



V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

5, 6 y 7 de junio de 2014
TONANTZINTLA, PUEBLA, MÉXICO

FONOCARDIOGRAFÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA

Jaime Granados Samaniego^a, Fernando Tavera Romero^a, Juan Manuel Velázquez Arcos^a,
Gildardo López Gonsález^b, Roberto T. Hernández López^a, Alan Morales Lárraga^a,

^aUniversidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, jalgras@yahoo.com, fer87@gmail.com,
jmva@correo.azc.uam.mx

^bInstituto de Educación Media Superior del Distrito Federal, lqgildardo@gmail.com

RESUMEN

Con el fin de que el análisis del sonido emitido por el corazón sea realmente objetivo, desde hace algunos años se ha desarrollado un método en el cual por medio de un estetoscopio electrónico se adquieren los sonidos y se introducen en una computadora, la cual programada adecuadamente permite mostrar en forma gráfica la onda sonora, llamándosele fono cardiograma.

Se han propuesto diferentes algoritmos y modos de analizar los fono cardiogramas, con diferente grado de dificultad, en diferentes instituciones y países, las cuales se han aplicado en diversos grupos de personas de edades variadas, sanas y con enfermedades ya diagnosticadas.

En el Proyecto de investigación Fonocardiografía, que actualmente se realiza en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco se han realizado fono cardiogramas de personas de la comunidad universitaria, sanos y enfermos diagnosticados y se ha logrado: Implementar un proceso digital de toma de datos cardiológicos: presión arterial y sonido cardiaco. Presentar la onda como imagen en formato lvm, la cual puede extenderse o comprimirse para mostrarse en diferentes intervalos de tiempo. Construir un Programa en LabVIEW para obtener la frecuencia cardiaca a partir del fonocardiograma. Simular matemáticamente la onda de sonido cardiaco. Construir un Programa de reconocimiento de imágenes para detectar zonas críticas en la imagen del sonido cardiaco.

Presentamos en este trabajo una revisión de los métodos de análisis implementados en otras instituciones, nuestra propuesta y los resultados obtenidos.

1. INTRODUCCIÓN,

Las señales acústicas o audibles que emite el cuerpo humano son fundamentales para establecer un diagnóstico de una enfermedad y pueden ser detectadas y analizadas en el consultorio médico. Estas señales se detectan primariamente por medio del estetoscopio, el cual es un instrumento acústicamente defectuoso. Sin embargo, en el caso de Patologías cardiacas, la auscultación acústica es el primer indicador utilizado para evaluar el funcionamiento del corazón.

El Facultativo identifica los diversos sonidos cardiacos, o partes de ellos, concluyendo en un determinado diagnóstico, si sus oídos y su estetoscopio están en óptimas condiciones, en lo que consideramos como una evaluación subjetiva. Por esta razón, es necesario desarrollar técnicas de identificación de sonidos cardiacos totalmente objetivas como aquellas basadas en un detector y un analizador computarizado.

Un soplo cardiaco es un conjunto de sonidos producidos por el movimiento de las válvulas cardiacas al abrirse o cerrarse así como por la turbulencia del fluido sanguíneo al entrar o salir del corazón.

¿Cómo detectar objetivamente posibles patologías en el Corazón?

Una manera es: Mediante un sensor que detecta el sonido que emite el Corazón durante su funcionamiento, introduciendo esta información en la computadora, realizando una imagen del sonido y analizándola.



V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

5, 6 y 7 de junio de 2014

TONANTZINTLA, PUEBLA, MÉXICO

Este análisis puede realizarse de diferentes formas y con diferentes algoritmos incluyendo una simulación matemática del comportamiento cardiaco.

Se ha encontrado que en la imagen del sonido se pueden localizar diversas zonas que pueden interpretarse como indicadores de anomalías en el funcionamiento cardiaco o posibles daños valvulares.

En las clínicas y hospitales es muy importante que se cuente con equipos para detectar y medir las señales fisiológicas que emite el cuerpo humano, que funcionen de forma automática y cuyos resultados apoyen el diagnóstico médico de las personas con patologías cardíacas.

Con las tecnologías contemporáneas es posible construir Sistemas Computacionales portátiles, económicos, de toma y análisis de Datos cardiológicos que utilicen este método de diagnóstico, el cual es aplicable a pacientes de diferentes edades y condiciones de salud como ancianos, jóvenes e incluso en fetos en desarrollo.

