

Remote physiological monitoring shackle for small species

Dispositivo remoto de monitoreo fisiológico para pequeñas especies

Autores:

Morocho-Duy, Italo Adrian
Universidad Católica de Cuenca
Maestrante Maestría en Medicina Veterinaria
Cuenca– Ecuador



iamorochod50@est.ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-4087-4581>

Dr. Rubio-Arias, Pablo Giovanni
Universidad Católica de Cuenca
Profesor del Posgrado en Medicina Veterinaria, Mención Clínica y Cirugía de Pequeñas Especies
Cuenca– Ecuador



prubioa@ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-9185-4823>

Morocho-Tenezaca, Wilson Geovanny
ING-TRONIC
Ingeniero en mecatrónica
Cuenca– Ecuador



wilmoro.wm@gmail.com



<https://orcid.org/0009-0008-6614-832X>

Fechas de recepción: 10-OCT-2023 aceptación: 11-NOV-2023 publicación: 15-DIC-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>

Resumen

Con el avance en el desarrollo de dispositivos electrónicos destinados a aplicaciones médicas, hemos concebido un dispositivo que contribuirá de manera significativa a la gestión de pacientes. El propósito de este proyecto se centró en la creación de un brazalete de monitoreo fisiológico inalámbrico, diseñado específicamente para su uso en pequeñas especies. Este dispositivo se fabricó mediante tecnología de impresión 3D y se equipó con los componentes necesarios, que incluyen un regulador LM35, un microcontrolador ATMEGA 328P, un condensador de 100 microfaradios, condensadores de 22 picofaradios, un cristal oscilador de 16 MHz, una resistencia de 2K, un LED verde y un pulsante, para la captura de los parámetros fisiológicos, incorporamos un sensor MAX30102 que proporciona mediciones de la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno, así como un sensor LM32 para la temperatura. Además, se incorporó un sensor de bluetooth y wifi que permite transmitir los datos fisiológicos a un dispositivo electrónico, como un celular, el dispositivo se sometió a pruebas en 30 pacientes con un peso comprendido entre 4 y 25 kg, en diferentes contextos, incluyendo 10 en cirugías, 10 en recuperación y 10 en consultas médicas. Para evaluar su eficacia, comparamos los resultados obtenidos por el dispositivo con los de dos pulsioxímetros, así como con mediciones manuales utilizando un fonendoscopio y un termómetro digital. Los resultados demostraron de manera concluyente la viabilidad y efectividad de este producto.

Palabras clave: sensor, componente, dispositivo, aplicación.

Abstract

With the advancement in the development of electronic devices intended for medical applications, we have conceived a device that will contribute significantly to patient management. The objective of this project focused on the creation of a wireless physiological monitoring wristband, designed specifically for use in small species. This device was manufactured using 3D printing technology and equipped with the necessary components, which include an LM35 regulator, an ATMEGA 328P microcontroller, a 100-microfarad capacitor, 22 picofarad capacitors, a 16 MHz oscillator crystal, a 2K resistor, a green LED and a push button, for capturing physiological parameters, we incorporated a MAX30102 sensor that provides heart rate and oxygen saturation measurements, as well as an LM32 sensor for temperature. In addition, a Bluetooth and Wifi sensor was incorporated to transmit the physiological data to an electronic device, such as a cell phone, the device was tested on 30 patients weighing between 4 and 25 kg, in different contexts, including 10 in surgeries, 10 in recovery and 10 in medical consultations. To evaluate its efficacy, the results obtained by the device were compared with those of two pulse oximeters, as well as with manual measurements made with a stethoscope and a digital thermometer. The results conclusively demonstrated the feasibility and efficacy of the device.

Keywords: sensor, components, device, application.

Introducción

La clínica es uno de los pilares fundamentales de la medicina veterinaria, los médicos veterinarios interpretan los síntomas de los pacientes, utilizando una serie de instrumentos médicos que miden algunas constantes fisiológicas para verificar el estado de salud del paciente, así obteniendo parámetros fisiológicos.

La evaluación fisiológica de nuestros pacientes es muy importante ya que este podría orientarnos a un diagnóstico, existen algunas constantes fisiológicas que deben ser medidas como son: color de las mucosas, tiempo de llenado capilar, pulso yugular, pulso periférico, auscultación cardiaca, frecuencia respiratoria, con ayuda de instrumentos como fonendoscopio, podremos analizar las características ya mencionadas (Avecendo, Gutiérrez, & Ortega, 2021).

Existen pacientes con cuadros clínicos complejos los cuales necesitan estar en observación durante 24h00 o más, esto implica el uso de materiales para evaluar el proceso de recuperación los cuales pueden causar molestia, incomodidad incluso estrés en el paciente afectando directamente en el tiempo de recuperación del mismo, es por lo cual este tema se basa en la elaboración de un grillete multiparámetros para monitoreo de paciente a distancia en cirugía y recuperación.

