



REVISTA + CIENCIA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Año 13, N.º 39, Septiembre-Diciembre 2025

INDUSTRIA 4.0
en la industria
y la automatización
del hogar

NANOMATERIALES

¿pequeños grandes héroes
o problemas?

LO REAL Y LO GENERADO POR IA
CÓMO DIFERENCIAR
UNO DEL OTRO

Encendiendo el motor: de la ciencia de datos a la innovación automotriz • El Domo de Hierro • El día que las abejas desaparezcan... ¿nos salvarán los robots? • La historia del auto eléctrico es más antigua de lo que podrías pensar La armadura flexible que devuelve movilidad • La IA como aliada en tu alimentación • Cáscara de sandía: el ingrediente secreto del caos creativo



LA ARMADURA FLEXIBLE QUE DEVUELVE MOVILIDAD

INGRID SOFÍA RINCÓN VON PASTOR
Ingeniería Mecatrónica, 7.º semestre

¿Y si la clave para recuperar la libertad de movimiento y la fuerza estuviera entretejida en la ropa? En este primer artículo de una serie de dos sobre exoesqueletos blandos, nos adentraremos en el fascinante mundo de esta tecnología que está redefiniendo lo que creíamos imposible en movilidad. Para esta primera entrega, nos enfocaremos específicamente en aquellos que integran la estimulación eléctrica muscular (EMS). Descubrirás cómo estas innovadoras soluciones están ofreciendo nuevas esperanzas a personas que enfrentan desafíos de movimiento, como quienes viven con Parkinson, personas que han sufrido un accidente cerebrovascular, tienen esclerosis múltiple o parálisis cerebral, brindándoles un camino más firme hacia una mayor independencia.

Cuando escuchas *exoesqueleto*, es fácil imaginar armaduras de ciencia ficción o esqueletos externos. Y no vas tan desencaminado: un exoesqueleto tradicional es un dispositivo mecánico externo, usualmente rígido, hecho de aluminio o fibra de carbono, que asiste o potencia los movimientos del cuerpo, usándose desde el ámbito militar al médico. Sin embargo, existe una rama muy especial, que son los exoesqueletos blandos. Estos no son armaduras voluminosas, sino más bien prendas inteligentes hechas de textiles y materiales flexibles. Son ligeros, discretos y cómodos, casi como si llevaras tu propia ropa, ideales para el uso diario y prolongado, especialmente en entornos clínicos donde la comodidad es clave (Walsh, 2021).

A estos se les puede añadir EMS o estimulación neuromuscular (NEMS), que es, literalmente, un empujón eléctrico directamente a



Imagen obtenida de Optica.de

los músculos. Estos exoesqueletos especiales no solo se ajustan a tu cuerpo con sus textiles flexibles, sino que también llevan unos pequeños electrodos que se colocan sobre la piel. No se trata de un aparato de tortura, itodo lo contrario! Estos dispositivos no solo aportan asistencia de movimiento mecánica, si no que entrenan a los músculos y el cerebro al mismo tiempo, reforzando la comunicación neuromotriz. Esto es clave, sobre todo para personas con condiciones neurológicas, porque ayuda a que el cerebro reaprenda cómo mover ciertas partes del cuerpo y a modular los movimientos (Bardi *et al.*, 2022; Halder y Kumar, 2023).

A través de la estimulación eléctrica se fomenta la plasticidad cerebral y el reaprendizaje



de patrones correctos de movimiento. Así, el cuerpo no solo se mueve con el dispositivo, sino que, con el tiempo, puede empezar a moverse mejor por sí mismo, incluso si no se está utilizando en el momento! Esto último es, al menos en mi opinión, lo más asombroso de esta tecnología. Que sus beneficios pueden persistir incluso después de quitárselos. En varios estudios clínicos que se han llevado a cabo, personas que han sufrido un accidente cerebrovascular o viven con la enfermedad de Parkinson han demostrado que el uso continuo de estos exoesqueletos con EMS, durante varias semanas, lleva a mejoras notables en fuerza, coordinación y capacidad para mover las articulaciones. Mejoras que, como se mencionó, se mantienen incluso después de dejar de usarlos (Bardi *et al.*, 2022; Kim *et al.*, 2024).

A pesar de su enorme potencial, como toda tecnología, estos dispositivos enfrentan muchos desafíos. El principal para los exoesqueletos blandos con EMS es la calibración. Y es que cada persona es única, por lo que poder ajustar la ubicación de los electrodos y la intensidad de los impulsos requiere de conocimientos técnicos especializados. Otro reto es sincronizar los sensores y el sistema de control, pues incluso utilizando los dispositivos electrónicos más rápidos, puede haber un importante desfase. Esto sin considerar que la duración de la batería también es una limitación para su uso prolongado.

Sin embargo, una limitación solo es una oportunidad más para la innovación. Hoy en día, muchos investigadores intentan encontrar la manera de permitir la adaptación automática del sistema y la comunicación en tiempo real, llegando incluso a aplicar uso de la IA. También se están desarrollando textiles inteligentes y otros materiales conductores flexibles para permitir dispositivos más ligeros, eficientes y asequibles. En un futuro, con una mayor validación clínica y la reducción de costos, estos exoesqueletos podrían consolidarse como herramientas esenciales en la rehabilitación

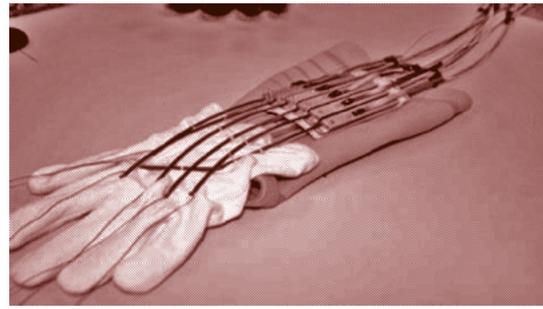


Imagen obtenida de Consalud.es

neurológica moderna (Bardi *et al.*, 2022; Halder y Kumar, 2023).

Como hemos visto, los exoesqueletos blandos con EMS son mucho más que simples ayudas: son tecnología que entrena y rehabilita activamente nuestro propio sistema neuromuscular. Lo más asombroso es que sus beneficios funcionales pueden perdurar incluso después de usarlos. Aunque persisten desafíos como su calibración personalizada o la duración de las baterías, las oportunidades son inmensas. Con la inteligencia artificial y materiales avanzados, estamos a las puertas de una revolución en la rehabilitación. Esta tecnología nos muestra un futuro donde la ayuda no solo compensa, sino que empodera, devolviendo la libertad y confianza a miles de personas en cada paso.

Referencias

- Bardi, E., Gandolla, M., Braghin, F., Resta, F., Pedrocchi, A. L. G., y Ambrosini, E. (2022). Upper limb soft robotic wearable devices: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01065-9>
- Halder, S., y Kumar, A. (2023). An Overview of Artificial Intelligence-based Soft Upper Limb Exoskeleton for Rehabilitation: A Descriptive Review. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2301.04336>
- Kim, J., Porciuncula, F., Yang, H. D., Wendel, N., Baker, T., Chin, A., Ellis, T. D., y Walsh, C. J. (2024). Soft robotic apparel to avert freezing of gait in Parkinson's disease. *Nature Medicine*, 30(1), 177-185. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02731-8>
- Walsh, C. (2021). Soft Exosuits for Lower Extremity Mobility. *Wyss Institute*, 10 de noviembre. <https://wyss.harvard.edu/technology/soft-exosuits-for-lower-extremity-mobility/>