

Telemonitoring and decision support system for covid-19 patients in the hospitalization area

Jhon Wildert Céspedes Ramos^a, Franz Junior Osco Andrade^b, Mario Aquino Cruz^c

^a Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, jhoncespedesramos@gmail.com, Abancay, Perú

^b Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, franzosco@gmail.com, Abancay, Perú

^c Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, mario.ac23@gmail.com, Abancay, Perú

Abstract

The coronavirus pandemic was identified as a new beta-corona-RNA virus that has now been called severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS - CoV - 2), due to its similarity to SARS - CoV1. The World Health Organization (WHO) has declared the coronavirus disease 2019 (COVID - 19) as a pandemic due to the alarming levels of spread, severity and inaction, currently there are more than 5.2 million infections in the world, In Peru there are more than 115 thousand infected, this disease has had a strong impact on the health team: numerous infections were registered in health personnel, mainly in those who provide functions in the first line of care for suspected or confirmed cases. In this way, when there are high rates of contagion within the health team, health systems lose the ability to provide an appropriate response, reducing the resilience of the health system. In Peru there are more than a thousand infected doctors, one of the reasons is the constant interaction with infected and suspected patients, also the scarce personal protective equipment, and the late delivery to health personnel (PPE), for everything before aforementioned, a proposal is made for a telemonitoring and decision support system for covid-19 patients in the hospitalization area.

Keywords: Covid-19, hospitalization, telemonitoring system, web system

1. Introducción

A inicios de diciembre de 2019, se identificaron los primeros casos de neumonía de origen desconocido en Wuhan, la capital de la provincia de Hubei en China. El patógeno se identificó como un nuevo beta coronavirus de ARN que actualmente se ha denominado coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo 2 (SARS - CoV - 2), por su similitud con el SARS - CoV - 1 [1]. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha declarado la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) como una pandemia por los niveles alarmantes de propagación, gravedad e inacción [2].

Hasta el 23 de mayo de 2020, los casos confirmados en todos los países suman 5,280,743, personas recuperadas 2,090,465 y muertes 340,477 [3].

En Perú, se vienen incrementando los casos considerablemente, tal como se muestra en la tabla 1 [4].

Tabla 1. Casos covid-19, por departamentos

DEPARTAMENTO	TOTAL CASOS (+)	FALLECIDOS	LETALIDAD (%)
Lima	74037	1208	1.63%
Callao	8125	192	2.36%
Lambayeque	5836	542	9.29%
Piura	3812	426	11.18%
Ucayali	2775	104	3.75%
La libertad	2793	93	3.33%
Ancash	2722	208	7.64%
Arequipa	2373	25	1.05%
Ica	1863	151	8.11%
Loreto	3293	273	8.29%
Junin	1375	14	1.02%
Tumbes	1032	65	6.30%
San martin	938	13	1.39%
Cusco	793	3	0.38%
Huanuco	629	7	1.11%
Cajamarca	520	3	0.58%
Moquegua	345	0	0.00%
Amazonas	437	18	4.12%
Ayacucho	498	3	0.60%
Huancavelica	306	1	0.33%
Pasco	288	8	2.78%
Tacna	291	4	1.37%
Madre de dios	304	6	1.97%
Puno	247	6	2.43%
Apurimac	122	0	0.00%
TOTAL	115754	3373	2.91%

Asimismo se presentan numerosos contagios en el personal sanitario de Perú, principalmente en quienes prestan funciones en la primera línea de atención de casos sospechosos o confirmados en el sector salud. El colegio Médico del Perú, reportó la cifra de 1061 médicos infectados por el covid-19, 33 de ellos se encuentran en UCI y 26 han fallecido según la plataforma virtual denominada "Observatorio-CMP" [5].

