

Análisis del Riesgo Ergonómico en Ambientes de Estudio Universitario Durante las Jornadas de Clases

**Curso: Introducción a Señales Biomédicas
Grupo 13**

Jossymar León
Renato Cardoso
Jimena Alpiste



Problemática



Actividades sedentarias

Asistir a clases

Estudiar/ realizar tareas

Si bien el mobiliario utilizado en las aulas debería satisfacer las necesidades ergonómicas de los alumnos, en muchos casos se emplean asientos y pupitres fijos que pueden inducir posturas forzadas

Figura 1. Salón de la UPCH extraído de [12]

Problemática

Trastorno músculo esquelético (TME)

Lesiones causadas por conductas repetitivas que implican realizar las mismas actividades durante un período prolongado, aumentando el riesgo de padecer enfermedades

Consecuencias de no prevenirlo

- **Dolor crónico en la espalda, cuello y hombros**
- Posibles complicaciones como cefaleas y entumecimiento en las extremidades
- **Riesgo aumentado de desarrollar otras enfermedades:**
 - Problemas cardíacos
 - Trastornos digestivos
 - Problemas respiratorios
 - Trastornos psicológicos

Factores de riesgo:

Individuales	Género, Edad, Índice de masa corporal (IMC), nivel de actividad física.
Fisicos	Equipos y estaciones de trabajo inadecuados, postura de trabajo, tiempo de trabajo y tiempo de descanso
Psicosociales	Demandas laborales, el control sobre el trabajo y el apoyo social en el entorno laboral

Problemática

Ergonomía

Estudia cómo los humanos interactúan con su entorno de trabajo o uso y aplica principios científicos para diseñar estos entornos, mejorando el bienestar y optimizando el rendimiento.

Los TME están profundamente relacionados con el **sedentarismo**, un estilo de vida cada vez más prevalente en contextos académicos y profesionales

Sedentarismo estadísticas

Universidad Nacional Federico Villareal
66.4% permanecían 5-10 horas sentados

UNMSM
49.6% de estudiantes evaluados tenían un sedentarismo medio

Durante la pandemia en India 2020
De 223 universitarios encontró que el 77.5% pasaba más de cuatro horas diarias frente a dispositivos digitales.

69.2% de los estudiantes admitió tener malas posturas
66.7 % manifestó dolor lumbar con un 44.7% de los casos atribuidos a una ergonomía inadecuada.

TME causados por mala ergonomía estadísticas

Taifa et al. [12] en India
Incidencia significativa de TME,
con el 71% de los participantes
reportando dolor en articulaciones
y músculos fatigados, el 70%
tensión en hombros y cuello, y el
63% sufriendo de dolores de
cabeza, **todos síntomas atribuidos**
al uso prolongado de mobiliario
mal diseñado.

Srirug et al. encontraron que los
estudiantes tailandeses en aulas
virtuales experimentaban
trastornos en hombros, cabeza,
cuello y zona lumbar debido a
posturas ergonómicas
inadecuadas y largas horas de
estudio sin descansos adecuados.

Bai et al. destacaron que la mala
ergonomía del mobiliario escolar,
al no ajustarse a las dimensiones
corporales de los estudiantes,
provoca molestias y dolor durante
jornadas extendidas, afectando
negativamente la postura y el
desarrollo físico de los alumnos.

Problemática definida

La falta de ergonomía en los asientos universitarios provoca sobrecarga muscular y postural. Estos efectos no solo afectan el rendimiento físico y académico a corto plazo de los estudiantes, sino que también aumentan el riesgo de trastornos musculoesqueléticos a largo plazo en la población universitaria.

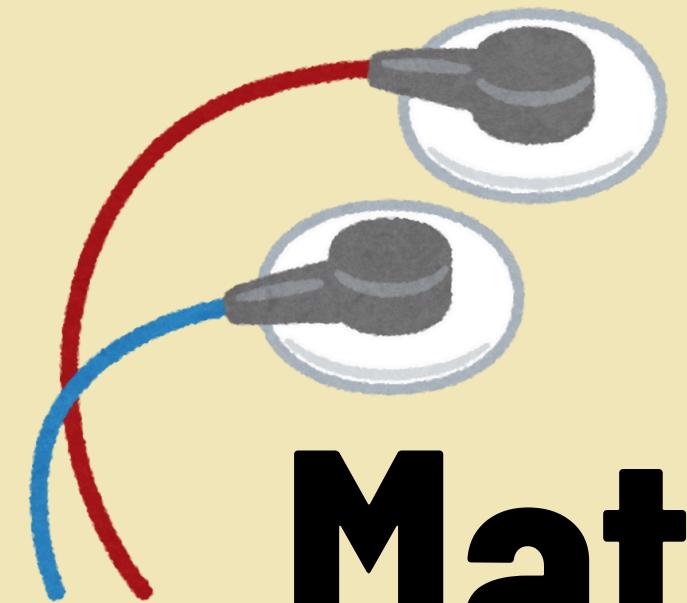


Propuesta de solución

Estudio comparativo de las señales electromiográficas obtenidas en diferentes entornos de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Para este propósito, se seleccionará a los estudiantes como población de estudio y se evaluará la ergonomía de los asientos en simulaciones jornadas de estudio utilizando el sistema embebido BiTalino.

Valor agregado

Los resultados del estudio respaldarán mejoras en el diseño de asientos y estaciones de trabajo en la universidad. Implementando soluciones ergonómicas basadas en estos hallazgos, se espera mejorar la salud y el rendimiento académico de los estudiantes al reducir la fatiga muscular y promover una postura adecuada.



Materiales y métodos

Protocolo de adquisición

- **Objetivo:**

Evaluar la carga progresiva de la fatiga estática en la zona lumbar de estudiantes universitarios durante sus jornadas de estudio, en diferentes ambientes.

- **Participantes:**

- Estudiantes universitarios de 20 a 23 años.
- Cualquier género.
- Estilo de vida variado (sedentario o activo).

- **Metodología:**

Estudio experimental controlado

- **Período:**

Jornadas de estudio post clases o pre exámenes

Se programarán “break times” cada 2 horas.

