a solo alrededor de 8000 personas, y ocasionó 774 muertes. Exactamente 10 Años después apareció a finales del 2012 en Oriente Medio, en Arabia Saudí otro virus de esta familia conocido con el nombre de MERS (Síndrome Respiratorio de Oriente Medio) el cual solo ocasionó un contagio de no más de 3000 personas y produjo la muerte 851 personas [2].

El nuevo virus SARS Covid-19, integrante de esta familia

de los virus SARS hizo su aparición a finales del año 2019 en China, ocasionando miles de contagios y muertes en ese país, y luego haciendo lo mismo a principios del 2020 en Europa, y después se extendió a todos los continentes elevándose a Categoría de Pandemia algo que no sucedía desde hace 100 años aproximadamente. Lo particular y alarmante de este virus es su fácil, rápida y silenciosa propagación que tomó por sorpresa, incluso a los países más avanzados en temas de medicina científica. El problema que ocasionó este virus es que literalmente paralizó la gran mayoría de las actividades comerciales y sociales en el mundo, debido a las medidas restrictivas que tuvieron que imponer los presidentes y líderes mundiales en todos los países para frenar y reducir las tasas de contagio. Según el Instituto Johns Hopkins [3] a agosto de 2021 se registran más de 124 millones de contagios en el mundo, de los cuales 70,9 millones se han recuperado, y 2,74 millones han muerto, siendo EE.UU el país con más número de decesos registrados, seguido de Brasil y la India como los países más afectados[2]. En Colombia según el último reporte del 28 de agosto del 2021 del Ministerio de Salud Nacional se han registrado 4,9 millones de contagios, de los cuales han muerto 124.883 personas [4].

Las cifras del impacto económico causado a nivel mundial, regional y nacional no son menos alarmantes, ya que por la pandemia muchos países entraron en recesión económica, siendo Brasil, Italia y Canadá los más afectados en términos de desempleo generado, siendo esta una de las mayores problemáticas a nivel mundial según [2]. En el caso de Colombia, cerraron más de 500 mil microempresas y en América Latina fueron cerca de 3 millones de microempresas las que tuvieron que detener operaciones definitivamente [5]. Algunos datos relevantes se reflejan en la siguiente figura.

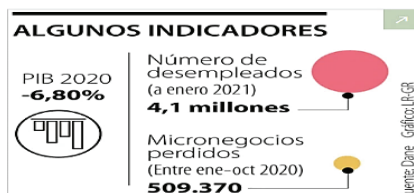


Figura No. 1.: Indicadores económicos. Fuente: El DANE [5]

B. Justificación

Gracias a las investigaciones realizadas por los principales entes públicos y privados, como son los ministerios de salud y laboratorios de los países más desarrollados, que son las entidades abanderadas en el estudio de enfermedades tropicales y víricas, han descubierto las formas de propagación del virus SARS Covid-19, lo cual les ha permitido entender que actividades y comportamientos son los que evitan y reducen la propagación del virus. Las principales actividades son: lavado constante de manos, aplicación frecuente de alcohol en las manos y antebrazos, así como de gel antibacterial, uso de tapabocas o mascarillas, limitación de aglomeraciones en espacios públicos y lugares

privados, restricción de reuniones familiares y laborales, toma de temperatura frecuente y estaciones de desinfección a la entrada de lugares públicos y privados, entre otras. Todas estas medidas han contribuido eficazmente y demostrado que reducen notoriamente las posibilidades de contagios masivos [6].

Este proyecto propone el diseño de una estación de desinfección que controle y regule el paso de personas a lugares públicos y privados, con el fin de detectar y denegar la entrada a personas con temperaturas superiores a las normales, ya que éste es un claro síntoma de quienes portan el virus, por ende, solo se permitirá el ingreso al recinto de reunión a personas con una temperatura adecuada, es decir quienes se presume que están sanas.

De esta manera, este estudio es un aporte a la promoción de la salud pública, por medio de la integración de tecnologías para proteger la salud y salvar la vida de decenas, cientos y miles de personas; no solo de quienes van a ingresar al lugar en cuestión, sino también de sus familiares y allegados. Estas estaciones de desinfección han demostrado su utilidad y valía en muchas partes del mundo en esta época de pandemia, pero son muy costosas, por lo que se requiere del diseño de alternativas desarrolladas en Colombia que puedan tener un costo inferior a las actualmente disponibles en el mercado y que debe ser igualmente eficaz.

III. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

A. Objetivo General

- Desarrollar una estación de desinfección y toma de temperatura que sirva para controlar el acceso de usuarios a lugares públicos y/o privados, con el fin de mitigar la propagación del virus SARS Covid-19.

B. Objetivos Específicos

- Estudiar e investigar los métodos para monitorear la temperatura, proximidad, así como de reconocimiento de voz, al igual que indagar sobre el estado del arte de los módulos de desinfección existentes, aspectos estructurales y normativos para realizar la estación.
- Establecer los criterios de diseño del componente mecánico, electrónico y programático del sistema.
- Seleccionar los elementos, materiales estructurales y dispositivos electrónicos que permitirán el adecuado funcionamiento de este sistema, como también el material desinfectante que estará albergado en su interior. Además, escoger la forma de alimentación más efectiva para un bajo consumo energético.
- Diseñar a nivel mecánico, electrónico y programático la Estación Interactiva de Desinfección, generar los planos de construcción de la estación, elaborar la lista de materiales para la

construcción, la creación de la secuencia de ensamble, el software necesario, circuitos eléctricos y electrónicos de la estación.

- Implementar la estación interactiva de desinfección para Ingreso a establecimientos.
- Formalizar con la debida documentación la estación interactiva de desinfección para ingreso a establecimientos.

C. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se implementó una metodología basada en el Nivel de Madurez Tecnológica Cuatro (NMTC), la cual consiste en la validación de componentes y/o pruebas en un entorno de laboratorio. A partir de esto, se validaron los componentes en un entorno de laboratorio, considerando al diseño como un sistema integrado mediante un programa de riesgos; en esta fase, se integraron los componentes básicos o elementos separados de la tecnología y se verificó que funcionen en conjunto a nivel laboratorio con el objetivo de identificar el potencial de ampliación y cuestiones operativas. Se usó el software de diseño de tipo CAD llamado Solidwork en su versión 2020 para hacer el diseño estructural de la estación interactiva de desinfección. Se trabajó en el marco del paradigma empírico-analítico, bajo el diseño de investigación correlacional para la elaboración de una estación de desinfección que requirió de diferentes campos de acción y disciplinas enfocadas a la programación, tratamiento de datos, sensórica, actuación y una asistencia de voz sencilla para los usuarios, lo que contribuye a la atención de la población de una manera moderna y sofisticada.

D. Antecedentes

En el 2021 se presentó el artículo titulado “*Effectiveness of video modules in infection control trainings during Covid-19 pandemic: a quasi-experimental study in tertiary care institute*” basado en las capacitaciones para las medidas de prevención y control de infecciones (PCI) esenciales para garantizar la calidad de los servicios, junto con la seguridad del personal, en medio de la pandemia de Covid – 19. El estudio se centró en la utilización de módulos explicados para la capacitación de todo el personal y la evaluación de la efectividad de la capacitación para las prácticas de PCI. Fue un estudio cuasiexperimental, con un diseño grupal previo y posterior a la prueba. Los resultados mostraron que el nivel de conocimiento aumentó significativamente en un 16% en la prueba posterior. Se identificó una asociación estadísticamente significativa entre los niveles de conocimiento en la prueba previa y posterior y la edad ($P < 0,001$), designación ($P < 0,001$) y años de experiencia ($P < 0,001$) [7].

También para el 2021 se presentó el estudio “Enfoque basado en IoT y aprendizaje profundo para detección rápida y detección de mascarillas para el control computarizado de

la propagación de infecciones de Covid-19”, tomó como base que el uso excesivo de sistemas de desinfección manual también se ha convertido en una fuente de infección, esta investigación diseñó y desarrolló un sistema de bajo costo, rápido, escalable y un sistema eficaz de detección y control para minimizar las posibilidades y el riesgo de propagación del Covid-19, mediante la metodología Smart Screening and Disinfection Walkthrough Gate (SSDWG) basado en IoT para la entrada de todos los lugares públicos. El SSDWG está diseñado para realizar una detección rápida, incluida la medición de temperatura que utiliza un sensor sin contacto y el almacenamiento del registro de la persona sospechosa para un mayor control y monitoreo. Este módulo clasificó a las personas que usan la mascarilla de manera adecuada, inadecuada y sin una mascarilla usando VGG-16, MobileNetV2, Inception v3, ResNet-50 y CNN usando un enfoque de aprendizaje por transferencia [8].

También para el 2021 se desarrolló la investigación “Surgical Protocol in a West China Day Surgery Center During the Covid-19 Pandemic: practice and Experience” Este estudio abordó el problema de la desinfección en un centro hospitalario. Para ello, además de las estrategias para la educación del personal médico y la educación del paciente potencial, la desinfección y el mantenimiento de las salas, se configuraron 3 estaciones de detección. Los resultados señalaron que, empleando los protocolos científicos bien diseñados, se puede garantizar una atención de calidad y, al mismo tiempo, garantizar la seguridad médica durante el brote de Covid - 19. Estos protocolos también se pueden aplicar a otros departamentos y áreas comerciales [9].

En el 2020 se presentó la investigación “A Human Support Robot for the Cleaning and Maintenance of Door Handles Using a Deep-Learning Framework” Este documento exploró el papel de los robots móviles con fines de limpieza y saneamiento, como medida para la desinfección y la higiene como dos partes integrales de cualquier ambiente interior seguro durante la pandemia de Covid-19. Se basó en un sistema que identificó los puntos de contacto altamente sensibles que tienden a contaminarse; para ello, se diseñó la automatización de la tarea de limpieza de las manijas de las puertas para garantizar la seguridad y para mejorar la eficiencia. Propuso un marco habilitado para IA para automatizar las tareas de limpieza a través de un Robot de Soporte Humano (HSR). El proceso de limpieza general implicó el movimiento de la base móvil, la detección de la manija de la puerta y el control del manipulador HSR para completar las tareas de limpieza. La parte de detección aprovechó una técnica de aprendizaje profundo para clasificar el espacio de la imagen que proporcionó un conjunto de coordenadas para el robot. El control cooperativo entre la pulverización y la limpieza se desarrolló en el Sistema Operativo Robótico y demostró ser un módulo de control que utiliza la información obtenida de la detección para generar una tarea / espacio operativo para el robot, junto con la evaluación de la posición deseada para accionar los

manipuladores [10].

También para el año 2020, se presentó la investigación “Transmission and prevention of SARS-CoV-2” debido a la determinación de múltiples rutas de transmisión del SARS-CoV-2, siendo fundamental para mejorar las prácticas de seguridad para el público y detener la propagación de manera efectiva. Este artículo se centró en las rutas de transmisión del SARS-CoV-2, incluida la transmisión por contacto, así como enfoques de investigación relacionados, como investigaciones epidemiológicas. Proporcionó cuatro recomendaciones específicas para la prevención y el control del SARS-CoV-2 en diferentes condiciones ambientales. Primero, el distanciamiento social, el uso racional de mascarillas y respiradores, la protección ocular y la desinfección de manos del personal y el público en general. En segundo lugar, las características aerodinámicas, como la distribución del tamaño, la regularidad de la liberación, la difusión de aerosoles. En tercer lugar, seguimiento de antecedentes de la distribución de microorganismos patógenos y desinfección ambiental en lugares públicos concurridos. En cuarto lugar, el establecimiento de modelos predictivos novedosos que pueden ayudar a evaluar la transmisión y los impactos en las comunidades [11].