Tabla 2. Médicos infectados con covid-19

RANKING	DEPARTAMENTO	CASOS (+)
1	Lima	322
2	Loreto	204
3	Piura	93
4	La libertad	76
5	Ucayali	76
6	Lambayeque	60
7	Ancash	30
8	San Martin	28
9	Junín	21
10	Ica	20
11	Huánuco	18
12	Cajamarca	16
13	Cusco	16
14	Ayacucho	15
15	Huancavelica	11
16	Arequipa	10
17	Tacna	9
18	Pasco	8
19	Apurímac	6
20	Moquegua	6
21	Puno	5
22	Amazonas	4
23	Madre de Diós	4
24	Tumbes	3
TOTAL		1061

De esta forma, cuando existen elevadas tasas de contagio dentro del equipo de salud los sistemas sanitarios pierden la capacidad de dar una respuesta acorde, acentuando los problemas dentro de las instituciones y disminuyendo el nivel operativo del sistema de salud.

La rápida propagación del covid-19 puede significar grandes problemas para el sistema de salud peruano, ya que los sistemas de salud de los países desarrollados, presentaron alta saturación debido a la gran cantidad de casos presentados. Esta situación es un desafío para el sistema de salud peruano, ya que a nivel nacional no se cuentan con el debido equipamiento e infraestructura hospitalaria, esto podría llevar a colapsar estos establecimientos debido a los recursos limitados con los que cuentan [6].

Respecto al personal de salud, que está en constante contacto por tamizaje o monitoreo que se realiza de forma manual, de los pacientes positivos de covid-19 hospitalizados, ellos están expuestos directamente a altas cargas virales y esto podría llevar a que este personal de salud presente cuadros clínicos más graves. Por otro, lado es indiscutible que el estado debe poner el máximo de los esfuerzos para destinar los recursos necesarios para proteger al personal de salud, brindando oportunamente los equipos de protección personal [7].

Por todo lo antes mencionado, el presente artículo propone un prototipo sistema de telemonitoreo y soporte para pacientes covid-19 en el área de hospitalización. Para que el contacto directo del personal de salud, médicos y enfermeras sea mínimo y solo necesario, de esta manera se puede realizar el monitoreo en tiempo real.

La introducción corresponde a la sección I, el resto del documento está organizado como sigue: la sección II muestra los trabajos relacionados a la telemedicina, telemonitoreo y sobre el covid-19, la sección III explica las características principales del diseño y la implementación de la aplicación. La sección IV describe los resultados obtenidos respecto al funcionamiento y las pruebas de rendimiento realizadas; finalmente, la sección V presenta las conclusiones de esta propuesta y el trabajo futuro a realizar.

2. Trabajos relacionados

Después de revisar la literatura, se han encontrado trabajos relacionados a la telemedicina, y utilizando las TIC como herramienta de apoyo. Viloría [8], presenta un trabajo de revisión sobre distintas herramientas ofrecidas por este tipo de tecnologías, desde novedosas páginas web con fines médicos hasta innovadoras aplicaciones de grandes desarrollos tecnológicos puestos en servicio para el ciudadano de la salud.

De manera similar Alfonso y otros [9], presenta una metodología para validar un sistema de telemonitorización electrocardiográfica. Se

da un procedimiento para verificar la operación del Módulo de Adquisición de Datos (DAM) del sistema de telemonitorización electrocardiográfica, tomando como referencia estándares definidos y procedimientos para la medición de los parámetros de la Calidad de Servicio (QoS), para su correcta implementación.

Asimismo, Bustamante y otros [10], hace un estudio de la oximetría de pulso, como un método rápido, preciso y no invasivo, que permite medir la saturación de oxígeno arterial periférico (SpO₂), que contribuye a detectar enfermedades cardiorrespiratorias en pacientes y presentan un prototipo para el procesamiento de señales, protocolos de transmisión, integración de módulos funcionales y componentes de almacenamiento, y el desarrollo de una sonda modelo, para confiabilidad y soporte de información.

Similarmente Chávez [11], en su trabajo de pre grado, para la obtención de su título profesional, su estudio aborda un proyecto de inversión, cuyo pilar fundamental se basa en dar soluciones tecnológicas al Sistema de Salud País, donde el objetivo principal es lograr mediante un "Modelo de negocios: sistema de telemonitoreo a distancia de los índices biomédicos en pacientes diabéticos crónicos bajo control", promoviendo el autocuidado en los pacientes que padecen estas enfermedades, evitando la saturación de los centros de atención primaria de salud de la comuna y como consecuencia inmediata, disminuir drásticamente las consultas a los servicios de urgencia y hospitalizaciones no programadas.

