

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i4.1273>

Diseño y construcción de un tatuaje tecnológico para monitorear el ritmo cardíaco

Tattoo Electronics for Heart Rate Monitoring: An Innovative Approach to Health

Miriam Janet Cervantes López

mcervantes@docentes.uat.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5925-1889>

Universidad Autónoma de Tamaulipas / Facultad de Medicina de Tampico "Dr. Alberto Romo Caballero"
Tampico, Tamaulipas – México

Guadalupe Esmeralda Rivera García

esmeralda.rivera@itspanuco.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3730-4801>

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pánuco
Pánuco, Veracruz – México

Juan Carlos Ramírez Vázquez

carlos.ramirez@itspanuco.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0125-6502>

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pánuco
Pánuco, Veracruz – México

Arturo Llanes Castillo

allanes@docentes.uat.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2570-826X>

Universidad Autónoma de Tamaulipas / Facultad de Medicina de Tampico "Dr. Alberto Romo Caballero"
Tampico, Tamaulipas – México

Jaime Cruz Casados

jcruz@docentes.uat.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8308-964X>

Universidad Autónoma de Tamaulipas / Facultad de Medicina de Tampico "Dr. Alberto Romo Caballero"
Tampico, Tamaulipas – México

Artículo recibido: 09 de octubre de 2023. Aceptado para publicación: 24 de octubre de 2023.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La salud cardiovascular es un aspecto fundamental de la calidad de vida de las personas en la sociedad moderna, el ritmo cardíaco, como indicador vital desempeña un papel crucial en la monitorización de la salud y el diagnóstico de afecciones cardíacas; la necesidad de herramientas efectivas y no invasivas para medir y registrar el ritmo cardíaco ha impulsado la evolución de la tecnología médicas y de dispositivos wearables. El ritmo cardíaco es uno de los indicadores más críticos de la salud humana, la capacidad de monitorear de manera continua y precisa el ritmo cardíaco es esencial para la detección temprana de problemas cardíacos, la gestión de enfermedades crónicas y la optimización del rendimiento físico. El objetivo de esta investigación fue el diseñar y desarrollar un tatuaje tecnológico para monitorear el ritmo


cardiaco de las personas. La metodología empleada se dividió en cinco fases: análisis del funcionamiento de los equipos tradicionales para medir el ritmo cardiaco, entrevista con un médico especialista en el tema, diseño de los circuitos para el tatuaje tecnológico, diseño del circuito final para el tatuaje tecnológico y desarrollo físico del tatuaje tecnológico. Los resultados obtenidos muestran que las mediciones obtenidas con el tatuaje electrónico y las reportadas por el médico utilizando esfigmomanómetro no tuvieron diferencias significativas. El dispositivo tipo tatuaje tecnológico es funcional ya que las mediciones en relación al otro método son mínimas.

Palabras clave: tatuaje tecnológico, ritmo cardiaco, monitoreo, salud, esfigmomanómetro

Abstract

Cardiovascular health is a fundamental aspect of people's quality of life in modern society. Heart rate, as a vital indicator, plays a crucial role in health monitoring and the diagnosis of heart conditions. The need for effective and non-invasive tools to measure and record heart rate has driven the evolution of medical technology and wearable devices. Heart rate is one of the most critical indicators of human health, and the ability to continuously and accurately monitor it is essential for the early detection of heart problems, the management of chronic diseases, and the optimization of physical performance. The aim of this research was to design and develop a technological tattoo for monitoring people's heart rate. The methodology used was divided into five phases: analysis of the functioning of traditional equipment for measuring heart rate, an interview with a medical specialist in the field, designing circuits for the technological tattoo, designing the final circuit for the technological tattoo, and physically developing the technological tattoo. The results obtained show that the measurements obtained with the electronic tattoo and those reported by the doctor using a sphygmomanometer had no significant differences. The technological tattoo device is functional since the measurements in relation to the other method are minimal.