Con el avance de la tecnología existen instrumentos que nos ayudan a detectar parámetros fisiológicos que no son perceptibles fácilmente por los médicos, el monitoreo de estos pacientes nos ayuda a verificar el estado de salud en el que se encuentra en tiempo real (Vega, 2020).

El estrés es un factor muy importante que altera los parámetros fisiológicos del animal y su conducta, dentro de la hospitalización, el estrés es un factor muy negativo para la recuperación del paciente, en la clínica se debe obtener la mayor información posible evitando el contacto directo (Rosado, Sylvia, Luño, & González, 2021).

Los monitores multiparámetros nos pueden brindar información como es la temperatura, tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica, tensión arterial media, frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno, pulsaciones por minuto (Susó, 2019).

La pulsioximetría es una medida no invasiva la cual consiste en el grado de saturación de la hemoglobina por el oxígeno en la sangre arterial, estos son medidos por la coordinación que tiene el aparato respiratorio y cardiovascular (García.F & Mayugo, 1996), la validez de esta se da por la saturación arterial de oxígeno y fracción inspiratoria de oxígeno la que es calculada por la oximetría del pulso y por gases arteriales (Mantilla, y otros, 2017), este es un procedimiento simple e indoloro, de fácil manejo a un bajo costo para la monitorización continua (Bancalari, Araneda, Echeverría, Marinovic, & Manríquez, 2019).

La frecuencia cardiaca es una variable cardiovascular la cual nos emite una serie de datos la cual nos sirve para evaluar un estado físico, esta se altera por el esfuerzo físico o la intensidad del ejercicio (Pereira, y otros, 2020).

La temperatura corporal es un parámetro que se debe monitorizar tanto en animales como en personas, dentro de esta se puede tomar la temperatura periférica que es la temperatura exterior del organismo (Ospina, Buriticá, & Echeverry, 2021), el hipotálamo comprende un mecanismo de retroalimentación la que permite el aumento o descenso de la misma como respuesta a condiciones ambientales (Picón, Orozco, Molina, & Franky, 2020).

Material y métodos

Material

Selección de componentes: Para el desarrollo del brazalete que medirá las diferentes constantes fisiológicas de manera rápida y efectiva y con un bajo consumo de energía, los componentes se seleccionarán en función de su adaptabilidad y facilidad de uso.

- Selección de componentes: Para el desarrollo del brazalete que medirá las diferentes constantes fisiológicas de manera rápida y efectiva y con un bajo consumo de energía, los componentes se seleccionarán en función de su adaptabilidad y facilidad de uso.
- Debido a sus capacidades de conectividad wifi y Bluetooth, el microcontrolador ESP32 se elige como la unidad central del dispositivo. Las aplicaciones de Internet de las cosas suelen usar el ESP32 debido a sus numerosas ventajas, especialmente en términos de conectividad wifi y Bluetooth.
- El sensor MAX30102 es una excelente opción para medir los niveles de oxigenación en sangre (SPO2) y la frecuencia cardíaca en un dispositivo veterinario.
- Utilizar el sensor de temperatura LM35 para medir la temperatura corporal de la mascota.

El desarrollo de firmware juega un papel crucial en la concepción y operación del dispositivo denominado "Monitor Veterinario", el cual representa una innovación destinada a monitorear con precisión y confiabilidad la salud de las mascotas. El firmware constituye el núcleo del sistema al posibilitar una comunicación eficaz entre los sensores y el usuario, asegurando mediciones exactas en tiempo real.

Interfaz de Usuario Intuitiva: El desarrollo de firmware desempeña una función fundamental en la experiencia del usuario del "Monitor Veterinario." Controla la presentación de datos en una interfaz de usuario intuitiva, permitiendo a los propietarios de mascotas visualizar de manera clara y comprensible la información vital acerca de la salud de sus animales. Asimismo, se encarga de la actualización en tiempo real de parámetros como la frecuencia cardíaca, los niveles de SPO2 y la temperatura corporal, presentando estos datos en una pantalla de fácil lectura.

Conectividad y Comunicación: El firmware habilita las capacidades de conectividad del "Monitor Veterinario," posibilitando la comunicación a través de conexiones Wifi y Bluetooth. Esta funcionalidad facilita la transferencia de datos al dispositivo Android mediante una aplicación específica. Los usuarios pueden supervisar el estado de sus mascotas desde cualquier ubicación, lo cual resulta especialmente útil en situaciones médicas o cuando se encuentran distantes de sus animales.

