

Investigación original



La fotopletismografía como método para el monitoreo de la presión arterial

Photoplethysmography as a method for blood pressure monitoring

Diego Arturo Oliva Reyes ^{1 A}; María Jacqueline Camacho Téllez ^{2 B}; Christian Susana Elizalde Santoyo ^{3 C}; Mónica Valeria Morales Islas ^{4 D}; Dana Karen Chacón Guerrero ^{5 E}

1. *Coordinador Clínico de Educación e Investigación en Salud, Unidad de Medicina Familiar No. 4; Instituto Mexicano del Seguro Social. Ciudad de México, México.*
2. *Enfermera Pasantes de Servicio Social, Unidad de Medicina Familiar No. 4; Instituto Mexicano del Seguro Social. Ciudad de México, México.*
3. *Enfermera Pasantes de Servicio Social, Unidad de Medicina Familiar No. 4; Instituto Mexicano del Seguro Social. Ciudad de México, México.*
4. *Enfermera Pasantes de Servicio Social, Unidad de Medicina Familiar No. 4; Instituto Mexicano del Seguro Social. Ciudad de México, México.*
5. *Médico Pasantes de Servicio Social, Unidad de Medicina Familiar No. 4; Instituto Mexicano del Seguro Social. Ciudad de México, México.*

Fecha recepción: 03-10-2024

Fecha aceptación: 11-11-2024

Fecha publicación: 20-01-2025

RESUMEN

La disponibilidad de los tensiómetros digitales ha mejorado la vigilancia de la presión arterial, pues su medición es esencial en la práctica médica moderna para la detección temprana y prevención de enfermedades cardiovasculares relacionadas con la hipertensión arterial. El uso de la fotopletismografía como opción para la cuantificación no invasiva es otra alternativa que ha surgido recientemente; sin embargo, requiere de análisis para comprobar su efectividad al compararlo con las cifras que se obtienen con el método oscilométrico. El presente estudio responde a la necesidad de entender el mecanismo por el cual la pletismografía determina las cifras tensionales con la finalidad de que el personal de salud se mantenga a la vanguardia ante las tendencias tecnológicas. **Objetivo:** Determinar la efectividad de los relojes inteligentes para la toma de la presión arterial. **Metodología:** Estudio analítico de tipo prospectivo, transversal y comparativo en personas mayores de 35 años; se realizó monitoreo durante cinco días con reloj inteligente y tensiómetro de muñeca; a través de la presión arterial media se compararon los resultados con la determinación del error relativo y absoluto. **Resultados:** Se monitorizaron a 181 personas, el 35% de la población correspondió al grupo de edad de 35 a 39 años; el error relativo de las mediciones obtenidas con el reloj inteligente fue (ϵ)=0.744%. **Conclusiones:** Los relojes inteligentes prometen ser una herramienta valiosa para la determinación de algunos signos vitales; a pesar de ello, el mecanismo para la obtención de los resultados debe ser ampliamente analizado, ya que los métodos de evaluación autorizados en donde se realiza una compresión sobre la superficie arrojan el resultado en mmHg unidad de medición aún vigente en la medicina contemporánea.

PALABRAS CLAVE:

Reloj inteligente, fotopletismografía, método oscilométrico.

A. Email: diego.olivar@imss.gob.mx
drdiego.oliva.cceis4@gmail.com

 ORCID 0000-0002-9083-1283

B.  ORCID 0009-0007-0883-2513

C.  ORCID 0009-0002-3408-9069

D.  ORCID 0009-0009-7904-3954

E.  ORCID 0009-0001-3060-4732

SUMMARY

The availability of digital blood pressure monitors has improved blood pressure monitoring; its measurement is essential in modern medical practice for the early detection and prevention of cardiovascular diseases related to high blood pressure; The use of photoplethysmography as an option for non-invasive quantification is another alternative that has recently emerged; However, it requires analysis to verify its effectiveness compared to the figures obtained with the oscillometric method. The present study addresses the need to understand the mechanism by which plethysmography determines blood pressure figures in order for health personnel to remain at the forefront of technological trends. **Objective:** Determine the effectiveness of smart watches for measuring blood pressure. **Methodology:** Prospective, cross-sectional and comparative analytical study, in people over 35 years of age, monitoring was carried out for five days with a smart watch and wrist blood pressure monitor, through mean arterial pressure the results were compared with the determination of the relative error and absolute. **Results:** 181 people were monitored, 35% of the population corresponded to the age group of 35 to 39 years; The absolute error of the measurements with the smart watch was ($C_v=0.744\%$). **Conclusions:** Smart watches promise to be a valuable tool for determining some vital signs; However, the mechanism for obtaining the results must be widely analyzed, since the authorized evaluation methods where compression is performed on the surface give the result in mmHg, a unit of measurement still in force in contemporary medicine.