Keywords: technological tattoo, heart rate, monitoring, health, sphygmomanometer

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Como citar: Cervantes López, M. J., Rivera García, G. E., Ramírez Vázquez, J. C., Llanes Castillos, A. & Cruz Casados, J. (2023). Diseño y construcción de un tatuaje tecnológico para monitorear el ritmo cardíaco. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(4), 947–959. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i4.1273>

INTRODUCCIÓN

El monitoreo del ritmo cardíaco es una de las prácticas médicas fundamentales en la atención de la salud cardiovascular, el conocimiento preciso y constante de la actividad cardíaca es esencial tanto para el diagnóstico de enfermedades cardíacas como para el seguimiento de la salud cardiovascular en general. Tradicionalmente, esto se ha logrado mediante el uso de dispositivos médicos externos, como los holteres y los monitores de frecuencia cardíaca, que requieren llevar consigo dispositivos voluminosos y en ocasiones incómodos (Ortigoza et al., 2023). En la búsqueda constante de innovaciones que mejoren la calidad de vida y bienestar, la evolución de la tecnología y su fusión con aspectos cotidianos de la vida han dado lugar a un escenario donde la ciencia ficción se convierte en realidad, por lo que hoy en día la tecnología se ha sumado al mundo de los tatuajes de una manera sorprendente y revolucionaria (Espinoza, 2023).

Sin embargo, los avances en la tecnología de dispositivos portátiles y la miniaturización de la electrónica han dado lugar a una revolución en la forma en se monitorea y gestiona la salud, en particular, el desarrollo de los tatuajes tecnológicos ha abierto nuevas posibilidades en el campo del monitoreo del ritmo cardíaco ya que estos tatuajes, a diferencia de los dispositivos convencionales, son delgados, flexibles y se adhieren directamente a la piel, lo que ofrece comodidad y discreción (Wang et al., 2022); los tatuajes son una forma de expresión artística y personal, sin embargo, han evolucionado más allá de su propósito estético para abarcar funciones que impactan directamente en la salud y el cuidado del cuerpo humano (Canneti et al., 2023).

Un campo emergente y prometedor de la sinergia entre la tecnología y la salud es el desarrollo de tatuajes tecnológicos para la detección del ritmo cardíaco, una innovación que promete revolucionar la forma en que se monitorea y cuida la salud cardiovascular; el ritmo cardíaco, es una medida fundamental de la salud cardiovascular, comúnmente se ha monitoreado mediante dispositivos médicos externos, como sensores de frecuencia cardíaca y electrocardiógrafo; sin embargo, estas soluciones resultan incómodas y limitantes en su uso (López & Martínez, 2022). Los tatuajes tecnológicos también conocidos como tatuajes electrónicos combinan elementos de la tecnología como componentes electrónicos y sensores en la piel, de tal manera que cambia el concepto del tatuaje tradicional como elemento estético al que monitorea nuestra salud o actividad deportiva (Lozano & García, 2021).

Un tatuaje tecnológico, se considera un tipo de tecnología portátil que está diseñada para aplicarse directamente sobre la piel, por lo que se consideran no invasivos, suelen ser delgados y flexibles y a menudo usan materiales biocompatibles para garantizar que sean seguros y cómodos para usar en la piel durante períodos prolongados; es relativamente barato de producir y se puede personalizar según los gustos individuales. Algunos tatuajes electrónicos se utilizan para controlar la salud, como medir la frecuencia cardíaca, temperatura corporal, la presión arterial o los niveles de glucosa, así como para dar seguimiento de la actividad deportiva o la detección del movimiento muscular (Martínez & Gómez, 2020).

Existen diferentes tipos de tatuajes tecnológicos, algunos de ellos utilizan tinta conductora que permite crear circuitos eléctricos en la piel, los cuales pueden conectarse a dispositivos externos y transmitir datos; otro enfoque de los tatuajes tecnológicos implica la incorporación de sensores en la piel, estos sensores pueden medir diferentes variables fisiológicas y la información recopilada por estos sensores puede transmitirse a través de conexiones inalámbricas a dispositivos externos como un teléfono inteligente o un dispositivo portátil para su monitoreo o análisis, como es el caso de la propuesta presentada (González & Pérez, 2019).

El ritmo cardíaco es muy importante ya que si no se está bien monitoreado puede llevar a problemas cardíacos e incluso a la muerte; existen distintas formas de medirlo como son los métodos convencionales, el uso de estetoscopios y esfigmomanómetro con la palpación del pulso, el uso de un monitor de ritmo cardíaco, el electrocardiograma (ECG) siendo esta la prueba más precisa y detallada para medir la actividad eléctrica del corazón. Actualmente, hay aplicaciones móviles disponibles que utilizan la cámara del teléfono y los sensores para medir el ritmo cardíaco, las cuales funcionan detectando cambios en el color de la piel, en la punta del dedo o en la cara al capturar imágenes con la cámara del teléfono (Pérez & Rodríguez, 2020).

