

## IMPLEMENTACIÓN DE FILTROS ADAPTATIVOS EN DSP APLICADOS AL TRATAMIENTO DE INTERFERENCIA DE 60 HZ Y DESPLAZAMIENTO DE LA LÍNEA DE BASE DEL ECG

Javier González B.<sup>1</sup> y Jaime Barrero P.<sup>2</sup>



**Abstrac.** This paper presents preliminaries results about adaptive filtering systems that they were implemented in the research work: "Digital Processing of electrocardiographic signal with DSP technology oriented to heart rate variability analysis". In this work is important the interferences treatment of 60 Hz noise and baseline wander.

**Palabras claves:** Filtrado adaptativo, interferencia de 60 Hz, desplazamiento de la línea de base.

**Key words.** Adaptive Filtering, 60 Hz Interference, Baseline wander.

### 1. INTRODUCCIÓN

El análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) mediante el análisis matemático de la señal electrocardiográfica es una herramienta clínica importante en el área de la cardiología y la Neurología [1]. El análisis puede ser caracterizado sobre segmentos cortos de ECG (5 minutos) o en grabaciones en periodos de 24 horas (estudios Holter). [2]

Los filtros adaptativos son aquellos que son realizados con base en algoritmos que varían su función de transferencia dinámicamente [4 y 5].

La estructura básica de un filtro adaptativo se ilustra en la figura 1[6]. La señal de entrada  $x(n)$  es filtrada para producir una salida  $y(n)$  que es observada por un circuito el cual evalúa la calidad de la salida, basado en una señal de referencia  $d(n)$  y cualquier diferencia entre las dos constituye un error  $e(n)$  que lleva a una degradación en la calidad. Esta medida de calidad es luego pasada a otra etapa donde es usada para decidir como modificar los parámetros del filtro con el objetivo de mejorar la calidad de la salida.[7] La conveniente eliminación del ruido de la línea de potencia contenido en las señales analizadas por equipos biomédicos ha sido el centro de atención de investigadores por algún tiempo. Cuando la frecuencia de la

<sup>1</sup> Ing. Electrónico UIS. Candidato a Magíster en Ing. UIS. e-mail:javiere\_gonzalez@yahoo.com.mx . Grupo CEMOS. UIS

<sup>2</sup> Ing. Electricista UIS. Magíster en Potencia Eléctrica UIS. Coordinador Maestría en Ingenierías. Escuela de Ing. Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones UIS. e-mail:jbarrero@condor.uis.edu.co. Grupo CEMOS. UIS

**Resumen-** En este artículo se expone los resultados obtenidos sobre los sistemas de filtrado adaptativo implementados en el trabajo de investigación "Procesamiento Digital de Señal Electrocardiográfica con Tecnología DSP Orientado al Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca", en el cual es de gran importancia el tratamiento de interferencias de 60 Hz y de corrimiento de la línea de base que afectan el análisis de la señal electrocardiográfica

línea de poder es estable, un filtro rechaza banda (notch) fijo es suficiente. Pero la frecuencia de la línea de poder no es siempre posee el valor exacto de los 60 Hz. Esta variación de frecuencia es asumida comúnmente como Gaussiana. Esto sugiere que la distribución puede ser o no centrada en los 60 Hz y la desviación de la frecuencia no siempre se encuentra en una sola dirección. Un filtro notch fijo puede eliminar el ruido cuando la distribución es centrada exactamente a la frecuencia para la cual el filtro fue diseñado, pero si la frecuencia no esta centrada a la misma del filtro notch, entonces, este filtro no cumpliría su función y demandará la implementación de un filtro notch adaptativo.<sup>[8]</sup>

Además de las interferencias ocasionadas por las líneas de alimentación de energía eléctrica, también existen señales que distorsionan el ECG que son el producto de movimientos musculares o del mal contacto de los electrodos sobre la piel.

Este tipo de interferencias pueden ocasionar lo que se conoce muy comúnmente como corrimiento de la línea de base (*drift baseline* o *wander baseline*) que por lo general afecta fuertemente el segmento ST de la señal electrocardiográfica. Este problema puede ser inducido por los cambios en la respiración y movimientos del cuerpo, especialmente durante registros capturados en pruebas que involucren ejercicio físico.

