



## Electromiografía en la Industria 4.0: Una herramienta auxiliar para la salud ocupacional

Ángel Gabriel Acosta Aguilar \*

Tecnológico Nacional de México / IT de  
Celaya,  
Celaya, Guanajuato, México

Alonso Alejandro Jiménez Garibay

Tecnológico Nacional de México / IT de  
Celaya,  
Celaya, Guanajuato, México

\* Autor de correspondencia: [m2403092@itcelaya.edu.mx](mailto:m2403092@itcelaya.edu.mx)

---

**Resumen:** *La electromiografía es una herramienta que ha tomado importancia en estos últimos años en el ámbito de la rehabilitación, medicina ocupacional y en el Internet de las cosas (IoT). Este artículo busca demostrar el papel que toma la EMG como un medio de monitorización integrándose en la industria 4.0 y en la predicción de riesgos de trabajo que afecten la salud de los trabajadores. Mediante el análisis, procesamiento e interpretación de la señal se propone una evaluación objetiva que detalla el comportamiento muscular aplicado por los trabajadores de la industria.*

**Palabras clave:** *Bioseñal, EMG, ergonomía, IoT, procesamiento.*

---

### 1. Introducción: lo que debemos saber de inicio

La electromiografía (EMG) es el estudio o registro de la actividad eléctrica que se genera a través de los músculos, es decir, que cuando se realiza un movimiento del cuerpo humano, esta acción tiene propiedades eléctricas que se pueden medir con instrumentos especializados y a través de sensores ya que es una señal muy pequeña. La razón de este comportamiento eléctrico parte del sistema nervioso (SN) cuya función es ser el sistema de comunicación del cuerpo y tener una red muy extensa de conexiones que permite recibir y enviar información a las diferentes partes y órganos de cuerpo. Esta información se envía en forma de señal eléctrica por lo que cuando se desea realizar un movimiento nuestro cerebro

genera esta señal y llega hasta los músculos donde finalmente, estos realizan su función que consta del acortamiento o también conocida como contracción muscular (Zhou et al., 2020). La EMG suele tener un método de medición invasivo, eso significa que sólo un profesional de la salud puede realizarlo ya que es una práctica que consta de la introducción de un electrodo, que es una pieza de metal muy delgada en forma de aguja en el músculo que se desea estudiar. Por otro lado, existe un método no invasivo o también conocido como superficial (se abrevia sEMG) que consta de la colocación de 3 parches que contienen un gel y una pieza de metal hecha de cloruro de plata (su nomenclatura química es AgCl). Dos de estos parches van colocados y alineados en el músculo; el tercero, va colocado comúnmente en el hueso más cercano y expuesto, por ejemplo, el codo (Bu et al. 2016).

El uso de la sEMG ha sido parte importante en el desarrollo de prótesis electromecánicas, órtesis, exoesqueletos y algunos sistemas que son activados por el movimiento generado por una persona. Empresas como Ottobock (de Alemania), Össur (de Islandia), Coapt (EUA), entre otras han sido parte en desarrollo de esta implementación. Otras tecnologías se han enfocado en aplicar este estudio en áreas como la rehabilitación, deporte y salud ocupacional como un medio para analizar detalladamente la actividad muscular de un usuario.

La electromiografía superficial (sEMG) puede entenderse como un indicador del estado muscular, de forma similar a cómo la temperatura corporal refleja nuestro estado de salud. En el ámbito industrial, se convierte en una herramienta valiosa para obtener información sobre la condición física de los trabajadores. Al integrarse con la Inteligencia Artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT), permite evaluar factores como el esfuerzo asociado a las cargas de trabajo, la exigencia de tareas repetitivas y las condiciones del entorno laboral con el objetivo de prevenir lesiones y fomentar espacios de trabajo más seguros.

Además, el monitoreo continuo de la actividad muscular y del entorno del colaborador facilita la toma de decisiones objetivas, orientadas a mejorar la productividad, el bienestar y la eficiencia en el desempeño laboral.