Existen algunas investigaciones relacionadas con tatuajes electrónicos como la que desarrollaron García & Rodríguez (2021) que proporciona una descripción general de los sensores de tatuajes electrónicos, sus aplicaciones en el control de la salud y su integración con la comunicación inalámbrica, la investigación de Sánchez & López (2022) se enfoca en el desarrollo de un tatuaje electrónico para el monitoreo no invasivo de glucosa a través del análisis del sudor, el estudio de López & Pérez (2021) presenta un electrodo de tatuaje electrónico en la piel para registros de electrocardiograma (ECG) y electroencefalograma (EEG), destacando su potencial para aplicaciones clínicas.

Martínez & Rodríguez (2020) analizan la integración de las capacidades de comunicación de los tatuajes electrónicos, lo que permite la transferencia inalámbrica de datos y la comunicación con dispositivos externos; Meng et al. (2022) mencionan el concepto de electrónica epidérmica y discutieron el diseño y la fabricación de tatuajes electrónicos para aplicaciones de atención médica; el estudio de Ates et al. (2022) presenta una descripción general de varios dispositivos portátiles, incluidos los tatuajes electrónicos, para monitorear señales fisiológicas y analizar sus posibles aplicaciones en el cuidado de la salud.

Como lo comenta en su estudio Wang et al. (2022) explora el desarrollo de sensores electrónicos para tatuajes y su integración en los sistemas de telemedicina, enfatizando su potencial para el monitoreo remoto de pacientes y la atención médica personalizada; Bandodkar & Wang (2019) analizan el progreso y los desafíos en el campo de la electrónica inspirado en la piel, incluye los tatuajes electrónicos, y destaca sus aplicaciones en el cuidado de la salud y la biomedicina; la investigación de Tehrani et al. (2022) se centra en el desarrollo de un sistema de monitorización de glucosa no invasivo basado en tatuajes y presenta resultados experimentales que demuestran su viabilidad.

Liu et al. (2020) refieren una clase de dispositivos que están diseñados para usarse en la superficie de la piel y presentan un dispositivo que mide de manera inalámbrica la frecuencia respiratoria, así como el volumen corriente, es decir la cantidad de aire inhalado y exhalado durante cada respiración, además de otros parámetros respiratorios relevantes, por lo que este enfoque no invasivo podría ser particularmente beneficioso en entornos de atención neonatal. Así mismo, Monsalvo (2020) presenta en su investigación un parche basado en polímero de PVDF para el control simultáneo de los latidos del corazón y la respiración y concluye que la estructura curva de PVDF mejora la señal eléctrica; Zhu, et al. (2022) muestra el desarrollo de un dispositivo ultrasensible para monitorear el movimiento de los músculos humanos y las señales fisiológicas, siendo útil para monitorear los cambios de presión, pero también puede distinguir la fuerza aplicada para la piel electrónica pasiva.

En la presente investigación se muestra el diseño y desarrollo de un tatuaje tecnológico que monitorea el ritmo cardíaco de una persona, el cual está diseñado en forma de corazón con componentes electrónicos que reciben la actividad eléctrica del corazón y la señal recibida se envía de forma inalámbrica a un dispositivo móvil para su monitoreo las 24 horas del día por el paciente o médico de cabecera.

METODOLOGÍA

Fase 1 – Análisis del funcionamiento de los equipos tradicionales para medir el ritmo cardiaco

En primera instancia se realizó una investigación documental sobre la forma de medición del ritmo cardiaco utilizando un estetoscopio y esfigmomanómetro, llegando a la conclusión de que al colocar el brazalete del esfigmomanómetro en el brazo (o cualquier otra extremidad) de los pacientes, se aplica una presión que impide al paso de la sangre, disminuyendo paulatinamente para que cuando la presión intra-arterial sea mayor, se genere un pequeño flujo de sangre. Por razones físicas, ese flujo es de tipo turbulento y produce ruido, esto es lo que escucha el médico por medio de un estetoscopio, de tal manera que cuando se infla el mango del esfigmomanómetro, se genera una “presión externa”, que interrumpe el flujo de sangre en el brazo (Ceballos et al., 2021).