2. ANTECEDENTES

La señal acústica detectada, llamado fonocardiograma, ha sido analizada por otros autores, en Colombia, como A.F. Quiceno, E. Delgado, G. Castellanos, C. Acosta [1]-[2], mediante el uso de las transformadas Wavelet y de Fourier y J.D.Echeverry, A.F.López, J.F.López con la Transformada de Gabor [3], para estudiar segmentos entre latidos. En las Referencias [1] y [2] se presenta una metodología basada en el análisis acústico de señales de auscultación digitalizadas (PCG), orientadas a la detección de soplos cardiacos originados por patologías valvulares. Inicialmente, se desarrolla un sistema de filtración basado en la transformada wavelet para reducir las perturbaciones que suelen aparecer en la etapa de adquisición ajustado y validado según los requisitos clínicos. En un algoritmo de segmentación entre latidos que se desarrolló, se usa la información de las señales del ECG adquirido previamente, de forma sincrónica para enganchar el comienzo del complejo QRS con el principio del sonido de la señal PCG S1. La segmentación entre latidos se propone para la detección de S1, S2, sistólica y diastólica, basado en el análisis de la relación de la energía y umbral. Características derivadas del análisis acústico se extraen en el segmento. La característica de eficacia es evaluada por un modelo de clasificación de tipo lineal bayesiano para la separación de las clases: normal y soplo.

En España, J Martínez-Alajarí, J López-Candel, R Ruiz-Merino, [4], [5], han desarrollado otros métodos de análisis de fonocardiogramas, entre ellos el llamado ASEPTIC: Aided System for Event-Based Phonocardiographic Telediagnosis with Integrated Compression". basado en la energía de los principales picos que aparecen en la onda cardiaca.

En la referencia [6] los autores describen el diseño presentado como un fonocardiografo capaz de amplificar y filtrar de las señales acústicas derivadas del corazón. Después de una conversión analógica digital de las señales la información se envía por puerto serie a un entorno gráfico en LabVIEW para su registro y análisis en tiempo real.

J. Granados S. et al. [11]-[12] también han desarrollado sistemas basados en el concepto de instrumentación sintética para detectar señales acústicas.

Por otra parte, la señal eléctrica emitida por el corazón y detectada por medio del electrocardiograma ha sido estudiado por algunos autores como L. Guzmán-Vargas, A. Muñoz Diosdado, F. Angulo-Brown, E. Calleja - Quevedo [7]-[10], en México, quienes han aplicado técnicas de Series de tiempo físicas y técnicas de análisis matemático y también buscan la Dimensión Fractal y análisis Multifractal para detectar anomalías cardiacas.

En la referencia [7] los autores analizan series de tiempo entre latidos cardiacos que se presenta en tres grupos: sujetos ancianos sanos, jóvenes sanos y pacientes con insuficiencia cardiaca congestiva. Usan el método de dimensión fractal propuesto por Higuchi. Encontraron que la

V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

5, 6 y 7 de junio de 2014
TONANTZINTLA, PUEBLA, MÉXICO

organización fractal es diferente para cada grupo. Discuten sobre sus resultados en el contexto de la dinámica entre latidos del corazón.

En la referencia [8] los autores presentan un análisis fractal diurno de series de tiempo del interlatido de corazón de sujetos jóvenes sanos y pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva. Describen algunas diferencias entre los grupos mediante el cálculo de algunos exponentes invariantes de escala. También presentan un Análisis multifractal de secuencias simuladas y su comparación con datos reales.

El análisis multifractal de los fonocardiogramas ha sido aplicado recientemente por Gavrovskia et al [16] en Serbia para desarrollar un sistema de diagnóstico de bajo costo, asistido por computadora, para detectar patologías de válvula Mitral prolapsada en niños.

Nuestra propuesta en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco (UAMA), es desarrollar una técnica alternativa en la que se utilicen el sonido y las imágenes digitales a través de software de reconocimiento y análisis de imágenes.

3. PARTE EXPERIMENTAL

En el Proyecto de investigación Fonocardiografía, que actualmente se realiza en la UAMA se ha logrado implementar un proceso digital de toma de datos cardiológicos: presión arterial y sonido cardiaco dentro del Campus universitario, en el cual se han realizado fono cardiogramas de personas de la comunidad universitaria, sanos y enfermos diagnosticados.

