

Diseño de un dispositivo para el monitoreo remoto no invasivo en pacientes con COVID-19, que se encuentren en aislamiento domiciliario

Design of a non-invasive remote monitoring device for patients with COVID-19, who are in home isolation

Paola Fuentes¹, Pedro González¹, Lissette Peña¹, Yessica Sáez^{2*}

¹Licenciatura en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Centro Regional de Azuero, Universidad Tecnológica de Panamá,

²Facultad de Ingeniería Eléctrica, Centro Regional de Azuero, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Durante los últimos meses, el mundo se ha visto afectado por el descubrimiento de un nuevo coronavirus llamado COVID-19, el cual produce síntomas leves o críticos en la salud de las personas que lo contraen. Debido a su facilidad de contagio, se ha convertido en una crisis de salud pública, donde Panamá no escapa de esta situación, siendo alarmante el incremento de contagios y fallecimientos diarios. La utilización de la tecnología en el área de la medicina beneficia no solo al paciente; si no también al personal sanitario encargado, permitiéndoles obtener datos más precisos de la evolución de las personas afectadas. A pesar de esto, no se ha encontrado en Panamá un dispositivo que ayude a los pacientes con COVID-19 que se encuentran en aislamiento domiciliario. Por esta razón, el objetivo de esta investigación se centra en el diseño de un dispositivo de monitoreo remoto que ayude al profesional de la salud a darle un mejor seguimiento a los pacientes positivos de COVID-19, que se encuentran en aislamiento domiciliario, evitando que el mayor número de pacientes ingresen a la sala de cuidado intensivos. El diseño propuesto utiliza biosensores que son colocados en diferentes zonas del cuerpo y, dependiendo del parámetro a sensar, se obtienen las señales que van a ser procesadas por un microcontrolador y posteriormente se envían al enrutador a través de su conexión a internet. Las simulaciones arrojaron resultados muy similares a los que se obtendrían de manera física. Se recomienda continuar con la investigación y realizar el prototipo físico para ayudar no solo a los pacientes con COVID-19 si no también a otros pacientes que necesiten monitoreo remoto de manera continua.

Palabras clave Aislamiento domiciliario, COVID-19, instrumentación Biomédica, sensores biométricos, sistema remoto.

Abstract During the recent months the world has been affected by the discovery of a new coronavirus called COVID-19, which produces slight or critical symptoms in the health of people who contract it. Due to its ease of contagion, it has become a public health crisis, where Panama does not escape from this situation, being alarming the increase in infections and daily deaths. The use of technology in medicine benefits not only the patient; if not also the health personnel in charge, allowing them to obtain more precise data on the evolution of the affected people. Despite this, a device has not been found in Panama to help patients with COVID-19 who are in home isolation. For this reason, the objective of this research focuses on the design of a remote monitoring device that helps the professional to follow-up COVID-19 positive patients, who are in home isolation, preventing the greatest number of patients from entering the intensive care room. The proposed design uses biosensors that are placed in different areas of the body and, depending on the parameter to be sensed, the signals that are going to be processed by a microcontroller are obtained and subsequently sent to a router through its internet connection. The simulation's results are very similar to those that would be obtained physically. It is recommended to continue with the research and carry out the physical prototype to help not only patients with COVID-19; if not also, to other patients who need remote monitoring on an ongoing basis.

Keywords Home isolation, COVID-19, biomedical instrumentation, biometric sensors, remote system.

* Corresponding author: yessica.saez@utp.ac.pa

1. Introducción

En la actualidad el mundo se encuentra paralizado a raíz de un nuevo coronavirus. Los primeros casos fueron detectados en Wuhan (China) el pasado diciembre del 2019 y el 11 de marzo del 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo

declara pandemia mundial [1]. A la misma se le ha denominado de distintas maneras: COVID-19 y SARS-coV-2, el primer término es utilizado por la OMS y el segundo por el Comité Internacional de Taxonomía de Virus [2].

