

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNO SIN FINANCIAMIENTO PII-DM-2019-02**  
**"Caracterización de las alternancias de la onda T de un Electrocardiograma (ECG) usando técnicas estadísticas no paramétricas"**

En la ciudad de Quito D.M., a los seis días del mes de octubre de dos mil veintitrés, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento **PII-DM-2019-02 "Caracterización de las alternancias de la onda T de un Electrocardiograma (ECG) usando técnicas estadísticas no paramétricas"**, por una parte, la **Dra. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación, Innovación y Vinculación** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **Dr. Carlos Alberto Almeida Rodríguez** en calidad de **Director del Proyecto de Investigación Interno Sin Financiamiento PII-DM-2019-02**, al tenor de lo siguiente:

**1. ANTECEDENTES:**

- a) Mediante Memorando EPN-DM-2019-0171-M del 12 de abril de 2019, la Jefatura del Departamento de Matemática - DM, remite al Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social, la propuesta de Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento "*Caracterización de las alternancias de la onda T de un Electrocardiograma (ECG) usando técnicas estadísticas no paramétricas*" presentada por el Dr. Carlos Almeida.
- b) Mediante Memorando EPN-DIPS-2019-0204-M del 15 de abril de 2019, la Dirección de Investigación y Proyección Social notifica a la Jefatura del Departamento de Matemática, el registro del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento "*Caracterización de las alternancias de la onda T de un Electrocardiograma (ECG) usando técnicas estadísticas no paramétricas*" dirigido por el Dr. Carlos Almeida, con código PII-DM-2019-02, fecha de inicio 15 de abril de 2019 y fecha de finalización 14 de abril de 2020.

**2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:**

<b>Código de Proyecto</b>	PII-DM-2019-02
<b>Nombre del Proyecto</b>	Caracterización de las alternancias de la onda T de un Electrocardiograma (ECG) usando técnicas estadísticas no paramétricas
<b>Director del Proyecto</b>	CARLOS ALBERTO ALMEIDA RODRIGUEZ
<b>Colaboradora del Proyecto</b>	NANCY CRISTINA BETANCOURT MENDOZA
<b>Departamento</b>	Matemática (DM)
<b>Líneas de Investigación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos estadísticos</li> <li>• Inteligencia artificial</li> </ul>
<b>Objetivo</b>	Desarrollar métodos estadísticos no paramétricos para determinar la existencia de alternancias de la onda T y estimar su severidad
<b>Duración del Proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fecha de Inicio: 15 de abril de 2019</li> <li>• Fecha de fin planeada: 14 de abril de 2020</li> <li>• Fecha de fin con prórroga ordinaria: 14 de octubre de 2020</li> <li>• Duración total: 18 meses</li> </ul>
<b>Presupuesto</b>	\$ 0,00 USD
<b>Entrega del Informe Final</b>	24 de julio de 2023

### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando EPN-DM-2023-0487-M del 24 de julio de 2023, el Dr. Carlos Almeida, Director del Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DM-2019-02, presenta el Informe Final del proyecto que dirige, mismo que es revisado por la Dirección de Investigación, se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

#### CONCLUSIONES:

- Las técnicas de remuestreo (bootstrap por bloques y bootstrap en el espacio frecuencias) permiten después de un costoso proceso evaluar la presencia o ausencia de alternancia de la onda T, lo que permite evaluar el riesgo, así como su severidad. Las diferentes alternativas de muestreo por bloques y en espacio de frecuencias permiten reproducir señales que conservan la estructura de dependencia que resulta primordial en la evaluación de la alternancia.
- Es posible con esas técnicas encontrar intervalos de confianza de algunas características de la alternancia de la onda T en un electrocardiograma y evaluar en las diferentes bases de datos estandarizadas con anotaciones (physionet.org) su relación con el riesgo de muerte súbita cardíaca.
- Los costos computacionales son altos y han motivado el uso de otras técnicas para el estudio de la onda T que pasan por mejorar las técnicas de alineamiento y limpieza de los datos y el entrenamiento de redes neuronales recurrentes que al final resultan computacionalmente viables en entornos de producción.

#### PRODUCTOS:

- **Artículo en formato de la Revista Politécnica:** "Métodos bootstrap para la inferencia de estadísticos de las series de índices de alternancia de la onda T en pacientes que presentan cardiopatías"; León Paula, Almeida Carlos; Revista Politécnica (Indexado SCOPUS); ISSN: 2477-8990.
- **Conferencia para difusión a la comunidad politécnica:** "Delineación y estimación de la onda Ten el ECG"; Nancy Betancourt; III Conferencia de Matemáticos y Físicos Ecuatorianos; Escuela Politécnica Nacional; agosto 2019.
- **Artículo publicado:** "ECG denoising by using FIR and IIR filtering techniques: An experimental study" (Indexado SCOPUS); Betancourt Nancy, Flores Calero Marco, Almeida Carlos; ACM International Conference Proceeding Series, 11th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology, ICBBT 2019; ISBN: 978-145036231-3; DOI: 10.1145/3340074.3340088; mayo 2019
- **Trabajo de titulación de Ingeniera Matemática:** "Aplicación de métodos Bootstrap para la inferencia de estadísticos de las series de índices de alternancia de la onda T en pacientes que presentan cardiopatías"; León Gálvez Paula Cristina; DOI: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22790>; mayo 2022.

Además, el Dr. Carlos Almeida presenta como producto del desarrollo del Proyecto PII-DM-2019-02:

- **Conferencia:** "T wave alternans analysis in ECG signal"; Carlos Almeida; V Conferencia de matemáticos ecuatorianos en París; París, Francia; abril 2019.

#### 4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DM-2019-02 no contó con asignación presupuestaria.

#### 5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DM-2019-02 *"Caracterización de las alternancias de la onda T de un Electrocardiograma (ECG) usando técnicas estadísticas no paramétricas"*.

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los seis días del mes de octubre de dos mil veintitrés.

---

Dra. Alexandra Alvarado  
**Vicerrectora de Investigación,  
Innovación y Vinculación**

sp/cc

---

Dr. Carlos Almeida  
**Director del Proyecto  
PII-DM-2019-02**