

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN
FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS**
ANEXO 2 – DETALLES DE LA PROPUESTA

Investigación Básica <input type="checkbox"/>	Investigación Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>
DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):	
1. Departamento de Matemática	
2. Departamento de Informática y Ciencias de la Computación	
3. Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones (Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE)	
LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:	
1. Modelos estadísticos	
2. Inteligencia artificial	

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)	
Ciencias Naturales y Exactas;	
Ingeniería y Tecnologías;	X
Ciencias Médicas;	
Ciencias Agrícolas;	
Ciencias Sociales;	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)	
Exploración y explotación del medio terrestre;	
Ambiente;	
Exploración y Explotación del espacio;	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras;	
Energía;	
Producción y tecnología industrial;	
Salud;	
Agricultura;	
Educación;	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación;	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos;	
Defensa;	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU);	X
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes.	



1	Proyecto de Investigación
	Título: Caracterización de las alternancias de la onda T de un Electrocardiograma (ECG) usando técnicas estadísticas no paramétricas
	Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) En el análisis clínico de los electrocardiogramas (ECG), las anomalías (alternancias) de la onda T se han relacionado con la presencia de ciertas cardiopatías. Con el objeto de caracterizar tanto la presencia como la severidad de estas alternancias se propone desarrollar métodos de análisis estadístico no paramétrico de la onda T. Si bien otros problemas como la limpieza de ruido por factores idiosincráticos (<i>p.ej.</i> interferencias de los equipos usados, movimientos involuntarios de los pacientes, etc.) o el alineamiento del inicio de cada ciclo de latido deben ser considerados, el presente proyecto solo considera el análisis de la señal suponiendo que esos problemas ya han sido resueltos, el uso de técnicas no paramétricas debería otorgar a los métodos propuestos cierto nivel de robustez para poder hacer esta consideración. Se propone entonces desarrollar pruebas de hipótesis estadísticas no paramétrica para la presencia o ausencia de alternancia en una señal de ECG una vez limpia de ruido y consideradas alineadas. Una vez que se haya establecido estadísticamente la presencia de la alternancia, se propone estimar su severidad también con técnicas no paramétricas si resulta adecuado. Tanto en las pruebas de hipótesis como en la estimación de la severidad, se intentará técnicas de remuestreo (bootstrap) que otorgarán robustez a los resultados y que sean comparables con los existentes en el estado del arte.
	Palabras clave (4-6): ECG, T-wave alternans, bootstrap, noparametric



2	Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación
----------	---

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Desarrollar métodos estadísticos no paramétricos para determinar la existencia de alternancias de la onda T y estimar su severidad

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Construir un esquema de remuestreo que permita desarrollar una prueba estadística de presencia vs ausencia de alternancia en la onda T.
- b. Desarrollar una estimación no paramétrica por intervalos de confianza de la severidad de la alternancia una vez que se ha establecido su presencia.

2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Una prueba no paramétrica basado en técnica de re-muestreo para determinar la presencia vs ausencia de alternancia en la onda T.
- b. Un estimador no paramétrico de la severidad de la alternancia que pueda ser usado en el futuro para evaluar el riesgo de ciertas cardiopatías.

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
----------	--

El análisis de la alternancia de la onda T es un fenómeno importante tanto en el campo clínico como en los campos científico y tecnológico, ha sido considerado un indicador importante, no invasivo, para estratificar el riesgo de muerte súbita cardíaca [1]. En este contexto, se han desarrollado métodos que permiten analizar este fenómeno utilizando modelos estadísticos [2][3], acompañados de técnicas de inteligencia artificial, tanto en la construcción de modelos como en la evaluación de sus resultados.

Este proyecto se encuentra alineado con las líneas de investigación Modelos Estadísticos, del área de Matemáticas de la Facultad de Ciencias, Inteligencia artificial del área de Ciencias y Metodologías de la Computación de la Facultad de Sistemas, y Procesamiento Digital de Señales del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. En este último, como una colaboración entre ambas instituciones.



