

Bluetooth Headphones to Reduce Stress with a Virtual Assistant for University Students

Alvaro Chata-Aquino, Bach¹, Gabriel Cuba-Herrera, Bach², Luis Fernández-Arenas, Bach³, Sebastian Montoya-Rodríguez, Bach⁴, Elias Esquicha-Larico, Dr⁵, Carla Cuya-Zevallos, Mg⁶, Elizabeth Mamani-Machaca, Ing⁷

Universidad Católica de Santa María, Peru,

¹ alvaro.chata@estudiante.ucsm.edu.pe, ²gabriel.cuba@estudiante.ucsm.edu.pe, ³luis.fernandez@estudiante.ucsm.edu.pe,

⁴sebastian.montoya@estudiante.ucsm.edu.pe, ⁵edesquicha@yahoo.es, ⁶ccuya@ucsm.edu.pe, ⁷emamanim@ucsm.edu.pe

Abstract— Chronic and acute stress has negative impacts on mental health, immune system and general well-being and is a risk factor for cardiovascular diseases and mood disorders. Although psychological and pharmacological therapy are common, such solutions are also not always available permanently and with real-time adjustment to the subject's state and, therefore, their efficacy in daily scenarios is restricted. To address this problem, this research presents an auditory device that will combine continuous monitoring of signs of stress, stimulation to the vagus nerve and adaptive responses (soothing music, vibrations) to automatically respond to physiological indicators of stress. The closed-loop system will allow for personalized and continuous intervention, in contrast to traditional passive approaches to stress management. The proposed project seeks to integrate the device with university students to improve academic, social and emotional performance, obtaining a 74% acceptance and approval level from our target audience.

Keywords – Neckband hearing aids, sensors, patterns, stress, vagus nerve

Audífonos Bluetooth para Reducir el Estrés con Asistente Virtual en Estudiantes de la Universidad

Alvaro Chata-Aquino, Bach¹, Gabriel Cuba-Herrera, Bach², Luis Fernández-Arenas, Bach³, Sebastian Montoya-Rodriguez, Bach⁴, Elias Esquicha-Larico, Dr⁵, Carla Cuya-Zevallos, Mg⁶, Elizabeth Mamani-Machaca, Ing⁷

Universidad Católica de Santa María, Perú,

¹ alvaro.chata@estudiante.ucsm.edu.pe, ²gabriel.cuba@estudiante.ucsm.edu.pe, ³luis.fernandez@estudiante.ucsm.edu.pe,

⁴sebastian.montoya@estudiante.ucsm.edu.pe, ⁵edesquicha@yahoo.es, ⁶ccuya@ucsm.edu.pe, ⁷emamanim@ucsm.edu.pe

Resumen— El estrés crónico y agudo tiene impactos negativos en la salud mental, sistema inmunológico y bienestar en general y es un factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares y trastornos del estado de ánimo. Aunque son comunes la terapia psicológica y farmacológica, tales soluciones tampoco siempre son disponibles permanentemente y con ajuste en tiempo real al estado del sujeto y, por ello, su eficacia en escenarios diarios se ve restringida. Para abordar este problema, esta investigación presenta un dispositivo auditivo que combinara monitoreo constante de signos de estrés, estimulación hacia el nervio vago y respuestas adaptativas (música relajante, vibraciones) para responder automáticamente a indicadores fisiológicos de estrés. El sistema de bucle cerrado permitirá una intervención personalizada y continua, en contraste con los enfoques pasivos tradicionales para la gestión del estrés. El proyecto propuesto busca integrar el dispositivo con los universitarios para mejorar el rendimiento académico, social y emocional, obteniendo un 74% de nivel de aceptación y aprobación de nuestro público objetivo.

Palabras clave- Audifonos neckband, sensores, patrones, estrés, nervio vago.

I. INTRODUCCIÓN

El estrés se ha establecido como un factor central en la disfunción de la calidad de vida en la sociedad moderna. Según [7], los trastornos mentales vinculados al estrés, como la ansiedad y la depresión, impactan a más de 970 millones de individuos y son una de las principales causas de discapacidad a nivel global. A nivel fisiológico, es conocido que la tensión crónica modifica los niveles de cortisol, agota al sistema inmunológico y está significativa e íntimamente asociada con la aparición de enfermedades cardiovasculares y trastornos afectivos [1], [2], [8].

En el contexto peruano, un estudio con 1,801 estudiantes universitarios de seis ciudades reveló que el 83% de ellos reportaron experimentar estrés académico, con niveles entre medios y medio-altos [9]. En Arequipa, investigaciones más específicas han revelado resultados relevantes: un estudio en la Universidad Nacional de San Agustín [10], con una muestra de 299 alumnos, encontró que los niveles de inteligencia emocional, las estrategias de afrontamiento y los estilos de vida saludable presentaban correlaciones inversas significativas con el estrés académico ($r = -0.153$ a -0.730 , $p < 0.05$). Asimismo, un estudio transversal con 300 estudiantes de la Universidad Católica de Santa María determinó que el 44.3% de ellos presentaron niveles de estrés según la escala *Depression Anxiety Stress Scales-21 (DASS-21)* [11].