## **2. Fundamentos Teóricos: reglas y principios científicos importantes**

Una señal de EMG se caracteriza por una forma de onda ruidosa a través del tiempo y eso se debe porque se suman muchas señales eléctricas pequeñas que se envían de los nervios al

músculo que se activa. En el caso de la sEMG se añaden aspectos como movimiento de la persona, ruido o interferencias eléctricas de otros dispositivos cercanos (Merletti & Parker, 2004). La manera correcta de medir la señal es a través de un diferencial de potencial, este concepto significa que se hacen dos mediciones de voltaje a la vez restando uno con el otro y el resultado es la diferencia de ellos. Propiamente, al colocar los 3 electrodos, uno se coloca en la parte más abultada o vientre del músculo, el segundo se coloca en el tendón del músculo y el tercero se coloca comúnmente en un hueso ya que es una zona donde no hay contracción ni actividad muscular, además de que este punto es la referencia de ambas mediciones. La siguiente Ec. 1 representa la medición del voltaje final:

$$V_{EMG} = V_{Ventre} - V_{Tendon} \quad (1)$$

Esta medición aplica al método invasivo y no invasivo. Así, al decir que la señal de EMG es muy pequeña se refiere a que se encuentra en escala de microvoltios ( $\mu V$ ) por lo que implica la necesidad de un medio que le permita transmitir la corriente generada del músculo sin mucha oposición, por lo que se hace uso de un medio húmedo que consta de un gel conductor para disminuir esta oposición. Para explicar esta oposición se podría tomar de ejemplo cuando se toma una batería de 9v con las manos, al ser la piel un medio seco y grueso no deja pasar fácilmente la electricidad. En cambio, cuando se coloca en la lengua, al ser ésta húmeda y delgada la electricidad pasa mucho más fácil y se puede sentir.

Una contracción se puede observar en el inciso *a* de la Fig. 1 donde, considerando que la línea media es 0 mV se observan tanto valores negativos y positivos amplios al momento de la activación del músculo, por lo que es necesario transforma la señal para obtener una mejor definición e interpretación. En el inciso *b*, todos los valores se volvieron positivos y finalmente en el inciso *c* se tomó únicamente la línea envolvente de la señal. En términos simples, la altura que se muestra en el inciso *c* en una perspectiva vertical indicaría el esfuerzo que realiza el usuario y la fuerza que le imprime en una contracción, así en una perspectiva horizontal, se puede determinar el tiempo de inicio y fin que le tomó hacer la contracción.

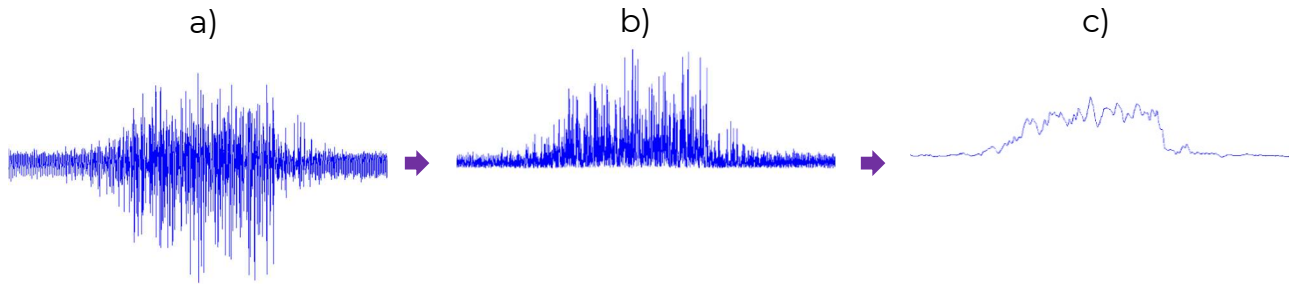


Figura 1. Procesamiento de bioseñal de sEMG.

*Obtenida de: elaboración propia.*

### 3. Desarrollo del Trabajo: *aplicando las reglas y principios científicos*

Para adquirir y procesar esta señal se requiere del desarrollo de un sensor adecuado a las condiciones de estudio, aunque existen equipos comerciales que permiten obtenerla como lo hace el sensor de la Fig. 2 desarrollado por la empresa SparkFun y que lleva por nombre MyoWare 2.0 Wireless Shields. Este dispositivo, además de integrar el circuito de adquisición, añade un microcontrolador ESP32, el cual está encargado de leer la señal analógica y convertirla a una señal digital para posteriormente transmitirla por Bluetooth hacia un receptor.

