

## “Parámetros indicadores de somnolencia extraídos de señales electroencefalográficas”

Allis, Leila <sup>a</sup>; Dingenvean Cassab, Matias <sup>a</sup>, Garcés, M. Agustina <sup>a,b</sup>, Orosco, Lorena <sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Bioingeniería (INBIO), Facultad de Ingeniería – UNSJ

<sup>b</sup> Departamento de Matemática, Facultad de Ingeniería – UNSJ

<sup>c</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

[lorosco@inbio.unsj.edu.ar](mailto:lorosco@inbio.unsj.edu.ar)

### Resumen

La somnolencia es un estado de fatiga y sueño que afecta a todas las personas y es una de las principales causas de los accidentes de tránsito. La detección temprana de este estado puede ayudar a prevenir accidentes automovilísticos. De la señal electroencefalográfica (EEG) es posible extraer patrones indicadores de somnolencia antes de la manifestación física de esta, además esto permite hacerlo de una forma mínimamente invasiva para la persona. En este trabajo se propone la obtención de índices que caracterizan el estado de somnolencia a partir del procesamiento de señales EEG. Las mismas son parte de una base de datos adquirida en voluntarios durante el uso de un simulador de conducción. La base de datos cuenta con 4 canales EEG, además de las marcas temporales de los eventos de somnolencia indicados por los conductores. Se realizó el acondicionamiento y análisis de las señales utilizando el lenguaje de programación Python. El análisis se efectuó utilizando ventanas temporales de 10 s. Los índices obtenidos están basados en la densidad espectral de potencias (DEP) de las distintas bandas frecuenciales ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ ) del EEG. Se encontró que las bandas  $\alpha$  y  $\theta$ , concentran su actividad sobre el rango inferior de cada una de esas bandas frecuenciales (se hacen más lentas) durante el evento de somnolencia. Este comportamiento indica que los índices son adecuados para la detección de eventos de somnolencia.

**Palabras clave:** SOMNOLENCIA, SEÑALES, PROCESAMIENTO, EEG, DETECCIÓN.

### INTRODUCCIÓN

Del total de accidentes de tránsito, un tercio de ellos son producidos por la somnolencia del conductor [1]. Según el Informe Mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito, se estima que 1,2 millones de personas mueren y hasta 50 millones resultan heridas debido a accidentes de tránsito ocurridos en la vía pública cada año [2].

La somnolencia está definida como la sensación de pesadez y torpeza de los sentidos, motivada por el sueño. Esa sensación está determinada como el estado intermedio entre la vigilia y el sueño profundo. El comienzo de esta etapa no es un evento único, sino que se origina por varios cambios en funciones neurológicas, donde se producen cambios sensoriales, en la memoria, en la conciencia y pérdida de pensamiento lógico, latencia en la respuesta a estímulos y alteraciones en los potenciales cerebrales [3]. Si una persona conduce un vehículo en este estado, disminuye progresivamente su capacidad de atención y concentración durante el manejo y pierde destreza de respuesta ante condiciones específicas que exigen

reacciones inmediatas cuando circula por la carretera. A su vez, esto afecta negativamente los sentidos y disminuye la capacidad de percepción, reconocimiento y control del vehículo [4].

El hombre, en su afán de proteger la vida, ha inventado sistemas que minimicen el impacto de estos accidentes. La bioingeniería, más que disminuir el daño, busca la prevención de los mismos, detectando de manera temprana cuando puede llegar a producirse uno por fatiga o somnolencia del conductor.

El desarrollo de sistemas de detección de somnolencia en conductores basado en procesamiento de señales biológicas podría ser una solución en la detección temprana de este estado. Debido a que la somnolencia posee patrones diferentes al estado de vigilia en las señales biológicas, es posible determinar cuando una persona ingresa al estado de somnolencia, aplicando diversas técnicas de procesamiento y análisis de dichos registros. Se espera adecuar señales biológicas, en particular, señales electroencefalográficas (EEG) y procesarlas para

extraer parámetros y características relevantes en dos estadios: vigilia y somnolencia.

## OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es obtener patrones característicos de somnolencia a partir del procesamiento y análisis de registros EEG adquiridos en un simulador de conducción. Se busca detectar eventos de somnolencia presentes en las señales mencionadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los registros de “*Drivers Drowsiness Database*” (DD-Database). La base de datos cuenta con señales fisiológicas de 4 canales EEG, 2 EOG y 1 ECG, correspondiente a 10 voluntarios sanos, de entre 20 y 50 años, que realizaron dos pruebas de simulación de conducción de 2 horas c/u [5]. En la adquisición se usó el equipo de polisomnografía AKONIC Neurotrace-Mini P, la frecuencia de muestreo fue de 128 Hz. En este trabajo se usaron las señales EEG provenientes de los canales monopolares O1 y O2. La base de datos cuenta con las marcas temporales de los eventos de somnolencia, como se observa en la figura 1.

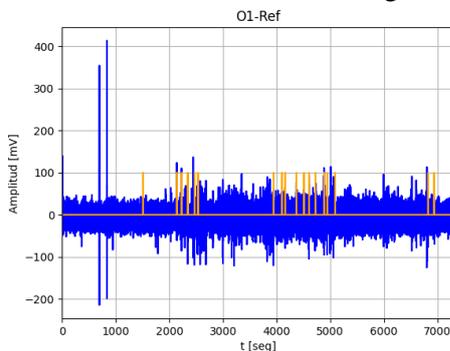


Figura 1: Marcas de eventos (amarillo) de somnolencia superpuestas con la señal EEG (azul). Canal O1, Voluntario 1.

## Procesamiento de las señales

El lenguaje de programación elegido para este trabajo fue Python y el software en el cual se llevó a cabo fue el denominado Visual Studio Code.

En la etapa de pre-procesamiento de las señales se utilizó un filtro ranura, para eliminar la interferencia de línea de 50 Hz y pasa bajo con frecuencia de corte de 60 Hz para atenuar ruidos de alta frecuencia. En ambos casos, se usó un filtro Butterworth de Respuesta al Impulso Infinita.

Las bandas frecuenciales  $\theta$  (4-8 Hz),  $\alpha$  (8-13 Hz) y  $\beta$  (13-21 Hz), son las que contienen información relevante sobre el estado de somnolencia y vigilia de una persona [6]. Por ello, se diseñaron filtros que las separan. Se usaron filtros pasa banda de Butterworth, los cuales cuentan con banda de paso plana (sin rizado) en las frecuencias deseadas, y transición a la banda de rechazo intermedia.

## Extracción de parámetros

Se calculó la densidad espectral de potencia (DEP) de cada una de las bandas frecuenciales  $\theta$ ,  $\alpha$  y  $\beta$ . Dicho cómputo se realizó en ventanas móviles de 1280 muestras (10 segundos) solapadas 1 muestra. Lo que permite evaluar las variaciones de la DEP en torno a las marcas temporales de somnolencia.

La DEP se obtuvo usando técnicas paramétricas que están basadas en modelos auto-regresivos, los cuales son capaces de predecir muestras futuras, fuera del intervalo de observación, y en concordancia con la naturaleza del proceso.

A través de la librería spectrum de python, se implementaron los siguientes métodos paramétricos: de auto-correlación (ecuaciones Yule-Walker), de la covarianza, de la covarianza modificado y de Burg (algoritmo armónico). Se determinó que el método de Burg, el cual se caracteriza por estimar los coeficientes de regresión, mientras que en los otros tres casos se realiza una predicción lineal, era el más adecuado para el problema de estudio.

## RESULTADOS

Se obtuvo la evolución temporal de la DEP para las bandas frecuenciales  $\theta$ ,  $\alpha$  y  $\beta$  del EEG. En la figura 2 se muestra un ejemplo de DEP de la señal calculada para 1 ventana temporal en estado de vigilia y otra con marca de somnolencia. En la figura 3 se muestra la representación 3D de la DEP para las bandas  $\theta$ ,  $\alpha$  y  $\beta$  respectivamente, correspondiente al canal O1 del voluntario 1. En esta representación 3D se muestra, en el plano X-Y se encuentra el rango frecuencial y las ventanas temporales usadas, respectivamente, y en el eje Z se observa la amplitud de la DEP. La amplitud está representada por una escala de colores, siendo los oscuros amplitudes bajas y los claros amplitudes mayores.