KEYWORDS:

Smart watch, photoplethysmography, oscillometric method

ANTECEDENTES

En 1643, Evangelista Torricelli analizó el comportamiento de los fluidos y, en un experimento mediante el cual buscaba comprobar la influencia de la atmosfera para mantener los líquidos dentro del área que los resguardaba, construyó un tubo de vidrio sellado en uno de sus extremos. Seguidamente, lo graduó en milímetros (*mm*) para poder medir sus resultados con la ayuda del mercurio que depositó dentro del tubo a fin de efectuar el experimento. Su hipótesis mencionaba que una vez que se giraba el tubo para permitir la salida del mercurio (*Hg*), este detendría su salida en un momento dado; de ser así, entonces la presión ejercida por la atmosfera (la cual coloquialmente la conocemos como cielo) sería el causante de detener su salida por el tubo de vidrio. El resultado, por lo tanto, fue que la columna de mercurio descendió hasta la medida de 760 milímetros de mercurio; fue así que el experimento permitió definir un milímetro de mercurio (*mmHg*) como la presión ejercida en la base de una columna de mercurio de un milímetro de altura.

En 1904, el médico militar ruso Nikolai Korotkov (1874-1920), en la Academia Imperial Médica Militar de San Petersburgo, mejoró el método mediante la utilización del estetoscopio sobre la arteria humeral, con lo cual describió los famosos ruidos de Korotkov, y posibilitó de esa manera también la toma de la presión diastólica, método que perdura hasta la actualidad.

En el siglo XIX, los médicos comenzaron a darse cuenta de que la presión arterial podía ser un indicador de la salud cardiovascular. En consecuencia, se desarrollaron varios dispositivos para medir la presión arterial, pero la mayoría eran incómodos e imprecisos. Actualmente es conocido que los tensiómetros que requieren mercurio son menos utilizados debido a la toxicidad de este elemento químico. No obstante, dentro del área médica la presión todavía se mide en milímetros de mercurio, a pesar de que ya no se emplea este metal pesado^{1,2}. Entre las mediciones rutinarias de presión en otros ámbitos de la fisiología se encuentra, por ejemplo, la presión intraocular que se practica con un tonómetro, además de la presión del líquido cefalorraquídeo, la presión hidrostática del interior de la ca-

vidad craneal, la presión intramuscular (afectada en el síndrome compartimental), la presión venosa central, el cateterismo cardíaco derecho y la ventilación mecánica.

INTRODUCCIÓN

El equipo empleado como auxiliar para realizar la medición no invasiva o indirecta de la presión arterial, de manera general consta de un brazalete inflable, una perilla para insuflarlo y un regulador de presión que puede ser de columna de mercurio, aneróide o electrónico. De igual forma, la técnica auscultatoria ayuda a obtener el valor de la presión y es el método más utilizado; en el caso de los esfigmomanómetros o tensiómetros electrónicos se utiliza la técnica oscilométrica. En ambos procedimientos se puede determinar la presión sistólica y la presión diastólica las cuales son reportadas en milímetros de mercurio (*mmHg*) y también en kilopascales (*kPa*); las dos son unidades internacionales empleadas para referir los valores medidos³.

Por otro lado, los tensiómetros digitales son cada vez más populares debido a su facilidad de uso y precisión; estos también pueden almacenar registros de lecturas, lo que permite a los médicos y pacientes monitorear la presión arterial a lo largo del tiempo. Los avances tecnológicos en el diseño y funcionamiento de los tensiómetros han mejorado significativamente la eficacia y exactitud del análisis de la presión arterial, y esto favorece su vigilancia. Por lo tanto, todas las herramientas auxiliares para la toma de signos vitales son regulados para garantizar su calidad, ya que estos dispositivos son comercializados para su uso extrahospitalario y su operatividad se encuentra regulada por normas internacionales y nacionales.^{4,5,6,7}

Hasta ahora, la mayoría de los relojes inteligentes que cuentan con la prestación para medir la presión arterial en realidad hacen una estimación mediante un algoritmo. Estos dispositivos calculan la presión arterial a partir de los datos recogidos por varios de sus sensores procesando los datos. Por lo general, emplean un sensor que determina cuándo se produce el latido del corazón a través de la detección de su señal eléctrica a otro sensor óptico que detecta la onda del pulso, llamado fotoplethysmografía.