E. Métodos y tecnologías desarrolladas para la detección

Temperatura corporal: es una medida de la capacidad del organismo de generar y eliminar calor. El cuerpo es muy eficiente para mantener su temperatura dentro de límites seguros, incluso cuando la temperatura exterior cambia mucho.

Para que se considere fiebre, se debe superar la temperatura máxima considerada “normal”. La temperatura corporal normal de una persona sana entre los 18 y 40 años debe estar comprendida entre los 36’4°C y 37’2°C, aunque hay personas que pueden tener una temperatura corporal menor (en torno a los 35’8°C). Se considera fiebre una temperatura superior a 37’2°C por la mañana. Se considera fiebre una temperatura superior a 37’7°C por la tarde. Hay que diferenciar entre décimas de fiebre que se denomina ebrícula (hasta 37’5°C), fiebre (a partir de 38°C) y fiebre de urgencia (a partir de 40°C). También, es importante tener en cuenta dónde se mide la fiebre, ya que en la axila es normal registrar menos temperatura, mientras la temperatura rectal suele ser 0’6° C más alta [12].

Sensor de temperatura: los sensores de temperatura son componentes eléctricos y electrónicos que, en calidad de sensores, permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada. Dicha señal puede enviarse directamente o mediante el cambio de la resistencia. También se denominan sensores de calor o termo sensores. Un sensor de temperatura se usa, entre otras aplicaciones, para el control de circuitos. Los sensores de temperatura también se llaman

sensores de calor, detectores de calor o sondas térmicas. Los termistores PTC señalan un aumento de la temperatura con una mayor resistencia. Los termistores NTC señalan un aumento de la temperatura con una reducción de la resistencia basándose en óxidos de metales o semiconductores. El término termistor proviene del inglés Thermally Sensitive Resistor [13].

Dependiendo de los materiales empleados se distingue entre resistencias de medición de platino, silicio y cerámica. Pueden emplearse para diferentes rangos de temperatura. Los semiconductores de cerámica también funcionan muy bien como elementos de calefacción o termofusibles independientes. [13]

Solenoides: actuador electromagnético; un Solenoide o “Actuador Electromagnético” es un dispositivo capaz de generar movimiento lineal directamente, sin necesidad de emplear mecanismos o engranajes.

Un solenoide está constituido por una bobina junto con un perno central (ferro magnético), siendo ambos elementos independientes entre sí. Cuando se le da energía a la bobina, esta genera un campo magnético que atrae al perno central provocando su desplazamiento. Habitualmente se dispone de un resorte entre el cuerpo de la bobina y el perno central, de forma que este vuelve a su posición original al cesar la corriente. Los Solenoides tienen la ventaja de realizar movimientos rápidos y ser muy sencillos de manejar y mantener, ya que carecen de partes móviles [14].

Asistencia interactiva de voz: un asistente de voz, también conocido como asistente personal inteligente o altavoz conectado, son nuevos tipos de productos comercializados por Apple, Amazon y Google y se basan en el reconocimiento de voz en lenguaje natural. Permiten a los usuarios realizar una búsqueda mediante un comando de voz introducido por el usuario.

Protocolos de bioseguridad: un protocolo general de bioseguridad para mitigar, controlar y realizar el adecuado manejo de la pandemia de Covid-19 fue emitido por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia a través de la Resolución 666 de 2020 para que sea adaptado por cada sector a fin de proteger a sus trabajadores durante esta contingencia, orientado a minimizar los factores que pueden generar la transmisión de la enfermedad y deberá ser implementado por los empleadores y trabajadores del sector público y privado que requieran desarrollar sus actividades.

F. Esquema de estación de higiene de control integral SO-2

Estación de higiene de control integral SO-2, es un modelo de estación destinadas para lavado automático, desinfección de manos y calzado del personal antes de la entrada en la zona sanitaria. Según el modelo las estaciones de higiene pueden equiparse con el módulo de desinfección de calzado, módulo lavamanos, módulo de desinfección y módulo de control de acceso. El diseño prevé el

cumplimiento obligatorio sucesivo de acciones de lavado y desinfección de manos y calzado. Esta máquina incluye: módulo lavamanos, Módulo de desinfección de manos, Módulo de desinfección de calzado [15].

Módulo de control de acceso:



Figura No. 2: Estructura de la Estación de Higiene so-2. Fuente: Kompo North América

Módulo lavamanos: el suministro de detergente se produce, cuando las manos entran en el campo de detección de la fotocélula que se encuentra dentro de la cámara del lavabo. Una vez tratadas las manos con detergente, se activa el suministro de agua para lavar las manos.

Módulo de desinfección de manos: el suministro de desinfectante se activa cuando las dos manos entran en el campo de detección de las fotocélulas que se encuentran en la cámara de desinfección. La pulverización del desinfectante se realiza mediante 4 boquillas ubicadas en la parte superior e inferior de la cámara de desinfección.

G. Estación de higiene de temperatura y desinfección Saniplus

Es una solución integral para el control de temperatura automático y sin contacto, gracias a su sensor de temperatura de alta precisión. La estación también cuenta para una correcta higiene, con un dispensador de gel automático con desinfección UV, dispensador de mascarillas o guantes, además de una práctica papelerera de gran capacidad. Tanto su soporte tótem como de pared son de acero lacado de 3mm proporcionando gran estabilidad y robustez. [16]



Figura No. 3: Estructura del Estación de Higiene Saniplus. Fuente: Sanotec [16]

Para la esquematización de esta estación se utilizó software de código libre, como fue Fritzing, Inkscape y Arduino, los cuales permitieron un buen manejo y estrategia para generar imágenes vectorizadas y planos esquemáticos del circuito de forma estética y bien estructurada.