Métodos

- Se declara una instancia del objeto `MAX30105` llamado `particleSensor`, que se utilizará para interactuar con el sensor MAX30105.
- Se definen dos arreglos para almacenar datos IR y rojos del sensor MAX30105. Cada arreglo tiene espacio para 100 valores.

- Se declaran varias variables que se utilizarán para almacenar datos, como la longitud del búfer, el valor de SPO2, la frecuencia cardíaca, la temperatura en grados Celsius y el pin al que está conectado el sensor LM35.
- Se establecen el nombre de la red Wifi (`ssid`) y la contraseña (`password`) que se utilizarán para conectar el ESP32 a la red.
- Se crea una instancia del objeto `WebServer` llamada `server` que escuchará en el puerto 80 para manejar las solicitudes web.
- Se inicia la comunicación serial a una velocidad de 9600 baudios, lo que permite la comunicación con el puerto serial para depuración y visualización de datos.
- Se inicia el sensor MAX30105 con una velocidad de comunicación I2C rápida.
- Se inicia la conexión Wifi utilizando el nombre de la red (SSID) y la contraseña proporcionados.
- Se espera a que el ESP32 se conecte a la red Wifi, mostrando puntos en el puerto serial como indicador de progreso.
- Se configura el servidor web para manejar las solicitudes a la raíz ("/") y para manejar las solicitudes no encontradas ("Not Found"). Luego, el servidor se inicia y comienza a escuchar en el puerto 80.
- Se establecen parámetros específicos para el funcionamiento del sensor MAX30105, como el brillo del LED, el promedio de muestras, el modo de LED, la velocidad de muestreo, el ancho de pulso y el rango ADC.
- Se configura el sensor MAX30105 con los parámetros definidos anteriormente.
- La sección de `loop()` se encarga de manejar la lógica principal del programa, incluyendo la lectura de datos del sensor, el cálculo de la frecuencia cardíaca y el SPO2, y la lectura de la temperatura con el sensor LM35. Luego, los valores se envían al servidor web para su visualización.
- La función `handle_OnConnect()` se encarga de enviar una respuesta HTTP con los datos del sensor en formato HTML. Mientras que `handle_NotFound()` envía una respuesta 404 si se solicita una página no encontrada.
- Finalmente, la función `SendHTML()` genera una página HTML que muestra los valores de frecuencia cardíaca, SPO2 y temperatura en una estructura de interfaz de usuario. También incluye scripts para actualizar los datos de forma dinámica.

Población

La presente investigación se llevó a cabo en una población de 30 pacientes caninos, con pesos comprendidos entre 4 kg y 27 kg, distribuidos en diferentes condiciones. Estos se dividieron en tres grupos: un grupo de 10 pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos, otro grupo de 10 pacientes en fase de recuperación, y un tercer grupo conformado por 10 pacientes que se presentaron para consulta.

Técnicas e instrumentos

La presente investigación se estructuró en dos fases distintas: la primera consistió en el diseño y desarrollo del brazalete de monitoreo a distancia. La segunda fase tuvo como objetivo validar dicho

brazalete, llevándose a cabo mediante la comparación de dos pulsioxímetros (CONTEC08A-VET y CM60D-VET), así como la evaluación con un fonendoscopio y un termómetro.

Elaboración del brazalete

El brazalete objeto de estudio fue concebido mediante el software Autodesk Inventor y posteriormente fabricado a través de impresión 3D. Su diseño incorpora la integración de componentes tales como oximetría y termometría, además de capacidades de conectividad mediante Bluetooth y Wifi. Este dispositivo opera con una batería removible, siendo su autonomía de aproximadamente 5 horas con un uso continuo.

El brazalete se encuentra vinculado a una aplicación diseñada para dispositivos celulares, la cual posibilita la captura de constantes fisiológicas a distancia al activar las conexiones Wifi o Bluetooth. La interfaz de la aplicación presenta cinco elementos en la pantalla de inicio, a saber: registro del paciente, ficha de medicación, monitoreo y paciente. Cada elemento puede ser guardado, permitiendo la creación de un registro digital integral de monitoreo.

El sistema propuesto comprende cinco elementos principales, detallados a continuación:

1. **Registro:** Este componente permite la introducción de datos del paciente, abarcando información como nombre, edad, raza, peso, sexo, color, tipo de alimentación, estado de vacunación, horas de ayuno e ingesta de líquidos, así como detalles sobre deposición y micción. Además, proporciona la posibilidad de mantener un registro fotográfico del paciente.
2. **Registro de Fármacos:** Este módulo posibilita la inclusión de medicamentos en el vademécum de la aplicación, aquellos que no estén predefinidos en la misma.
3. **Ficha de Medicación:** Diseñada para el seguimiento de medicamentos utilizados en procesos quirúrgicos, esta ficha se estructura en cinco secciones: profiláctico, analgesia, inducción, profundización y mantenimiento. Incluye un vademécum con recomendaciones de dosis para cada sección.
4. **Monitor:** Al activar este componente, se establece la conexión entre el dispositivo celular y el brazalete mediante Bluetooth o Wifi. Una vez sincronizados, se posibilita el monitoreo en tiempo real, permitiendo registrar parámetros como la frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, temperatura, tiempo de llenado capilar, estado de las mucosas, posición de los ojos y frecuencia respiratoria. Los datos obtenidos pueden ser almacenados según la preferencia del usuario.
5. **Paciente:** Este último elemento ofrece una ficha digital consolidada, que presenta todos los registros almacenados en los ítems anteriores, proporcionando así un historial completo del paciente.

Validación del brazalete

Una vez concluido el diseño y la fase de pruebas del brazalete, se procedió a su validación en dos localidades distintas. La primera validación se llevó a cabo en la provincia de Loja, específicamente en

el cantón Catamayo, durante campañas de esterilización canina. En este contexto, se realizó el monitoreo integral de los pacientes, abarcando desde su preparación, pasando por la fase quirúrgica, hasta la etapa de recuperación.

La segunda validación se realizó en el centro veterinario Vetlife, situado en la provincia del Azuay, cantón Cuenca. En este escenario, se incluyeron pacientes que acudieron a la clínica por diversos motivos. Se llevó a cabo un registro comparativo del rendimiento del brazalete con respecto a dispositivos de referencia, tales como el pulsioxímetro CONTEC08A-VET, el pulsioxímetro CM60D-VET, así como el fonendoscopio y el termómetro, con el propósito de evaluar la eficacia del brazalete en términos de monitoreo fisiológico.

Resultados

Al iniciar la aplicación, se presentan cinco ítems, cada uno de los cuales desencadena la apertura de nuevas interfaces destinadas a facilitar el registro detallado del paciente, la medicación administrada y el monitoreo fisiológico. La interacción con estos ítems permite la consolidación de la información recopilada en una ficha digital completa, proporcionando así una visión integral de los datos relevantes asociados al paciente y su atención médica.

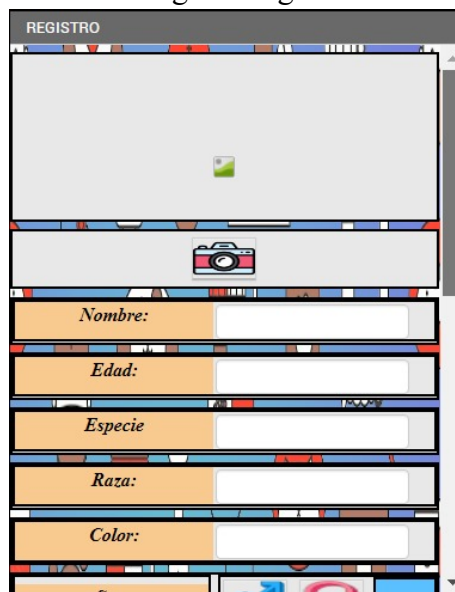
Figura 1.
Pantalla de inicio App



Al ingreso de la aplicación encontraremos diferentes ítems que nos brindaran apoyo para su manejo.

En el registro podremos llenar la ficha de nuestro paciente con los datos ya establecidos incluido un registro fotográfico del mismo, es de suma importancia llenar los casilleros de manera correcta, ya que este está conectado directamente con el ítem siguiente.

Figura 2
Registro digital

The image shows a digital patient registration form titled "REGISTRO". At the top, there is a header bar with the word "REGISTRO" in white text on a dark background. Below the header, there is a large, empty rectangular area, possibly for a photo or a signature. Underneath this area is a camera icon, indicating a photo capture function. Below the camera icon, there are five input fields, each with a label in orange text: "Nombre:", "Edad:", "Especie", "Raza:", and "Color:". Each label is followed by a white rectangular input box. The form is displayed on a mobile device, as indicated by the navigation bar at the bottom with various icons.

Ficha de paciente donde llenaremos con los datos necesarios.

Dentro de la interfaz de nuestra aplicación, se encuentra un conjunto de dos ítems interrelacionados. Uno de ellos lleva el nombre de "Fármaco", el cual se compone de una ficha de registro diseñada para medicamentos a ser administrados a un paciente previo a cualquier intervención quirúrgica. Esta ficha abarca categorías específicas como profilaxis, analgesia, inducción, profundización anestésica y mantenimiento. Adicionalmente, la ficha proporciona un vademécum que incluye dosis recomendadas para el uso de estos medicamentos en especies de menor tamaño. Al seleccionar un medicamento junto con las dosis y concentraciones deseadas, la aplicación realiza el cálculo del volumen a administrar en el paciente. Este registro se guarda automáticamente al completar la ficha.