La fotopleletismografía (*PPG* por sus siglas en inglés) es una técnica ampliamente usada para medir parámetros fisiológicos de manera no invasiva, que se basa en un sistema optoelectrónico⁸ formado por un diodo emisor de luz (*LED* por sus siglas en inglés) y un elemento receptor (fototransistor) que, en conjunto, se encargan de alumbrar la piel y detectar las variaciones lumínicas que se producen debido a los efectos de reflexión y absorción de la luz por la sangre en las arterias, produciéndose una onda dicrotica que posteriormente el dispositivo analiza con su software instalado. Asimismo, la fotopleletismografía permite los cambios de volumen sanguíneo dados por la actividad cardíaca, al registrar la onda de pulso sanguíneo a partir de la cual se puede obtener información de variables relacionadas con el sistema cardiovascular, como frecuencia cardíaca, tensión arterial, oximetría de pulso y frecuencia respiratoria (figura 1).

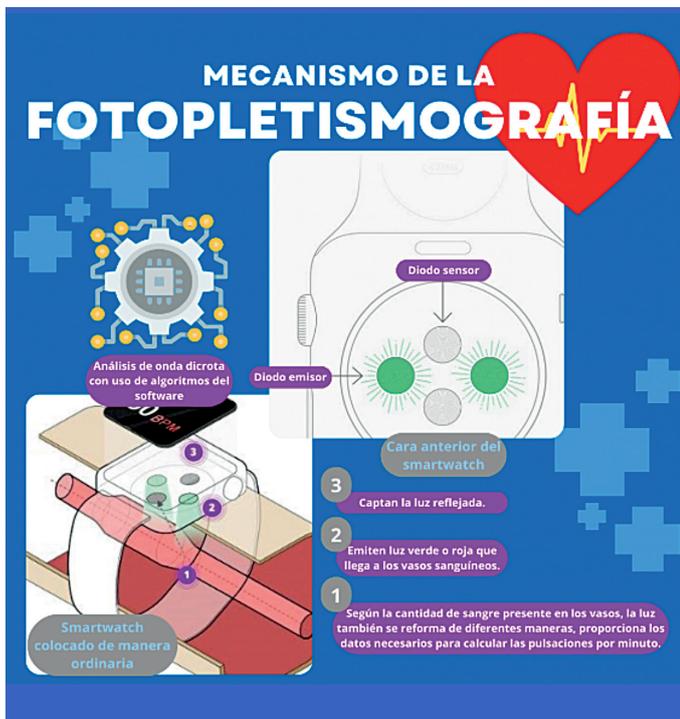


Figura 1. El reloj inteligente utiliza un sistema optoelectrónico para obtener información de la onda de pulso sanguíneo.

Los registros obtenidos a partir de esta técnica son sensibles y están limitados por factores como el correcto posicionamiento de los dispositivos optoelectrónicos, tal es el caso de los relojes inteligentes que se ocupan con la pantalla colocada en el dorso de la muñeca, que suele ser la manera ordinaria de hacerlo.

Además, la presión ejercida por la correa sobre la circunferencia de la muñeca es otro factor y también se ha considerado la pigmentación de la piel. Actualmente existen algunos modelos de relojes inteligentes que miden la presión arterial con el método oscilométrico^{7,8}. Este es el mismo principio de funcionamiento de cualquier tensiómetro convencional o digital, lo cual les convierte en instrumentos más fiables que incluso han logrado obtener certificación como equipos de uso médico (figura 2).