Dado la capacidad que tiene el virus para reproducir la enfermedad y el desconocimiento sobre su biología, el mismo

representa una gran amenaza para la población mundial [3]. Según distintos estudios realizados, se detectó que el COVID-19 tiene un 96% de similitud a nivel de genoma con el coronavirus del murciélago [2].

La mayor probabilidad de contraer el virus es por medio del contacto, gotas respiratorias, también se puede transmitir en distancias menores a 1,5m [4]. Los síntomas que puede experimentar una persona son muy variados, entre los más comunes están fiebre de 38° o más, dolor en la garganta, insuficiencia respiratoria [5], fatiga, pérdida del apetito, perdida del olfato y dolor corporal. También, puede suceder que una persona infectada con el virus no presente ningún síntoma, así como también el COVID-19 puede provocar síntomas neurológicos y gastrointestinales [6].

Antes del 14 de diciembre de 2020, fecha en que se inició la campaña de vacunación contra el COVID-19 en los Estados Unidos [7] Se desconocía de algún un tratamiento de vacunas o terapias contra el COVID-19, sin embargo, desde octubre de 2020 se había autorizado el suministro del antiviral Remdesivir en pacientes que se encontraban hospitalizados, donde los resultados arrojaron una disminución en el periodo de recuperación e inclusive el periodo de recuperación fue menor que en el de pacientes donde se utilizó placebo [8] [9]. Hasta antes de que se aprobara la administración de las vacunas contra el COVID-19, grupos científicos a nivel mundial se encontraban realizando cruces que permitan dar con algún método que ayudara a mitigar los síntomas o servir de diagnósticos y reactivos de investigación en la creación de vacunas e inhibidores [8].

Hasta el 18 de agosto de 2021 se tenía un total 208,653,614 casos acumulados alrededor del mundo, donde 4, 383,333 han fallecidos a causa de este virus y 1,806,012,697 personas han recibidos todas las dosis de algún tipo de vacuna contra el COVID-19 [10].

Gracias al ingenio de las personas, alrededor de mundo se crearon soluciones temporales mientras llegaba la tan anhelada vacuna. Un ejemplo de lo anterior es la creación de ventiladores artificiales automáticos con impresoras 3D [11], creación de dispositivos portátiles que permiten contar glóbulos más rápidos, sin enviarlos a ningún laboratorio para ser analizadas las muestras [12]. Además de lo anterior, empresas como EarlySense Ltd han creado sistemas de monitoreo de respiración, sin la necesidad del dispositivo tener contacto con el paciente.

Por su parte, diversos grupos en el territorio panameño atendieron al llamado de solidaridad creando soluciones paliativas como escafundras para la intubación de pacientes con COVID-19 [13] [14], máscaras transparentes de protección o caretas [15], humidificadores para pacientes afectados por el virus [16], entre otros.

Aunque evidentemente se ha puesto mucho esfuerzo en buscar soluciones que ayuden a contrarrestar los efectos del COVID-19, la gran mayoría de los avances e investigaciones antes mencionadas están centrados en pacientes y médicos dentro de una instalación hospitalaria, no encontrándose

ningún avance o proyecto investigativo que ayude al paciente que se encuentra en aislamiento domiciliario y al personal médico que realiza la visita a dichos pacientes en el territorio nacional. Es de suma importancia poder monitorear de manera continua a estos pacientes para mitigar las posibles complicaciones que pudiesen presentar y prevenir que el mayor número de personas contagiadas lleguen a ser internadas en hospitales provocando un mayor colapso en el sistema sanitario de salud.

La implementación de un sistema remoto que monitoree los síntomas de los infectados por COVID-19 le permitirá al personal de salud tener una información más detallada y fidedigna de la evolución de los pacientes, lo cual no solo ayudaría a este último; si no también al personal médico disminuyendo las probabilidades de ser contagiados al momento de realizar la visita domiciliaria.