Estos hallazgos evidencian que la presión académica constituye un tema prioritario entre los estudiantes universitarios peruanos, con una incidencia particularmente en la región de Arequipa. Dicha presión no solo afecta en el bienestar emocional y físico de los estudiantes, sino en su rendimiento académico, lo que convierte el problema en una prioridad que requiere atención. En este contexto, resulta necesario construir soluciones tecnológicas adaptativas y accesibles capaces de brindarnos nuevamente soporte constante en dicho entorno.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estrés académico en estudiantes universitarios peruanos se ha consolidado como un problema crónico y generalizado que impacta directamente en su rendimiento académico, salud mental y calidad de vida. Estudios realizados en distintas regiones del país muestran que más del 80% de los estudiantes presentan niveles de estrés entre medios y altos [9], siendo Arequipa una de las zonas con mayores indicadores de afectación [10], [11].

Si bien existen terapias convencionales, como la psicoterapia. Además, la mayoría de las estrategias disponibles son reactivas, es decir, intervienen una vez que el estrés ya ha generado efectos visibles en la conducta o salud, en lugar de anticiparse o responder automáticamente a los primeros indicadores fisiológicos.

En este contexto, la ausencia de soluciones portátiles, no invasivas y accesibles que puedan identificar en tiempo real los signos tempranos de estrés académico y activen mecanismos de intervención inmediata y personalizada constituye una brecha crítica. La implementación de tecnologías biomédicas integradas en dispositivos cotidianos, como audífonos, que permitan monitorear parámetros fisiológicos de estrés (p. ej., frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, entre otros) y emitir respuestas adaptativas (p. ej., sonido relajante, vibraciones suaves), se vuelve esencial para apoyar de forma proactiva al estudiante en su entorno académico sin necesidad de intervención constante de terceros [14], [17], [18], [5].

Por lo tanto, para analizar la problemática se requiere seleccionar una muestra significativa que permita cumplir con los objetivos de la investigación propuesta. Según [12], para calcular el tamaño de la muestra de una población finita, se utiliza la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + z^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:

p : proporción de individuos que tienen una característica.
 q : proporción de individuos que no tienen la característica ($q = 1 - p$).

Z^2 : valor de la variable normal estándar correspondiente al nivel de confianza adoptado, elevado al cuadrado. Para un nivel de confianza del 90%, $Z = 1.645$.

N : tamaño de la población.

d : error muestral considerado, elevado al cuadrado. En este estudio se consideró $d = 0.1$.

n : tamaño de la muestra de la población.

Usando la ecuación (1) descrita en [12], se calculó considerando el tamaño de la población N basado en el número total de estudiantes peruanos en Perú (universidades públicas y privadas) en 2023. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática [13], dicha población corresponde a 1,567,027 universitarios.

$$n = \frac{1567027 * 1.645^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2 * (1567027 - 1) + 1.645^2 * 0.5 * 0.5}$$

$n = 68$ encuestados

Se aplicó una encuesta con escala de Likert a 76 estudiantes universitarios en Perú para evaluar su situación de estrés y la aceptación de un dispositivo tecnológico que lo aborde. La escala se definió como: 1 = totalmente en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = neutral, 4 = de acuerdo y 5 = totalmente de acuerdo. Los resultados se presentan en la Tabla I.

TABLA I
RESULTADOS DE LA ENCUESTA CON ESCALA DE LIKERT (N = 76).

Preguntas	Porcentaje	Respuestas
Me siento estresado con frecuencia durante mis actividades académicas.	5.50%	1
	6.80%	2
	23.30%	3
	35.60%	4
	28.80%	5
Siento que mi rendimiento académico se ve afectado por el estrés.	7.90%	1
	3.90%	2
	25.00%	3
	38.20%	4
	25.00%	5
Me cuesta relajarme después de un día de clases.	7.90%	1
	7.90%	2
	28.90%	3
	31.60%	4
	23.70%	5
Me resulta atractiva la idea de usar audífonos inteligentes para controlar el estrés.	7.90%	1
	5.30%	2
	19.70%	3
	32.90%	4
	34.20%	5
Considero útil que un dispositivo detecte mis niveles de estrés en tiempo real.	5.30%	1
	3.90%	2
	18.40%	3

35.50%	4
36.80%	5
9.20%	1
7.90%	2
22.40%	3
28.90%	4
31.60%	5
6.60%	1
9.20%	2
15.80%	3
35.50%	4
32.90%	5
13.20%	1
5.30%	2
23.70%	3
31.60%	4
26.30%	5

III. ANTECEDENTES

En los últimos años, se han desarrollado múltiples dispositivos usando EEG, tanto en entornos educativos [6] como en aplicaciones de monitoreo de estrés y la mejora del bienestar emocional, en respuesta a la creciente demanda de métodos no farmacológicos que ayudan a las personas a gestionar su ansiedad y los niveles de tensión diaria [14].