Para obtener la frecuencia cardiaca (FC) primero se debe identificar si los ciclos son regulares o irregulares, para ello se necesita ver el intervalo RR (la distancia entre las ondas) que es el tiempo entre dos eventos de sístole ventricular, y, por ende, eyección a la circulación sistémica. En el adulto sano, el intervalo RR no varía más allá de 2-3 mm entre latidos consecutivos; si la frecuencia es regular, solo debemos dividir 1,500 mm entre el intervalo RR (en mm/), tal y como se muestra en la siguiente ecuación (Figura 1):

Figura 1

Ecuación

$$FC = \frac{1,500mm}{intervalo\ RR(mm)} \dots\dots\dots (ecuacion\ 1)$$

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Por el contrario, si es irregular, deberá contar los complejos QRS que ocurren en 6s (Piscal & Cucas, 2022).

Fase 2 – Se prosiguió a contactar con un especialista

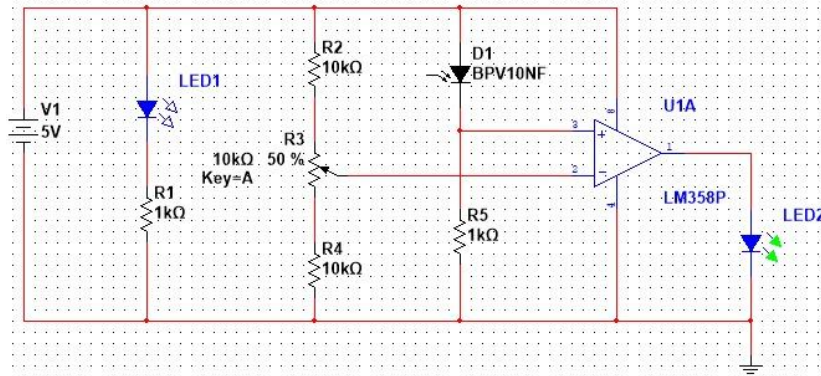
El cardiólogo explicó la forma de obtener el valor del ritmo cardiaco, y sugirió algunas pruebas para verificar la medición; el especialista proporcionó los datos del ritmo cardiaco desde el número de posiciones normales hasta las pulsaciones de cuando ya es un problema grave que puede conllevar a la muerte, aclarando que estas mediciones tienen variación que depende de la edad y del peso.

Fase 3 – Diseño de los circuitos para el “tatuaje tecnológico”

En primera instancia se diseñó el circuito principal en un simulador “multisim” (figura 2) con el cual se verificó el funcionamiento para posteriormente dar paso al armado en físico.

Figura 2

Diagrama principal del tatuaje electrónico

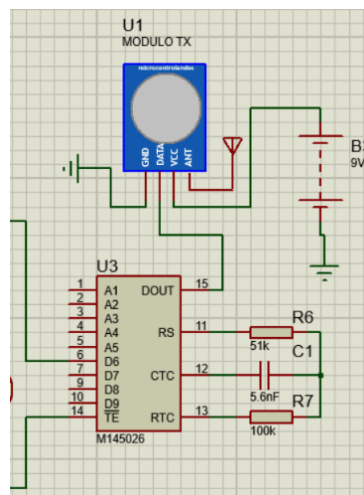


Fuente: Elaboración propia 2023.

Posteriormente para recoger el pulso leído por el circuito de la figura 2, se empleó un circuito armado con un par de módulos RF433Mhz; el dispositivo transmisor mostrado en la figura 3, lee la señal desde el amplificador operacional y la envía a través de radio frecuencia al módulo receptor presentado en la figura 4; el cual activa un led en forma cíclica y representativa al pulso que se está registrando. Dicha transmisión tiene un radio de cobertura de al menos 60 metros, cabe hacer mención que, en estas primeras etapas de pruebas, se observa hay un pequeño lapso de retraso en la lectura, respecto al momento de adquirida la señal y la presentación de la misma al otro lado del receptor inalámbrico. Se desarrolló una aplicación en Android Studio solo para observar a través de un móvil dicha secuencia de lecturas.