H. Circuito completo de la estación interactiva de desinfección para el ingreso a establecimientos

Teniendo en cuenta que esta estación debe brindar una experiencia convergente y asertiva para los usuarios, se tuvo en cuenta una interfaz amigable, ya que dispone de un control por medio de los sentidos de la vista y la escucha, lo que genera una mejor armonía y entendimiento entre el usuario y el módulo.

Uno de los aspectos más importantes es obtener una buena captura de la temperatura a los usuarios, por tal manera se hizo una matriz de selección, evaluando diferentes dispositivos con un mismo propósito. En este caso, con el fin de tener la mayor exactitud posible para el control de temperatura, se seleccionó el sensor infrarrojo Melexis - MLX90614, ya que brinda un buen control de temperatura, un rango de alcance significativo y su ventaja principal que hace la captura sin contacto. No sólo este sensor es capaz de garantizar la temperatura exacta, por lo que se integró otro sensor de proximidad sharp GP2Y0A21 para hacer pruebas mediante un parámetro de longitud a un buen alcance y recepción para la misma [17]. Sabiendo esto, se generó al código un ciclo de 5 segundos, en el cual la muñeca del usuario permanecía estática y hacía una buena toma de temperatura dejando como criterio y condición una longitud que oscila entre 5 y 6 cm, promediando los datos de temperatura capturados en ese instante [18].

I. Arduino y Processing

Para la elaboración del algoritmo y su interfaz gráfica se hizo la unión de programación en Arduino y Processing, los cuales tienen gran compatibilidad y versatilidad a la hora de generar código. Una vez elaborada la selección de software, se establecieron estas dos configuraciones para la programación de la parte eléctrica de delegación desinfección.

En este diagrama de flujo se expresa el control y la asignación de variables para el funcionamiento y las condiciones de la estación teniendo en cuenta la síntesis del habla y todos los módulos instalados en la parte electrónica. Para la interfaz se tuvo en cuenta la expresión de la estación imprimiendo la pantalla el audio que genera la interacción con la misma, de esta forma se pudo garantizar que una gran cantidad de usuarios tengan acceso por medio diferentes sentidos; además se garantiza que el usuario tenga una buena experiencia con el uso del módulo. Para ello, se acudió al aplicativo de voz on line "Notevibes" donde se pudo encontrar una voz armónica y no tan sintética de carácter gratuito, que se pudo acoplar con satisfacción a los propósitos de la estación [19].

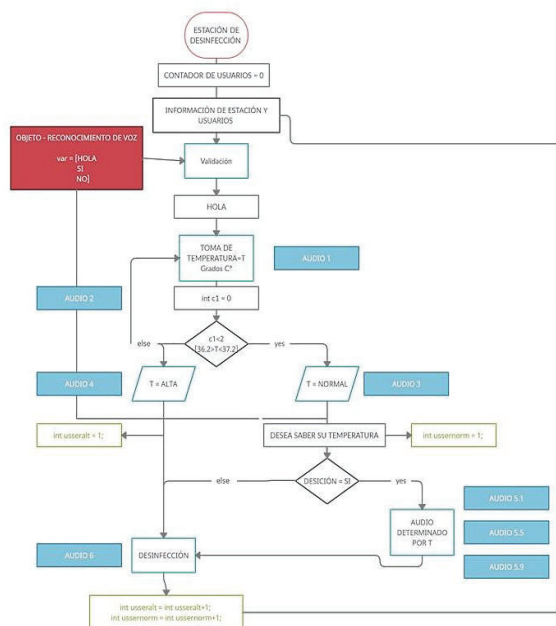


Figura No. 4: Diagrama de flujo código Arduino y Processing.
Fuente: Elaboración propia

J. Conversor DA / DC

Se llaman así a los sistemas que convierten señales digitales a señales analógicas. Esto es una palabra digital vinculada a una tensión o corriente continua. Debido a que la fuente de alimentación selecciona para el módulo es alterna y todos los componentes electrónicos trabajan en forma continua se debió realizar un conversor DA / DC, con el fin de suministrar la potencia requerida por los dispositivos electrónicos para que trabajen de una manera adecuada

K. Alcances y limitantes

Consistió en controlar el ingreso de personal a establecimientos públicos, como lo son los centros de educación, donde se pueden presentar personas con alta temperatura corporal, lo que es un síntoma de alarma frente al Covid-19.

Proporciona información sobre la temperatura corporal de cada individuo que pase por el módulo que, de no estar en los rangos establecidos proporcionará una alarma y recomendará a la persona dirigirse al centro de salud más cercano. La toma de datos estará limitada si la persona que va interactuar con el módulo presenta alguna discapacidad visual, auditiva, de habla o si la persona va en silla de ruedas o le falta alguna extremidad como (brazos o piernas). A pesar de esto, permite la inclusión de personas con discapacidades mediante estrategias como implementar braille donde el módulo pueda guiar a esta persona para el proceso de ingreso y desinfección. También, se validan los componentes en un entorno de laboratorio, considerando al diseño como un sistema integrado.

- **TLR. Nivel de madurez tecnológica cuatro:** validación de componentes y/o pruebas en un entorno de laboratorio: TLR 4
- **Programa de riesgos:** en esta fase se integran los componentes básicos o elementos separados de la tecnología y se valida que funcionen en conjunto a nivel laboratorio, con el objetivo de identificar el potencial de ampliación y cuestiones operativas.

IV. DISEÑO DE LA ESTACIÓN EN SOLIDWORK 2020

Se usó el software de diseño de tipo CAD llamado Solidwork en su versión 2020 para hacer el diseño estructural de la estación interactiva de desinfección, así como para la generación de sus planos con las medidas y especificaciones de cada pieza de dicha estación.