Un caso representativo es el dispositivo *Modius Stress*, que consiste en una diadema que se coloca sobre la cabeza y aplica estimulación eléctrica transcutánea en el nervio vestibular para inducir un estado de relajación previo al descanso nocturno [15].

En cuanto a terapias basadas en el control de la respiración, *Calmigo* propone un sistema de retroalimentación tanto visual como háptica, orientada a guiar al usuario hacia patrones de respiración más calmados y estables durante situaciones de estrés [16].

En una aplicación mHealth implementó algoritmos de *machine learning* en un smartwatch aplicado a 117 estudiantes, logrando una disminución significativa en los momentos de estrés, medida a través de marcadores fisiológicos, aunque sin incorporar componentes de intervención [17].

Neigel *et al.* monitorearon 103 estudiantes japoneses con un anillo inteligente durante un periodo de hasta 28 meses, identificando ciclos de estrés asociados con períodos académicos sin intervenir en tiempo real [18].

Estas iniciativas tecnológicas se enmarcan en la tendencia creciente de productos de cuidado personal, los cuales se apoyan en la conectividad y las aplicaciones móviles [19] para ofrecer un servicio más personalizado. De manera similar, en ámbitos como el riego agrícola y la seguridad de domicilios que permitió soluciones de automatización eficientes [20], [21], [22], que han permitido con bajo coste tener una propuesta rentable en la población.

En contraste con otros proyectos relacionadas al campo de los dispositivos wearables que no son transportable o requieren de un tiempo considerable para percibir su efecto, nuestros audífonos son viables para su uso en cualquier momento y no requiere de un tiempo mayor a 10 minutos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Diseño

1) *Audífono bluetooth*: El dispositivo propuesto tiene forma de U, adaptándose alrededor del cuello, como se muestra en la Fig. 1. Esta diseñado de manera que los sensores en contacto con la piel se ubiquen una posición apropiada, garantizando mediciones precisas de la actividad biológica. El diseño curvado y flexible permite un uso cómodo durante períodos prolongados.

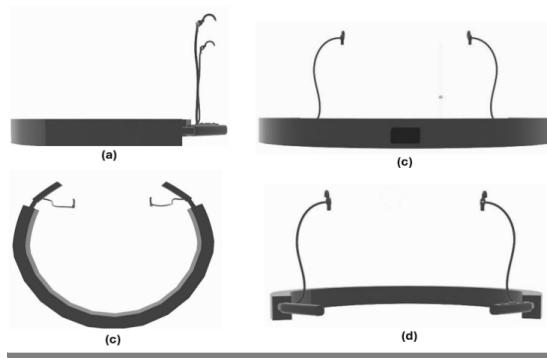


Fig. 1. Audífono bluetooth visto desde diferentes ángulos.

El sensor MAX86150, que integra *photoplethysmography (PPG)* y *electrocardiography (ECG)*, estará ubicado en la parte interna del lado izquierdo del dispositivo, en contacto con la piel del cuello (Fig. 2), específicamente en los laterales internos. El ECG se va a encargar de medir el ritmo cardíaco y la oxigenación de la sangre (PPG), monitoreando así la actividad cardiovascular y ajustando la estimulación del nervio vago y otros parámetros en tiempo real [23].

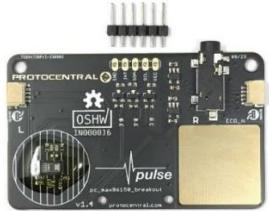


Fig. 2. MAX86150 (PPG + ECG) en contacto con la piel.

De forma complementaria, un módulo óptico PPG para la medición de pulso y oxígeno, se colocará en la parte interna derecha del dispositivo, asegurando un adecuado contacto con la piel del cuello y optimizando la lectura de las señales cardiovasculares [24].



Fig. 3. Sensor ADPD144RI (PPG Integrado) en contacto con la piel.

El sensor ADPD144RI [24] se ubica en la parte lateral derecha del dispositivo, en una posición que evita el contacto directo con la piel, previniendo así el sobrecalentamiento. Este sensor mide el pulso y los niveles de oxígeno en sangre mediante *photoplethysmography (PPG)*. Los datos obtenidos se envían al procesador principal del dispositivo.

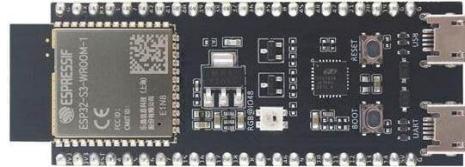


Fig. 4. ESP32-S3 (procesamiento y Bluetooth) en la zona superior del audífono.

