# **ESTADO DEL ARTE CIENTÍFICO**

## ***ENLACE DEL ARTÍCULO***

**Artículo de referencia:** <https://doi.org/10.3390/electronics11010155>

## ***TRADUCCIÓN***

**Título del artículo:** Hacia el Estrés Humano y Reconocimiento de Actividad: Una Revisión y un Primer Aprovechamiento Basado en Wearables de Bajo Coste

**Resumen:** Detectar el estrés cuando se realizan actividades físicas es un interesante campo que ha recibido relativamente poco interés por la investigación hasta ahora. En este paper, damos un primer paso para solucionar esto, a través de una exhaustiva revisión y el diseño de una red de área corporal (BAN) de bajo coste hecha con un conjunto de wearables que permiten tomar medidas fisiológicas y movimientos humanos de forma simultánea. Hemos usado cuatro wearables distintos: OpenBCI y otros tres hardwares libres con diseños hechos a medida que comunican vía bluetooth de baja energía (BLE) a un ordenador externo -siguiendo el concepto de Edge-computing- que aloja aplicaciones para sincronización de datos y almacenamiento. Hemos obtenido un gran número de medidas fisiológicas (electroencefalograma (EEG), electrocardiografía (ECG), frecuencia respiratoria (BR), actividad electrodérmica (EDA), y temperatura corporal (ST)) con las que hemos analizado estados internos en general, pero con un enfoque en el estrés. Los resultados muestran la fiabilidad y viabilidad de la red de área corporal (BAN) propuesta de acuerdo a la duración de la batería (superior a 15 horas), el ratio de pérdida de paquetes (0% para nuestros diseños hechos a medida), y la calidad de la señal (relación señal-ruido (SNR) de 9’8 dB para el circuito ECG, y 61’6 dB para la EDA). Además, conducimos a un experimento preliminar para calibrar las principales características del ECG para la detección del estrés durante el descanso.

**Palabras clave:** wearable; emoción; estrés; reconocimiento de actividad humana; EDA; ECG; EEG; BR; ST; unidades de inercia.

### Introducción

El mercado de la tecnología wearable ha proliferado durante la última década, junto con el desarrollo del Internet de las Cosas (IoT), y esta tendencia no tiene visos de remitir (https:

//www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-wearable-sensor-market, visitado el 24 de noviembre de 2021). El análisis de los movimientos humanos (HMA) usando sensores de inercia wearables ha llegado a ser un nuevo punto de investigación debido a su amplio uso en una gran variedad de dominios de aplicación como la asistencia sanitaria, el seguimiento deportivo, el fitness, el diseño de videoconsolas, y hogares inteligentes. La atención se ha centrado especialmente sobre los beneficios que estos dispositivos tienen en la salud de las personas [1]. Varios estudios han demostrado su eficacia controlando el peso de las personas [2], creando una adhesión con la actividad física (PA) [3-5], regulando la intensidad de la PA; especialmente para aquellos que han sufrido insuficiencias cardíacas [6], evaluando ejercicios de rehabilitación [7,8], reduciendo el comportamiento sedentario (SB) [9] para ancianos [10,11], etc.

Nosotros estamos interesados en medir el estrés psicológico inducido en señales fisiológicas cuando la gente realiza diferentes actividades. La información resultante podría ser usada para adaptar el nivel o la intensidad de la actividad realizada, o cambiar las condiciones ambientales cuando sea posible. Aplicado a la PA, por ejemplo, el objetivo debería ser crear una adhesión a ciertos programas, incrementando el tiempo de ejercicio, y reduciendo el SB adaptando dinámicamente la intensidad del ejercicio y/o añadiendo elementos motivadores en el entorno.

El reconocimiento de emociones y la detección de HMA podrían requerir dispositivos wearables que contengan elementos sensibles al movimiento (como unidades inerciales), y circuitos específicos que midan sutiles cambios fisiológicos en señales bio-eléctricas causadas por variaciones en el estado emocional. Detectar el estrés mientras se realizan actividades físicas ha recibido un creciente interés en los últimos años y esto es un tema de investigación emergente. Las aplicaciones reales implican el desarrollo de tareas que pueden llegar a ser muy desafiantes. Los retos pueden resumirse como los siguientes:

* La necesidad de un marco de trabajo de bajo coste con un diseño que permita capturar señales fisiológicas y movimientos humanos a través de wearables a la vez. Los datos generados y recogidos juegan un papel fundamental en la respuesta al estrés. Por lo tanto, la calidad de los datos es esencial para asegurar la mejor información posible.
* Como la red de área corporal genera grandes cantidades de datos, la necesidad de gestionar y mantener estos conjuntos de datos es de gran importancia.
* La valoración de un amplio rango de señales fisiológicas podría ayudar al mejor entendimiento de los mecanismos de respuesta al estrés con diferentes personas y situaciones.
* Los resultados experimentales validan la propuesta mediante el análisis de algunas características funcionales como la calidad de la señal, la tasa de pérdida de paquetes, y la duración de la batería.
* Un estudio preliminar se lleva a cabo con el fin de extraer las principales características de ECG para la detección del estrés durante el descanso.

El resto de este paper está organizado de la siguiente forma. Una revisión del trabajo relacionado se presenta en la Sección 1.1. Entonces, los detalles de nuestra BAN propuesta se introducen en la Sección 2. La Sección 3 describe la metodología, mientras que los resultados y los debates son presentados en la Sección 4 y la Sección 5, respectivamente. Finalmente, la última sección concluye este paper y sugiere algunos trabajos para el futuro.

#### Trabajos relacionados

##### Análisis del movimiento humano (HMA)

La taxonomía de las aplicaciones para HMA incluye (1) la medición de movimientos, o (2) su clasificación. Anteriormente, las medidas cinemáticas de diferentes partes del cuerpo, como la velocidad, la aceleración, o la orientación, eran obtenidas evaluando la amplitud del movimiento (ROM), la intensidad del ejercicio físico, su calidad, u otras características. Recientemente, el objetivo es detectar o identificar el movimiento humano o la actividad.

En las extremidades superiores, los lugares típicos incluyen colocar la unidad de inercia en un guante, en un reloj, o en un brazalete, para detectar el movimiento de los dedos, manos o brazos, respectivamente. En las extremidades inferiores, estos dispositivos pueden ser integrados en la plantilla de un zapato, colocados en el tobillo, pantorrilla, y/o muslo, y son muy útiles para detectar desplazamientos a diferentes velocidades o para el análisis de la calidad de la caminata. En el tronco, estudios han colocado los wearables en diferentes posiciones de la espalda, pecho, cintura o cadera para identificar actividades como la caminata, correr, tumbarse, estar de pie, etc. Finalmente, en la cabeza, normalmente se incluyen en una diadema o se colocan detrás de las orejas [12].

PA es un ejemplo de actividad humana que puede ser clasificada dentro de cuatro grupos dependiendo de su intensidad: muy baja, baja, media, y alta [13]. Acostarse, comer, andar o correr son ejemplos de actividades ordenadas desde muy baja a alta intensidad. Otras actividades pueden ser consideradas de transición. Por ejemplo, acostarse en la cama o no moverse del sitio son dos actividades de muy baja intensidad, mientras que levantarse es una transición entre ellas.

Las tablas 1 y 2 resumen una revisión de trabajos recientes, ordenados por año de publicación, relacionadas con el reconocimiento de la actividad humana mediante wearables, mientras la Figura 1 representa algunas conclusiones relevantes. En general, la mayoría de los estudios han detectado un número variable de actividades humanas, desde una a nueve, incluyendo la identificación de deportes [14-16], actividades de la vida diaria (ADL) [17-19], también con actividades caseras [20] como lavar, poner objetos en estanterías, barrer, planchar, pasar la aspiradora, conducir, etc. En la mayoría de los estudios, las acciones típicas que se intentarían llevar a cabo son: andar, trotar, estar de pie, sentarse, acostarse, ponerse de cuclillas, subir/bajar las escaleras, correr, entre otras. Algunos papers también incluyen el reconocimiento de la tos [21] o de fases asociadas al consumo de alcohol [22]. Solo un pequeño número de estudios incluyen un gran número de actividades (>20) [23,24].

[TABLA 1]: Descripción de estudios seleccionados para la identificación de HMA.

[FIGURA 1]: Representación de (a) el número de IMUs incluidos en la revisión literaria, (b) las actividades humanas más comunes detectadas, y (c) los lugares de colocación habituales de los sensores.

[TABLA 2]: Descripción de estudios seleccionados para la identificación de HMA.

**PARA CONTINUAR: comienzo de la página 6 del artículo.**