Las componentes en el dominio de la frecuencia del corrimiento de la línea de base se encuentran por debajo de los 0.5 Hz, pero en caso de las pruebas de esfuerzo se puede presentar un límite mayor. También pueden ser del mismo rango que las componentes de baja frecuencia del ECG, como el caso de las pertenecientes al segmento ST. Por lo tanto, la remoción de dichas componentes pueden alterar severamente la información clínica del registro electrocardiográfico, dando como consecuencia la no recomendación de filtros pasa altos, analógicos o digitales, con frecuencias de corte superiores a los 0.5 Hz.<sup>[9]</sup>

Y 10]

## 2 Materiales y métodos.

La metodología central de este trabajo consistió en el diseño y simulación de los algoritmos con ayuda del asistente matemático Matlab®, seguidamente se adapto el código desarrollado en el lenguaje C para ser implementados en la herramienta

para el desarrollo con DSP DSK5402 del fabricante Texas Instruments en la cual se realizaron pruebas con ayuda de simuladores de señales electrofisiológicas.<sup>[12]</sup> Como estrategia para eliminar el corrimiento de la línea de base se propone un filtrado por cancelación basado en la estimación de una función que represente la desviación de la línea de base tomando muestras de la señal electrocardiográfica.<sup>[12]</sup> las muestras fueron tomadas a través del cálculo del valor medio en ventanas de aproximadamente de 200 muestras y por medio del método de regresión polinomial se estima la función que describe la interferencia aditiva que altera la línea de base del electrocardiograma.<sup>[13]</sup> En la figura 2 se puede apreciar el diagrama de bloques del filtro por cancelación.

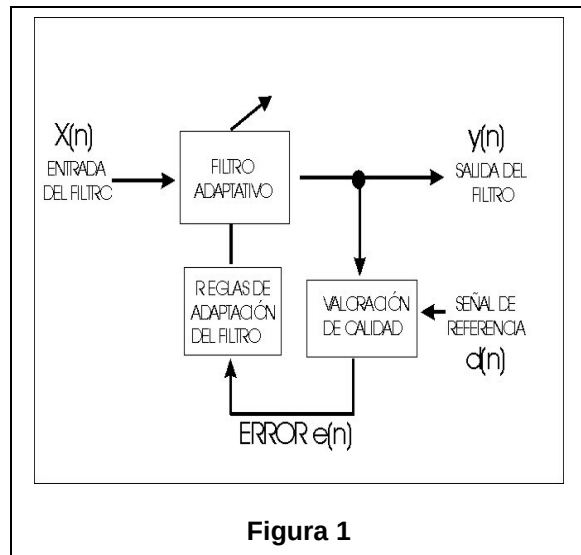


Figura 1

Para el tratamiento de la interferencia de 60 Hz se ha implementado un filtro notch adaptativo ilustrado en la figura 3, que realiza una estimación de la componente de 60 Hz sumada a la señal ECG. Con base a la estimación de la interferencia se crea una señal de error que es utilizada en el algoritmo de adaptación del coeficiente del filtro notch. El valor del coeficiente inicial  $a_1$  es calculado con base en la ecuación (1), donde  $w_0$  y  $w_s$  son los valores de la frecuencia que se desea atenuar y de muestreo respectivamente.

$$a_1 = -2 \cos\left(\frac{w_0}{w_s} 2\pi\right) \quad (1)$$

IMPLEMENTACIÓN DE FILTROS ADAPTATIVOS EN DSP APLICADOS AL TRATAMIENTO DE INTERFERENCIA DE 60 Hz Y DESPLAZAMIENTO DE LA LÍNEA DE BASE DEL ECG. CEMOS. UIS

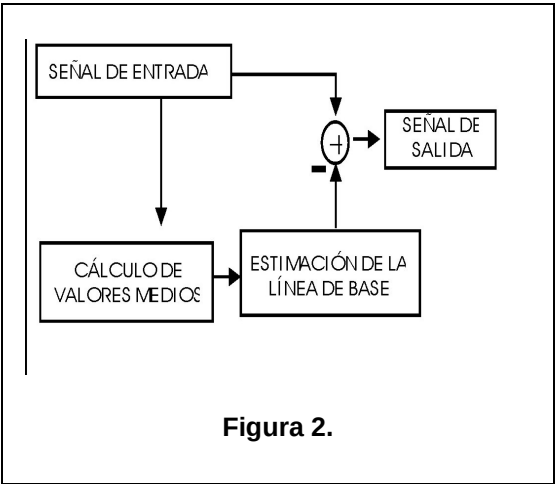


Figura 2.