En el caso de medicamentos no incluidos en el vademécum, la aplicación facilita la apertura del ítem "REG, FARMACO". Aquí, se brinda la capacidad de añadir medicamentos no presentes en la base de datos, permitiendo así una personalización del registro farmacológico según las necesidades específicas del usuario.

Figura3.

Ficha de medicación.

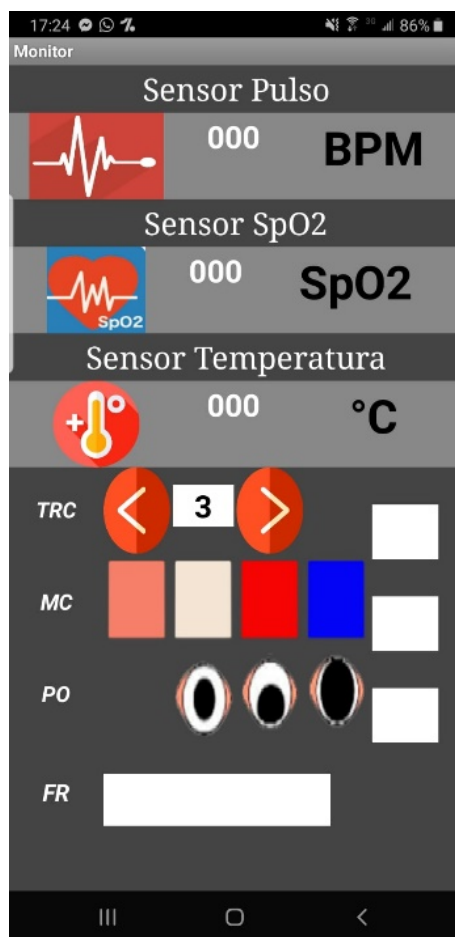
Fármaco	Rango mg	Dosis mg	Concentración	ml suministrar	Vía
Fármaco					
Fármaco					

Se podrá colocar medicamentos que no existan en los cuadros en blanco y se guardará en la ficha digital.

El ítem "Monitor" de la aplicación dirige al usuario a una interfaz que facilita la conexión del dispositivo con el brazalete. Una vez establecida la conexión, el brazalete proporciona lecturas de diversas constantes fisiológicas. Además de estas mediciones automáticas, la aplicación permite el ingreso manual de otras características que contribuyen al control del estado del paciente. Entre estas características se incluyen el tiempo de llenado capilar, el color de las mucosas, la posición de los ojos y la frecuencia respiratoria. Es esencial destacar que cada vez que se ingresan estas variables, se debe activar la función "Guardar". De este modo, se asegura la preservación automática del registro en la ventana del paciente, facilitando la construcción de un historial fisiológico completo y detallado de cada paciente monitoreado.

Figura4.

Pantalla monitorización



Pantalla donde podremos revisar las constantes durante la monitorización.

La sección "Paciente" de la aplicación presenta una recopilación integral de todos los datos asociados al paciente, incluyendo información detallada sobre los fármacos administrados y los registros obtenidos durante el monitoreo. Esta sección exhibe una funcionalidad adicional al permitir la compartición de la información almacenada. Los usuarios tienen la capacidad de guardar esta información en una ficha digital y también la opción de compartirla con el propietario del paciente, facilitando así la comunicación y la accesibilidad de los datos relevantes asociados al estado y tratamiento del animal.

Figura5.
Ficha digital

REGISTRO	
NOMBRE	
EDAD	
ESPECIE	
RAZA	
SEXO	
PESO	

En esta ficha se observará la ficha completa del paciente incluyendo medicamentos y la monitorización

Descripción de la muestra

La evaluación del dispositivo se llevó a cabo en una muestra de 30 pacientes, distribuidos en tres grupos de 10 cada uno. Estos grupos fueron designados según la fase del proceso médico en la que se encontraban: cirugía, recuperación y pacientes sanos que acudieron a consulta.

En el caso de los pacientes sometidos a cirugía y en fase de recuperación, el brazalete se ubicó en la vena cefálica, con la precaución de depilar la zona de aplicación en aquellos pacientes con pelaje extenso. Se registraron datos cada 5 minutos a lo largo de la intervención quirúrgica y la fase de recuperación. Estos datos fueron documentados meticulosamente en una ficha de monitorización, permitiendo la elaboración de una tabla comparativa.

En contraste, para los pacientes que acudieron a consulta, se procedió al registro de datos cada 5 minutos durante la consulta, sin la intervención de procedimientos quirúrgicos o de recuperación. Este enfoque metodológico brinda una evaluación completa del rendimiento del dispositivo en diferentes contextos clínicos.