- **Ambientes:**

- Biblioteca central (UPCH)
- Laboratorio de prototipado (UPCH)

- **Medición:**

- Captura de señales de la postura inicial y sus cambios.
- Evaluación de la fatiga en la zona lumbar mediante EMG.

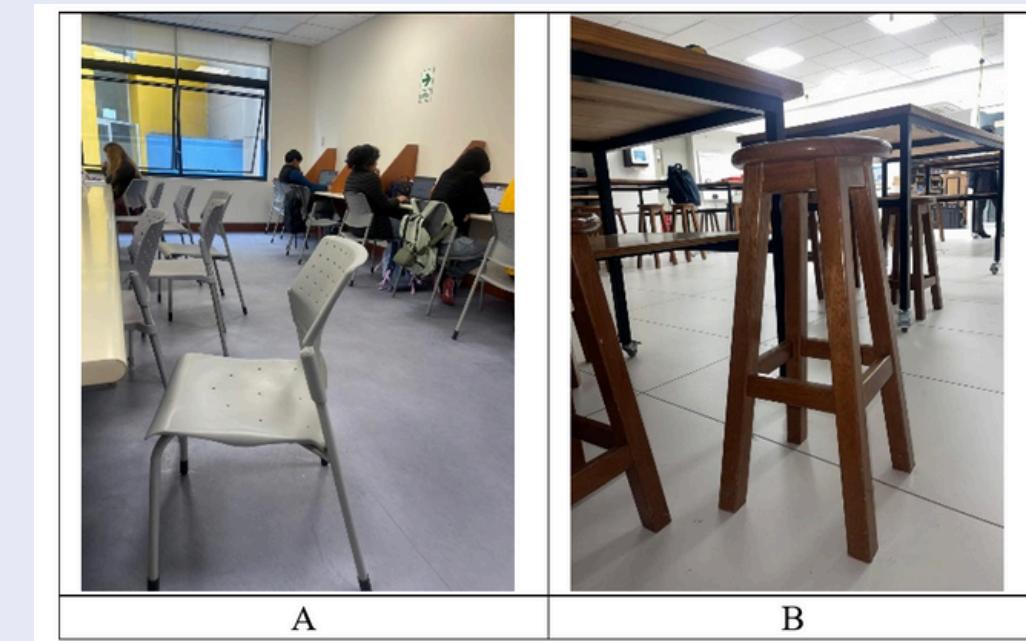


Figura 2. (A) Silla ergonómica (B) Silla no ergonómica

Criterio	Descripción
Altura del asiento	En el rango de 399-512 mm, más 25 mm para zapatos; asegura que los pies reposen en el suelo y las rodillas formen 90 grados.
Profundidad y ancho del asiento	Profundidad de 450 mm para soportar el muslo; ancho de 430 mm para comodidad y espacio para movimientos laterales.
Medidas del respaldo	420 mm de ancho y 500 mm de altura para soportar la espalda superior y hombros, favoreciendo postura erguida.
Ángulo del respaldo	Ángulo de respaldo ajustable a 110° para permitir reclinación y reducir presión en la columna, variando la postura.
Altura de los reposabrazos	Permite que los codos descansen a 90 grados y mantiene los hombros relajados.
Soporte lumbar	Ajustable en altura y profundidad, apoya la curvatura natural de la columna, previene lesiones lumbar y reduce tensión.
Material del asiento	Transpirable, equilibra firmeza y acolchado para comodidad y soporte.

Tabla 2. Criterios para que una silla se considere ergonómica

Criterio	Silla ergonómica	Silla no ergonómica
Altura del asiento	410 mm	700 mm
Profundidad del asiento	430 mm	300 mm
Ancho del asiento	430 mm	300 mm
Ancho del respaldo	430 mm	No cuenta con respaldo
Altura del respaldo	420 mm	No cuenta con respaldo
Ángulo del respaldo	115°	No cuenta con respaldo
Altura de los reposabrazos	No cuenta con apoyo	No cuenta con apoyo

Tabla 3. Evaluación ergonómica de las sillas

Protocolo de adquisición

- **Colocación de electrodos:**

1 ancho de dedo medial desde la línea entre la espina ilíaca posterior superior (PSIS) y el punto más bajo de la costilla inferior, a nivel de la vértebra L2.

Electrodo de referencia en el proceso espinoso de la vértebra C7. [8]

- **Evaluación:**

Comparación de resultados entre la biblioteca y el laboratorio de prototipado.

Ánalysis de la influencia de la ergonomía de los asientos en la fatiga lumbar.