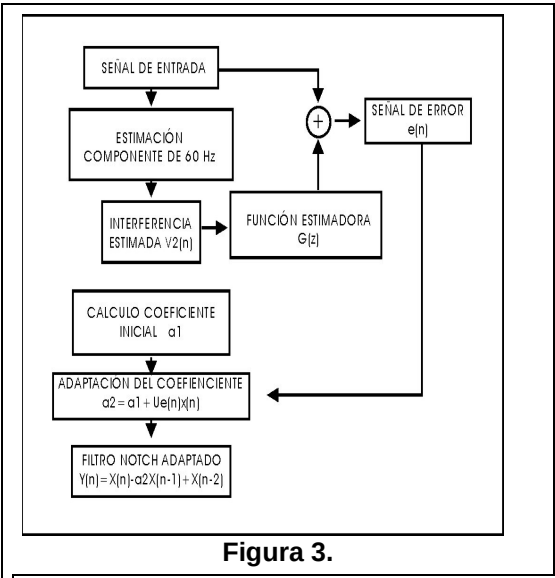


Figura 3.

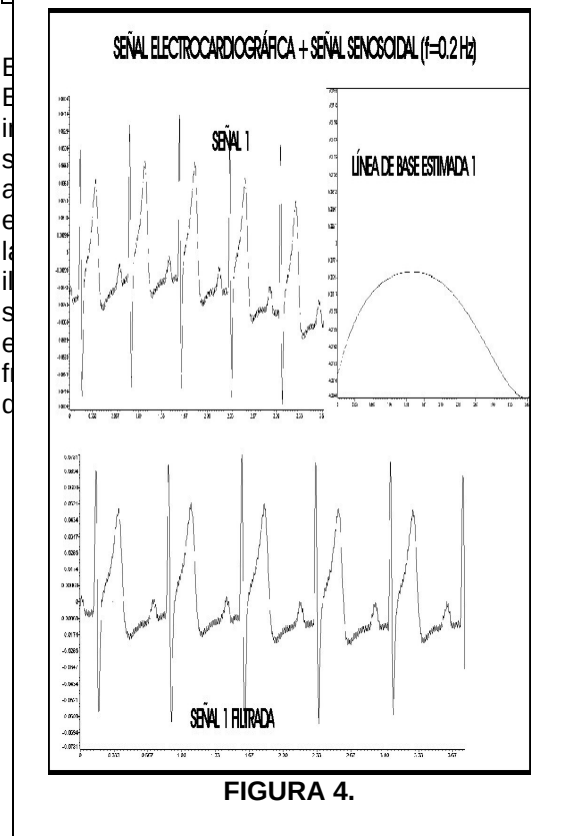


FIGURA 4.

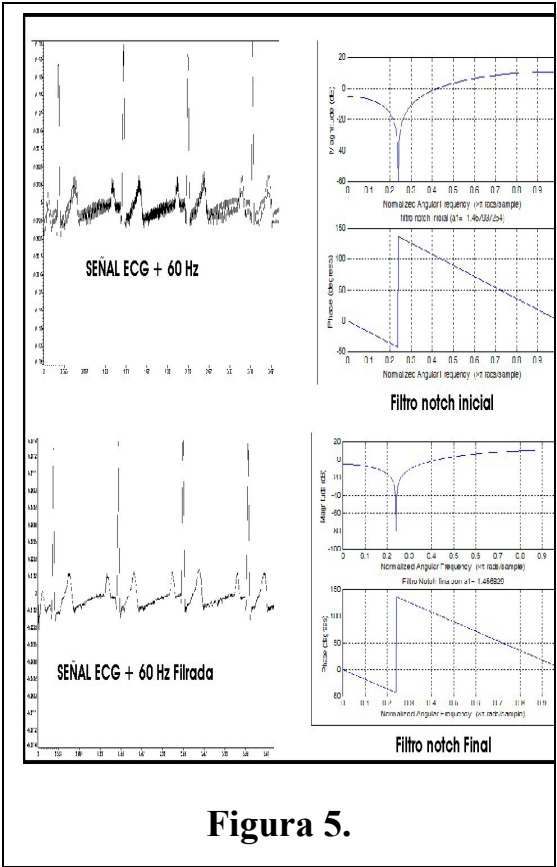


Figura 5.