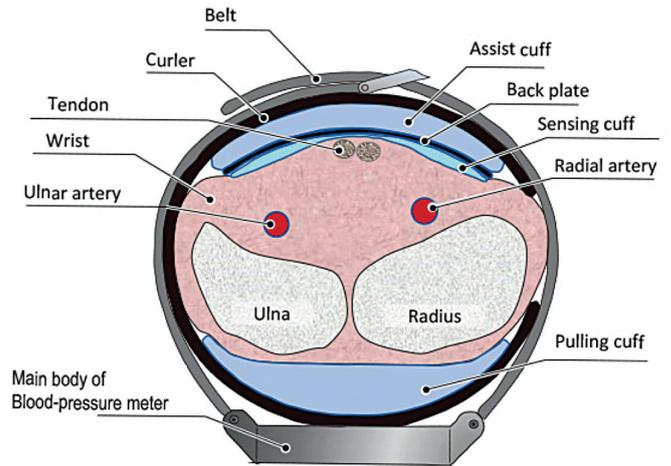


Figura 2. Obtenida de Kubo T, Nishioka T. Arterial Compression Technology for a Eathc-type Blood Pressure Monitor ⁹.

MATERIAL Y MÉTODOS

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad de Medicina Familiar 4 del Instituto Mexicano del Seguro Social, de acuerdo con la base de datos del personal operativo de unidad activos 2023-2024 mayores a 35 años. La monitorización de la presión arterial se realizó durante 5 días con un reloj inteligente marca Samsung, modelo Galaxy Watch 3, y un segundo registro, ocupando un tensiómetro de muñeca marca Neutek modelo BP-202H.

La unidad de medicina familiar cuenta con un universo de 340 trabajadores. Se determinó el universo de estudio con la fórmula de cálculo de muestra para poblaciones finitas, se consideró 95% de seguridad, 5% de precisión, 5% (0.05) de proporción; por consiguiente, el tamaño de la muestra fue de 181 personas. Los criterios de inclusión fueron trabajadores de la unidad con edad igual o mayor de 35 años, mujeres y hombres.

Para la medición de la presión arterial, se realizó una base de datos en Excel agrupando a los participantes en cinco categorías de acuerdo con su edad, lo anterior como estrategia para la difusión y promoción de la salud de acuerdo con el programa *CHKT* del Instituto Mexicano del Seguro Social.⁵ En la figura 3 se muestra el proceso para la determinación de la presión arterial, el cual se realizó de acuerdo con las indicaciones de la NOM-030-SSA2-2009 y la GPC para el diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial.^{6,7,8}

Figura 3. Izquierda: Procedimiento para la medición de la presión arterial con reloj inteligente marca Samsung, modelo Galaxy Watch 3. Derecha: Técnica para la medición de la presión arterial con tensiómetro marca Neutek, modelo BP-202H; el orden para la recolección de datos (de izquierda a derecha): se obtuvieron primero las cifras de presión arterial con el método fotopleletismográfico y posteriormente con el método oscilométrico.



ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para describir la población, se utilizaron frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas. Para el análisis de las cifras obtenidas, se implementó la presión arterial media con la fórmula $PAM = (2(PD) + PS)/3 - PD$ = presión diastólica y PS = presión sistólica. El análisis comparativo de los resultados de ambos auxiliares de medición se determinó mediante la fórmula de error absoluto (C_a) y error relativo (C_r) para varias determinaciones, en donde se consideró que la sensibilidad del instrumento es $\pm 3\text{mmHg}$ para el tensiómetro de muñeca y la sensibilidad documentada del instrumento para el reloj inteligente es $\pm 6\text{mmHg}$ ^{15,16}.

RESULTADOS

Se clasificó a la población estudiada en cinco grupos de edad, el 35% de la población estudiada corresponde al grupo de edad de 35 a 39 años.

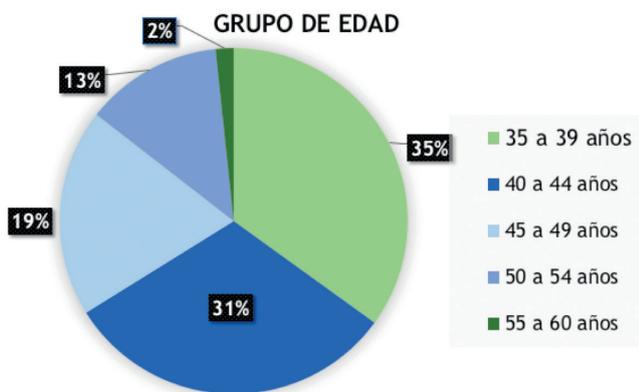


Figura 4. Porcentaje de población estudiada por edad.