Figura 3

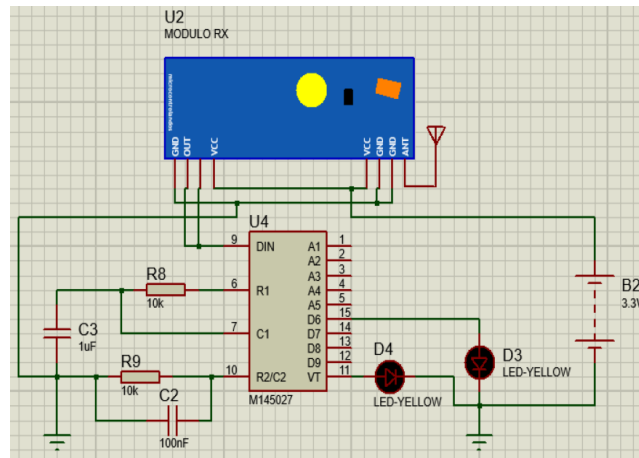
Módulo Transmisor



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura 4

Módulo Receptor



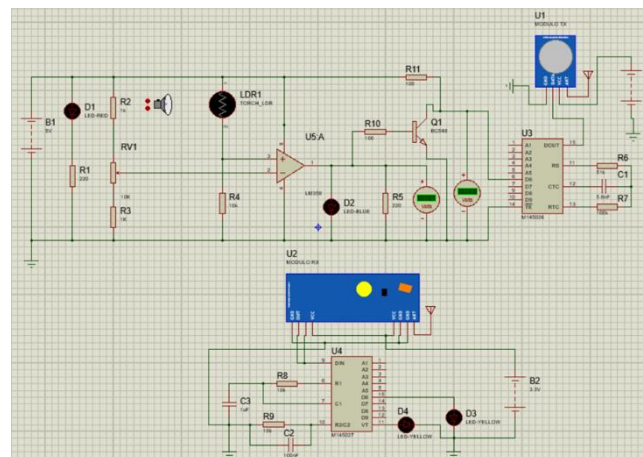
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Fase 4 – Diseño del circuito final para el “tatuaje tecnológico”

Una vez establecida la comunicación entre los circuitos, se realizaron mejoras en el diseño de los mismos, quedando un circuito general que integra todos los circuitos presentados anteriormente, quedando finalmente el diagrama del “tatuaje tecnológico”, como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Diagrama integrado el tatuaje tecnológico y el sistema inalámbrico RF433Mhz



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Fase 5 – Desarrollo físico del “tatuaje tecnológico”

En esta etapa se adquirieron componentes electrónicos, para el montaje en físico se necesitó cinta de cobre, esto con el fin de que las pistas fueran flexibles, pero sin perder la forma del circuito; también se tomó en cuenta que los materiales usados para el montaje del circuito no sean tóxicos para la piel. Además, se requirió de un amplificador operacional, ya que cuando el corazón bombea la sangre, al

pasar por la vena está golpea las paredes de esta haciendo un movimiento imperceptible al ojo humano, el amplificador operacional hace la función de ampliar ese movimiento o ruido y hacerlo perceptible. Un tatuaje tecnológico es capaz de escuchar el corazón como un estetoscopio portátil, adicionalmente se compraron un par de módulos receptores RF433Mhz y leds. El "tatuaje tecnológico", se muestra en la figura 6.

Figura 6

Prototipo del "tatuaje electrónico"



Fuente: Elaboración propia, 2023.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el propósito de verificar el funcionamiento adecuado del tatuaje tecnológico, en cuanto a exactitud en la medición se realizaron pruebas a 4 estudiantes, todas ellas mujeres en un rango de edad de 19 a 22 años.

Para evaluar el funcionamiento del tatuaje tecnológico se utilizó el siguiente procedimiento:

Un médico tomó las medidas de las 4 personas utilizando un esfigmomanómetro.

Se colocó el "tatuaje electrónico" a las mismas 4 personas, cabe señalar que durante la colocación del tatuaje electrónico no se necesitaron agujas, solo se colocó el tatuaje en la muñeca de manera superficial en la piel de las personas participantes, por lo que no implicó dolor alguno y como se ha mencionado anteriormente, para vincular el "tatuaje electrónico" con la información que puede leer el doctor, se utiliza una aplicación móvil desarrollada en Android Studio, que guarda los datos obtenidos. En la figura 7, se muestra el prototipo de tatuaje tecnológico colocado en una persona.