El chip ESP32-S3 [25], responsable del procesamiento y la comunicación Bluetooth, se coloca en la parte trasera central del dispositivo para asegurarse de que no esté en contacto directo con la piel y evitar el sobrecalentamiento. Se encuentra en la parte posterior del cuello que garantiza una señal Bluetooth estable. Este chip es el cerebro de la propuesta que va a procesar los datos de los sensores y gestiona la comunicación Bluetooth con la aplicación móvil para personalizar y monitorear los niveles de oxígeno y el ritmo cardíaco

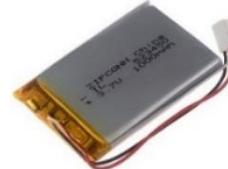


Fig. 5. Batería LiPo con distribución equilibrada en el dispositivo.

La batería LiPo [28] se distribuye de manera equilibrada en el medio del dispositivo, lo que garantiza un balance adecuado de peso. La batería tiene una capacidad de 1000mAh de 3,7 V, permitiendo aproximadamente 4 horas de uso continuo, así proporcionando energía a los sensores y a los componentes electrónicos.



Fig. 6. Cargador y Regulador de Voltaje (circuito cargador USB-C TP4056).

El circuito cargador USB-C TP4056 [27] se utiliza para la carga de la batería. El módulo TP4056 permite una carga eficiente mediante el conector USB-C e incluye protección contra sobrecarga y cortocircuitos, asegurando que la batería se cargue sin riesgos para el usuario ni para el dispositivo.



Fig. 7. Carcasa de resina acrílica como estructura interna y protección.

La carcasa de resina acrílica proporciona protección estructural externa y aloja los principales componentes electrónicos (ver fig. 7). Entre ellos, se integra una batería LiPo de 5000mAh 3.7v [28], distribuida en el interior del estuche, que proporciona suficiente energía; y, LT RT Vibrador Rumble Motor está ubicado en el estuche de carga del dispositivo wearable, en una sección adecuada para ofrecer un masaje sin afectar la comodidad.



Fig. 8. Batería lipo de 5000mah 3.7v.

La batería está distribuida de manera equilibrada en el interior derecho del estuche, garantizando un balance adecuado de peso. La batería LiPo de 5000 mAh de 3.7 V [28] permite aproximadamente 5 horas de uso continuo, suministrando energía al motor vibrador, a los audífonos y a los demás componentes electrónicos (Fig. 8).



Fig. 9. Motor vibrador LT RT.

El motor vibrador LT RT Rumble se ubica en el estuche de carga del dispositivo wearable, en una posición adecuada para proporcionar masaje sin comprometer la comodidad (Fig. 9). Este mecanismo genera suaves movimientos sobre la zona del cuello y los hombros, especialmente en el área del nervio vago en el triángulo carótideo a nivel de las vértebras cervicales C3 a C6, contribuyendo a aliviar la tensión muscular y reducir el estrés. El motor vibrador opera de manera silenciosa y estable, generando una experiencia relajante [28].



Fig. 10. Conector macho USB 3.1 tipo C.

Finalmente, el dispositivo incluye un conector macho USB 3.1 tipo C que permite carga rápida, segura y reversible (Fig. 10). Este puerto se ubica en el centro del estuche, donde también pueden colocarse los audífonos para almacenamiento y recarga cuando no se utilizan.

2) *Aplicación:* La aplicación contará con un menú interactivo que permite seleccionar distintas funciones del audífono y de la propia aplicación, tales como escuchar música, recibir recomendaciones o interactuar con el asistente virtual. La fig. 11 ilustra la interfaz principal de la aplicación conectada al dispositivo antiestrés.



Fig. 11. Aplicación conectada a los audífonos antiestrés

3) *Costos estimados:* Los precios estimados de los componentes principales de la propuesta se presentan en la Tabla II.

TABLA II

PRECIO ESTIMADO DE LOS COMPONENTES DE LA PROPUESTA

Componente	Descripción	Precio aproximado (USD)
MAX86150	Sensor PPG + ECG para ritmo cardíaco y oxigenación	\$15 – \$20
ADPD144RI	Sensor óptico integrado para pulso y oxígeno	\$6 – \$10
ESP32-S3	Microcontrolador con Bluetooth y procesamiento	\$5 – \$8
Batería LiPo 1000mAh	Fuente de energía para audífonos	\$3 – \$6
Batería LiPo 5000mAh 3.7v	Fuente de energía para el estuche	\$8 – \$12
Módulo TP4056	Cargador y regulador de voltaje USB-C	\$1 – \$2
LT RT Vibrador Rumble Motor	Motor de vibración silencioso para masaje	\$2 – \$4
Conector USB 3.1 Tipo C	Puerto de carga	\$1 – \$2
Carcasa de resina acrílica (Egger Resin)	Estructura externa del dispositivo	\$5 – \$10

B. Funcionamiento

Los sensores de masaje se activan cuando el usuario lo deseé mediante nuestra aplicación o activando el switch que se encuentra en la parte lateral del estuche, proporcionando un estímulo adicional de relajación.