Con el promedio de las presiones obtenidas de cinco días, se determinó la presión arterial media; con ambos dispositivos se encontró mayor fluctuación en el grupo 1 correspondiente a

personas de 35 a 39 años con $\pm 2.24\text{mmHg}$, con el tensiómetro de muñeca no existió desviación de los valores medidos en el grupo 2, que corresponde a la población de 40 a 44 años.

GRUPO	TENSIÓMETRO DE MUÑECA Sensibilidad= $\pm 3\text{mmHg}$		RELOJ INTELIGENTE Sensibilidad= $\pm 6\text{mmHg}$	
	PROMEDIO TA MEDIA	DESVIACIÓN	PROMEDIO TA MEDIA	DESVIACION
1 (35-39 años)	85.6	2.24	90.2	-2.16
2 (40-44 años)	87	0	90	0
3 (45-49 años)	88.2	-0.68	92	-1.2
4 (50-54 años)	87.8	0.24	92.2	-0.32
5 (55-60 años)	84.2	-0.12	86.8	0
Promedio	86.56		90.32	
Error absoluto (C_a)		0.3		-0.6

Tabla 1. Comparación de resultados entre el tensiómetro de muñeca y el reloj inteligente con promedio de la tensión arterial media y la desviación en cada grupo de edad.

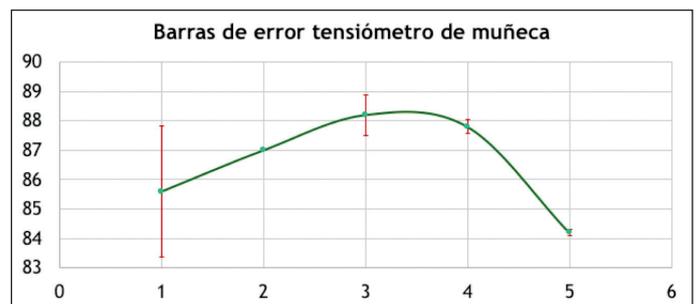


Figura 5. Barra de error para el tensiómetro de muñeca. En

el eje de las *x* están representados los grupos de edad de la población estudiada, en el eje de las *y* se representan las mediciones de la presión arterial media en mmHg, en donde se muestra el error relativo por grupo de edad.

De igual forma, la determinación del error con el reloj inteligente mostró fluctuaciones de resultados en el grupo 1 y grupo 3; este último es el grupo donde se observó un rango de valores ampliado con ± 1.2 mmHg en comparación con los resultados obtenidos en la misma población con el uso del tensiómetro de muñeca.

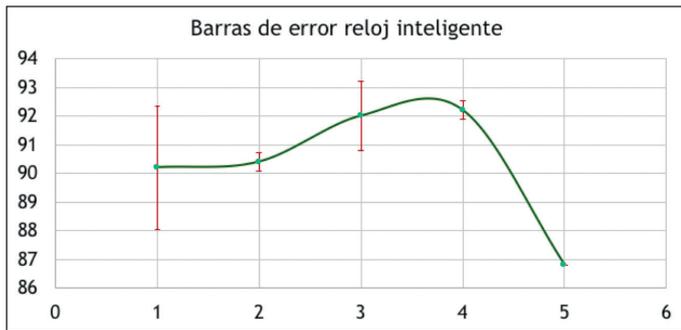


Figura 6. Barra de error reloj inteligente, en el eje de las *x* están representados los grupos de edad de la población estudiada, en el eje de las *y* se representan las mediciones de la presión arterial media en mmHg, en donde se muestra el error relativo por grupo de edad.

Con los datos expuestos en la tabla 1, se muestra el error absoluto de las mediciones del reloj inteligente que corresponde de $C_a = \pm 0.6$ mmHg, el error absoluto de las mediciones con el tensiómetro de muñeca es de $C_a = \pm 0.3$ mmHg; para lo cual, se procedió a obtener el valor relativo para varias mediciones.

DISCUSIÓN

La importancia de determinar el error relativo (C_y) de la fotopletiografía, específicamente en la determinación de la presión arterial, radica en que esta herramienta obtiene la medición después de procesar los datos en el software del dispositivo. La forma de las ondas que analiza son interpretadas en hertz por segundo (*Hz/seg*); al ser una herramienta con formas de medición distinta genera un principio de incertidumbre sobre la calidad de su medición, de tal manera que la diferencia de tiempo entre la señal eléctrica del latido cardíaco y la llegada de la sangre a la muñeca se denomina *Pulse Transit Time (PTT)*. Este valor suele ser directamente proporcional al valor de presión arterial, por lo que se puede correlacionar y así estimar la presión arterial.