Por estas razones, en este artículo se propone un dispositivo cuyo objetivo es monitorear de manera remota, variables como la temperatura corporal, frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en la sangre, en pacientes con COVID-19 que se encuentran en aislamiento domiciliario. Con el objetivo de cumplir lo anteriormente planteado el prototipo utilizará un microcontrolador programable, que realice la medición de las diferentes variables antes mencionadas con la ayuda de sensores especializados, los cuales se encontrarán especificados en la sección de materiales y métodos. Para la transmisión de las señales monitoreadas, a los diferentes dispositivos electrónicos que utilizará el personal médico para ver el estado del paciente se implementará tecnología inalámbrica Wifi.

Este artículo se encuentra organizado de la siguiente manera: la sección 2 se encontrará el planteamiento del problema. La sección 3 describe los diferentes materiales y métodos utilizados para que en la sección 4 se pudiera realizar el diseño conceptual del sistema propuesto. La sección 5 describe los resultados obtenidos del estudio. Y en la sección 6 se encontrarán las discusiones.

1.1 Planteamiento del problema

El 9 de marzo de 2020 se detectó el primer caso por COVID-19 en la República de Panamá. Hoy un año y cinco meses después, en el país se reportan 447,824 casos positivos acumulados, de los cuales 430,318 pacientes son recuperados clínicos, 10,097 pacientes positivos se encuentran en aislamiento domiciliario, siendo esta la modalidad que presenta un mayor número de pacientes, mientras que 570 se encuentran hospitalizados y el número de muertes asciende a 6,951 fallecidos [17].

Por motivos antes mencionados, esta investigación se centrará en pacientes que se encuentran en aislamiento domiciliario. En la figura 1 se muestra cómo se ha ido comportando este grupo y la cantidad de casos positivos acumulados desde el primer caso reportado hasta el día 15 de agosto de 2021.

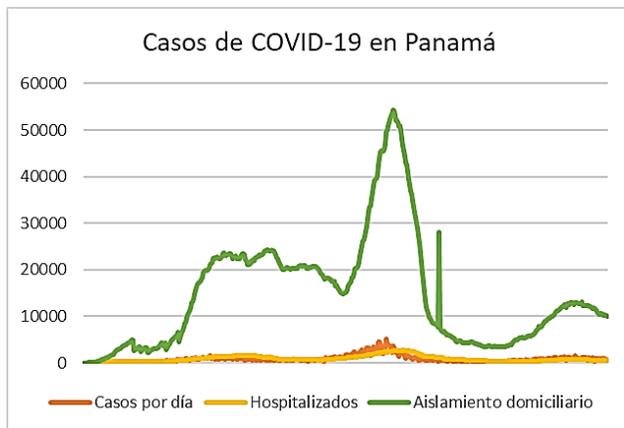


Figura 1. Casos confirmados de COVID-19 en Panamá. **Fuente:** Ministerio de Salud de Panamá e Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud [18].

Si nos basamos solamente en los datos obtenidos hasta el 15 de agosto de 2021 notamos el aumento que ha tenido nuestro grupo de interés. Por lo que el sistema propuesto ayudaría a gran cantidad de pacientes a ser monitoreados de manera continua y evitar riesgos de contagios al personal de salud.

En el mercado actual, gracias a los avances tecnológicos, existen artículos como: relojes inteligentes y monitores de bebé que permiten monitorear algunos síntomas vitales, aunque este último no es muy recomendado por los pediatras [19]. Además, la precisión de estos dispositivos aún sigue siendo cuestionada por la comunidad científica. Otra de las desventajas de estos artículos es que muchos no cuentan con una memoria de almacenamiento y otros cuentan con una muy escasa que les permitan guardar todo el historial que les sirva de información fidedigna a los médicos sobre la evolución de los síntomas vitales del paciente [20]. Al no encontrarse un dispositivo en Panamá, que permita el monitoreo de pacientes con COVID-19 que se encuentran en aislamiento domiciliario, la realización de un único sistema que monitoree los síntomas vitales de manera remota beneficiaría no solo al personal médico sino también a los pacientes portadores del virus que se encuentran en aislamiento domiciliario.