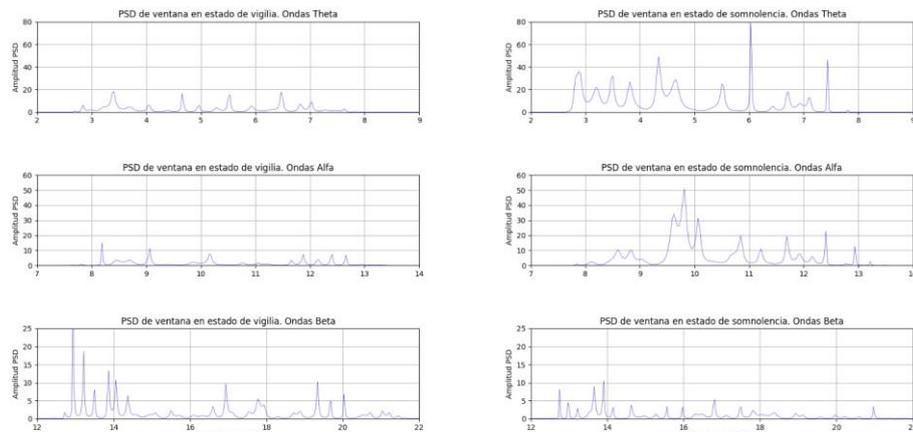


Figura 2: DEP de señales  $\theta$ ,  $\alpha$  y  $\beta$  correspondiente una ventana con marca temporal de somnolencia

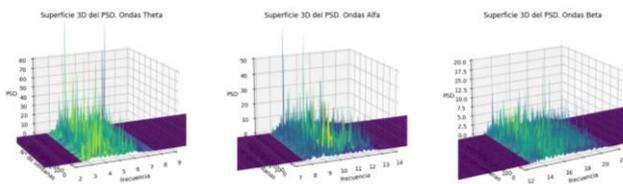


Figura 3: DEP de señales  $\theta$ ,  $\alpha$  y  $\beta$  respectivamente, correspondiente al canal O1 del voluntario 1

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como se mencionó, cuando una persona se encuentra en estado de vigilia las frecuencias  $\beta$  crecen mientras que  $\theta$  y  $\alpha$  decrecen.

Del análisis realizado, se puede observar que en las ventanas temporales que se corresponden con las marcas de somnolencia, la DEP de las frecuencias  $\beta$  decrece mientras la persona va ingresando a este estado. Por otro lado, la DEP de las frecuencias  $\theta$  y  $\alpha$  (que determinan el estado de relajación) aumenta su amplitud en torno a los rangos inferiores de estas bandas. Como puede observarse en la figura 2.

Este trabajo pone de manifiesto de que el análisis propuesto refleja la capacidad de estos parámetros como indicadores de somnolencia. Como trabajo futuro se debe indagar en el desarrollo de cuantificadores de somnolencia basados en la variación de la DEP de las distintas bandas frecuenciales del EEG.

Este trabajo demuestra que hay un gran potencial en el desarrollo de sistemas de detección de somnolencia mediante el uso de señales biológicas, aportando e incentivando a futuras investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rey de Castro Mujica, J. y Rosales Mayor, E. (2010). "Monitoreo del sueño en conductores de ómnibus y camiones: Factor relevante a considerar para la renovación de la licencia de conducir". Rev. Peru Med. Exp. Salud Publica. 27(2): 260-66. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v27n2/a16v27n2.pdf>
- [2] Organización Mundial de la Salud (2021). "Traumatismos causados por el tránsito". Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>.
- [3] Rosales Mayor, E. y Rey De Castro Mujica, J. (2010). "Somnolencia: Qué es, qué la causa y cómo se mide". Acta Médica Peruana, 27(2), 137-143. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_artext&pid=%20S1728-%2059172010000200010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_artext&pid=%20S1728-%2059172010000200010&lng=es&tlng=es).
- [4] Garcés Correa, M. A. (2011). "Procesamiento de Señales Cerebrales para la Detección de Somnolencia en Conductores". Tesis Doctoral, San Juan, 2011.
- [5] Orosco, Lorena et al. (2023). "Drivers Drowsiness Database: A collection of physiological signals during the use of a driving simulator (DD-Database)" [Dataset]. Dryad. <https://doi.org/10.5061/dryad.5tb2rbp9c>.
- [6] S. Majumder, B. Guragain, C. Wang and N. Wilson (2019). "On-board Drowsiness Detection using EEG: Current Status and Future Prospects". IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT), Brookings, SD, USA, 2019, pp. 483-490, doi: 10.1109/EIT.2019.8833866