4	Productos esperados (marcar con una “X” al menos uno de los productos no señalados)
----------	--

Tipo de Producto:	Marcar con una “X”
a. Disertación a la Comunidad Politécnica (obligatorio);	X
b. Presentación de un artículo en formato de la Revista Politécnica (obligatorio)	X
c. Proyecto de Titulación;	
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	
g. Publicaciones científicas indexada en SCIMAGO-SCOPUS/WoS/SCIELO/Latindex Catálogo o un artículo en congreso indexado en SCOPUS.	X

5	Descripción y metodología y diseño del proyecto
----------	--

5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

El electrocardiograma (ECG) es la representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón. Cada latido se representa mediante un conjunto de ondas (P, Q, R, S, T). Cada onda representa una actividad específica realizada por el corazón. Si la amplitud y los intervalos de tiempo de duración de la onda están dentro de los valores y rangos considerados como típicos, se considera como una actividad normal.

La TWA(T wave alternace) consiste en una variación de la morfología, amplitud o duración de la onda T que se produce de forma continuada cada dos latidos [1] [2]. En la Tabla 1 se muestra algunos tipos de alteración de la onda T y la relación con los problemas cardíacos, esta gran variabilidad hace que el análisis de la onda T sea complejo.

Problema cardíaco	Relación con la Onda T	Onda T en el ECG
Infarto agudo con elevación del ST		
Isquemia Subendocárdica	Onda T alta, picuda y simétrica, presente sobre todo en corazones que han sufrido isquemia previa.	
Isquemia Subepicárdica	Onda T negativa simétrica poco después de la aparición de la onda Q, coincidiendo con la desaparición del ascenso del segmento ST.	
Síndrome Coronario agudo sin elevación del ST		
Cardiopatía Isquémica	Onda T aplanada o negativa	
Otras causas		
Hiperpotasemia	Onda T extremadamente alta. Elevación del Potasio en la sangre	



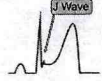

Repolarización precoz	Elevación de la unión del QRS con el ST, Ondas T picudas	
Pericarditis aguda	Elevación del ST	

Tabla1: Causas clínicas de la aparición de alternancias en la Onda T

La idea básica de las técnicas bootstrap consiste que a partir de una muestra de una población, se obtiene una remuestra (usualmente con un método de muestro similar al original) y se observa que bajo condiciones de regularidad la remuestra aproxima en algún sentido a la muestra de la misma forma que la muestra a la población. Así la inferencia que se puede hacer de la remuestra sobre la muestra puede extrapolarse a la inferencia de la muestra sobre la población una vez que está claro el sentido de aproximación y se interpreta esta extrapolación.

Las técnicas bootstrap fueron introducidas por Efron [3] [4] y usadas con éxito en el procesamiento de señales[5] [6], En el presente proyecto se asumirá que la señal del ECG está libre de ruidos idiosincráticos y que ya ha sido la onda T extraída ya ha sido alineada en cada latido.

Para la muestra que se dispone, y las remuestras, que deben ser determinadas, se analiza la alternancia de la onda T, para esto existen varios métodos[2] [7], entre ellos este proyecto se centrará en los métodos MMA (moving mean average) y SM (stochastic modeling) que son ampliamente utilizados y que han sido incorporados en equipos médicos.

SM[8] es un método que trabaja en el espacio de la frecuencia y consiste en seleccionar 128 puntos equiespaciados en el complejo ST-T de un flujo de ECG de 128 latidos, se calcula la variación de amplitud a lo largo de los 128 latidos desde el punto 1 de ST-T hasta el punto 128 de ST-T (128 tacogramas). Cada tacograma tiene su espectro calculado por la transformada de Fourier, en un total de 128 espectros. Todos los 128 espectros se promedian para crear un espectro compuesto. A partir de este espectro compuesto, la potencia de alternancia se calcula como la potencia a 0,5 cpb (cycles per beat) menos 1.

MMA[9] es un enfoque en el dominio del tiempo que consiste en estimar de forma continua el latido promedio de los latidos pares y de los latidos impares calculados en ondas T o complejos ST-T. Normalmente, el nivel de TWA se informa cada 10 o 15s, lo que hace que el MMA sea más versátil y más apropiado en grabaciones ambulatorias.

Se determinará entonces a partir de las señales cuando existe o no alternancia de la onda T mediante algoritmos de medias móviles (MMA)[9] o modelos estocásticos (SM)[8]. Con los resultados de la aplicación de SM y MMA a la muestra se construirá una métrica que mida el nivel de severidad de la alternancia y a esto se aplicará el remuestreo para construir métodos de inferencia no paramétrica que permita determinar la presencia y la severidad de la alternancia. Técnicas de remuestreo han sido aplicadas con éxito en la detección de la onda T [10], se pretende mejorar estos resultados para los algoritmos propuestos.