Equipo utilizado

El sistema está integrado por un Medidor digital de Presión Arterial y Frecuencia Cardíaca, Citizen modelo CH-432B, el sensor de sonido, el Estetoscopio Electrónico Littmann modelo 3200, el software LabVIEW 2013, un programa de adquisición de señal acústicas realizado con LabVIEW , un programa de reconocimiento de patrones elaborado con el software Vision Builder y varias computadoras portátiles.

Metodología

Por medio de un programa de computadora de adquisición de datos damos instrucción que se transfiera, vía Bluetooth, la señal acústica emitida por el corazón y detectada por el estetoscopio electrónico a una computadora portátil. Esa onda se exporta en formato .WAV. Con el software LabVIEW, construimos un programa que convierte la señal a formato .lvm, lo que nos permite graficarla en el espacio amplitud vs tiempo mostrándose en la pantalla de la Laptop. La información experimental se guarda en un archivo de datos que puede ser procesado en otro software como Excel o Matlab. La gráfica de Amplitud vs tiempo también se guarda como una imagen.

Posteriormente con el software de Vision Builder esta imagen se compara con un conjunto de imágenes correspondientes con sonidos asociados a varias patologías cardíacas, con el fin de identificar la alteración.

Diagrama del sistema

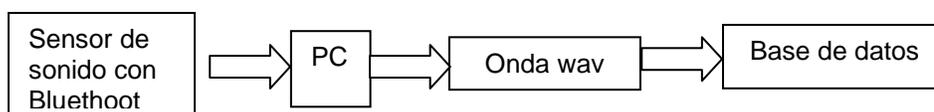


Figura 1. Diagrama de bloques de la adquisición del sonido cardíaco con estetoscopio electrónico.

V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD
5, 6 y 7 de junio de 2014
TONANTZINTLA, PUEBLA, MÉXICO

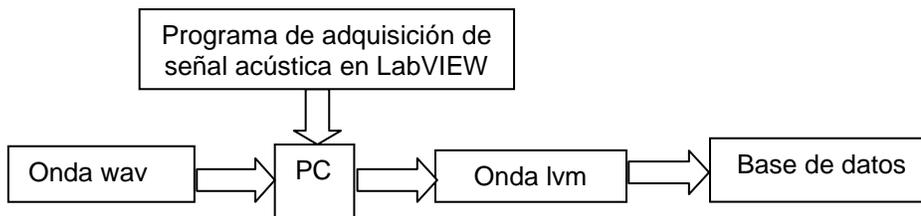


Figura 2. Diagrama de bloques de la conversión de la onda a formato lvm

En las figuras 3, 4, 5 se muestran las imágenes de los Fonocardiogramas tomados a tres personas. Las tomas fueron de 60 segundos de duración pero en las gráficas solo mostramos los primeros 3 segundos.

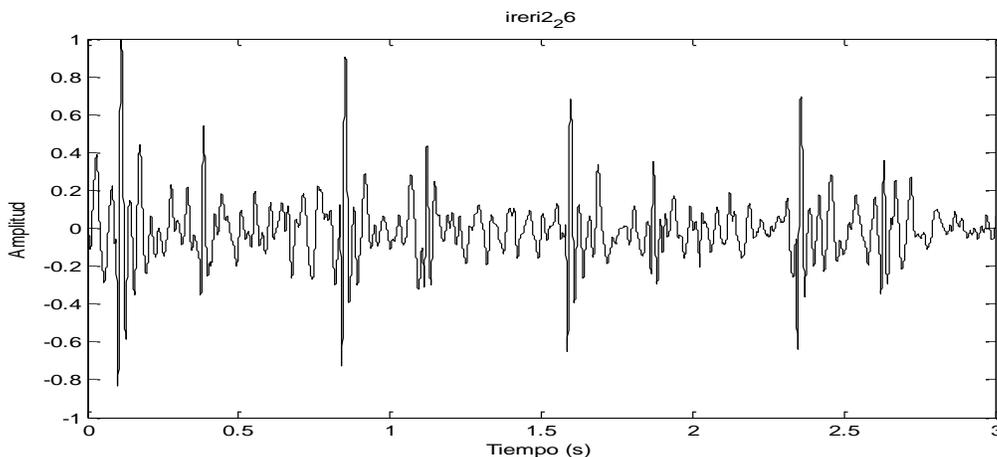


Figura 3. Fonocardiograma de la persona 1.