Sin embargo, la relación entre el *PTT* y la presión arterial no siempre es lineal y puede variar entre personas por razones fisiológicas o patológicas. Para controlar ese potencial margen de error, es recomendable comparar periódicamente los valo-

Instrumento	TENSIÓMETRO DE MUÑECA	RELOJ INTELIGENTE
Error absoluto (C_a)	± 0.336 mmHg	± 0.672 mmHg
$V_m =$	$86.56 \text{ mmHg} \pm 0.336 \text{ mmHg}$	$90.32 \pm 0.672 \text{ mmHg}$
$E_r =$	0.336 mmHg 86.56 mmHg	0.672 mmHg 90.32 mmHg
	$\times 100$	$\times 100$
$E_r =$	0.3%	$E_r = 0.7\%$

Tabla 2. El rango de valores con el tensiómetro de muñeca fluctúa entre $86.56 \text{ mmHg} \pm 0.336 \text{ mmHg}$, mientras que hay una amplitud de los valores correspondiente a $90.32 \pm 0.672 \text{ mmHg}$ con el reloj inteligente.

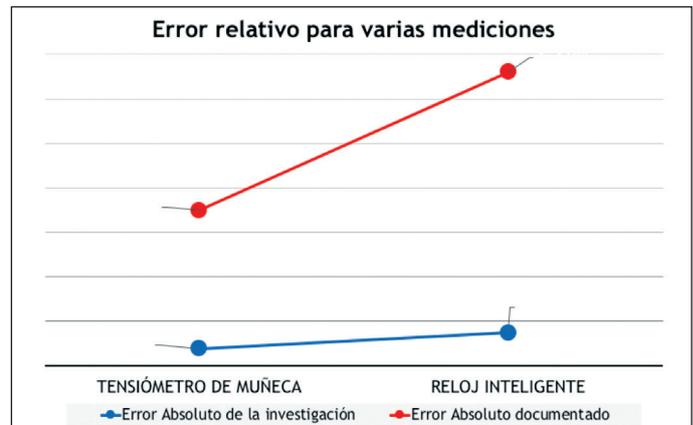


Figura 7. Comparación del error relativo para las dos herramientas auxiliares en la toma de presión arterial donde se muestra mejor calidad de medición con el método oscilométrico ($C_y = 0.3\%$). En la línea roja se observan los datos obtenidos considerando la sensibilidad de la herramienta documentada, en la cual se muestra que $C_y = 6.6\%$ para el reloj inteligente.

res del *PPT* con las mediciones obtenidas de un tensiómetro convencional para ajustar o calibrar el reloj inteligente (algo que no es posible en todos los modelos actualmente).

De acuerdo al mecanismo de los relojes inteligentes, para obtener los valores con el uso de la fotopletiografía, como se observa en la figura 1, también se consideró la anatomía de la extremidad superior, de tal manera que se modificó la colocación del reloj inteligente con la finalidad de que el diodo LED emitiera la luz con un rango de frecuencia confiable, dada la cercanía con el pulso radial, como lo propone el modelo de Kubo y Nishioka para la medición de la presión arterial (figura 2), aunque su dispositivo utiliza el método oscilométrico; además, para la obtención de los registros se unificó la técnica para ambas mediciones (figura 3). Las recomendaciones que realizan Celi et al. al respecto consisten en utilizar filtros para eliminar ruidos en la señal, de la misma forma sugieren mantener un voltaje de 0.3-10.6 Hz, ya que con este rango de frecuencia logran la estabilidad de la lectura de las ondas.¹⁷