La aplicación móvil será la herramienta principal para personalizar y controlar la experiencia del usuario con los audífonos y los masajeadores, sin necesidad de interrumpir el monitoreo del bienestar físico. Asimismo, la aplicación integra un asistente virtual, que podrá interactuar con el usuario y proporcionar información en tiempo real sobre su salud y niveles de estrés.

La aplicación incluye una opción para reproducir música a través de los auriculares Bluetooth, lo que permite a los usuarios disfrutar de sus canciones favoritas mientras el dispositivo registra el ritmo cardíaco y el nivel de oxígeno en la sangre. Además, la aplicación permitirá pausar, cambiar canciones y ajustar el volumen directamente desde la interfaz.

La interacción por voz constituye un complemento útil en situaciones en las que no es posible utilizar la aplicación manualmente. Por ejemplo, el sistema puede responder a consultas del usuario tales como “¿Cómo está mi ritmo cardíaco?” o “¿Estoy demasiado estresado?”. Con base en los datos de los sensores, el sistema puede ofrecer recomendaciones, como aumentar la estimulación o activar un masaje para aliviar la tensión.

Si se detectan niveles de estrés elevados o variaciones significativas en los datos, el sistema enviará un mensaje y sugerirá ajustes personalizados. La fig. 12, presenta el funcionamiento de la propuesta.

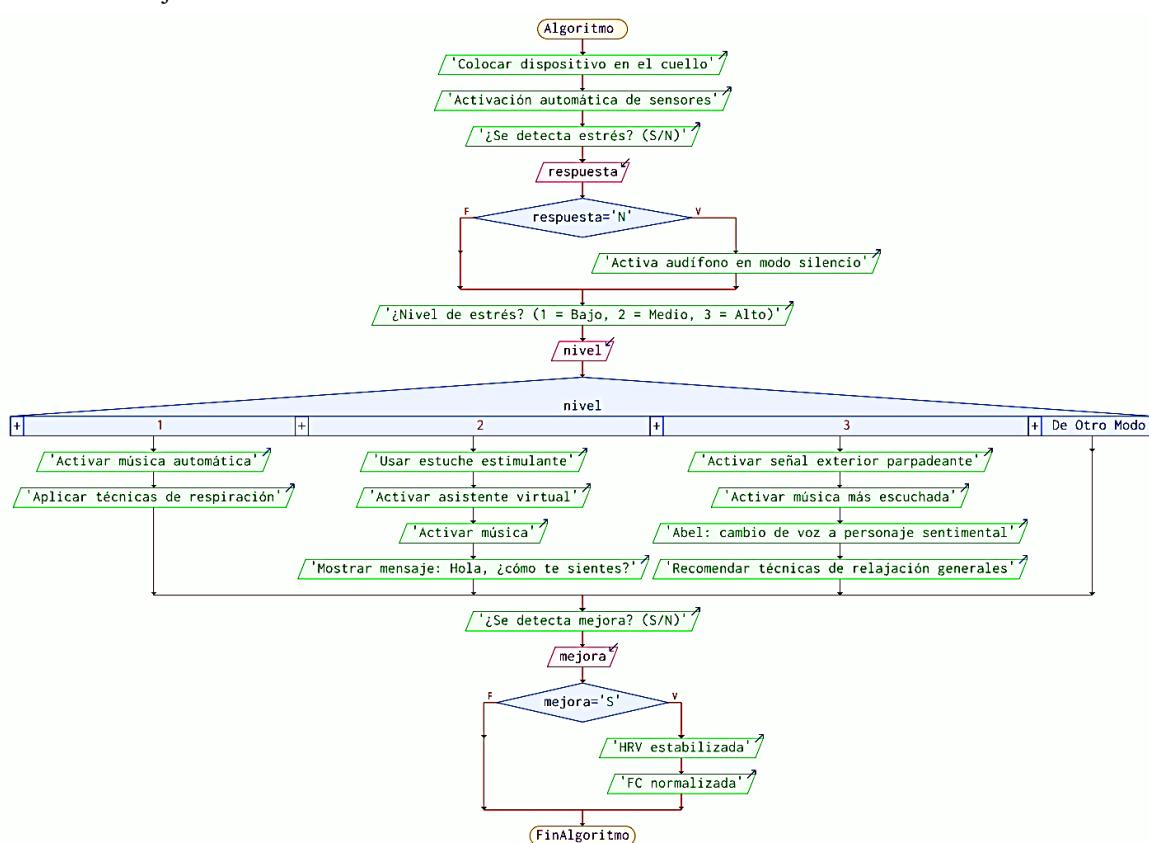


Fig. 12. Diagrama de flujo de funcionamiento del dispositivo

C. Validación

Para estimar la viabilidad y aceptación del prototipo presentado, se aplicó una encuesta a una muestra representativa de 75 universitarios peruanos. El tamaño de la muestra se calculó mediante la fórmula de población finita descrita en [12], considerando un total de 1,567,027 universitarios en el Perú reportados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática [13].