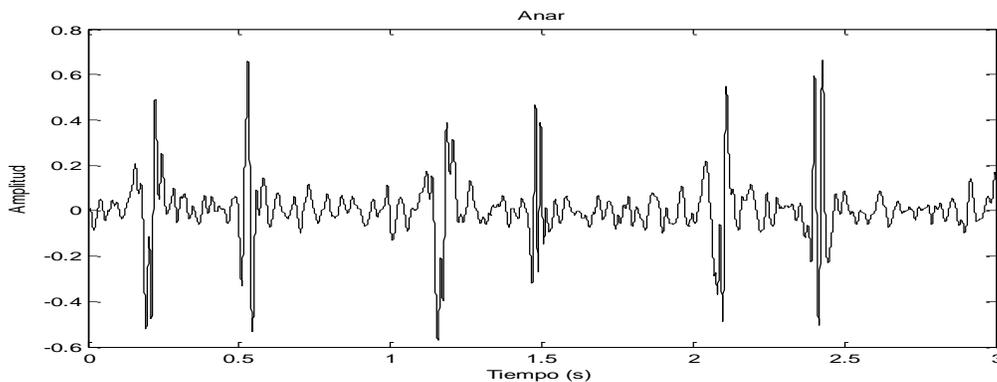


Figura 4. Fonocardiograma de la persona 2.



V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD
 5, 6 y 7 de junio de 2014
 TONANTZINTLA, PUEBLA, MÉXICO

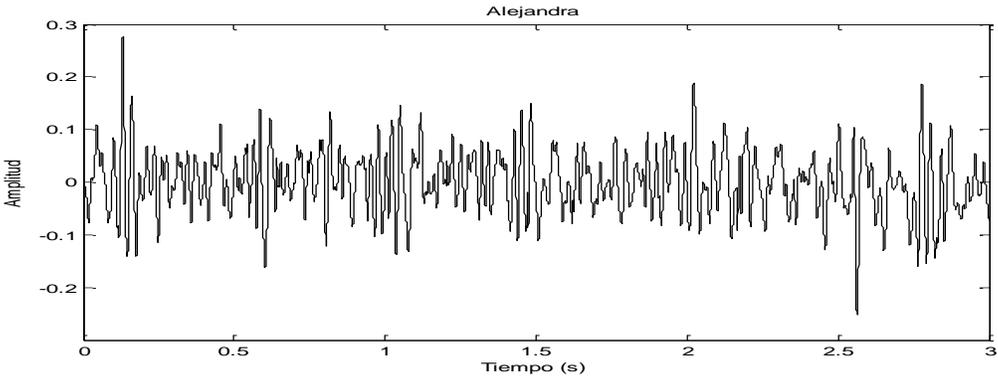


Figura 5. Fonocardiograma de la persona 3.

Simulación y Reconocimiento de imágenes

Por otra parte hemos construido también la parte de simulación, en la cual a través de fórmulas matemáticas construimos una onda similar a la del sonido emitido en los latidos cardiacos de una persona sana, figura 6. Simulamos también ondas en las cuales están presentes ruidos adicionales presentados entre latidos, figuras 7 y 8, como es el caso en personas con alguna lesión valvular. Posteriormente a través de un programa de cómputo de reconocimiento de imágenes se busca si están presentes alteraciones en dichas imágenes identificando posibles patologías.

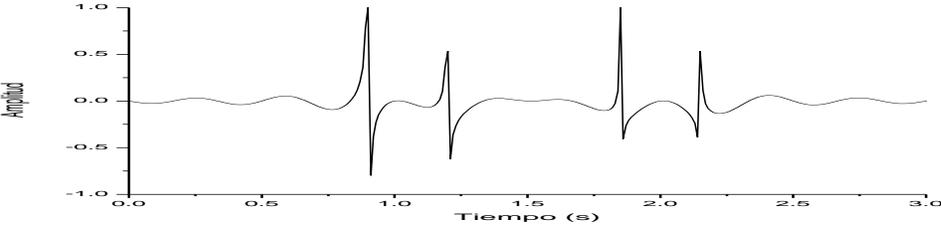


Figura 6. Simulación de dos latidos sin ruidos intermedios, mostrando S1 y S2. S1 está en el pico más alto.

