

ANÁLISIS DE FOURIER DE LA VIBRACION EN LA MUÑECA DE SUJETOS USANDO UNA PULSERA SENSORA NO INVASIVA Y TECNOLOGÍA INALAMBRICA.

Emmanuel Martínez-H.¹, J. F. Mosiño¹, Alicia Martínez-R.³, I. Hernández-Bautista², R. Santiago-Montero¹
¹TECNM/Instituto Tecnológico de León. División de Estudios de Posgrado e Investigación, León, C.P. 37290.
²Cátedra CONACyT – Instituto Tecnológico de León, León, C.P. 37290.
³TECNM/CENIDET. Departamento de Ciencias en la Computación, Cuernavaca, C.P. 62490
 m18240010@itleon.edu.mx

Palabras clave: Análisis de Fourier, Vibración en muñeca, Análisis de señal.

Introducción. Actualmente, existen diferentes enfermedades motoras cuya causa es el daño neurológico que se caracterizan por la aparición de una vibración involuntaria en extremidades en personas. Esto explica el gran interés por el estudio de métodos y herramientas para analizar enfermedades neurodegenerativas que se caracterizan por producir movimientos involuntarios en la muñeca.

Por lo tanto, presentamos un sistema de medición no invasivo inalámbrico que utiliza una pulsera comercial para medir y monitorear vibraciones involuntarias en muñeca de individuos. El sistema captura y procesa la señal de vibración, se usa el análisis de *Fourier* y la aplicación de diversos filtros que generan una mejor relación Señal-Ruido en la señal.

Metodología. Para la medición de la señal de vibración de la muñeca se utilizó una pulsera que cuenta un acelerómetro capaz de registrar el movimiento involuntario. Considerando el teorema de muestreo de *Nyquist-Shannon* (1) y que la vibración en reposo es de 4 a 6 Hz, se utiliza una velocidad de muestreo de 62 Hz en la pulsera, lo que garantiza capturar frecuencias de hasta 31 Hz. La señal de vibración fue medida durante un lapso de captura de 10 segundos mientras el individuo estaba sentado, con su codo flexionado a 90 grados y separado del torso. La señal es enviada por el protocolo Bluetooth a un teléfono móvil con sistema operativo Android, donde implementamos una aplicación que automatiza el proceso. Los datos en bruto capturados fueron procesados mediante una PC usando Python para filtrar el ruido y usar el análisis de *Fourier* (2). Se aplicaron diferentes filtros de suavizado de señal para mejorar la relación señal-ruido. En la **Fig. 1** se muestra la señal original y la señal filtrada, mientras que en la **Fig. 2** se presenta una gráfica con el espectro de las frecuencias usando la Transformada de rápida de *Fourier* para comparar los resultados entre la señal original y la señal filtrada.

Resultados. La captura de datos fue automatizada y en la **Fig. 2** se muestra que el filtro que mejor atenúa el ruido es el de *Savitzky-Golay* (3). Se probó el sistema y la frecuencia de vibración es entre 5 – 6 Hz, lo cual comprueba lo que se menciona en (4) y (5), ya que el

temblor típico en reposo se conoce que oscila entre 4 a 6 Hz.

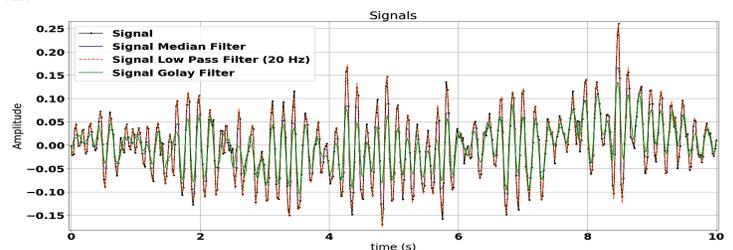


Fig. 2. Señal original y señales con diferentes filtros aplicados.

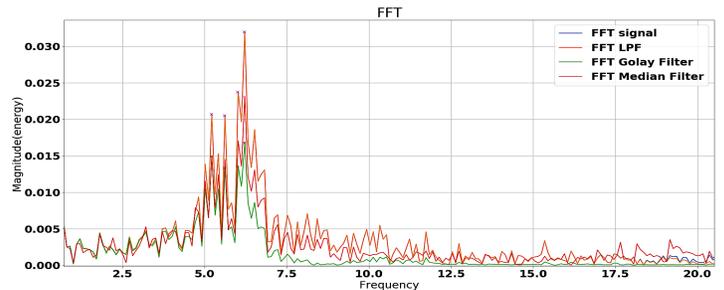


Fig. 1. Transformada rápida de Fourier de la señal original y las señales con filtros.

Conclusiones. Mostramos un sistema eficaz, no invasivo inalámbrico para medir y monitorear vibraciones en muñeca de individuos. El sistema es capaz de capturar y procesar la señal de vibración, mostrando el espectro original contra el espectro de la señal filtrada.

Agradecimientos. Al CONACyT (beca maestría) y TCNM

Bibliografía.

- Shannon, C. E. (Jan de 1949). Communication in the Presence of Noise. *Proc IEEE Inst Electr Electron Eng*, 37(1), 10-21.
- Chapra C., Raymond C. (2007). Aproximación de Fourier, En: *Métodos numéricos para ingenieros* (Quinta edición ed.). McGraw Hill Interamericana. D.F., México. 540-565.
- Deepshikha Acharya, A. R. (2016). Application of adaptive Savitzky-Golay filter for EEG signal processing. *Perspect Sci*, 8, 677-679.
- Alan Michael *et al.* (01 de August de 2014). Parkinson's disease and essential tremor classification on mobile device. *Pervasive Mob Comput*, 13, 1-12.
- Kim *et al.* (2018). Wrist sensor-based tremor severity quantification in Parkinson's disease using convolutional neural network. *Comput Biol Med*, 95, 140-146.