Análisis de los Resultados

La vinculación exitosa del brazalete con la aplicación en el dispositivo móvil se logró al establecer conexiones tanto en una red wifi como mediante bluetooth. La interfaz de la ficha del paciente demostró ser de fácil manipulación, permitiendo una gestión eficiente de los datos del paciente. El cálculo de los fármacos a administrar se llevó a cabo con facilidad a través de la aplicación, y los resultados del monitor fueron positivos en términos de eficacia.

La emisión segura y confiable de la ficha al finalizar el monitoreo de los pacientes se llevó a cabo satisfactoriamente. Durante la realización de pruebas en los pacientes, se obtuvieron resultados equiparables a los de los dispositivos de referencia. La recopilación de datos incluyó la obtención de valores máximos, mínimos, medias, medianas y modas, proporcionando así una evaluación completa de la eficacia y precisión del sistema implementado.

Tabla 1.
SPO2 en pacientes en CX

	Brazalete	CONTEC08A-VET	CM60D-VET
Máximo	97	96	96
Mínimo	75	82	75
Media	90,675	90,65	89,25
Mediana	91	90	96
Moda	96	90	96

Cálculo de tendencias centrales en niveles de SPO2 de 10 pacientes en cirugía con tres dispositivos distintos.

Tabla 2.
SPO2 Pacientes en recuperación

	Brazalete	CONTEC08A-VET	CM60D-VET
Máximo	100	100	100
Mínimo	85	82	84
Media	94	93,1	92,9
Mediana	95	94	93,5
Moda	96	96	96

Cálculo de tendencias centrales en niveles de SPO2 de 10 pacientes en recuperación con tres dispositivos distintos.

Tabla 3.
SPO2 Pacientes en consulta

	Brazalete	CONTEC08A-VET	CM60D-VET
Máximo	100	96	96
Mínimo	80	80	80
Media	91,8333333	92	90,8
Mediana	91	92	90
Moda	90	96	90

Cálculo de tendencias centrales en niveles de SPO2 de 10 pacientes en consulta con tres dispositivos distintos.

Al comparar los cálculos de tendencia central entre las tablas 1,2,3 sobre los niveles de SPO2 podemos evidenciar que no existe gran diferencia haciéndolo de esta manera muy viable al brazalete, sin embargo, tiene resultados semejantes al pulsioxímetro CM60D-VET.

Tabla 4.
Frecuencia cardiaca pacientes en CX

	Brazalete	Fonendoscopio	CM60D-VET
Máximo	180	130	140
Mínimo	98	98	100
Media	123,1	110,05	119,65
Mediana	120	110	120
Moda	120	120	120

Cálculo de tendencias centrales en frecuencia cardiaca en 10 pacientes en cirugía con tres dispositivos distintos.

Tabla 5.
Frecuencia cardiaca pacientes en recuperación

	Brazalete	Fonendoscopio	CM60D-VET
Máximo	160	130	150
Mínimo	100	100	120
Media	124,52	119	132,16
Mediana	120	120	130
Moda	120	120	130

Cálculo de tendencias centrales en frecuencia cardiaca en 10 pacientes en recuperación con tres dispositivos distintos.

Tabla 6.
Frecuencia cardiaca pacientes en consulta

	Brazalete	Fonendoscopio	CM60D-VET
Máximo	130	130	120
Mínimo	100	110	100
Media	116,5333333	118,6666667	117,3333333
Mediana	120	120	120
Moda	120	120	120

Cálculo de tendencias centrales en frecuencia cardiaca en 10 pacientes en consulta con tres dispositivos distintos.

Mediante el cálculo de tendencia central de las tablas 4.5.6 en los animales de estudio podemos afirmar que existe semejanza entre el brazalete y el pulsioxímetro CM60D-VET validando de manera efectiva el brazalete.

Tabla 7.





Temperatura en pacientes en CX

	Brazalete	Termómetro digital
Máximo	36,4	38,2
Mínimo	37,3766667	36,2
Media	37,2	37,4466667
Mediana	37	37,4
Moda	36,4	37,8

Cálculo de tendencias centrales en temperatura de 10 pacientes en cirugía con dos dispositivos distintos.

Tabla 8.

Temperatura en pacientes en recuperación.

	Brazalete	Termómetro digital
Máximo	36	38,6
Mínimo	37,492	36,8
Media	37,6	37,594
Mediana	38	37,6
Moda	36	38

Cálculo de tendencias centrales en temperatura de 10 pacientes en recuperación con dos dispositivos distintos.

Tabla 9.

Temperatura en pacientes en consulta.

	Brazalete	Fonendoscopio
Máximo	38,2	38,6
Mínimo	36,2	37,6
Media	37,475	38,23
Mediana	37,55	38,35
Moda	37,2	38,4

Cálculo de tendencias centrales en temperatura de 10 pacientes en consulta con dos dispositivos distintos.

Al comparar la media de las tablas 7,8,9 podemos ver que no existe diferencia significativa al momento de tomar la temperatura ente el brazalete y el termómetro digital, favoreciendo el correcto funcionamiento del mismo.

Discusión

La presente investigación destaca la incorporación de tecnologías avanzadas en el ámbito de la medicina veterinaria, específicamente en el desarrollo de un brazalete de monitoreo remoto. El microcontrolador ESP32, reconocido por su versatilidad y capacidad de conexión a través de internet, fue implementado en este dispositivo para posibilitar una conectividad inalámbrica en entornos con disponibilidad de wifi, según Pereira R. d. (2022). Este enfoque tecnológico ha sido previamente utilizado en la medicina, como evidenciado por el trabajo de Arsenio Urquidi (2022) en el diseño de una máscara de monitoreo remoto para pacientes recuperados de COVID-19.

La evaluación de la saturación de oxígeno (SPO₂) y la frecuencia cardíaca, esencial en la atención clínica, se llevó a cabo utilizando el sensor MAX30102, ajustado al brazalete para proporcionar resultados en tiempo real. Resultados similares a dispositivos convencionales fueron obtenidos en comparativas de Bryan Torres (2023) y la afirmación de Carlos Sánchez (2022) sobre la eficacia del sensor MAX30102 respaldó su incorporación al brazalete.

Para medir la temperatura corporal con precisión, se seleccionó el sensor LM35, reconocido por su bajo costo y adaptabilidad en dispositivos remotos. El dispositivo propuesto se ajusta a las recomendaciones de Buksman et al. (2019) y R. ArismarS (2023) para medir temperatura de manera confiable en sistemas de medición inalámbricos.

La integración de la inteligencia artificial y el acceso a datos médicos a través de internet, aspectos destacados por Ramon (2021), Arango Astorga (2022) y Lizárraga (2022), respalda la utilidad del brazalete en el avance de la medicina veterinaria. La creación de una ficha digital a través de la aplicación móvil, según Lizárraga (2022), evidencia la potencial mejora en el manejo de la información clínica.

En el contexto de la clínica diaria, la utilidad del brazalete se refuerza al integrar la toma no invasiva de parámetros vitales mencionados por Montero (2021). Además, el estudio comparativo del brazalete con dos pulsioxímetros (CONTEC08A-VET y CM60D-VET) confirma su eficacia y similitud de resultados, en línea con los hallazgos de Sánchez et al. (2017).

Finalmente, la medición de la temperatura corporal a través de algoritmos, como menciona Aragón-Vargas (2020), refuerza la versatilidad del brazalete al calcular la temperatura central de los pacientes. Estos hallazgos resaltan la contribución significativa del brazalete de monitoreo remoto en la mejora del diagnóstico y atención clínica en medicina veterinaria.

Conclusiones

Se concluye que el brazalete es apropiado para pacientes con un peso de 4 kg en adelante. Además, los datos fisiológicos que proporciona son altamente confiables, ya que se transmiten en tiempo real. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la duración de la batería del brazalete es de solo 5 horas.

La aplicación conectada al brazalete es de fácil manejo y realiza cálculos precisos para la administración de fármacos. Además, ofrece la posibilidad de mantener un registro digital del paciente, un historial farmacológico detallado de los medicamentos administrados y una ficha de monitorización durante el período de uso del brazalete.