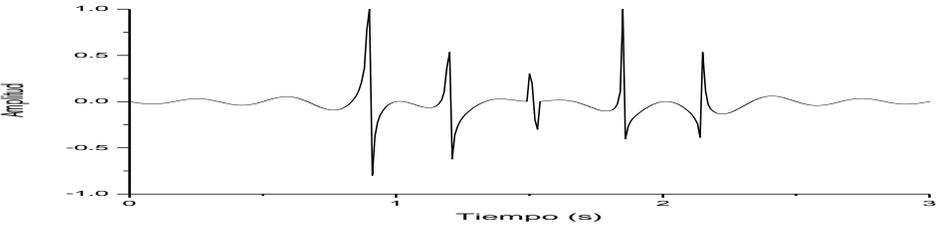


Figura 7. Simulación de dos latidos con un ruido intermedio entre S2 y S1.



V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD
 5, 6 y 7 de junio de 2014
 TONANTZINTLA, PUEBLA, MÉXICO

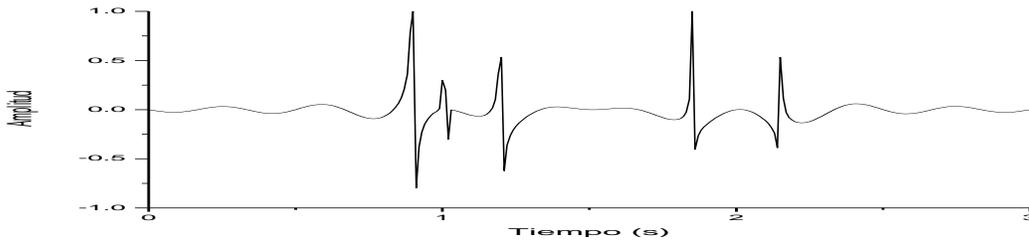


Figura 8. Simulación de dos latidos con un ruido intermedio entre S1 y S2.

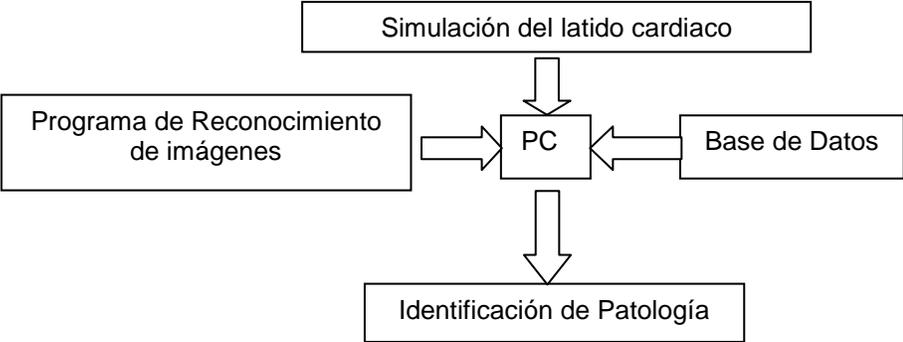


Figura 9. Diagrama de Bloques del Proceso de identificación de Patologías mediante simulación y reconocimiento de imágenes.

PROCESAMIENTO DE LA ONDA WAV CON LABVIEW

Así mismo, se ha elaborado un programa de cómputo en el software LabVIEW para cuantificar la frecuencia cardiaca a partir de la imagen del sonido.

El programa realizado en LabView 2010 es un sistema de adquisición de señales acústicas en tiempo real usando una interface y un sensor piezoeléctrico como sensor de sonido.

O bien es un lector de archivos pre-grabados en formato .wav.

Debido a que nos interesa conocer la frecuencia del sonido del corazón, se sigue el algoritmo:

1. Se grafica la señal acústica pre grabada o adquirida en el momento amplitud vs tiempo.
2. Se hace una rampa de muestras.
3. Se establece un rango de amplitudes para filtrar el ruido.
4. Se cuenta el número de picos y de valles que pasan ese filtro y de esta forma podemos obtener la frecuencia cardiaca.



V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

5, 6 y 7 de junio de 2014

TONANTZINTLA, PUEBLA, MÉXICO

El visor de datos o graficador tiene la posibilidad de seleccionar punto a punto de la gráfica y de esta forma saber la locación de dicho punto así como su amplitud y el tiempo que dura con esta. Cuenta con herramientas de zoom a la gráfica, moverse a voluntad a cualquier punto, seleccionar y copiar todo o regiones específicas al portapapeles
Opcionalmente se puede reproducir en los altavoces el sonido que se está leyendo

4. CONCLUSIONES

En la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco, en México D.F., actualmente se realiza el Proyecto de investigación Fonocardiografía, con el cual se ha logrado:
Implementar en el Campus un proceso digital de toma de datos cardiológicos: presión arterial y sonido cardiaco. Realizar fono cardiogramas de personas de la comunidad universitaria, sanos y enfermos diagnosticados. Presentar la onda como imagen en formato lvm, la cual puede extenderse o comprimirse para mostrarse en diferentes intervalos de tiempo. Construir un Programa en LabVIEW para obtener la frecuencia cardiaca a partir del fonocardiograma. Simular matemáticamente la onda de sonido cardiaco. Construir un Programa de reconocimiento de imágenes para detectar zonas críticas en la imagen del sonido cardiaco.