Mediante una escala de Likert, la encuesta abordó aspectos relacionados con el nivel de estrés, el interés hacia soluciones técnicas y la opinión sobre el prototipo auditivo inteligente.

En términos generales, los hallazgos principales fueron:

- El 74% de los encuestados manifestó disposición a utilizar un dispositivo portátil que monitoree sus signos fisiológicos y reaccione automáticamente ante señales de estrés.
- El 87% consideró útil o muy útil que el sistema actúe de forma autónoma sin requerir intervención manual.
- El 79% mostró preferencia por un diseño tipo *neckband* con capacidad de vibración cervical.
- El 85% valoró positivamente la inclusión de música relajante y asistente virtual por voz como respuestas adaptativas.

Los resultados se presentan en la Tabla III.

TABLE III

RESULTADOS DE LA SEGUNDA ENCUESTA CON ESCALA DE LIKERT (N=75).		
Pregunta	Porcentaje	Respuestas
¿Usted cree que este producto ofrece una solución innovadora y relevante al problema del estrés?	5.40%	1
	6.80%	2
	24.30%	3
	35.10%	4
	28.40%	5
¿Usted cree que este dispositivo le ayudaría a reducir el estrés y mejorar su bienestar emocional?	5.40%	1
	8.10%	2
	23.00%	3
	37.80%	4
	25.70%	5
¿Usted cree que el diseño tipo neckband (banda que rodea el cuello y hace contacto con la piel) es cómodo y adecuado para el uso diario?	5.40%	1
	10.80%	2
	36.50%	3
	25.70%	4
	21.60%	5
¿Usted cree que el estuche con función de masaje (para la zona del cuello y nervio vago) es una característica útil para aliviar tensión?	5.40%	1
	2.70%	2
	17.60%	3
	39.20%	4
	35.10%	5
¿Usted consideraría comprar un producto como este si tuviera un precio justo (por ejemplo, entre 600 y 850 soles)?	13.30%	1
	10.70%	2
	29.30%	3
	29.30%	4
	17.30%	5

Los resultados de la encuesta muestran una alta aceptación del concepto de un audífono biomédico antiestrés entre estudiantes universitarios peruanos. Este hallazgo respalda la hipótesis inicial de que el estrés académico constituye una problemática crítica que requiere soluciones accesibles, proactivas y personalizadas.

En relación con estrategias convencionales, como la psicoterapia o el uso de ansiolíticos, que requieren supervisión constante, el sistema propuesto se configura como una herramienta de intervención autónoma en tiempo real. La capacidad de identificar el estrés en sus etapas iniciales y responder de manera discreta y efectiva mediante vibración, sonido y comunicación asistida lo constituye como una alternativa tecnológica dentro del bienestar académico.

Sin embargo, debemos reconocer que la validación realizada se centró en resultados de percepción de los estudiantes mediante encuesta, lo cual no permite demostrar efectos directos en el estrés; asimismo, no se incluyeron pruebas clínicas controladas, por lo que los resultados son exploratorios. Lo cual puede ser abordado posteriormente en estudios experimentales con mediciones fisiológicas de estrés.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los resultados obtenidos evidencian que el 74% de los estudiantes encuestados estaría dispuesto a usar un dispositivo que detecte y responda automáticamente al estrés, y que el 87% lo considera útil o muy útil como herramienta autónoma de manejo emocional. Estos hallazgos respaldan la viabilidad técnica y funcional del sistema propuesto, que combina sensores biométricos, vibración cervical, música relajante y asistencia virtual en un diseño portátil tipo *neckband*.

En conclusión, el proyecto es no solo viable, sino también pertinente y deseado por la población objetivo, lo que justifica su desarrollo hacia un prototipo funcional y su validación en escenarios reales.

Como trabajos futuros, se contempla la construcción de un prototipo funcional con todos los componentes operativos integrados, seguido de pruebas clínicas controladas con estudiantes universitarios para medir su impacto en indicadores fisiológicos y emocionales del estrés. Asimismo, se trabajará en el mejoramiento del asistente virtual, incorporando funciones con inteligencia artificial para respuestas más personalizadas. Además, se desarrollará una aplicación móvil completa que permita monitorear datos en tiempo real, configurar estímulos y brindar recomendaciones proactivas. Finalmente, se evaluará la escalabilidad del dispositivo en términos de producción y distribución, y su posible aplicación en otros contextos como ambientes laborales, médicos o de alta demanda emocional.

RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad Católica de Santa María de Arequipa por el apoyo brindado en la publicación de este artículo, el cual presenta una propuesta innovadora basada en un asistente virtual como solución tecnológica al estrés académico en beneficio de sus estudiantes.

REFERENCIAS

- [1] B. S. McEwen, "Protective and damaging effects of stress mediators," *N. Engl. J. Med.*, vol. 338, no. 3, pp. 171–179, Jan. 1998, doi: [10.1056/NEJM199801153380307](https://doi.org/10.1056/NEJM199801153380307).
- [2] S. L. Slavich, "Understanding inflammation, its regulation, and relevance for health: A top scientific and public priority," *Brain Behav. Immun.*, vol. 45, pp. 13–14, Jan. 2015. [Online]. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4361086/>. [Accessed: Jun. 22, 2025].
- [3] V. Sandulescu, S. Andrews, D. Ellis, N. Bellotto, and O. Mozos, "Stress detection using wearable physiological sensors," in *Proc. [Conf. Title]*, 2015, pp. 526–532, doi: [10.1007/978-3-319-18914-7_55](https://doi.org/10.1007/978-3-319-18914-7_55).
- [4] A. Aranberri Ruiz, "Transcutaneous auricular vagus nerve stimulation to improve emotional state," *Biomedicines*, vol. 12, no. 2, p. 407, Feb. 2024, doi: [10.3390/biomedicines12020407](https://doi.org/10.3390/biomedicines12020407).
- [5] J. A. Sanchez-Perez *et al.*, "Transcutaneous auricular vagus nerve stimulation and median nerve stimulation reduce acute stress in young healthy adults: A single-blind sham-controlled crossover study," *Front. Neurosci.*, vol. 17, Art. no. 1213982, Sep. 2023, doi: [10.3389/fnins.2023.1213982](https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1213982).
- [6] J. Esquicha-Tejada, S. Pari-Larico, B. Llerena-Urday, Á. Fernández del Carpio, and K. Rosas-Paredes, "Interactive toy to strengthen the memory, attention and logic of primary education students using Sphero, Arduino and Neurosky Mindwave EEG," in *Proc. 6th Iberoamerican Conf. Comput. Human Interact.*, 2020. [Online]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-2747/paper23.pdf>. [Accessed: Jul. 22, 2024].
- [7] World Health Organization, "Mental health," *Fact Sheet*, 2023. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response> [Accessed: Jun. 22, 2025].
- [8] G. Fink, "Stress: Definition and history," in *Stress Sci.*, Oxford, U.K.: Elsevier, 2010, pp. 3–9, doi: [10.1016/B978-008045046-9.00076-0](https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.00076-0).
- [9] E. G. Estrada-Araoz, M. Mamani-Roque, N. A. Gallegos-Ramos, H. J. Mamani-Uchashara, and M. C. Zuloaga-Araoz, "Estrés académico en estudiantes universitarios peruanos en tiempos de la pandemia del COVID-19," *Arch. Venez. Farmacol. Ter.*, vol. 40, no. 1, pp. 88–93, 2021. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/559/55971233016/55971233016.pdf> [Accessed: Jun. 22, 2025].
- [10] C. E. Perlacios-Cruz, *Factores asociados al estrés académico en estudiantes universitarios*, M.S. thesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú, 2020. [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11212> [Accessed: Jun. 22, 2025].
- [11] W. J. Acharte-Champi, K. D. Valdivia-Cárdenas y R. E. Zamalloa-Quispe, "Estrés académico y ansiedad en estudiantes de una universidad privada en Arequipa–2023," *Revista de Psicología Clínica*, vol. 10, no. 1, pp. 45–54, 2025. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.14441/2891>. [Accessed: Jun. 22, 2025].
- [12] P. López-Roldán and S. Fachelli, *Metodología de la investigación social cuantitativa*, 1st ed. Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Spain: Univ. Autònoma de Barcelona, Feb. 2015. [Online]. Available: <http://ddd.uab.cat/record/129382>. [Accessed: Jun. 22, 2025].
- [13] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), "University Tuition," INEI Perú, [Online]. Available: <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/university-tuition/>. [Accessed: Jun. 21, 2025].
- [14] M. L. González-Ramírez, J. P. García-Vázquez, M. D. Rodríguez, L. A. Padilla-López, G. M. Galindo-Aldana, and D. Cuevas-González, "Wearables for stress management: a scoping review," *Healthcare*, vol. 11, no. 17, Art. no. 2369, Aug. 2023. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2227-9032/11/17#>. [Accessed: Jun. 22, 2025].