Figura 7

Tatuaje electrónico colocado una persona



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se realizaron y compararon las mediciones del “tatuaje electrónico” con las obtenidas por el médico utilizando el esfigmomanómetro, dichas mediciones fueron realizadas 3 veces a cada persona participante, con el propósito de contar con datos más objetivos. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Comparativo entre las mediciones por “tatuaje tecnológico” y el esfigmomanómetro

Edad	Tatuaje Tecnológico						Método convencional con esfigmomanómetro					
	Presión Arterial		Presión Arterial		Presión Arterial		Presión Arterial		Presión Arterial		Presión Arterial	
	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3	
	sistólica	diastólica	sistólica	diastólica	sistólica	diastólica	sistólica	diastólica	sistólica	diastólica	sistólica	diastólica
19	120	80	120	79	120	80	119	79	119	80	120	79
20	120	80	119	80	120	80	119	79	118	79	119	79
21	120	80	120	79	120	80	119	79	118	79	120	79
22	120	80	119	80	120	80	119	79	120	79	120	79

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Un estudio publicado por Zhang et al. (2019), describió un tatuaje tecnológico que utiliza sensores capacitivos para monitorear el ritmo cardíaco y la actividad muscular con alta precisión, proporcionando una herramienta no invasiva para el monitoreo cardíaco en tiempo real; Park et al. (2020) en su investigación publicada destacaron cómo los tatuajes tecnológicos pueden ayudar a detectar arritmias cardíacas antes de que se conviertan en problemas graves, permitiendo una intervención médica oportuna; el trabajo de Liparoti & López (2021) enfoca su atención en el uso de tatuajes tecnológicos para la gestión de enfermedades cardíacas crónicas, mejorando la calidad de vida de los pacientes; como se menciona en un estudio de Smith et al. (2022), los atletas pueden

beneficiarse de tatuajes tecnológicos para monitorear su ritmo cardíaco y ajustar su entrenamiento en tiempo real.

El estudio realizado por Wu et al. (2023) se centra en el desarrollo de un sensor flexible y estirable que tiene la apariencia de un tatuaje temporal y que se puede aplicar a la piel para monitorear diversas señales fisiológicas y biométricas; Wu et al. (2021) abordan en su investigación el desarrollo de una tecnología de tatuaje electrónico o tatuaje inteligente que puede adherirse a la piel y realizar un análisis integral de las señales biométricas relacionadas con la temperatura corporal y la actividad muscular; Tang et al. (2021) se enfocaron en el desarrollo de una bioelectrónica suave y conformal que facilita una interfaz inalámbrica efectiva entre el cuerpo humano y las máquinas, con el potencial de revolucionar la forma en que se interactúa con dispositivos electrónicos a través de aplicaciones significativas en campos como la medicina, la rehabilitación y la investigación en neurociencia.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos se llegó a la conclusión que el dispositivo tipo tatuaje tecnológico, es funcional y que las diferencias de medición con respecto al esfigmomanómetro son mínimas y que esas variaciones se pueden deber a que con los nervios el pulso puede aumentar y las lecturas presentar errores; la confiabilidad de los tatuajes tecnológicos puede variar según varios factores, como la calidad de los componentes electrónicos utilizados, la precisión de los sensores incorporados y la estabilidad de las conexiones inalámbricas, entre otros; la calidad de los componentes debe capaces de soportar las condiciones de la piel, como el movimiento, la sudoración y la exposición a la humedad. Si el tatuaje tecnológico incorpora sensores para medir variables fisiológicas, es crucial que estos sensores sean precisos y consistentes en sus mediciones, además, si se comunica con dispositivos externos a través de conexiones inalámbricas, la estabilidad de estas conexiones es importante para su óptimo funcionamiento.

A medida que la investigación y el desarrollo continúan en el campo de los tatuajes electrónicos para el monitoreo del ritmo cardíaco, se vislumbran perspectivas emocionantes ya que se espera que la tecnología mejore en términos de precisión, durabilidad y capacidad de transmisión de datos. Además, la miniaturización y la integración de sensores avanzados pueden permitir un monitoreo aún más completo de la salud cardíaca. La colaboración entre científicos, ingenieros y profesionales de la salud es esencial para impulsar esta tecnología hacia el futuro, ya que la investigación interdisciplinaria aborda los desafíos actuales y abre nuevas posibilidades en el monitoreo del ritmo cardíaco y la atención médica en general.