BIBLIOGRAFÍA

1. E.Delgado, A.M.Castaño, J.I.Godino and G.Castellanos. "Detección de soplos cardiacos usando medidas derivadas del Análisis Acústico en señales fonocardiográficas". IFMBE Proceedings **18**, (2007) 202-206.
2. A.F.Quiceno, E.Delgado, C.Acosta and G. Castellanos. "Caracterización de Espectrogramas usando análisis de componentes principales y medidas de energía para detección de soplos cardiacos." IFMBE Proceedings **18** (2007) 162-166.
3. J.D.Echeverry, A.F.López, J.F.López. "Reconocimiento de valvulopatias cardiacas en señales de Fonocardiografía empleando la Transformada Gabor". Scientia et Technica Vol XII no. 034 (2007) 139-143.
4. J Martínez-Alajarí, J López-Candel, R Ruiz-Merino." ASEPTIC: Aided System for Event-Based Phonocardiographic Telediagnosis with Integrated Compression". Computers in Cardiology 2006;33:537-540
5. J. Martínez-Alajarín and R. Ruiz-Merino. "Efficient method for events detection in phonocardiographic signals". Bioengineered and Bioinspired Systems II, edited by Ricardo A. Carmona, Gustavo Liñán-Cembrano, Proceedings of SPIE Vol. 5839 (SPIE, Bellingham, WA, 2005).
6. J.S.Osorio V., L.F. Cuesta L., F. Gómez M. Diseño y construcción de un fonocardiógrafo digital con visualización en LabVIEW. Revista de Ingeniería Biomédica **1** (2007)42-46.
7. L. Guzmán Vargas, E.Calleja Quevedo, F.Angulo Brown. Fractal Changes in Heart rate dynamics with aging and Hearth failure.Fluctuation and Noise Letters. Vol. 3,No. 1 (2003) L83-L89.
8. L. Guzmán Vargas, A.Muños Diosdado, F.Angulo Brawn.Influence of the loss of time constants repertoire in Pathologic Heartbeat Dynamics. Physica A 348 (2005) 304-316.



V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

5, 6 y 7 de junio de 2014

TONANTZINTLA, PUEBLA, MÉXICO

9. L.Guzmán Vargas and F.Angulo Brown. Simple Model of the aging effect in Heart interbeat time series. *Physical Review E* 67, 052901 (2003)
10. L.Guzmán Vargas, E.Calleja Quevedo and F.Angulo Brown. Fractal Methods and Cardiac Interbeat Time Series. *Revista Mexicana de Física* 51 suplemento 2, 122-127 (2005).
11. J.Granados S., R.T.Hernández L., J.M.Velázquez A.,C.A. Vargas, F.Tavera R. Sistema de Adquisición de Datos Acústicos SADA1. *Proceedings SOMI XXIII Congreso de Instrumentación*. Octubre 2008.
12. J.Granados S., R.T.Hernández L., J.M.Velázquez A., J.L.Fernández Ch.,A.V. Hanessian de la G. Sistema Computarizado Multicanal de Detección Acústica. *Proceedings SOMI XXIV Congreso de Instrumentación*. Octubre 2009.
13. www.msd.com.mx/msdmexico/hcp/cursos/ruidos/lesiones.html
14. www.physionet.org/
15. J. Granados Samaniego, L. Rodríguez Juárez, J.M. Velázquez Arcos,, “Phonocardiograph signals acquisition and analysis system”, *Proceedings of the 1st. International Congress on Instrumentation and Applied Sciences*, Cancun, México, October 2010.,
16. A. Gravrovska, G. Zaji, I. Reljin, B. Reljin. “Classification of Prolapsed Mitral Valve versus Healthy Heart from Phonocardiograms by Multifractal Analysis”, *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. Vol. 2013, Artículo ID 376152.
17. J.Graff. El software es el instrumento. *Instrumentation Newsletter*. Vol.19, no.1, 2007.