A. Estación Ensamblada

A continuación, se presenta un paso a paso del diseño: la estructura de la estación ya viene hecha en una sola pieza y posteriormente se instala el sensor de temperatura en su respectivo soporte. A partir de esto, se coloca el dispensador de jabón o gel antibacterial sujetado en el respectivo soporte, para luego colocar la pantalla en la base, donde va atornillada y fijada al marco de la estación. La paleta metálica subirá y bajará para regular la entrada de personas al establecimiento (ver figura 5 a 10).

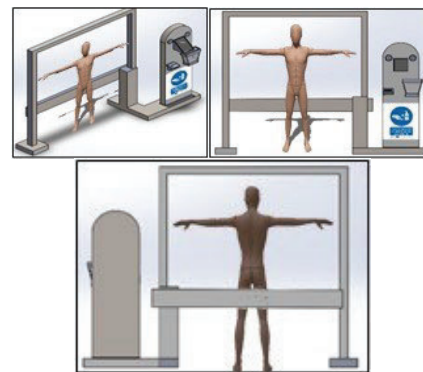


Figura No. 5: Imágenes Estación de Desinfección creada en Solidwork 2020 ya Ensamblada. Fuente: Elaboración propia

B. Pieza 1: estructura o Armazón

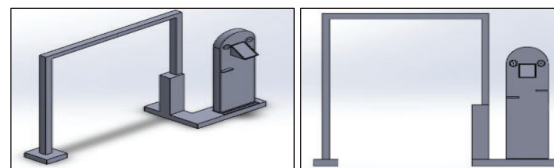


Figura No. 6: Fig. 6. Pieza 1: estructura o Armazón. Fuente: Elaboración propia

C. Pieza 4: sensor de Temperatura y Proximidad

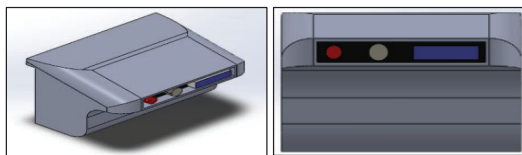


Figura No. 7: Pieza 4: sensor de Temperatura y Proximidad. Fuente: Elaboración propia

D. Pieza 3: dispensador de Jabón

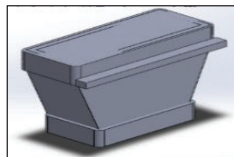


Figura No. 8: Pieza 3: dispensador de Jabón. Fuente: Elaboración propia

E. Pieza 2: paleta Mecánica

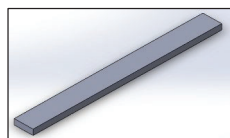


Figura No. 9: Pieza 2: paleta Mecánica. Fuente: Elaboración propia

F. Pieza 5: pantalla o Monitor

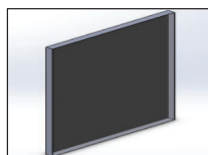


Figura No. 10: Pieza 5: pantalla o Monitor. Fuente: Elaboración propia

G. Planos

En este segmento se muestran los planos de las diferentes partes que conforman la estructura de la estación de desinfección:

A. Planos Pieza 1: estructura o Armazón

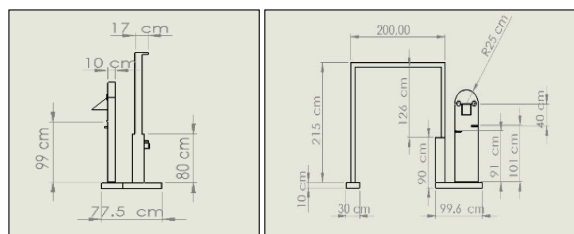


Figura No. 11: Planos Pieza 1: estructura o Armazón. Fuente: Elaboración propia

B. Plano Pieza 2: paleta Mecánica

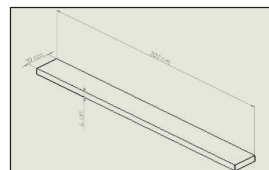


Figura No. 12: Plano Pieza 2: paleta Mecánica. Fuente: Elaboración propia

C. Plano Pieza 3: dispensador de Jabón

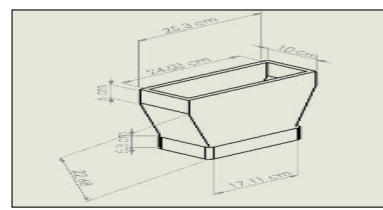


Figura No. 13: Plano Pieza 3: dispensador de Jabón. Fuente: Elaboración propia

D. Plano Pieza 4: sensor de Temperatura y Proximidad

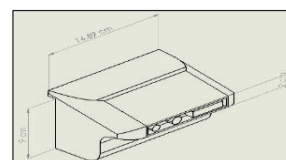


Figura No. 14: Plano Pieza 4: sensor de Temperatura y Proximidad. Fuente: Elaboración propia

E. Plano Pieza 5: pantalla o Monitor

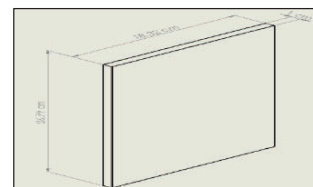


Figura No. 15: Plano Pieza 5: pantalla o Monitor. Fuente: Elaboración propia

H. Matrices de selección

A. Matriz de selección del software

En cuanto a las matrices de selección se tuvieron en cuenta los parámetros de costo del software y la curva de aprendizaje; es decir, se utilizó software de código libre (Open Source), sabiendo que es un proyecto netamente

educativo, por tal razón, se optó por hacer este análisis que contiene las especificaciones y criterios del entorno de programación en cuanto a la interfaz de usuario (HMI) y sistema programable, conociendo las limitaciones de adquisición del software y manejo de este.

B. Matriz Software ISO 25.000

Calidad del Producto de Software					
Característica	Subcaracterística	Python	Matlab	Java	C#.net
Funcionalidad	Complejidad	4	5	4	5
	Corrección	3	4	3	3
	Idoneidad	4	5	4	3
Rendimiento	Comportamiento en el tiempo	4	4	4	5
	Utilización de recursos	4	5	4	4
Compatibilidad	Coexistencia	4	4	0	5
	Interoperabilidad	4	4	4	4
Usabilidad	Inteligibilidad	4	5	4	4
	Aprendizaje	5	4	4	4
	Operabilidad	4	5	4	4
	Protección a errores de usuario	4	4	3	4
	Atractividad	5	4	3	4
	Accesibilidad	3	5	3	4
Fiabilidad	Madurez	3	4	3	4
	Disponibilidad	4	5	4	3
	Tolerancia a fallos	3	4	3	4
	Capacidad de recuperación	4	4	4	4
Seguridad	Confidencialidad	4	4	4	4
	Integridad	4	4	4	3
	No repudio	4	4	4	4
Mantenibilidad	Autenticidad	4	4	4	4
	Responsabilidad	4	5	4	4
	Modularidad	4	4	3	3
	Reusabilidad	3	4	3	4
	Analizabilidad	4	4	3	4
	Cambiabilidad	4	4	4	4
	Capacidad de ser probado	4	5	4	4
Portabilidad	Adaptabilidad	4	5	4	4
	Facilidad de instalación	4	5	3	4
	Intercambiabilidad	4	4	3	3
Calidad en uso					
Característica	Subcaracterística	Python	Matlab	Java	C#.net
Efectividad	Efectividad	4	4	4	4
Productividad	Productividad	4	5	4	4
	Riesgo de daño económico	4	4	4	4
Seguridad	Riesgo de salud	4	4	4	4
	Riesgo ambiental	4	5	4	4
Satisfacción	Cumplimiento del propósito	4	5	4	4
	Confianza	4	5	4	4
	Placer	4	4	3	4
	Confort	4	5	4	4
Contexto de uso	Flexibilidad	3	5	4	4
	Cumplimiento de contextos de uso	4	5	4	4
TOTAL		160	183	148	153
Nota:		Las calificaciones de desempeño y funcionalidad están orientadas a la funcionalidad del software en evaluación al modelado y control de procesos, y a que este tenga Toolbox o librerías para el modelado e identificación.			

TABLA 1. Matriz de selección de software ISO 25.000. Fuente: Elaboración propia

LENGUAJE	INTEROPERATIVIDAD	PONDERACIÓN
PYTHON	Ofrece una rápida interacción con el desarrollador	4
MATLAB	Es eficiente debido a su rápida solución de expresiones	5
JAVA	Mediante comunicación i2c, bluetooth o wifi da gran fiabilidad.	4
C	Con la nueva actualización de framework da asistencia y fiabilidad	4

TABLA 2. Capacidad de los sistemas de información. Fuente: Elaboración propia

LENGUAJE	COMPLETITUD	PONDERACIÓN
PYTHON	Sintaxis Sencilla. Estructura en sangría	4
MATLAB	Sintaxis Media Sangría Irrelevante	5
JAVA	Sintaxis Media Alta Estructura en sangría	4
C	Sintaxis Media Sangría Irrelevante	5
LENGUAJE	IDONEIDAD	PONDERACIÓN
PYTHON	Compatibilidad con Hardware 80%. Necesidad de Firmware	3
MATLAB	Compatibilidad con Hardware 80%.	4
JAVA	Compatibilidad con Hardware 0%. Solución Externa para diferentes comunicaciones Alámbrica e Inalámbrica	3
C	Compatibilidad con Hardware 100%. Comunicación e instalaciones drivers.	3
LENGUAJE	TIEMPO - VELOCIDAD	PONDERACIÓN
PYTHON	real 0m3.769s	4
MATLAB	real 0m2.974s	4
JAVA	real 0m0.143s	4
C	real 0m0.002s	5

TABLA 3. Prueba de velocidad de compilación y cómputo. Fuente: Elaboración propia

C. Matriz Software HMI

	Criterios	Python	C	Matlab	Java
Técnicos	Interfaz de usuario	5	5	5	5
	Compatibilidad con Windows	5	5	4	5
	Representación de procesos G	5	3	4	4
	Gráficos de agua y barras	4	3	5	3
	Soporte de idiomas	5	4	5	5
	Robustez	5	3	5	4
	Calidad de gráficos	5	4	4	4
	Comunicación con el proceso	5	5	5	2
	Conexión al entorno	5	2	4	4
	Manejo de software	4	4	2	4
Económicos	Sub total	48	38	45	40
	Costo de software	5	5	2	5
	Casa matriz	5	5	5	5
	Asistencia técnica	4	4	5	4
	Sub total	14	14	12	14
	Puntuación total	62	52	57	54

TABLA 4. Matriz de selección del software HMI. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la selección técnico-económica la mejor opción de software para desarrollar la interactividad de la estación ganó la Python. Pero al igual que Matlab, no dispone de librerías para sensores de prototipado básico, tiene un amplio espectro en instrumentación industrial de difícil acceso para el criterio económico; por tal manera que es más complejo hacer un algoritmo óptimo y funcional. No

obstante, con el lenguaje C de ARDUINO, se dispone de gran cantidad de librerías desarrolladas por los mismos fabricantes o la comunidad Github con el fin de que los dispositivos tengan el mejor rendimiento y compatibilidad con este tipo de micro-controladores.