Por otro lado Quezada y otros [12], desarrollaron un programa de seguimiento, haciendo uso del telemonitoreo a pacientes diabéticos, los cuales eran considerados pacientes crónicos, los cuales habían logrado compensar sus parámetros de glicemia a la normalidad. Los resultados de satisfacción usuaria fueron altamente positivos.

Finalmente, Perez-García y otros [13], realizaron una revisión de literatura en PUB-MED y EMBASE, con respecto a la información disponible sobre telesalud y telemedicina en el área de la otorrinolaringología, y concluyeron que la telemedicina es una herramienta útil para la atención de pacientes durante esta contingencia. Debemos seguir ciertos parámetros, elegir adecuadamente a los pacientes y actuar con honestidad y buena fe.

3. Diseño de la aplicación

A. Metodología de desarrollo para la aplicación

Se utilizó la metodología XP, para el desarrollo del prototipo por las particularidades que esta nos ofrece: ligera en desarrollo de aplicaciones, se basa en la simplicidad, la comunicación y la realimentación del código desarrollado [14].

La metodología XP, nos brinda las siguientes características:

- Metodología basada en prueba y error para obtener un software que funcione realmente.
- Está orientada hacia quien produce y usa software (El cliente participa muy activamente).
- Reduce el coste del cambio en todas las etapas del ciclo de vida del sistema.
- Combina las que han demostrado ser las mejores prácticas para desarrollar software, y las lleva al extremo.
- Cliente bien definido.
- Los requisitos pueden cambiar.
- Grupo pequeño y muy integrado (2-12 personas).
- Equipo con formación elevada y capacidad de aprender.

B. Arquitectura del prototipo

El prototipo tecnológico: Sistema de telemonitoreo y soporte de decisiones para pacientes covid-19, para el área de hospitalización, reside en un servidor web. Trabaja con una arquitectura modelo-vista-controlador, en este caso utiliza 3 capas, como se muestra en el Figura 1. Esta arquitectura es la representación de la información con el cual el sistema trabaja.