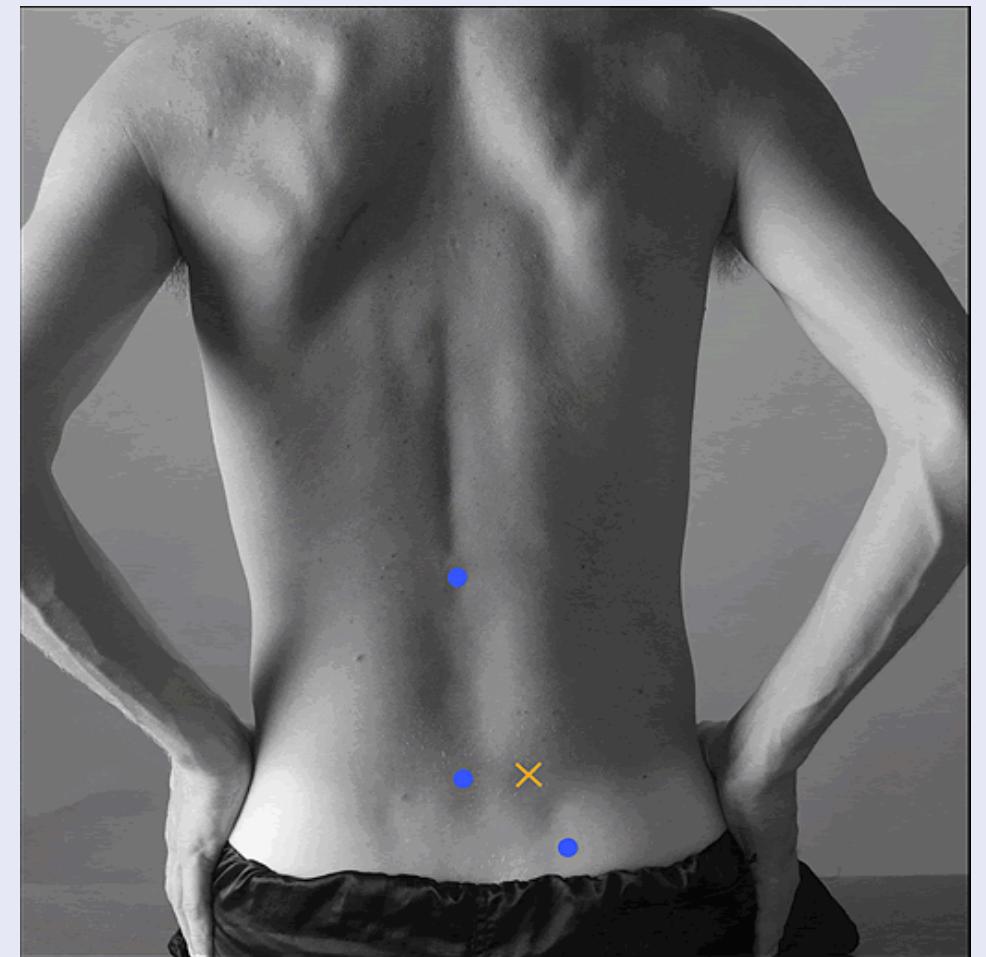
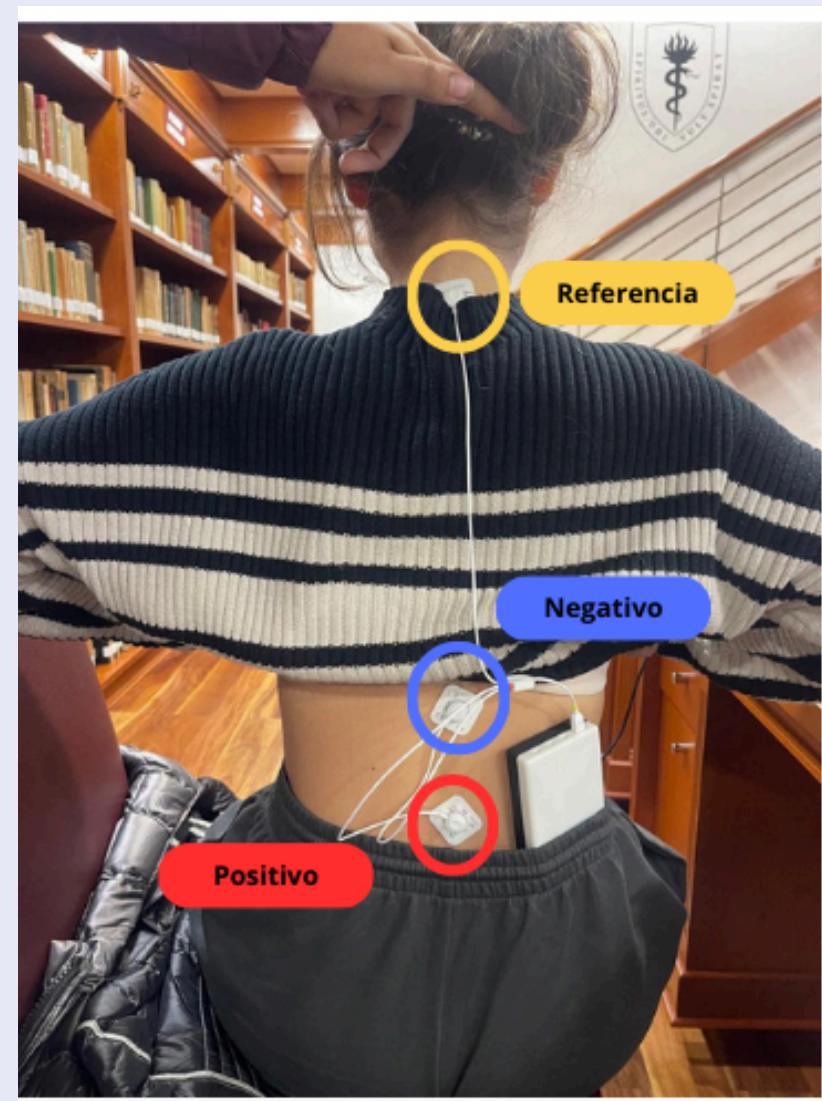


Figura 1. extraída de [8]

Procesamiento de la señal

Para procesar la señal. En primer lugar se adquiere la señal siguiendo los siguientes parametros que indica el manual de BiTalino [9]:

Frecuencia de muestreo	Resolución	Umbral
1000Hz	10 bits	+/-1.64 mV

Se hace la recopilación de datos mediante el software de Open Signals y se extrae la información cruda del EMG en formato .txt. Una vez obtenida la información, se procede a realizar la conversión digital a voltaje con la fórmula dada en el manual [9].

$$EMG(V) = \frac{\left(\frac{ADC}{2^n} - \frac{1}{2}\right) * VCC}{G_{EMG}}$$
$$EMG(mV) = EMG(V) * 1000$$

Valid sensor range: [-1.64mV, 1.64mV]