Los tatuajes electrónicos para el monitoreo del ritmo cardíaco representan una innovación emocionante en la atención médica y el bienestar, ofrecen comodidad, precisión y una herramienta invaluable para la detección temprana de problemas cardíacos; sin embargo, es crucial abordar las preocupaciones relacionadas con la privacidad y la seguridad de los datos, así como garantizar la accesibilidad de esta tecnología. A medida que las investigaciones y los desarrollos continúen, los tatuajes electrónicos tienen el potencial de mejorar la atención médica y la calidad de vida de las personas en todo el mundo.

REFERENCIAS

Ates, H. C., Nguyen, P. Q., Gonzalez-Macia, L., Morales-Narváez, E., Güder, F., Collins, J. J., & Dincer, C. (2022). End-to-end design of wearable sensors. *Nature Reviews Materials*, 7(11), 887-907.

Bandodkar, A. J., & Wang, J. (2019). Non-invasive wearable electrochemical sensors: a review. *Trends in Biotechnology*, 38(5), 573-584.

Canetti, R. B., Monacchi, M. C., Di Marco, V., & Díaz, L. (2023). Intersections between design, health and sustainability: the case of wearables. *Electronic Journal of SADIO*, 22.

Ceballos, A. M. R., Blandón, D. F. Z., Marulanda, D. C. C., Quinchia, M. H., Grisales, S. O., & Soto, M. C. V. (2021). METROLOGIA BIOMÉDICA: IMPORTANCIA Y APLICACIÓN EN EL INSTRUMENTO ESFIGMOMANÓMETRO: BIOMEDICAL METROLOGY: IMPORTANCE AND APPLICATION IN THE SPHYGMOMANOMETER INSTRUMENT. *Revista GRINDDA*, 3, 111-128.

Espinoza, M. B. M. B. (2023). Cultura de emprendimiento e innovación en estudiantes universitarios, perspectiva en América Latina. *YACHAQ*, 6(1), 99-119.

García, A., & Rodríguez, M. (2021). Sensores de Tatuajes Electrónicos: Aplicaciones en el Monitoreo de la Salud y Comunicación Inalámbrica. *Revista de Tecnología Biomédica*, 13(2), 75-88.

González, A., & Pérez, M. (2019). Tatuajes tecnológicos: Diversos enfoques para la integración de sensores y tinta conductora en la piel. *Revista de Ingeniería Biomédica*, 12(3), 55-68.

Liparoti, M., & Lopez, E. T. (2021). Biofeedback in sport and education.

Liu, Y., Bao, R., Tao, J., Li, J., Dong, M., & Pan, C. (2020). Recent progress in tactile sensors and their applications in intelligent systems. *Science Bulletin*, 65(1), 70-88.

Lopez, A., & Martínez, R. (2022). Tatuajes tecnológicos para el monitoreo del ritmo cardíaco: una sinergia prometedora entre la tecnología y la salud. *Revista de Avances en Ingeniería Biomédica*, 14(2), 45-57.

López, A., & Pérez, M. (2021). Electrodo de Tatuaje Electrónico para Registros de Electrocardiograma (ECG) y Electroencefalograma (EEG) en la Piel: Potencial para Aplicaciones Clínicas. *Revista de Ingeniería Biomédica Aplicada*, 14(3), 102-115.

Lozano, M., & García, J. (2021). Tatuajes tecnológicos: de la estética a la salud y el deporte. *Revista de Tecnología y Salud Digital*, 8(1), 22-35.

Martínez, P., & Gómez, L. (2020). Tatuajes tecnológicos como dispositivos no invasivos para la monitorización personalizada: Una revisión. *Revista de Tecnología y Ciencia Aplicada*, 5(2), 88-102.

Martínez, P., & Rodríguez, L. (2020). Integración de Capacidades de Comunicación en Tatuajes Electrónicos: Transferencia Inalámbrica de Datos y Comunicación con Dispositivos Externos. *Revista de Ingeniería Biomédica y Tecnología de la Comunicación*, 13(2), 45-58.