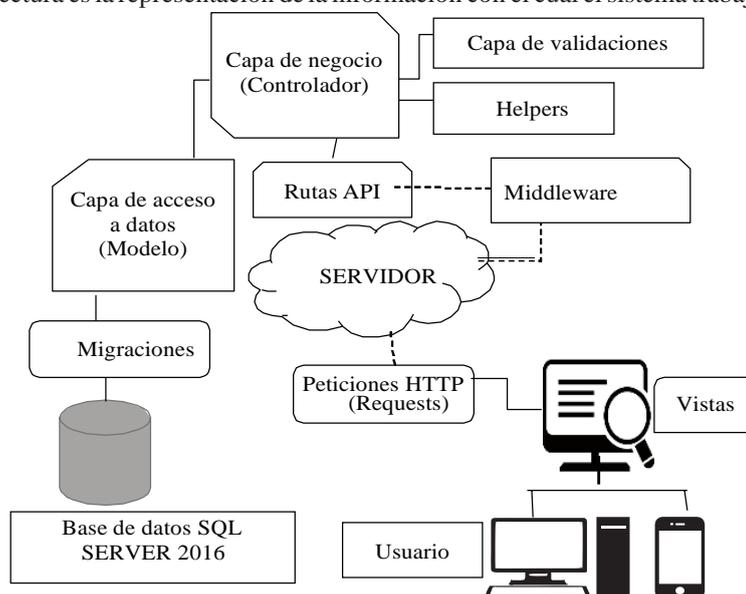


Fig. 1: Arquitectura del prototipo

C. Diseño e implementación de la base de datos
 En la figura 2, se muestra la base de datos utilizada.

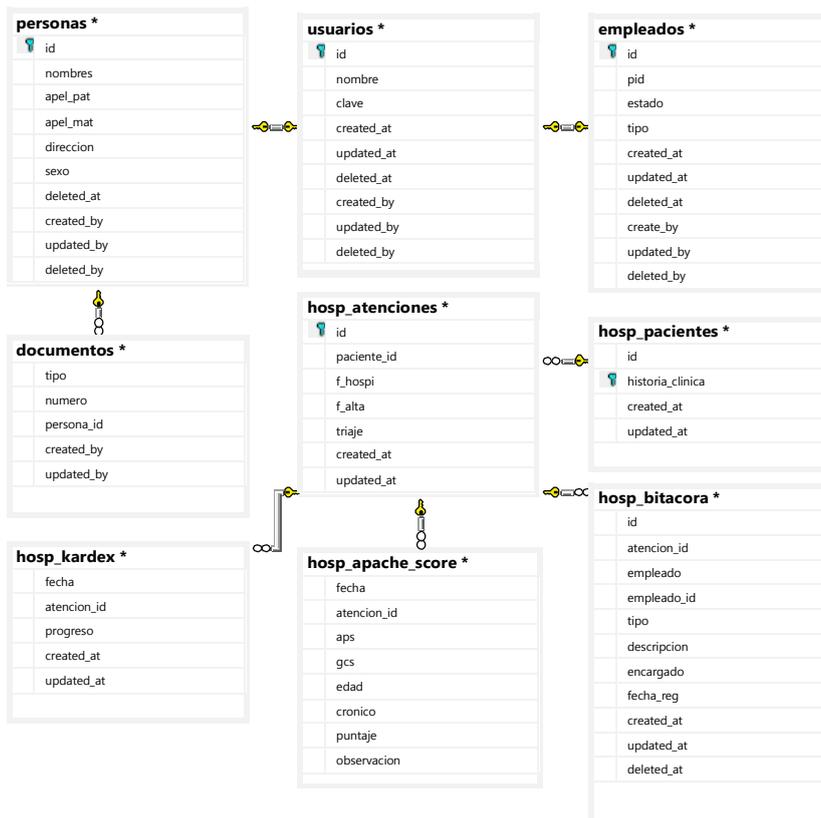


Fig. 2: Base datos

D. Interfaces de la aplicación

El módulo principal es el de hospitalización, ahí se visualiza los datos del paciente, el diagnóstico del médico, los datos de ingreso y el número de cama, asimismo nos ofrece visualizar el kardex de monitoreo, la hoja de progreso, las indicaciones médicas, las notas de enfermería y le balance hídrico, ver en la Figura 3.