D. Matriz de selección de tarjetas de control

Al evaluar los diferentes micros controladores del mercado, se tuvieron en cuenta cuatro factores cruciales en la elección de la tarjeta programable, siendo los siguientes: Aspectos técnicos, económicos, compatibilidad del componente sensorico y actuador. La matriz empleada en este caso fue la siguiente:

MARCA	COSTO	PONDERACIÓN
Intel CE C1000	\$ 1.359.342,65 COP	1
ESP32	& 34.000,00 COP	4
Aduino Mega	& 54.487,13 COP	5
Raspberry PI P1CO	& 28.405,00 COP	5

TABLA 5. Matriz de selección de la tarjeta de control o microcontrolador. Fuente: Elaboración propia

E. Matriz de selección del sensor de temperatura

Uno de los factores más importantes de la estación es la toma de temperatura, por tal razón se realizó una matriz de selección, en la cual figuró como requisito más relevante que ninguna extremidad del usuario entrara en contacto directo con alguna superficie de la estación. Adicionalmente, los otros tres factores que se tuvieron en cuenta fueron: el componente técnico, el económico, y de compatibilidad.

Criterios		Melexis	Omron
Técnicos	Voltaje de operación	5	5
	Corriente de operación	5	5
	Tiempo de respuesta	4	5
	Rango de detección	3	5
	Certificado		
	Precisión	5	5
	Sub total	22	25
Ambientales	Temperatura de trabajo	4	5
	Humedad de transición	5	5
	Resistencia a ambientes pesados	1	2
	Sub total	10	12
Económico	Costo de equipo	4	3
	Casa matriz	5	1
	Garantía y servicio		
	Sub total	9	4
Puntuación total		41	41

TABLA 6. Matriz de selección del sensor de temperatura. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la selección técnico- económica la mejor opción en el aspecto técnico como en el ambiental que tiene una mayor puntuación en el sensor de la Marca Omron, pero en el criterio económico tiene una mejor calificación el sensor marca Melexis, al final en la puntuación total obtiene el mismo valor, pero se escoge pe sensor Melexis debido a que se consigue en Colombia, mientras que el Omron es necesario pedirlo desde EE.UU, demorando el tiempo de entrega.

I. VAN Y TIR

A. Análisis Costo Beneficio.

Se realizó el análisis costo beneficio mediante la fabricación del producto sobre pedidos, proyectando a cuántos se venderían por año. En los respectivos análisis se tomaron periodos anuales que fueron proyectados a 5 años

Productos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Mercado Interno	175.000.000	192.500.000	196.625.000	199.650.000	183.012.500	946.787.500
Total :	175.000.000	192.500.000	196.625.000	199.650.000	183.012.500	946.787.500

TABLA 7. Costo proyectado de las ventas en 5 años. Fuente: Elaboración propia

Concep to	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Valor \$	Valor \$	Valor \$	Valor \$	Valor \$	Valor \$
Entradas de efectivos	0,0	175.000.000	192.500.000	196.625.000	199.650.000	183.012.500
Ingresos (Ventas)	0,0	175.000.000	192.500.000	196.625.000	199.650.000	183.012.500
Salidas de efectivos	231.000.000	175.300.764	108.477.105	141.88.754	126.650.898	116.081.772
Inversión Total	231.000.000	94.449.071	17.110.607	31.478.701	17.753.715	14.411.226
Capital fijo	231.000.000	57.120.000	13.332.000	31.665.200	18.131.720	17.744.892
Incremento del Capital de Trabajo	0,0	35.329.071	3.778.607	-186.499	-378.005	-3.333.666
Costos de Operación	0,0	46.033.455	51.997.601	78.910.341	75.683.651	73.387.071
Impuestos	0,0	36.818.239	39.368.898	31.491.711	32.913.532	28.283.476
Saldo anual c/b	-	-300.764	84.022.895	54.744.246	73.299.102	66.930.728
Saldo acumulado	-	-231.300.764	-147.277.870	-92.533.623	-19.234.522	47.696.206

*Tasa de Actualización: 15,0%; VAN: \$713.614; TIR: 279%; Periodo de recuperación: 4 años.

TABLA 8. Resultados del VAN y TIR AL proyecto propuesto.

Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar los datos obtenidos del VAN y el TIR se pudo apreciar que el proyecto es viable, y que el dinero invertido se recuperará a partir del 3 al 4 año con una rentabilidad sobresaliente, si se trabaja con metas de ventas por año y se cumple con dichas metas. En todos los elementos de fabricación, se agregó un 15% de incremento por año, para prever un aumento en los costos de producción de un 15% con respecto al año anterior.

V.CONCLUSIONES

Al implementar un dispositivo capaz de interactuar con seres humanos, la principal limitación son las formas en la que ellos pueden interactuar con la máquina; es decir; al haber tantas posibilidades de comunicación, es muy complejo hacer que este dispositivo sea inclusivo. El estudio mostró diferentes métodos para monitorear la temperatura, proximidad y reconocimiento de voz, los cuales fueron analizados en diferentes estaciones de desinfección que se han implementado en varios entornos ambientales y en los

que la tecnología han demostrado potencialidad para evitar el contacto humano con los módulos de desinfección existentes y que se han desarrollado en diferentes países, adaptados a distintas circunstancias y entornos de trabajo, recreativo, laboral y sanitario.

Teniendo en cuenta que esta es la versión 1.0 de este dispositivo, se proyecta que para versiones futuras, se realicen mejoras en lo que respecta a la interacción entre el usuario y la estación, y de esta manera, la misma pueda ser usada por personas con limitaciones visuales y/o auditivas.

Entre los criterios de diseño del componente mecánico, electrónico y programático del sistema, se utilizó un software de código libre (Open Source), además se optó por hacer matrices de selección, las cuales contienen las especificaciones y criterios del entorno de programación en cuanto a la interfaz de usuario (HMI) empleando el software de diseño de tipo CAD llamado Solidwork en su versión 2020, que se utilizó para el diseño estructural de la estación interactiva de desinfección. Para la selección de elementos, materiales estructurales y dispositivos electrónicos adecuados para el funcionamiento de la estación, se elaboró una lista de materiales para la construcción, creación y secuencia de ensamble, como los softwares, circuitos eléctricos, y electrónicos de la estación operando con un conversor DA / DC, con el fin de suministrar la potencia requerida por los dispositivos electrónicos para que trabajen de una manera adecuada y con un consumo energético apropiado.