Como se muestra en la figura 7, el error absoluto (C_γ) también fue determinado con base en los lineamientos internacionales para tensiómetros digitales. Cabe señalar que el error absoluto (C_α) para el reloj inteligente se consideró de acuerdo con lo descrito en el ISO 81060-2 de protocolo estandarizado de toma de tensión arterial,¹⁸ con una desviación de $<6\pm 10$ mmHg; la validación de este sistema de medición se realizó en un test clínico donde participaron 85 personas¹⁹. Si bien las instrucciones de uso (presión arterial) IFU del reloj inteligente empleado mencionan que la determinación de la presión arterial mediante esta forma solo es para uso no diagnóstico, y, a pesar de las adecuaciones para la medición de la presión arterial que se realizaron en el presente estudio, esto obliga a considerar otras variables que pudieran afectar la medición. Entre las más importantes están los materiales con los que está elaborado el dispositivo para emitir y recibir una señal óptima y el ajuste del brazalete sobre la muñeca. Otras variables relacionadas con el usuario, además de las previamente mencionadas, son la vasoconstricción arterial, la existencia de placa de ateroma en el endotelio periférico y su relación con el voltaje programado del LED que tenga el reloj inteligente, alteraciones del ritmo cardiaco principalmente paroxísticas y pacientes con anemia severa que afecte el *Pulse Transit Time* del reloj inteligente, como se analizó previamente.

CONCLUSIONES

La concientización para preservar un estado de salud óptimo con el uso de nuevos recursos tecnológicos de uso cotidiano ofrece una alternativa para atender el automonitoreo de los signos vitales sin la incomodidad de utilizar aparatos de medición fácilmente visibles en lugares públicos, como, por ejemplo, la oficina o áreas de trabajo. En este caso, los relojes inteligentes, con capacidades avanzadas para el monitoreo de signos vitales de una forma más discreta y cómoda para el usuario, prometen ser herramientas valiosas para favorecer la vigilancia del estado de salud, así como para promover hábitos saludables y proporcionar datos útiles tanto a los usuarios como a los profesionales de la salud en las visitas médicas periódicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Evaluación de la legislación mexicana, capacidad e infraestructura del manejo del mercurio en México*. (2016, diciembre). <https://www.gob.mx/>. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200030/Informe_final_componente_2.pdf
2. *Convenio de Minamata sobre el mercurio*. (2019, septiembre). Naciones Unidas. <https://minamataconvention.org/sites/default/files/2021-06/Minamata-Convention-booklet-Sep2019-SP.pdf>
3. Navarro, F. (2018). ¿En qué unidades se mide la tensión arterial? *Revista Española de Cardiología*, 71(7):511, <https://www.revespcardiol.org/es-en-que-unidades-se-mide-la-tension-arter-articulo-S0300893217307649-pdf>.
4. Comité Consultivo Nacional de Normalización, de Regulación y Fomento Sanitario. NORMA Oficial Mexicana NOM-137-SSA1-1995, Información regulatoria-Especificaciones generales de etiquetado que deberán ostentar los dispositivos médicos, tanto de manufactura nacional como de procedencia extranjera. Diario Oficial de la Federación; 1995
5. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. PROYECTO de la Norma Oficial Mexicana NOM-009-SCFI-1993, instrumentos de medición esfigmomanómetros de columna de mercurio y de elemento sensor elástico para uso en humanos. Diario Oficial de la Federación; 1993.

Sin embargo, se debe mejorar el desempeño para la medición de la presión arterial, ya que en la actualidad existe un horizonte de incertidumbre sobre su confiabilidad debido a que no hay un mecanismo efectivo semejante a los métodos no invasivos para la medición de la presión arterial verificados. La revista del consumidor realizó un estudio de calidad en el 2017 para examinar la veracidad de las lecturas, lo hizo comparando la medición obtenida con un baumanómetro de columna de mercurio con los principales modelos de brazo y de muñeca comercializados en el territorio mexicano. La intención fue orientar al consumidor al momento de comprar un dispositivo. Este estudio fue evaluado con los requisitos solicitados en la PROY-NOM-009-SCFI-2007.²⁰

La complejidad en el uso de los relojes inteligentes con capacidad para realizar mediciones de la presión arterial comienza desde el momento en que requieren de una calibración a través de un cálculo previo con el método oscilométrico para programar el software del reloj inteligente, como lo dicta su instructivo de uso.²¹ Si este ajuste no es supervisado por profesionales de la salud, puede influir directamente en las lecturas, por lo que no debe ser considerado como un recurso para el diagnóstico de hipertensión arterial sistémica.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en la presentación y publicación del presente artículo.

FINANCIAMIENTO

Estudio financiado por los autores.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

La autorización de las personas estudiadas se realizó en apego al Anexo 8: Carta de consentimiento informado para participación en protocolos de investigación en salud (adultos) 2810-009-013 del procedimiento 2810-003-002 del Instituto Mexicano del Seguro Social.

6. Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad al Usuario, Información Comercial y Prácticas de Comercio. NORMA Oficial Mexicana NOM-024-SCFI-2013, Información comercial para empaques, instructivos y garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos [Internet]. Diario Oficial de la Federación; 2013. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5309980&fecha=12/08/2013#gsc.tab=0
7. Cenetec S de S. Guía Tecnológica No. 7: Esfigmomanómetro (GMDN 13106) [Internet]. 2004. Disponible en: http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/biomedica/guias_tecnologicas/7gt_esfigmo.pdf
8. Pan American Health Organization. *Especificaciones técnicas de la OMS para dispositivos automáticos de medición de la presión arterial no invasivos y con brazalete*. Organización Panamericana de la Salud; 2020.
9. Takeshi K, Takanori N. Arterial Compression Technology for a Watch-type Blood Pressure Monitor. OMRON TECHNICS [Internet]. 2020;52:1-19. Disponible en: <https://www.omron.com/global/en/technology/omrontechnics/vol52/016.html>
10. García, J. A. M. (2019). Fotopletismografía PPG. *Uv-mx*. https://www.academia.edu/40562873/Fotopletismograf%C3%ADa_PPG
11. *CHKT*. (s. f.). Instituto Mexicano del Seguro Social. Recuperado 3 de octubre de 2024, de <http://www.imss.gob.mx/personamayor/salud/recursos/chkt>
12. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-030-SSA2-1999, Para la prevención, tratamiento y control de la hipertensión arterial, para quedar como Norma Oficial Mexicana NOM-030-SSA2-2009, Para la prevención, detección, diagnóstico, tratamiento y control de la hipertensión arterial sistémica. (s. f.). En www.dof.gob.mx (DOF: 31/05/2010). Recuperado 3 de octubre de 2024, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5144642&fecha=31/05/2010#gsc.tab=0
13. *Diagnóstico y Tratamiento de la Hipertensión Arterial en el Primer Nivel de Atención*. (2014). Instituto Mexicano del Seguro Social. <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/076GRR.pdf>
14. *Protocolos de Atención Integral - Enfermedades Cardiovasculares - Hipertensión Arterial Sistémica*. (2022). Instituto Mexicano del Seguro Social. <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/profesionales-Salud/investigacionSalud/historico/programas/02-pai-hipertension-arterial-sistemica.pdf>
15. Samsung Electronics Co., Ltd. Aplicación Monitor de Samsung Health (Tensión Arterial App) [Internet]. 2023. Disponible en: https://images.samsung.com/is/content/samsung/assets/es/apps/samsung-health-monitor/2023-08/IFU_BP_ES_202306.pdf
16. ISO. Non-invasive sphygmomanometers – Part 2: Clinical investigation of intermittent automated measurement type [Internet]. 2018. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/73339.html>
17. Celi GG, Rocha M, Yapur ME. Mediciones fotopletismográficas. 2011; Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277801575_Mediciones_fotopletismograficas
18. Stride BP. (2024, 31 enero). *Principios para el listado de dispositivos - Stride BP*. <https://www.stridebp.org/es/acerca-de-nosotros/principios-para-el-listado-de-dispositivos/>
19. Aplicación Samsung Health Monitor (Blood Pressure App). (s. f.). En *Samsung Electronics Co., Ltd.* (Software N.º 2023-06 (v 4.1); Versión 2023-06 (v 4.1)). https://images.samsung.com/is/content/samsung/assets/latin/apps/samsung-health-monitor/2023-08/IFU_BP_SELA_202306.pdf
20. Baumanómetros. (2017). *Revista del Consumidor*, 43-57. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220758/Baumanometros.pdf>
21. *Samsung incluye la presión arterial y el electrocardiograma en Galaxy Watch3 y Galaxy Watch Active2 para 31 nuevos países*. (2021, enero). <https://news.samsung.com/es/samsung-incluye-la-presion-arterial-y-el-electrocardiograma-en-galaxy-watch3-y-galaxy-watch-active2-para-31-nuevos-paises>

Como citar el presente artículo:

Oliva D, Camacho M, Elizalde C, Morales M, Chacón D. La fotopletismografía como método para el monitoreo de la presión arterial. Investigación original. Indexia. Abril 2025.