Referencias bibliográficas

- Aragón-Vargas, L. F. (2020). Limitaciones de la lectura de la temperatura temporal (en el frente) como método de tamizaje para el Covid-19. *Revista de ciencias del ejercicio y la salud*, 18(1), 1-10. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/pensarmov.v18i1.42241>
- Arango Astorga, P. &. (2022). Internet de las cosas en el ámbito de la atención médica: tendencias y desafíos. *Revista Cubana de Informática Médica*, 14(1). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592022000100014
- Arsenio Urquidi, J. G. (2022). Sistema de monitoreo remotode respiracióny niveles de gases, para pacientes recuperados de COVID_!). *INVESTIGACIÓN & DESARROLLO*, 22(1), 109 - 123. Obtenido de <http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v22n1/2518-4431-riyd-22-01-109.pdf>
- Avecendo, C., Gutiérrez, E., & ortega, A. (2021). *vanguardiaveterinaria.com*. Obtenido de Monitorización durante la anestesia: <https://www.vanguardiaveterinaria.com.mx/monitorizacion-durante-la-anestesi>
- Bancalari, A., Araneda, H., Echeverria, P., Marinovic, A., & Manríquez, C. (2019). Saturación arterial de oxígeno y frecuencia cardíaca en recién nacidos de término sanos durante la primera hora post nacimiento. *Rev. chil. pediatr*, 90(4), 384-391. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062019000400384
- Bryan Torres, A. F. (2023). Comparación entre dos modelos de sensores de SPO2 y un sistema enbebido comercial para la medicion de niveles de oxigeno en la sangre. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(1), 492-506. Obtenido de <https://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/466/605>
- Buksman, E., Fonseca, L., Barbieri, L., & Ferreira, C. (2019). Experimentando con Arduino y Scilab: propagación de calor en una barra metálica. *Bras. Ensino Fís*, 4(41). doi:<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0356>
- Carlos Sánchez, . C. (2022). Acquisition of pulse oximetry signals and their remote processing with Matlab. *LACCEI International Multi-Conference forEngineering, Education, andTechnology*(20). doi:<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.644>
- García.F, & Mayugo, S. (1996). La pulsioximetría en el perro . *Unidad de Cirurgia*, 16(4). Obtenido de <https://ddd.uab.cat/pub/clivetpeqani/11307064v16n4/11307064v16n4p219.pdf>
- Lizárraga, D. S. (2022). Sistema informático para la identificación de mascotas en la Provincia de Salta, Argentina. *Revista veterinaria*, 33(1), 44-47. doi:<https://dx.doi.org/10.30972/vet.3315878>
- Mantilla, M., Ramírez, C., Valbuena, S., Muñoz, L., Hincapie, G., & Batidas, A. (2017). Oxygen saturation / fraction of inspired oxygen as a predictor of mortality in patients with exacerbation of COPD treated at the Central Military Hospital. *Acta Med Colomb*, 42(4), 215-223. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/amc/v42n4/0120-2448-amc-42-04-00215.pdf>
- Montero, T. L. (2021). <https://repository.ucc.edu.co/>. Obtenido de Análisis de los parámetros fisiológicos de monitoreo en pacientes caninos y felinos internados en la uci en la clínica veterinaria punto vet, Medellín-Colombia: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e7869a5f-6dd8-4e16-8e8f-8550f3d42da5/content>
- Ospina, D., Buriticá, E., & Echeverry, D. (2021). Incidence of inadvertent perioperative hypothermia, in dogs submitted to inhalation general anesthesia. *rev.udcaactual.divulg.cient.*, 24(1). doi:<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1830>

- Pereira, J., Peñaranda, D., Barreto, L., Arrieta, M., Rodríguez, P., & Vivanco, I. (2020). Cardiovascular response and maximum heart rate in women with menopause. *Medisur*, 18(1), 88-95. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2020000100088
- Pereira, R. d. ((2022). PLATAFORMA DE ENSEÑANZA A DISTANCIA DE MICROCONTROLADORES E INTERNET DE LAS COSAS. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*(28), 53-62. doi:<https://doi.org/10.17163/ings.n28.2022.05>
- Picón, Y., Orozco, J., Molina, J., & Franky, M. (2020). Central control of body temperature and its alterations: fever, hyperthermia and. *MedUnab*, 23(1), 118-130. Obtenido de <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/04/1087985/3714.pdf>
- R.ArismarS, L. C. (2023). Implementation of PoF-powered IoT Sensing Systems for Industry 4.0. *J. Microw. Optoelectron. Electromagn*, 1(22). doi:<https://doi.org/10.1590/2179-10742023v22i1270780>
- Ramon, F. (2021). Inteligencia artificial en la relación médico-paciente: Algunas cuestiones y propuestas de mejora. *Rev. chil. derecho tecnol*, 10(1), 329-351. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-25842021000100329
- Rosado, B., Sylvia, B., Luño, I., & González, Á. (2021). Reducción del medio y estrés en animales en hospitalización. *B Braun Sharing Expertise*, 1-14. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Desktop/MAESTRIA/dise%C3%B1o/Nueva%20carpeta/MVET0517FLH_Reducci%C3%B3n-del-miedo-y-el-estr%C3%A9s-durante-la-hospitalizaci%C3%B3n.pdf
- Sánchez, A., Lozano, J., Huerta, S., Cerda, F., & Mendoza, E. (2017). Validación de cinco pulsioxímetros. *Med. interna Méx.*, 33(6). doi:<https://doi.org/10.24245/mim.v33i6.1334>
- Suso, M. (2019). Análisis comparativo de las constantes vitales en pacientes agudos hospitalizados en función de la intensidad de dolor. *Rev. Soc. Esp. Dolor*, 26(4), 215-220. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-80462019000400004
- Vega, A. (2020). *Prototipado de un sistema de monitoreo de signos vitales inalámbrico*. (Tesis de grado), Universidad Andres Bello, Santiago. Obtenido de https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/17756/a131247_Vega_A_Prototipado_de_un_sistema_de_2020_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.