La figura 2 muestra el método utilizado por el MINSA para el monitoreo de los síntomas de los pacientes en aislamiento domiciliario. El dispositivo propuesto en este artículo permitiría modernizar el sistema actualmente usado por los estamentos de salud, y disminuiría las probabilidades de que los pacientes olviden anotar sus síntomas.

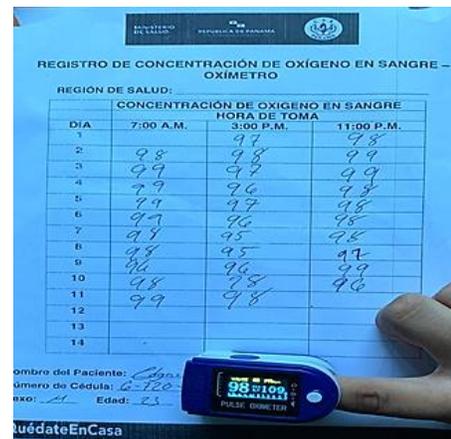


Figura 2. Toma de datos por pacientes con COVID-19 en aislamiento domiciliario.

Fuente: Paciente con COVID-19 [21].

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales

Para el desarrollo del dispositivo de monitoreo se propone utilizar un Microcontrolador LinkIt Smart 7688 Duo, la ventaja de utilizar esta placa es su tamaño pequeño además de que es más barato comparado con otros microcontroladores. Un sensor de temperatura, MLX90614, al ser un sensor infrarrojo no es necesario que tenga contacto con el paciente. Un sensor oxímetro MAX30102, el mismo utiliza emisores de luz que permitirán medir la saturación de oxígeno en la sangre. Y por último un sensor de pulsos XD-58C, que cuenta con circuitos de amplificación y circuitos que permiten cancelar el ruido.

El costo aproximado de la creación del dispositivo es de \$ 80.00.

2.2 Metodología

Buscando la manera de brindarle una mejor atención a los pacientes diagnosticados con COVID-19 que se encuentran en aislamiento domiciliario, esta investigación se encuentra basada en el diseño conceptual de un dispositivo que permita el monitoreo continuo de signos vitales, creando una base de datos en donde el médico pueda acceder y conocer la evolución del paciente.

Para la realización de esta investigación se llevó a cabo una revisión bibliográfica de diversas publicaciones relacionadas con el tema de interés, para obtener una visión más amplia de los síntomas y afecciones de la actual pandemia [1-9], además de conocer avances médicos, científicos y tecnológicos [10-15],[18].

También se aplicó un estudio exploratorio con una encuesta piloto mediante formularios de Google, con el propósito de conocer que tan informados se encuentra la población general con la utilización de dispositivos remotos existentes que ayuden al paciente y al médico a obtener una información más

detallada de su condición de salud. En esta encuesta participaron 105 de personas, y es importante mencionar que no se tomó en cuenta: la edad, género y si los encuestados sufrían de alguna enfermedad.

Para la realización de esta encuesta se explicó previamente el concepto de telemedicina como una práctica que se realiza gracias a los avances de la tecnología, la cual busca crear una mediación entre las distancias del médico y el paciente mediante el uso de la TICS. Se realizaron las siguientes preguntas: ¿Había escuchado sobre la telemedicina?, ¿Estaría dispuesto a utilizar dispositivos remotos no invasivos para el monitoreo de signos vitales (temperatura corporal, niveles de oxígeno en la sangre, otros)?, ¿Cree usted que implementar estos dispositivos en pacientes con COVID-19 que se encuentran en aislamiento domiciliario facilitan un mejor control de los síntomas?, ¿Considera usted que la creación de dispositivos que permitan monitorear el estado de salud de los pacientes de manera remota, marcaría un avance importante en sistema de salud de Panamá?. Posteriormente se elaboró el diseño conceptual del sistema propuesto mediante diagramas de bloques, junto con sus respectivas simulaciones con el programa Isis Proteus, dicho programa está diseñado para realizar esquemas de circuitos con componentes que se encuentran en el mercado actual, comprobando su efectivo funcionamiento.

Es importante mencionar que para la realización de las simulaciones en Isis Proteus se utilizaron otros componentes que fueran compatibles con el software y que realizaran las mismas funciones que el prototipo físico, es por ello que para efectos de la simulación se utilizó: la placa simulino uno como microcontrolador, el sensor LM-35 como medidor de temperatura y el sensor CNY70 el cual con la ayuda de potenciómetros medirá la saturación de oxígeno y la frecuencia cardíaca. Además, se utilizó un puerto serial el cual permitirá la comunicación entre los softwares Isis Proteus y Excel, siendo este último el que almacene los datos leídos por los sensores en tiempo real.

Los softwares utilizados para la comunicación entre Isis Proteus y Excel fueron: el software Virtual Serial Port Driver 6.9, el cual permitiría el reconocimiento de los puertos seriales virtuales que se encuentren conectados a la computadora. Una vez se encuentra escogidos los puertos con los que se desea trabajar, se empleó el software PXL-DAQ Realse 2.0 el cual permite adquirir los datos que el microcontrolador está leyendo y guardarlos en una hoja de cálculo de Excel.

2.3 Diseño conceptual del dispositivo

El principal propósito del dispositivo propuesto es brindar un seguimiento de manera remota y en tiempo real a ciertos síntomas vitales (temperatura corporal, frecuencia cardíaca y

saturación de oxígeno en la sangre) en pacientes con COVID-19 que se encuentran en aislamiento domiciliario.

2.3.1 Diseño del prototipo

Para el diseño del prototipo si se realizase en físico se estarían utilizando los materiales mencionados en la sección 3. El paciente tendrá conectado tres sensores; el sensor de temperatura el cual estará apuntando hacia una de las axilas, esto con el fin de ubicarlo en uno de los tres lugares recomendados para la toma de temperatura [22]. El sensor encargado de medir los niveles de oxígeno en la sangre y el sensor del pulso ambos deben ser colocados en una superficie con transparencia [23]. Considerando lo anterior, los sensores se ubicarán en los dedos de las manos específicamente en el dedo medio ya que, según estudios, las mejores lecturas se obtienen en este dedo, y el otro sensor se colocará en el pulgar [24]. Para que la utilización del arquetipo por parte del paciente sea más cómoda y a su vez mantener protegidos todas las conexiones que se realizaran en microcontrolador, se diseñara una banda bíceps. La figura 3 muestra una ilustración del prototipo propuesto colocado en un paciente.

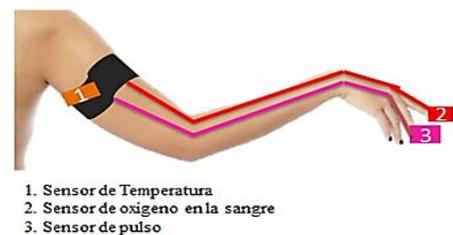


Figura 3. Prototipo del sistema propuesto colocado en un paciente. Fuente: Autores.

Todos los sensores antes mencionados estarán conectados al microcontrolador lógico programable, el cual cuenta con un módulo de Wifi incluido en su placa, y por lo tanto, el prototipo solo contará con un único sistema de recolección de datos.

2.3.2 Diseño del sistema de comunicación

Cada uno de los sensores se encargará de leer las diferentes señales, las cuales una vez obtenidas serán enviadas al microcontrolador y este, por medio de Wifi, las enviará a una plataforma de visualización de datos, donde solo el personal médico podrá tener acceso, esto con el fin de salvaguardar la integridad de los pacientes que llegarán a utilizar el sistema. En la figura 4 muestra cómo se realizará el proceso de transmisión de datos.

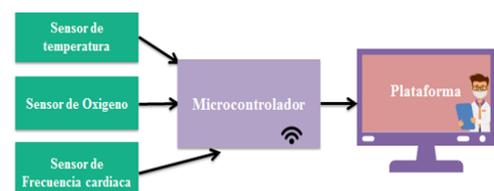


Figura 4. Diagrama del sistema del envío de datos. Fuente: Autores.

La plataforma recibirá los datos leídos por los diferentes sensores en tiempo real, mandando una alarma cuando la condición del paciente sobrepase los límites normales para cada variable que se desea controlar.

3 Resultados y discusión

A continuación, se resumen los resultados de la encuesta exploratoria que se aplicó. El 56,2% de las personas había escuchado sobre la telemedicina mientras que el 43,8% desconocía de este concepto. Referente a utilizar dispositivos remotos no invasivos el resultado equivale a un 94,3% que estaría dispuesto a utilizarlos mientras que un 5,7% no los utilizaría. Un 88,6% considera que la implementación de estos dispositivos en los pacientes con COVID-19 que se encuentran en aislamiento domiciliario facilitaría el control de los síntomas sin embargo un 11,4% dice que no facilitaría un mejor control. Por último, el 94,3% de las personas creen que monitorear el estado de los pacientes de manera remota marcaría un avance en el sistema de salud de Panamá frente a un 5,7% que no lo considera así.

Como se mencionó en otra sección, el prototipo no fue realizado de manera física por lo que a continuación se muestra las simulaciones realizadas utilizando otros sensores que fueran compatible con el software Isis Proteus, los mismos igual permiten convertir las magnitudes físicas.

La figura 5 se muestra el circuito realizado en el software Isis Proteus utilizando: simulino uno, el cual realiza las funciones del microcontrolador Arduino, los sensores LM-35, el sensor CNY70, el puerto serial que permite la comunicación virtual entre el programa Isis Proteus con Excel donde se almacenaran los datos leídos por cada uno de los sensores en tiempo real.

Las lecturas realizadas por los diferentes sensores serán guardadas en una tabla de Excel como se indicó anteriormente. La figura 6 muestra la tabla de Excel que almacena los valores en tiempo real. La tabla de Excel, además de guardar los valores leídos por los diferentes sensores, indica la hora y el número de muestra en que se realiza cada medición.

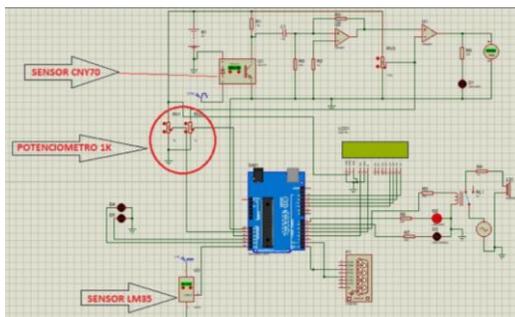


Figura 5. Circuito utilizado para las simulaciones. Fuente: Autores.

Hora	Muestra	Tiempo	Frecuencia Cardiaca	Temperatura	Saturacion de Oxigeno
12:52:21	3.5	1.452	71	37.11°C	90
12:52:24	6.51	1.452	72	37.11°C	90
12:52:27	9.52	1.452	71	37.11°C	90
12:52:30	12.4	1.452	73	37.17°C	90
12:52:33	15.33	1.452	72	37.17°C	90
12:52:36	18.09	1.452	78	37.16°C	90
12:52:39	20.83	1.452	80	37.16°C	90
12:52:42	23.78	1.452	81	37.15°C	90
12:52:44	26.58	1.452	80	37.15°C	90

Figura 6. Imagen de tabla de Excel que almacena los valores leídos por los sensores.

Fuente: Autores.

3.1 Discusiones

La utilización de la telemedicina juega un papel muy importante a la hora de realizar mejoras en el sistema de salud panameño, así como en la calidad de vida de las personas que requieran en un momento dado atención médica, utilizando los continuos avances tecnológicos para ofrecerles servicios de primer mundo.

Actualmente la Autoridad de Innovación Gubernamental A.I.G. panameña ha implementado una herramienta que ayuda a evitar la saturación del sistema de salud a la hora de realizar las pruebas de diagnóstico, mediante un tamizaje virtual y así también disminuir posibles contagios. La Doctora R.O.S.A. (Respuesta Operativa de Salud Automática) es una aplicación de inteligencia artificial [25].

Cuando se aplicó la encuesta a la población en general muchos vieron con buenos ojos la implementación de un sistema que pudieran monitorear algunos signos vitales de los pacientes positivos por COVID-19 que se encuentran en aislamiento domiciliario y en general la implementación de un sistema que pudiera ayudar a monitorear a pacientes con otras enfermedades, además de que ayudaría un poco a suplir el personal médico que nuestro sistema público de salud necesita.

Como trabajo futuro se recomienda continuar con esta investigación para mejorar el diseño conceptual propuesto, evaluando las fallas que pueda presentar el dispositivo y de ser posible agregarle nuevas variables a controlar, permitiendo alcanzar un sistema que brinde su máximo desempeño y precisión a la hora de obtener los datos monitoreados, no solo de pacientes con Covid-19 sino también a aquellas personas con otro tipo de diagnósticos médico.

Es importante destacar que en este diseño conceptual no se tomó en cuenta un método adecuado para la desinfección del prototipo una vez lo usase un paciente con COVID-19, ni tampoco aquellos domicilios donde no se cuente con una red Wifi.

REFERENCIAS

- [1] C. Cuero, "La pandemia del COVID-19." *Revista Médica de Panamá*, vol. 40, n° 1, 2020.
- [2] C. M. Palacios, E. Santos, M. A. Velázquez Cervantes y M. León Juárez, "COVID-19, una emergencia de salud pública mundial." *Revista Clínica Española*, 2020.
- [3] J. D. Méndez Ríos, "Medidas mínimas de bioseguridad en instalaciones." *Revista Médica*, vol. 40, n° 1, 2020.

- [4] A. Trilla, "Un mundo, una salud: la epidemia por el nuevo coronavirus COVID-19." *Medicina Clínica*, vol. 154, n° 5, pp. 175-177, 2020.
- [5] Ministerio de Salud, "¿Sabes cómo se contagia el nuevo coronavirus (COVID-19)?" MINSAL, 16 marzo 2020. [En línea]. Disponible: <http://minsa.gob.pa/noticia/sabes-como-se-contagia-el-nuevo-coronavirus-covid-19>. [Accedido: 26 abril 2020].
- [6] Harvard Health Journal., *COVID-19 basics*, Harvard Health Publishing, 2020.
- [7] France 24, "Inició la campaña de vacunación contra el Covid-19 en Estados Unidos." France 24, 14 Diciembre 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.france24.com/es/ee-uu-y-canadá/20201214-covid19-inicia-vacunación-estados-unidos>. [Accedido: 18 Agosto 2021].
- [8] Changai Lei, Kewen Qian, Tian Li, Sheng Zhang, Wenyan Fu, Min Ding y Shi Hu, "Neutralización del virus pseudotipado con espiga de SARS-CoV-2 por ACE2-Ig recombinante." 24 abril 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-16048-4>. [Accedido: 25 abril 2020].
- [9] Beigel J.H., Tomashek K.M. y Dodd L.E., "Remdesivir for the Treatment of Covid-19- Final Report." *The New England Journal of Medicine*, vol. 10.1056/NEJMoa2007764, 5 Noviembre 2020.
- [10] Google, "Coronavirus (COVID-19)." 27 abril 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.google.com/covid19-map/?hl=es&gl=es>. [Accedido: 27 abril 2020].
- [11] BBVA, "Tecnología: Ideas tecnológicas para combatir el coronavirus." Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A., 26 Marzo 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.bbva.com/es/ideas-tecnologicas-para-combatir-el-coronavirus/>. [Accedido: 25 Mayo 2020].
- [12] Calcalistech, "Seis inventos tecnológicos que ayudan a combatir la pandemia." Yedioth Internet, 24 Marzo 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.ynetspanol.com/tendencias/ciencia-y-tecnologia/article/B111tjCP8U>. [Accedido: 25 Mayo 2020].
- [13] T. Domínguez, "Panamá América." 2 abril 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.panamaamerica.com.pa/provincias/jovenes-azuerenses-crean-escafandras-para-intubacion-de-pacientes-con-covid-19-1160271>. [Accedido: 24 abril 2020].
- [14] Universidad Tecnológica de Panamá, "Sala de prensa: UTP Chiriquí dona escafandras al Hospital José Domingo de Obaldía." Universidad Tecnológica de Panamá, 24 Abril 2020. [En línea]. Disponible: <http://www.utp.ac.pa/utp-chiriqui-dona-escafandras-al-hospital-jose-domingo-de-obaldia>. [Accedido: 25 Mayo 2020].
- [15] Universidad Tecnológica de Panamá, "Sala de prensa: La UTP Chiriquí dona máscaras de protección." 24 abril 2020. [En línea]. Disponible: <http://www.utp.ac.pa/la-utp-chiriqui-dona-mascaras-de-proteccion>. [Accedido: 27 abril 2020].
- [16] Universidad Tecnológica de Panamá, "Sala de prensa: UTP fabricará 100 humidificadores para el Ministerio de Salud." 6 abril 2020. [En línea]. Disponible: <http://www.utp.ac.pa/utp-fabricara-100-humidificadores-para-el-ministerio-de-salud>. [Accedido: 24 abril 2020].
- [17] F. Cogley, "A 336 aumentan las muertes por coronavirus; los casos suben a 13,463." *La Prensa*, 31 Mayo 2020.
- [18] Ministerio de Salud de Panamá, "Yo me informo Panamá." MINSAL, [En línea]. Disponible: <https://yomeinformopma.org/#home>. [Accedido: 15 Julio 2020].
- [19] D. Thompson, "Health Day." 24 Enero 2017. [En línea]. Disponible: <https://consumer.healthday.com/espanol/health-technology-information-18/cellphone-health-news-729/los-pediatras-dicen-no-a-los-monitores-port-aacute-tilde-para-los-beb-eacute-s-para-el-smartphone-719023.html>. [Accedido: 31 Mayo 2020].
- [20] FITFORBEACH, "Tensiómetro: ¿Cuál es el mejor del 2021?." Global Commerce Media, 23 Abril 2020. [En línea]. Disponible: https://www.fitforbeach.mx/tensioometro/#Que_es_un_tensioometro_y_que_ventajas_tiene. [Accedido: 31 Mayo 2020].
- [21] Paciente con COVID-19, entrevistado, *Aislamiento domiciliario por COVID-19*. [Entrevista]. 2 Noviembre 2020.
- [22] Medline Plus, "Medline Plus." [En línea]. Disponible: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003400.htm>. [Accedido: 27 Mayo 2020].
- [23] World Health Organization, "Usando el pulsioxímetro." 2010. [En línea]. Disponible: <http://www.lifebox.org/wp-content/uploads/WHO-Oximeter-Tutorial-2-final-Spanish.pdf>. [Accedido: 27 Mayo 2020].
- [24] T. Parker-Pope, "The New York Times." 29 Abril 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.nytimes.com/es/2020/04/29/espanol/estilos-de-vida/oximetro-para-que-sirve.html>. [Accedido: 18 Julio 2020].
- [25] Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud, "Inteligencia artificial, la herramienta de Panamá para contener el COVID-19." Organización Panamericana de la Salud, 23 Marzo 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.paho.org/es/noticias/23-3-2020-inteligencia-artificial-herramienta-panama-para-contener-covid-19>. [Accedido: 31 Mayo 2020].