## IMPLEMENTACIÓN DE FILTROS ADAPTATIVOS EN DSP APLICADOS AL TRATAMIENTO DE INTERFERENCIA DE 60 Hz Y DESPLAZAMIENTO DE LA LÍNEA DE BASE DEL ECG. CEMOS. UIS

En esta fase preliminar del proyecto Procesamiento Digital de Señal Electrocardiográfica con Tecnología DSP Orientado al Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca se han obtenido resultados positivos en el tratamiento de interferencias de 60Hz y corrimiento de la línea de base. Los algoritmos fueron diseñados y simulados en el asistente matemático Matlab por medio de señales provenientes de bases de datos y contaminación de interferencias con modelos matemáticos conocidos. Seguidamente se han traducido estos algoritmos al lenguaje C para su respectiva implementación en la plataforma DSK5402.

### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Conny MA. Van Revenswaaij – Arts, MD. Luis AA. Kollée, MD. Rate Variability. American College of Physicians. USA. 1993. 118: 436- 437.
- [2]. Hedman A, Malik M. Long – Term Measurement of Heart Rate Variability. Marck Malick. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 1998. Chapter eight : 195 – 221.
- [3]. Castellanos, G., Puerta L, Ríos A. Reducción en Tiempo Real de Interferencia de 60 Hz y de la Línea de Base en la Adquisición de Señales de ECG. Universidad Nacional de Colombia. Grupo Control y Procesamiento Digital de Señales. Manizales. Colombia 2000.p19-p25.
- [4]. C.S. Lindquist. Adaptive and Digital Signal Processing. Steward and Sons. CA. 1989.
- [5]. Shen P, Lindquist C. Adaptive Filtering of EKG Signals With Little Apriori Information. IEEE 2000. 0-7803-6514-3/00/\$10.00.
- [6]. Bellanger M. Digital Signal Processing of Signals. Theory and Practice. John Wiley and Sons. 1994.
- [7]. Treichler J, Johnson JR, Larimore, M. Theory and Design of Adaptive Filters. Topics in Digital Signal Processing. John Wiley & Sons. USA 1987. 343: p15-32.
- [8]. Mohammed F, Barr R. Adaptive Digital Notch Filter Design on the Circle for the Removal of Powerline Noise From Biomedical Signals. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. Vol 41, No 6 June 1994.
- [9]. Ezenwa B, Gupta M, Nikforuk P, Prasad K. A Baseline Algorithm for Drift Reduction In Electrocardiography. IEEE Engineering in Medicine & Biology Society 10th Annual International Conference. Signal Processing and Analysis: Poster Session II. CH2566-8/88/000—1230. 1988 IEEE.
- [10]. Jané R. Laguna P. Thakor N. Caminal Pere. Adaptive Baseline Wander Removal in the ECG: Comparative Analysis with Cubic Spline Technique. 0276-6547/92 \$3.00. 1992. IEEE.
- [11]. Fuentes L, Niño J, Duarte C. Procesadores de Señales Digitales (DSP): Programación y Prácticas de Procesamiento Basadas en la Plataforma TMS320CV5402 de Texas Instruments. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2003.
- [12]. Ezema B. Gupta M, Nikfourk P, Prasad Kailash. A Baseline Tracking Algorithm for Drift Reduction in Electrocardiography. IEEE Engineering in Medicine & Biology Society 10th Annual International Conference.
- [13]. Chapra S, Canale R. Métodos Numéricos para Ingenieros. Mc Graw-Hill. 1998. México. 641: 336-341.

**IMPLEMENTACIÓN DE FILTROS ADAPTATIVOS EN DSP APLICADOS AL TRATAMIENTO DE  
INTERFERENCIA DE 60 Hz Y DESPLAZAMIENTO DE LA LÍNEA DE BASE DEL ECG. CEMOS. UIS**

**AUTORES**



**Jaime Barrero Perez. Ing Electricista. UIS.  
Magíster en Potencia Eléctrica. UIS.  
Profesor Tiempo completo UIS.  
Coordinador Maestría en Ingenierías Area  
Ing. Eléctrica y Electrónica.  
Jbarrero@uis.edu.co  
(7)6344000 ext 2488.**



**Javier González Barajas. Ing. Electrónico  
UIS. Magíster en Ingenierías, Area  
Eléctrica y Electrónica.  
Javiere\_gonzalez@yahoo.com.mx**