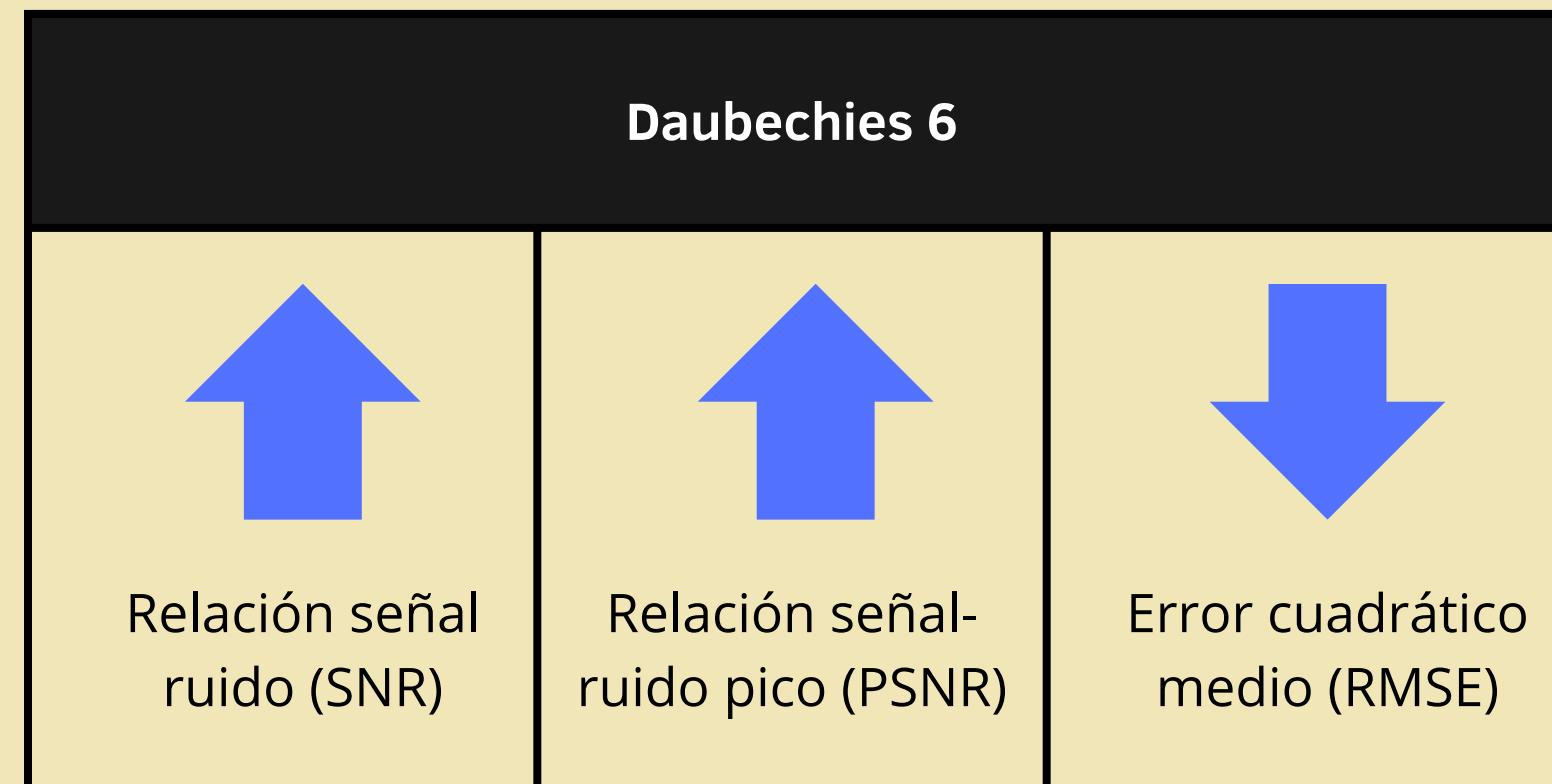
with:

$EMG(V)$	EMG signal in Volt (V)
$EMG(mV)$	EMG signal in milli-Volt (mV)
ADC	Value samples from the sensor/channel (digital value)
n	Sampling resolution (default: 10-bit resolution ($n=10$), although 6-bit may also be found)
VCC	Operating voltage (3.3V when used with BiTalino)
G_{EMG}	Sensor gain (1009)

Figura 2. Ecuación y parámetros para la conversión de unidades. [9]

Procesamiento de la señal

Una vez realizada la conversión, se hace el procesamiento de la señal adquirida para filtrar ruidos innecesarios en nuestro análisis. Basándonos en el estudio realizado por Sun. et al [13] se decidió hacer uso de un filtro Wavelet Daubechies 6 (Db6) de cuarto orden ya que demostró:



Procesamiento de la señal

Ya que tenemos nuestra data filtrada, debemos realizar una normalización de la señal, ya que tuvimos 2 mediciones relativamente grandes de personas distintas. El método utilizado es el de MVC [15]. Ya que reduce la variabilidad intersujeto causada por diferencias en la constitución física y la capacidad muscular.

$$\text{EMG}_{\text{normalizada}}(t) = \frac{\text{EMG}(t)}{\text{MVC}}$$

Figura 2. Ecuación de para normalizar la señal EMG. [15]

- **EMG (t):** Es el valor de la señal EMG en un momento específico t
- **MVC:** Es el valor máximo de la señal EMG registrado durante una contracción voluntaria máxima.
- **EMG (t) Normalizada:** Es el valor de la señal EMG luego de haberse realizado la normalización

Análisis estadístico

Segmentación y Caracterización de Señales EMG:

- La señal completa se divide en pequeños trazos donde tengamos información importante. Inicio y final. O inicio, intermedio y final.

Características extraídas:

- RMS (Root Mean Square)

RMS:

- Proceso que toma la raíz cuadrada del promedio de cuadrados de los valores en cada ventana, reflejando el nivel de activación muscular.