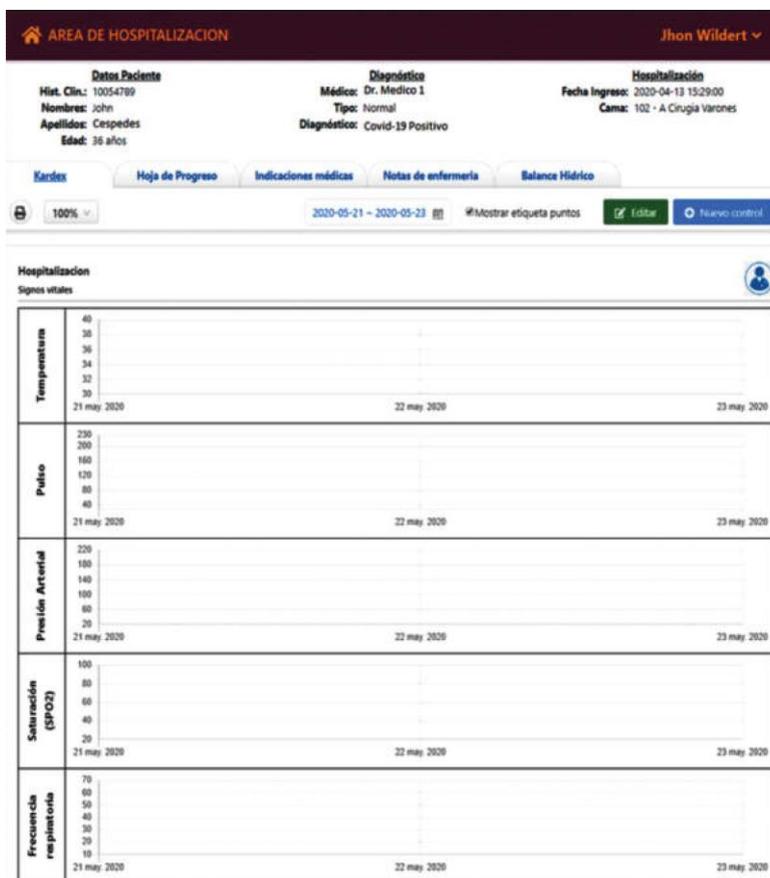


Fig. 3: Triage de signos vitales inicial

En el kardex, podemos visualizar, el monitoreo de la evolución del paciente en una línea de tiempo, respecto a la temperatura, pulso, presión arterial, saturación de oxígeno y frecuencia respiratoria. Tal como se muestra en la Figura 4.

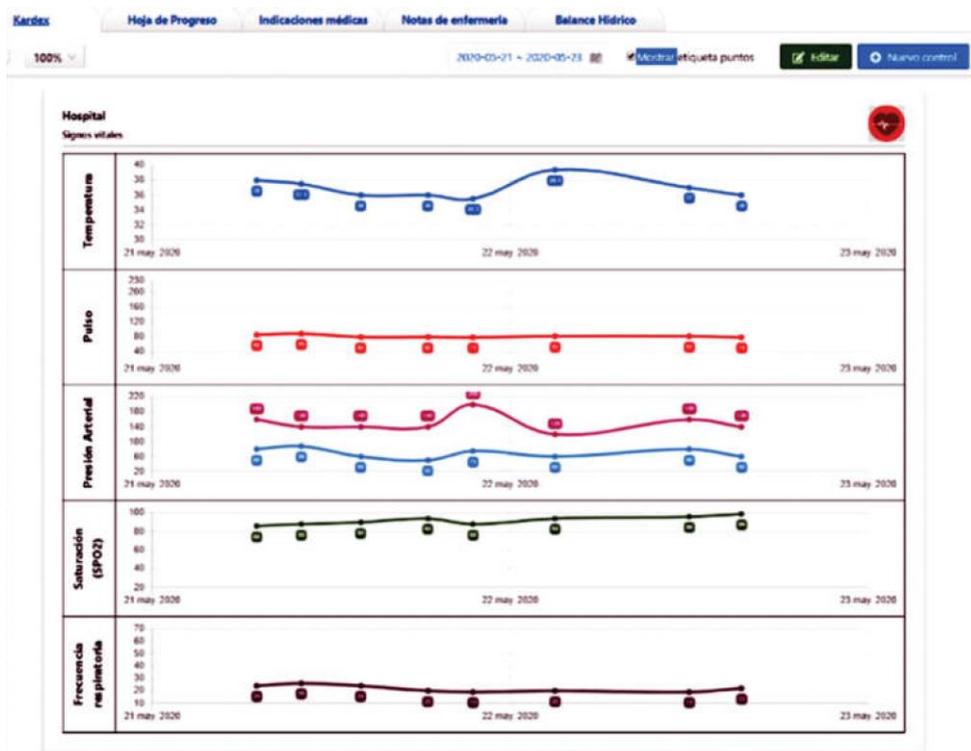


Fig. 4: Kardex de los signos vitales.

Similarmente vemos en la figura 5, las indicaciones médicas realizadas al paciente.

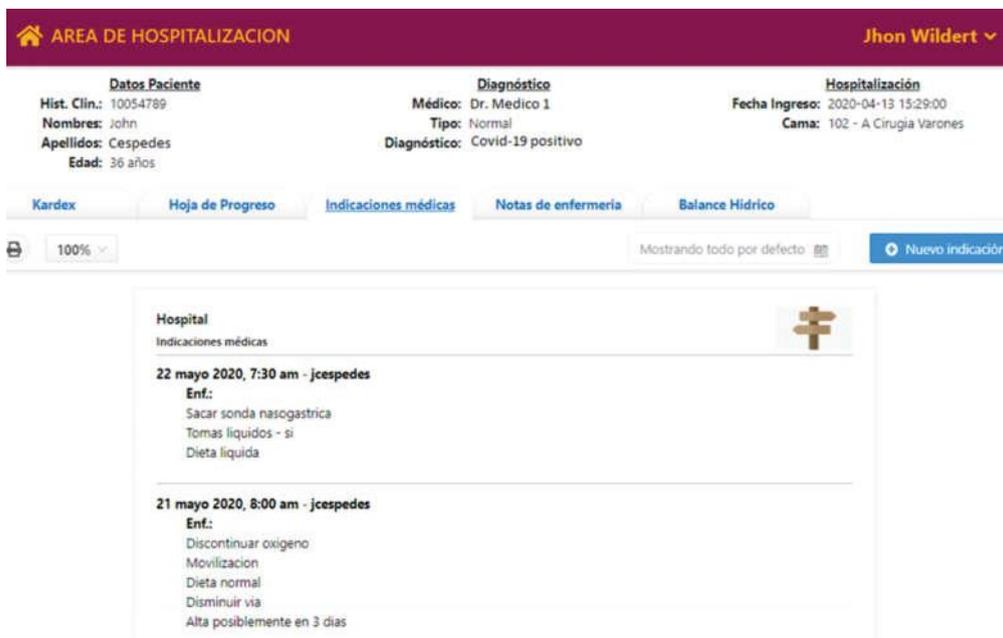


Fig. 5: Indicaciones médicas.

Asimismo en la Figura 6, podemos visualizar el monitoreo por parte del personal de enfermería a los pacientes, y estos diferenciados por colores, los cuales representan los turnos de monitoreo.

As Paciente
 ID: []
Diagnóstico
 Médico: Dr. Médico 1
 Tipo: Normal
 Diagnóstico: Covid positivo
Hospitalización
 Fecha Ingreso: 2020-04-13 15:29:00
 Cama: 102 - A Cirugia Varones

Hoja de Progreso Indicaciones médicas **Notas de enfermería** Balance Hídrico

Mostrando todo por defecto

Hospital
Notas de enfermería

- 22 mayo 2020, 12:00 pm - dcarrasco**
 Paciente con diagnóstico covid positivo reposa en la unidad de aislamiento; continúa con la dieta normal, ya no presenta dolor abdominal, va al baño independientemente
- 22 mayo 2020, 3:00 am - dcarrasco**
 Paciente covid positivo descansa en la unidad de aislamiento; registra una subida de temperatura corporal y se le administra ibuprofeno 500mg
- 21 mayo 2020, 9:00 pm - dcarrasco**
 Paciente adulto joven con diagnóstico covid positivo se queda en la unidad de aislamiento; no logra conciliar el sueño; va a los servicios higiénicos con normalidad sin ayuda
- 21 mayo 2020, 6:30 pm - dcarrasco**
 Paciente con diagnóstico covid positivo, se queda en la unidad de aislamiento; se le administra la medicina referida y queda en reposo
- 21 mayo 2020, 2:30 pm - dcarrasco**
 paciente adulto joven con diagnóstico covid positivo con signos vitales inestables, refiere sentir dolor abdominal, la frecuencia respiratoria se normaliza
- 21 mayo 2020, 12:30 pm - dcarrasco**
 Paciente adulto joven con diagnóstico covid positivo; con funciones vitales inestables permanece en la unidad de aislamiento; refiere sentir dolor abdominal; y reduce su frecuencia respiratoria

Fig. 6: Notas de enfermería.

E. Pruebas al prototipo

El prototipo se desarrolló en 4 semanas, luego se realizó las pruebas de aceptación que se muestran en la tabla 3, en el cual se verificó los requisitos funcionales que nos estableció el personal médico de apoyo, asimismo se siguió la normativa que establece el Ministerio de Salud. Asimismo se hicieron pruebas de funcionamiento de todos los módulos, obteniendo resultados favorables.