Por lo tanto, se logró diseñar a nivel mecánico, electrónico y programático, la estación interactiva de desinfección, mediante la generación de los planos de construcción de la estación en 2D que muestran el paso a paso de cada punto de los módulos. En cuanto a la implementación de la estación interactiva de desinfección para ingreso a establecimientos, se tiene en cuenta que el proyecto es netamente investigativo, sin ejecución física del mismo. No obstante, se llevó a cabo la documentación requerida para la puesta en marcha y que permitirá la construcción. Asimismo, se determinó que este proyecto tiene viabilidad desde el punto de vista económico, financiero y presupuestario para asegurar la construcción en serie.

VI.REFERENCIAS

- [1] Neumosur, Documento General Covid-19. Marzo del 2020. [Online]. Disponible: <https://www.neumosur.net/files/noticias/2020/Coronavirus/Documentacio%CC%81n%20completa%20de%20Neumosur%20sobre%20covid-19.pdf>
- [2] BBC News. Coronavirus: 8 gráficos para entender cómo la pandemia ha afectado a las mayores economías del mundo. Enero del 2021. [Enero del 2021]. Disponible: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55802814>
- [3] Institute Johns Hopkins, Coronavirus Resource Center. Febrero del 2021[Online]. Disponible: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- [4] Ministerio de Salud Nacional. Coronavirus (Covid-19). Agosto del 2021. [Online]. Disponible: https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Paginas/Covid-19_copia.aspx
- [5] Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. Reportes y tableros de control. Junio del 2021. [Online]. Disponible: [https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo#:~:text=Para%20el%20mes%20de%20junio,2020%20\(19%2C8%25\)](https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo#:~:text=Para%20el%20mes%20de%20junio,2020%20(19%2C8%25))
- [6] LR la república. Estos son los efectos económicos que deja el primer año de pandemia en Colombia. Febrero del 2021. [Online]. Disponible: <https://www.larepublica.co/economia/estos-son-los-efectos-economicos-que-deja-el-primer-ano-de-pandemia-en-colombia-3135411>
- [7] V. Singh, S. Supehia, P. Gupta, H. Narula, M. Sharma y K. Devi, "Effectiveness of video modules in infection control trainings during Covid-19 pandemic: A quasi-experimental study in tertiary care institute" Journal of education and health promotion, vol. 10, no. 1, pp. 147-158, Diciembre 2021.
- [8] S. Hussain, Y. Yu, M. Ayoub, A. Khan, R. Rehman, J.A. Wahid y W.Y Hou, "Enfoque basado en IoT y aprendizaje profundo para detección rápida y detección de mascarillas para el control de la propagación de infecciones de Covid-19" Ciencias aplicadas-basilea, vol. 11, no. 8, pp. 3495-3685. abril del 2021.
- [9] L.S Jiang, y H. S, Hongsheng, "Surgical Protocol in a West China Day Surgery Center During the Covid-19 Pandemic: Practice and Experience" Surgical Innovation, vol. 28, no. 1, pp.53-57, febrero del 2021.
- [10] B. Ramalingam, J. Yin, M.R Elara, Y.K Tamilselvam, M.M y M.V, "Un robot de apoyo humano para la limpieza y el mantenimiento de las manijas de las puertas mediante un marco de aprendizaje profundo" Sensores, vol. 20, no. 12, pp. 3543-3651, junio, 2020.
- [11] Z.Y Wang, Y.Y Fu, Z.D Guo, J.M Li y H.L Cheng, "Transmission and prevention of SARS-CoV-2" Biochemical society transactions, vol. 48, no. 5, pp. 2307-2316, Octubre del 2020.
- [12] Salud Canales Mapfre, ¿Qué temperatura se considera fiebre? Mayo del 2021 [Online]. Disponible: <https://Www.Salud.Mapfre.Es/Enfermedades/Reportajes-Enfermedades/Temperatura-Fiebre/>
- [13]Rechner Sensore. El sensor de temperatura, diciembre del 2020 [Online]. Disponible: <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura>
- [14] Murki Robot.Solenoides: actuador electromagnético. Abril del 2017. [Online]. Disponible: <https://www.murkyrobot.com/guias/actuadores/solenoides>
- [15] Kompo Norteamérica, Feleti estación de higiene de control integral SO-2. Junio del 2020. [Online]. Disponible: <https://www.komponorthamerica.com/es/catalogue/so-2-es/#1513003998695-1fc99abd-c31a>
- [16] SANIPLUS. Estación de Higiene de Temperatura y Desinfección. Mayo del 2018. [Online]. Disponible: <https://www.sanotec.es/saniplus-estacion-temperatura-covid>
- [17] Alldatasheet, MLX90614 Datasheet(HTML) 5 Page - List of Unclassified Manufacturers. Octubre del 2017. [Online]. Disponible: https://html.alldatasheet.com/html-pdf/218976/ETC2/MLX90614_06/524/5/MLX90614_06.htmlAIL

[18] Alldatasheet, GP2Y0E03 Datasheet (HTML) - Sharp Electronic Components. Agosto del 2017. [Online]. Disponible: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1243994/SHARP/GP2Y0E03.html>

[19] SysconFace: pantalla de reconocimiento facial y detección de temperatura para instalaciones, abril del 2020. [Online]. Disponible: <https://www.digitalvmagazine.com/2020/04/21/sysconface-pantalla-reconocimiento-facial-y-deteccion-temperatura-instalaciones/>