En este contexto, la investigación se centra en desarrollar procedimientos de inferencia para caracterizar alternancias de la onda T que puedan servir en el futuro para evaluar el riesgo de padecer cardiopatías como la muerte súbita cardíaca y otras.

Para el proceso de evaluación, se utilizarán los registros de ECG de la base de datos de arritmias MIT-BIH (MITDB) y las señales de ruido estandarizadas (actividad muscular y contacto electrodo-piel) de la base de datos Noise Stress Test[11].

Referencias:

- [1] E. Valverde and P. Arini, "Study of T-wave spectral variance during acute myocardial ischemia," pp. 653–656, 2012.
- [2] J. P. Martínez and S. Olmos, "Methodological principles of T wave alternans analysis: A unified framework," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 52, no. 4, pp. 599–613, 2005.



- [3] B. Efron, "Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife," *Ann. Stat.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–26, Jan. 1979.
- [4] B. Efron and R. Tibshirani, "Bootstrap Methods for Standard Errors, Confidence Intervals, and Other Measures of Statistical Accuracy," *Stat. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 54–75, Feb. 1986.
- [5] T.-P. Kao, J.-S. Wang, C.-W. Lin, Y.-T. Yang, and F.-C. Juang, "Using Bootstrap AdaBoost with KNN for ECG-based automated obstructive sleep apnea detection," in *The 2012 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 2012, pp. 1–5.
- [6] A. M. Zoubir and D. R. Iskander, "Bootstrap Methods in Signal Processing [From the Guest Editors]," *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 24, no. 4, pp. 7–8, Jul. 2007.
- [7] A. Irshad, A. D. Bakhshi, and S. Bashir, "A Bayesian Filtering Application for T-wave Alternans Analysis," *12th Int. Bhurban Conf. Appl. Sci. Technol. IBCAST Islamabad Pak. 13th - 17th January*, pp. 222–227, 2015.
- [8] Y. Serinagaoglu, D. Sabuncuoglu, and Y. Z. Ider, "Spectral analysis of T wave alternans signal," presented at the 18th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Amsterdam, 1996.
- [9] B. D. Nearing and R. L. Verrier, "Modified moving average analysis of T-wave alternans to predict ventricular fibrillation with high accuracy," *J. Appl. Physiol.*, vol. 92, no. 2, pp. 541–549, 2002.
- [10] R. Goya-Esteban, O. Barquero-Perez, M. Blanco-Velasco, A. J. Caamano-Fernandez, A. Garcia-Alberola, and J. L. Rojo-Alvarez, "Nonparametric signal processing validation in T-wave alternans detection and estimation," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 61, no. 4, pp. 1328–1338, 2014.
- [11] Goldberger Ary L. *et al.*, "PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet," *Circulation*, vol. 101, no. 23, pp. e215–e220, Jun. 2000.

6	Infraestructura, equipos y fondos adicionales.
----------	---

6.1 Infraestructura y equipos

Infraestructura	Equipos	
	Especificación del Equipo	Ubicación del Equipo
DICC – FIS de la EPN	Computadora de escritorio Intel Core i7-2600 CPU 3.40 GHz. 4 GB RAM SO Windows 7 Professional de 64 bits	Estación de trabajo del colaborador del proyecto - FIS
DM-FC de la EPN	Computadora de escritorio Intel Core i7-4790 CPU 3.60 GHz × 8, 4 GB RAM SO Ubuntu de 64 bits	Estación de trabajo del Director del proyecto – FC oficina ADM-7S-03
DEEL de la ESPE	Computadora de escritorio Intel Core i7 con Ubuntu 16.04 de 64 bits	Estación de trabajo del colaborador externo del proyecto

6.2 Breve justificación del equipo requerido

- Para la implementación de los métodos de inferencia se requiere un ordenador con buen rendimiento para que facilite la ejecución, depuración y modificación de los algoritmos planteados.

6.3 Fondos Adicionales

- La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, brindará las facilidades para que el colaborador externo participe activamente en este proyecto, de manera que existirá un flujo de fondos indirectos por el tiempo dedicado al proyecto.