Tabla 3. Resultado de aceptación del prototipo de software

PERSONA	USABILIDAD		
	MIN.	MAX	MEDIA
1	0	4	3.3
2	0	4	3.6
3	0	4	3.8
4	0	4	3.2
5	0	4	3.4
PROMEDIO			3.46

En la Tabla 3, se muestra el resultado final de aceptación, luego de realizar las pruebas de campo con el Prototipo de Software, El criterio de usabilidad obtuvo un promedio de 3.46, esto indica que cumple con las funcionalidades establecidas.

4. Conclusiones y trabajo futuro

Lo que se puede rescatar de la pandemia del COVID19, es que ha impulsado el desarrollo tecnológico en todos los ámbitos, particularmente en educación y salud. El prototipo desarrollado es una propuesta para la implementación en centros hospitalarios que pretendan mejorar la atención de pacientes mediante un monitoreo en tiempo real, y como trabajo futuro es integrar más módulos acorde a las especialidades de atención que brinda el hospital y que el sector salud pueda incorporar esta herramientas en los diferentes establecimientos de salud a nivel regional.

Referencias

- [1] F. Wu, S. Zhao, B. Yu, Y. Chen, W. Wang, Z. Song y e. al., «new coronavirus associated with human respiratory disease in China.» nATURE, vol. 579, pp. 265-269, 2020.
- [2] V. M. Cucinotta D, «WHO Declares COVID-19 a Pandemic.» Acta Bio Med, vol. 91, pp. 157-160, 2020.
- [3] European Centre for Disease Prevention and Control An agency of the European Union, «<https://www.ecdc.europa.eu/en/about-ecdc>,» 23 05 2020. [En línea]. Available: <https://www.ecdc.europa.eu/en/about-ecdc>. [Último acceso: 23 05 2020].

- [4] Ministerio de Salud Perú, «MINSA,» 23 05 2020. [En línea]. Available: https://covid19.minsa.gob.pe/sala_situacional.asp. [Último acceso: 23 05 2020].
- [5] Colegio Médico del Perú, «Colegio Médico del Perú,» 23 05 2020. [En línea]. Available: <https://www.cmp.org.pe/a-mas-de-mil-aumenta-la-cifra-de-medicos-infectados-por-covid-19/>. [Último acceso: 23 05 2020].
- [6] R. Sabio, «COVID-19: ¿CÓMO PODEMOS PROTEGER,» Revista Argentina de Medicina, vol. 8, n° 1, 2020.
- [7] D. Chang, H. Xu, A. Rebaza y e. al., «Protecting health-care workers from subclinical coronavirus,» Lancet Respir Med, vol. 8, n° 3, 2020.
- [8] C. Vilorio Núñez, «Tecnologías de la información para la educación, investigación y aplicación en el área de la salud. Bondades y retos,» Salud Uninorte, vol. 25, pp. 331-349, 2009.
- [9] A. Alfonzo, M. Huerta, S. Wong, G. Pasariello, A. La Cruz, M. Díaz y J. Cruz, «Metodología para la Validación de un Sistemas de Telemonitoreo Electrocardiográfico,» de IV Latin American Congress on Biomedical Engineering, 2007.
- [10] J. Bustamante, J. Pérez y A. Crispin, «Sistema de telemonitoreo de oximetría en tiempo real (OXYS),» Revista Argentina de Biomedicina, vol. 17, n° 1, 2011.
- [11] P. Chávez Le-Bert, «Modelo de negocios: sistema de telemonitoreo a distancia de los índices biomédicos en pacientes diabéticos crónicos bajo control,» Santiago de Chile, 2019.
- [12] R. Quezada, J. Lastra, N. Espinoza, R. Vasquez y U. Xavier, «Programa de telemonitoreo en pacientes diabéticos en un servicio de salud público en Chile,» Latin American Journal of Telehealth, pp. 57-62, 2016.
- [13] I. Perez-Garcia, S. Santamaria-Gamboa, G. Romero y J. C. Vergara, «Telemedicina en la práctica del otorrinolaringólogo en el período,» Acta de Otorrinolaringología, Cirugía de Cabeza y Cuello, vol. 48, pp. 37-44, 2020.
- [14] S. Melendez, Metodología ágil de desarrollo de software programación extrema, Nicaragua, 2015.