- [15] I. Durán, "Ansiedad crean dispositivo con estimulación eléctrica que podría ser la solución", *Infobae*, Apr. 23, 2024. [Online]. Available: <https://www.infobae.com/tecnologia/2024/04/23/ansiedad-crean-dispositivo-con-estimulacion-electrica-que-podria-ser-la-solucion/>. [Accessed: Jun. 22, 2025].
- [16] Calmigo, "Calmigo: Natural stress and anxiety relief device," *Calmigo – Official Website*. [Online]. Available: <https://calmigo.com/>. [Accessed: Jun. 22, 2025].
- [17] A. Ta *et al.*, "RealTime Stress Monitoring, Detection, and Management in College Students: A Wearable Technology and MachineLearning Approach," *arXiv preprint*, arXiv:2505.15974, May 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2505.15974> [Accessed: Jun. 25, 2025].
- [18] P. Neigel *et al.*, "Identifying Periods of Cyclical Stress in University Students Using Wearables In-the-Wild," *arXiv preprint*, arXiv:2402.11823, Feb. 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2402.11823> [Accessed: Jun. 25, 2025].
- [19] L. Bazan, L. Santa-Cruz, E. Tejada, "eHealth and its impact on society as a health tool: A systematic review of the literature between the years 2010–2020", in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, July 2022, doi: [10.18687/LACCEI2022.1.1.112](https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.112)
- [20] J. Esquicha-Tejada and J. Copa-Pineda, "Alternatives of IoT Irrigation Systems for the Gardens of Arequipa," *Int. J. Interact. Mobile Technol.*, vol. 15, no. 22, pp. 4–21, 2021, doi: [10.3991/IJIM.V15I22.22653](https://doi.org/10.3991/IJIM.V15I22.22653).
- [21] J. Esquicha-Tejada and J. Copa-Pineda, "Integration of an IoT system Photovoltaic system to optimize the consumption of drinking water in the irrigation of gardens in the City of Arequipa", in *Proc. LACCEI Int. Multi-Conf. Eng., Educ., Technol.*, July 2020, pp. 27–31, doi: [10.18687/LACCEI2020.1.1.212](https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.212).
- [22] X. Pérez-Palomino, K. Rosas-Paredes, and J. Esquicha-Tejada, "Low-Cost Gas Leak Detection and Surveillance System for Single Family Homes Using Wit.ai, Raspberry Pi and Arduino," *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 16, no. 9, pp. 206–216, 2022, doi: [10.3991/ijim.v16i09.30177](https://doi.org/10.3991/ijim.v16i09.30177).
- [23] Mouser Electronics, "Maxim Integrated Products," *Mouser Perú*. [Online]. Available: <https://www.mouser.pe/manufacturer/maxim-integrated/> [Accessed: Jun. 20, 2025].
- [24] Analog Devices, "ADPD144RI: PPG optical sensor module with integrated red/IR emitters and AFE," *Analog Devices – Product Page*, 2016. [Online]. Available: <https://www.analog.com/en/products/adpd144ri.html> [Accessed: Jun. 22, 2025].
- [25] K. H. Sanjaya *et al.*, "Low-Cost Multimodal Physiological Telemonitoring System through Internet of Things," *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, vol. 21, no. 1, p. 55, Aug. 2021, doi: [10.14203/jet.v21.55-63](https://doi.org/10.14203/jet.v21.55-63).
- [26] E. Ynilupu-Mattos, F. Jeri-Alejos, F. De la Torre-Loyola, J. Warthon-Meléndez, and B. Terrones-Vásquez, "Equipo de medición de señales electrocardiográficas de piezas modulares como fin pedagógico en una asignatura de Mecatrónica Médica," in *Proc. 18th LACCEI Int. Multi-Conf. Eng., Educ. Technol.*, Virtual Edition, Jul. 2020, doi: [10.18687/LACCEI2020.1.1.293](https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.293).
- [27] Naylamp Mechatronics, "Cargador de batería litio TP4056 con protección y USB-C," *Naylamp Mechatronics*, [Online]. Available: <https://naylampsmechatronics.com/baterias/867-cargador-de-bateria-litio-tp4056-con-proteccion-usb-c.html> [Accessed: Jun. 21, 2025].
- [28] Panasonic, "TR-26650 3.7 V 5000 mAh Panasonic Li-Po Battery," *Didáctica Electrónica*, [Online]. Available: <https://www.didacticaselectricas.com/shop/tr-26650-3-7v-5000mah-bateria-lipo-26650a-3-7v-5000mah-panasonic-21158> [Accessed: Jun. 21, 2025].
- [29] L. Ma, H. B. Wang, and K. Hashimoto, "The vagus nerve: An old but new player in brain-body communication," *Brain Behav. Immun.*, vol. 124, pp. 28–39, Feb. 2025, doi: [10.1016/j.bbi.2024.11.023](https://doi.org/10.1016/j.bbi.2024.11.023).