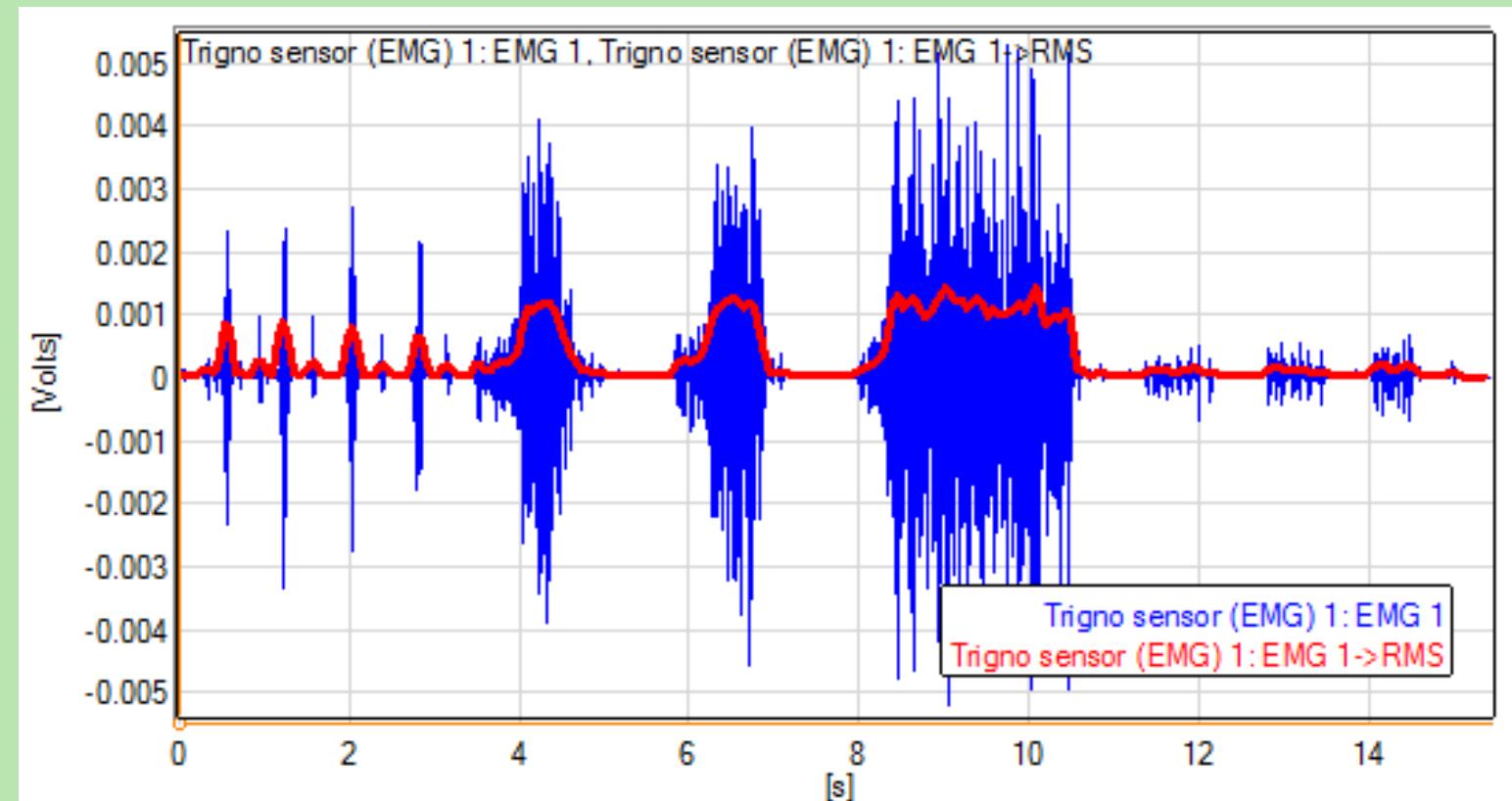


Fig. 4 Ejemplificación de análisis RMS.

Extraído de: <https://delsys.com/amplitude-analysis-root-mean-square-emg-envelope/>

Recopilación de Características RMS

- Las características extraídas de los valores RMS calculados para cada ventana fueron almacenados en un array(estructura de datos que contiene una colección ordenada de elementos) para su posterior análisis.

Resultados

Señal indicativa de ambiente con asientos ergonómicos

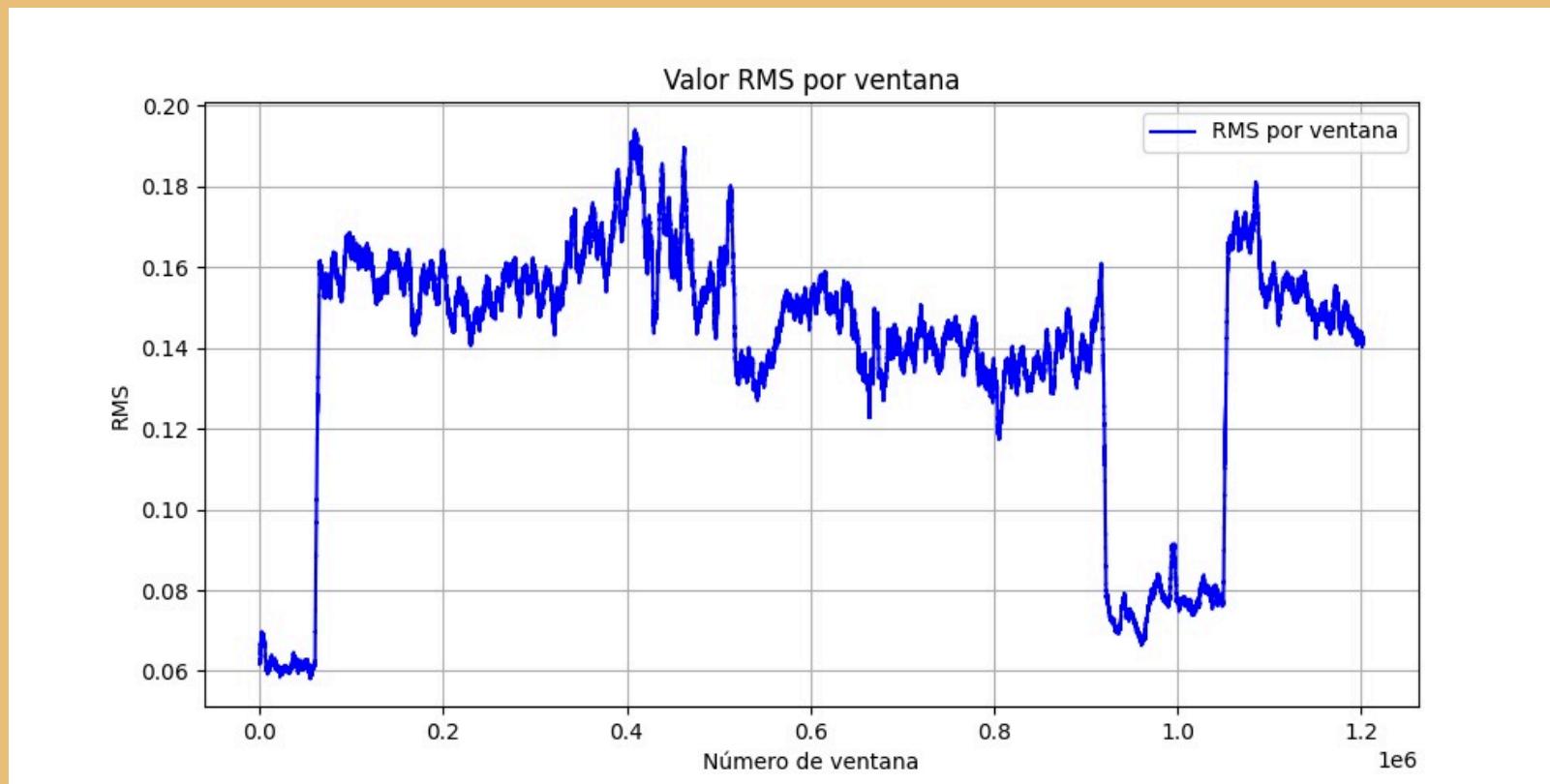


Fig. 5: Ploteo de RMS obtenidos de señal en asiento ergonomico

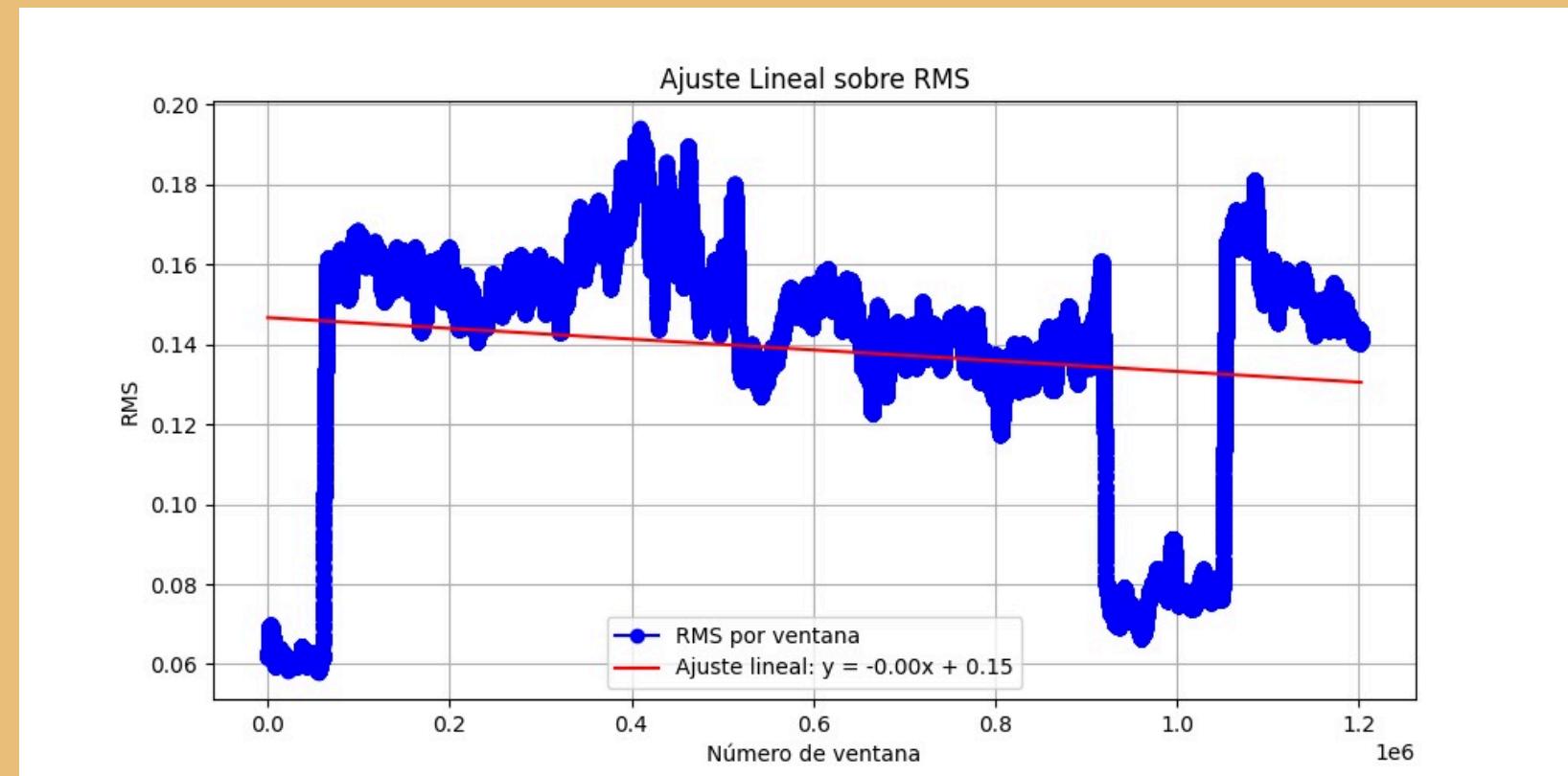


Fig. 6: Ploteo de RMS junto a su Ajuste lineal

Resultados

Señal indicativa de ambiente con asientos no ergonómicos

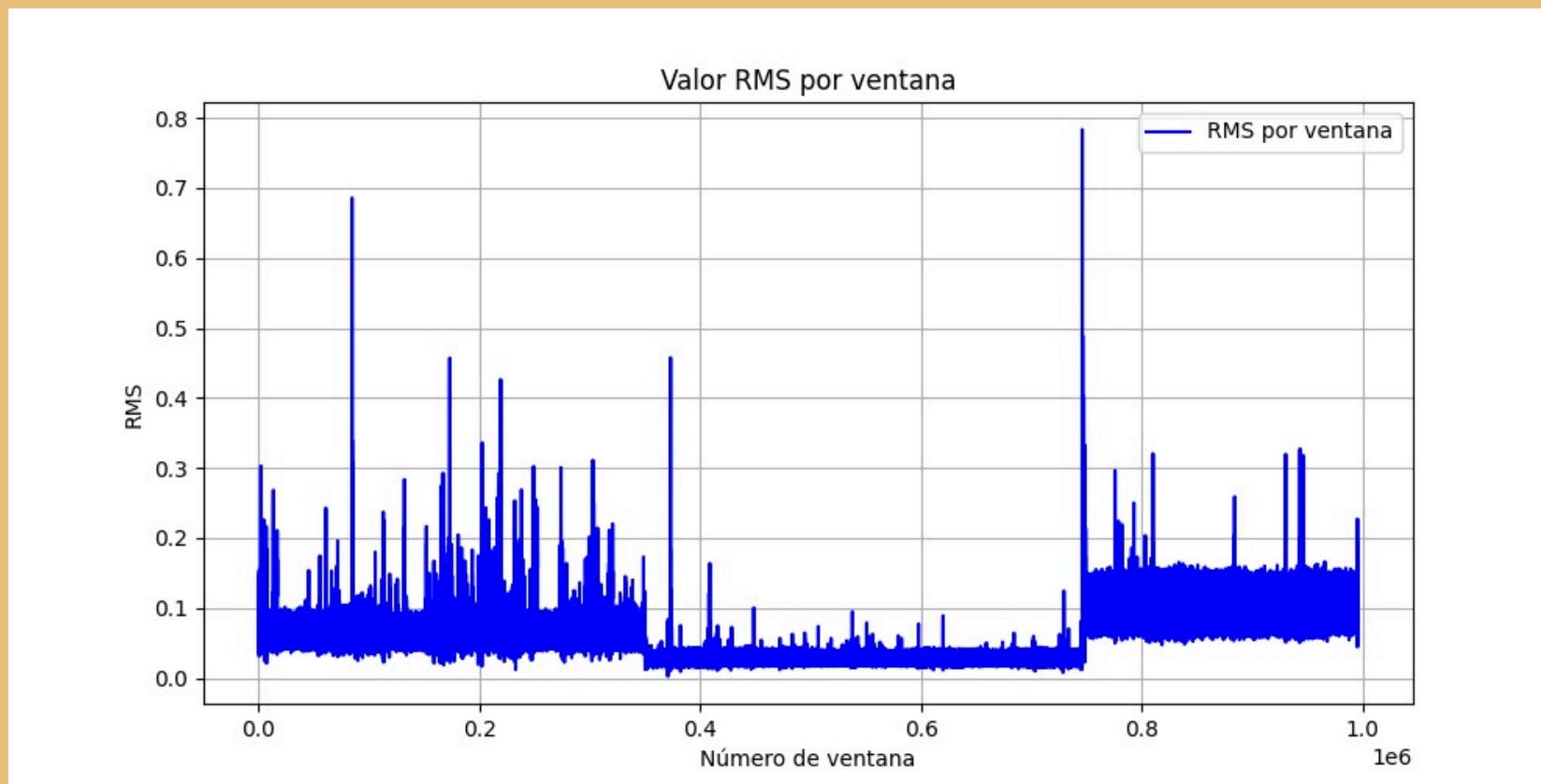


Fig. 7: Ploteo de RMS obtenidos de señal en asiento no ergonomico

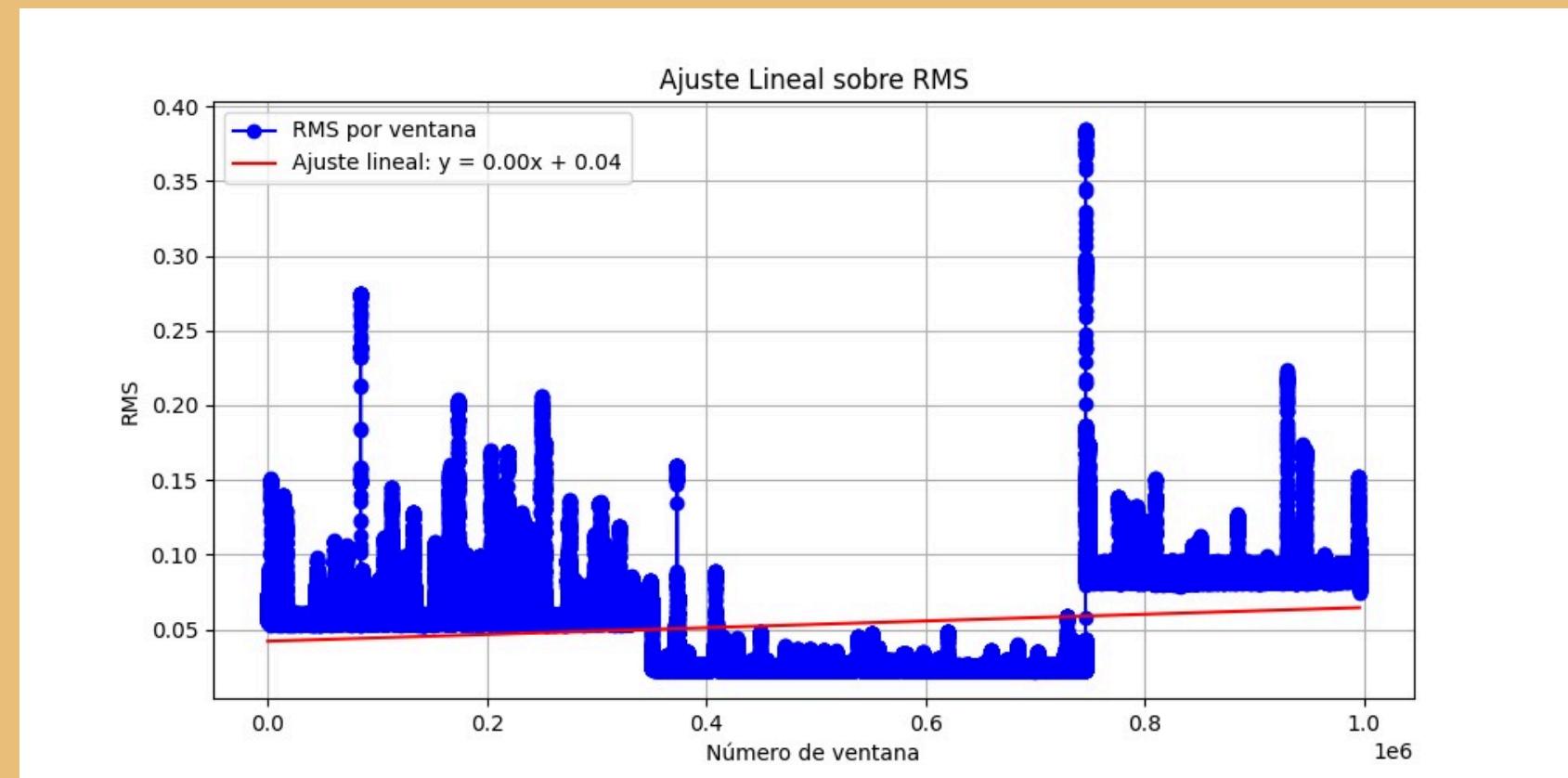


Fig. 8: Ploteo de RMS junto a su Ajuste lineal

Conclusiones

El estudio en el laboratorio de prototipado y en la biblioteca muestra diferencias importantes en cuanto a la ergonomía de los asientos y su relación con el estrés y la fatiga muscular. A continuación, se detallan los hallazgos clave y las conclusiones provisionales de la investigación:

Laboratorio de Prototipado

- **Asientos No Ergonómicos:** Los resultados indican una asociación potencial entre el uso prolongado de estos asientos y señales de estrés. Sin embargo, la pendiente observada en la señal fue pequeña, lo que impide confirmar concluyentemente la presencia de fatiga lumbar.
- **Recomendaciones:** Se sugieren mediciones adicionales en un entorno más controlado y sin interrupciones para obtener datos más precisos y confiables.

Biblioteca

- **Asientos Ergonómicos:** Los datos sugieren la ausencia de fatiga muscular, indicando que estos asientos son adecuados para jornadas prolongadas de estudio. No obstante, al igual que en el laboratorio de prototipado, las interrupciones estuvieron presentes y la pendiente de la señal no fue significativa.
- **Recomendaciones:** Realizar pruebas en condiciones controladas para evitar interrupciones que puedan afectar la calidad de los datos.

Referencias

- [1] V. Cascioli, A. I. Heusch, y P. W. McCarthy, "Does prolonged sitting with limited legroom affect the flexibility of a healthy subject and their perception of discomfort?", *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 41, núm. 5, pp. 471–480, 2011.
- [2] H. I. Castellucci, P. M. Arezes, y C. A. Viviani, "Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools", *Appl. Ergon.*, vol. 41, núm. 4, pp. 563–568, 2010.
- [3] M. K. Gouvali y K. Boudolos, "Match between school furniture dimensions and children's anthropometry", *Appl. Ergon.*, vol. 37, núm. 6, pp. 765–773, 2006.
- [4] L. Fasulo, A. Naddeo, and N. Cappetti, "A study of classroom seat (dis)comfort: Relationships between body movements, center of pressure in the seat, and lower limbs' sensations," *Applied Ergonomics/Applied ergonomics*, vol. 74, pp. 233–240, Jan. 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.021>.
- [5] P. Srirug, K. Jongjit, O. Muansri, Y. Somton, N. Kongbankhong, y P. Sengsoon, "Prevalence and factor associated work-related musculoskeletal disorders of students in virtual classroom", *Heliyon*, vol. 9, núm. 8, p. e18461, 2023.
- [6] Isha Akulwar-Tajane, Musfira Darvesh, Maithili Ghule, and Vedika Mhatre, "Effects of COVID -19 Pandemic Lock Down on Posture in Physiotherapy Students: A Cross Sectional Study," *ResearchGate*, Jan. 02, 2021.
- [7] Ismail Wilson Taifa and D. A. Desai, "Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India," *Engineering science and technology, an international journal*, vol. 20, no. 1, pp. 232–239, Feb. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2016.08.004>.
- [8] F. Rodríguez Castilla, "Actividad física en estudiantes de terapia física y rehabilitación de la Universidad Nacional Federico Villarreal," *Unfv.edu.pe*, Oct. 2019, doi: <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3761>.
- [9] V. Zapata, "Nivel de actividad física en estudiantes de Tecnología Médica del área de Terapia Física y Rehabilitación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima2020 ,," *Unmsm. edu.pe*, 2021. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/2fed8002-721d-4f2d-b2f8-a8e2e49c055a>
- [10] L. Rangel, L. Rojas, and E. Gamboa, "Sobrepeso y obesidad en estudiantes universitarios colombianos y su asociación con la actividad física," *Nutrición Hospitalaria*, vol. 31, no. 2, pp. 629–636, 2015, Accessed: Jul. 03, 2024. [Online]. Available:<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309233495012>
- [11] I. W. R. Taifa, "A student-centred design approach for reducing musculoskeletal disorders in India through Six Sigma methodology with ergonomics concatenation", *Saf. Sci.*, vol. 147, núm. 105579, p. 105579, 2022.
- [12] Y. Bai, K. M. Kamarudin, y H. Alli, "A systematic review of research on sitting and working furniture ergonomic from 2012 to 2022: Analysis of assessment approaches", *Heliyon*, vol. 10, núm. 7, p. e28384, 2024.
- [13] Z. Sun, X. Xi, C. Yuan, Y. Yang, and X. Hua, "Surface electromyography signal denoising via EEMD and improved wavelet thresholds," *Mathematical biosciences and engineering*, vol. 17, no. 6, pp. 6945–6962, Jan. 2020, doi: <https://doi.org/10.3934/mbe.2020359>. [6] "An Improved Feature Extraction Method for Surface Electromyography Based on Muscle Activity Regions", *IEEE Journals Magazine | IEEE Xplore*, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10168895>
- [14] "Welcome to SENIAM", *Seniam.org*. [En línea]. Disponible en: <http://www.seniam.org/>. [Consultado: 03-jul-2024].
- [15] M. Halaki y K. Gi, "Normalization of EMG signals: To normalize or not to normalize and what to normalize to?", en *Computational Intelligence in Electromyography Analysis - A Perspective on Current Applications and Future Challenges*, G. R. Naik, Ed. Londres, Inglaterra: InTech, 2012.

Gracias