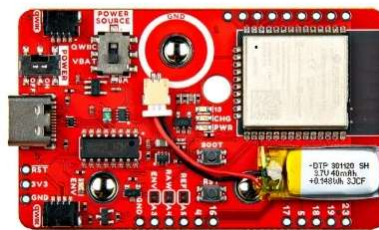


Figura 2. MyoWare 2.0 Wireless Shields.

*Obtenida de: SparkFun Electronics. (2025).*

La señal de sEMG no es el único parámetro que se puede medir, se pueden añadir sensores como el giroscopio que mide la rotación o cambios de orientación de cualquier objeto en donde se coloque, así poder entender mejor el movimiento de una persona junto con su actividad muscular (McDevitt et al., 2022).

Un ejemplo de este tipo de estudio es el realizado por Petrovic et al. (2022), en el que se analizaron a un grupo de trabajadores en un entorno industrial con el objetivo de evaluar cómo la ejecución de tareas como empujar y jalar carretillas se ve influenciada por el estado físico de los operadores, así como los riesgos asociados a enfermedades musculares, como el dolor en hombros, brazos y antebrazos, lumbar o la movilidad reducida de la columna. Se tomaron 2 grupos de estudios donde el primero incluyó a 2 hombres sin lesiones previas a los cuáles les hicieron pasar por un circuito de 30 metros empujando y jalando una carretilla de 100kg ejecutando 10 repeticiones. Se utilizaron sensores de sEMG en ambos brazos, en músculos del pecho, espalda y antebrazos. El segundo grupo constó de 3 participantes que ya tenían presencia de dolor en ciertos músculos y puntajes de estrés y ansiedad previamente valorados. El artículo concluyó que el segundo grupo, aunque hicieron el mismo trabajo, les costó casi el doble de esfuerzo físico que el grupo sano, incluso el músculo de la espalda izquierda se demostró que se usó cuatro veces más.

#### **4. Conclusiones: lo que podemos aprender de este artículo**

La señal de sEMG desde su adquisición hasta su transformación final ha demostrado que posee características versátiles ya que se puede aplicar a diversos tipos de áreas como la robótica, rehabilitación y en este caso, a la industria ya que es un parámetro que indica la intensidad de la contracción y movimiento realizado en una zona específica.

Existe evidencia, como se demostró en este caso de estudio, donde es posible obtener un parámetro medible del esfuerzo físico realizado, así como una comparativa que permite identificar riesgos potenciales para la salud de los trabajadores.

Con ayuda de técnicas de posprocesamiento avanzado de la señal y la integración de sensores IoT interconectados en una zona de trabajo forma parte de un conjunto de datos relevantes sobre la productividad y bienestar de los colaboradores, evitando riesgos y trabajando en espacios seguros.

#### **5. Referencias: por si quieres seguir conociendo más**

Bu, N., Tsuji, T., & Fukuda, O. (2016). EMG-Controlled Human-Robot Interfaces. *Elsevier eBooks* (pp. 75–109). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803137-7.00004-5>

- Merletti, R., & Parker, P. A. (2004). *Electromyography: Physiology, engineering, and noninvasive applications*. Wiley-IEEE Press. <https://doi.org/10.1002/0471678384>
- McDevitt, S., Hernandez, H., Hicks, J., Lowell, R., Bentahaikt, H., Burch, R., Ball, J., Chander, H., Freeman, C., Taylor, C., & Anderson, B. (2022). Wearables for biomechanical performance optimization and risk assessment in industrial and sports applications. *Bioengineering*, 9(1), 33. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9010033>
- Petrovic, M., Vukicevic, A. M., Djapan, M., Peulic, A., Jovicic, M., Mijailovic, N., Milovanovic, P., Grajic, M., Savkovic, M., Caiazzo, C., Isailovic, V., Macuzic, I., & Jovanovic, K. (2022). Experimental Analysis of Handcart Pushing and Pulling Safety in an Industrial Environment by Using IoT Force and EMG Sensors: Relationship with Operators' Psychological Status and Pain Syndromes. *Sensors*, 22(19), 7467. <https://doi.org/10.3390/s22197467>
- Zhou, P., Klein, C., Zhang, X., Li, X., & Li, S. (2020). Electromyography (EMG) examination on motor unit alterations after stroke. *Intelligent biomechatronics in neurorehabilitation* (pp. 51–64). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814942-3.00004-0>