Meng, K., Xiao, X., Wei, W., Chen, G., Nashalian, A., Shen, S., ... & Chen, J. (2022). Wearable pressure sensors for pulse wave monitoring. *Advanced Materials*, 34(21), 2109357.

Monsalvo Villegas, A. (2020). Bases moleculares que subyacen el impacto de pirfenidona en el acoplamiento excitación-contracción de cardiomiocitos.

Ortigoza, D. V., Aguinaga, L., Bravo, A., Trotta, O., Moreno, G., Salica, G., ... & Urrutia, Y. V. (2023). Guía 2023 de diagnóstico y tratamiento sobre la fibrilación auricular de la Federación Argentina de Cardiología. *Revista de la Federación Argentina de Cardiología*, 52, 6-32.

Park, W. T., Liu, A., Zhu, H., Kim, S. J., Kim, H., Kim, M. G., & Noh, Y. Y. (2020). High-performance p-channel transistors with transparent Zn doped-CuI. *Nature communications*, 11(1), 4309.

Pérez, D., & Rodríguez, L. (2020). Métodos de medición del ritmo cardíaco: Desde la palpación tradicional hasta las aplicaciones móviles. *Revista de Ciencias Médicas y Tecnología de la Salud*, 7(1), 33-46.

Piscal, E. A. M., & Cucas, H. A. A (2022). Sistema de procesamiento y caracterización de potenciales ECG para la clasificación de arritmias cardíacas mediante uso de técnicas de aprendizaje automático supervisadas. Catalogación en la publicación–Biblioteca Nacional de Colombia Encuentro Institucional Semilleros de Investigación (San Juan de Pasto), compilador Investigar e innovar en ambientes diversos con sustento en el desarrollo humano sostenible/memoria del XVII Encuentro Institucional Semilleros de Investigación, II, 76.

Sánchez, J., & López, A. (2022). Tatuajes electrónicos para la monitorización no invasiva de glucosa a través del análisis del sudor. *Revista de Avances en Tecnología Biomédica*, 15(1), 55-68.

Smith, E. S., McKay, A. K., Ackerman, K. E., Harris, R., Elliott-Sale, K. J., Stellingwerff, T., & Burke, L. M. (2022). Methodology review: a protocol to audit the representation of female athletes in sports science and sports medicine research. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 32(2), 114-127.

Tang, G., Shi, Q., Zhang, Z., He, T., Sun, Z., & Lee, C. (2021). Hybridized wearable patch as a multi-parameter and multi-functional human-machine interface. *Nano Energy*, 81, 105582.

Tehrani, F., Teymourian, H., Wuerstle, B., Kavner, J., Patel, R., Furnidge, A., ... & Wang, J. (2022). An integrated wearable microneedle array for the continuous monitoring of multiple biomarkers in interstitial fluid. *Nature Biomedical Engineering*, 6(11), 1214-1224.

Wang, C., Chen, X., Wang, L., Makihata, M., Liu, H. C., Zhou, T., & Zhao, X. (2022). Bioadhesive ultrasound for long-term continuous imaging of diverse organs. *Science*, 377(6605), 517-523.


Wang, H., Wang, J., Chen, D., Ge, S., Liu, Y., Wang, Z., ... & Yang, J. (2022). Robust tattoo electrode prepared by paper-assisted water transfer printing for wearable health monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 22(5), 3817-3827.

Wu, H., Xu, J., Wang, J., & Long, M. (2021). Autoformer: Decomposition transformers with auto-correlation for long-term series forecasting. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 34, 22419-22430.

Wu, X. J., Ho, S., & Shi, H. H. (2023, April). A cost-effective, accessible Reduced Graphene Oxide (rGO) multifunctional wearable sensor via transfer printing. In *Nano-, Bio-, Info-Tech Sensors, and Wearable Systems 2023* (Vol. 12485, pp. 35-39). SPIE.

Zhang, T., Gu, Y., Chen, H., Wang, F., Pu, Y., Gao, C., & Li, S. (2019). Mini review on flexible and wearable electronics for monitoring human health information. *Nanoscale research letters*, 14, 1-15.

Zhu, M., Li, J., Yu, J., Li, Z., & Ding, B. (2022). Superstable and intrinsically self-healing fibrous membrane with bionic confined protective structure for breathable electronic skin. *Angewandte Chemie International Edition*, 61(22), e202200226.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .