

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/215477681>

# Programa para la visualización y estudio de señales relacionadas con la presión arterial

Article · January 2007

CITATIONS

0

READS

621

4 authors, including:



**Alberto Taboada-Crispi**

Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas

166 PUBLICATIONS 211 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Retina images analysis [View project](#)



Detect structures in eye fundus images [View project](#)

# Programa para la visualización y estudio de señales relacionadas con la presión arterial

*S. Rodríguez, A. Taboada, R. Llanes y K. Iser*

*Universidad Central Marta Abreu, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.*

## RESUMEN / ABSTRACT

El estudio del comportamiento de las señales relacionadas con la medición de la presión arterial constituye un aspecto de gran interés para los investigadores y personal médico, por cuanto a partir del análisis morfológico múltiple es posible el diagnóstico de enfermedades relacionadas con trastornos cardiovasculares a la vez que, desde el punto de vista investigativo se facilita el diseño de algoritmos y la concepción de nuevos indicadores para la detección de los instantes sistólicos y diastólicos de las señales de presión arterial. En el presente trabajo se describe la concepción y características de un programa destinado a la visualización y estudio de las señales relacionadas con la presión arterial.

Palabras clave: análisis morfológico de señales, presión arterial, visualización de señales.

*Blood pressure measurements obtained by non-invasive methods are an indispensable procedure for evaluating and treating patients in a medical environment. Analyzing the morphology of this signal not only in time domain but also in frequency spectrum let the physician to make better diagnosis in cardiovascular disease and also permit to find new indicators for measure the systole and diastole blood pressure. This paper presents software for study, analyze and display signals related with blood pressure like oscillometric pulse, Korotkoff sound, and electrocardiographic signal.*

*Key words: blood pressure signals, Korotkoff sound, oscillometric pulse.*

## INTRODUCCIÓN

La medición de presión arterial es parte indispensable en el examen físico de pacientes, y basado en ella, se toman decisiones relacionadas con el diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares, renales, etcétera<sup>1,2</sup>. De ahí que, el estudio del comportamiento de las señales relacionadas con la medición de la presión arterial constituya un aspecto de gran interés para los investigadores y personal médico que abordan esta temática.

El análisis morfológico múltiple en el dominio del tiempo o la frecuencia de señales relacionadas con la presión arterial, entre las que se pueden mencionar: los pulsos de oscilometría, los sonidos de Korotkoff y la señal de electrocardiografía, puede

resultar de sumo interés en el diagnóstico de enfermedades relacionadas con trastornos cardiovasculares,<sup>3,4</sup> a la vez que, desde el punto de vista investigativo facilita el diseño, algoritmos y la concepción de nuevos indicadores para la detección de los instantes sistólicos y diastólicos de las señales de presión arterial.

En la actualidad es difícil para los investigadores y personal médico disponer de programas que permitan el análisis y estudio simultáneo de estas señales, pues aunque a nivel internacional existen programas que en general posibilitan el análisis de múltiples señales biomédicas,<sup>5</sup> pero al abarcar las disímiles características que pueden tener las señales biomédicas, poseen generalmente costos prohibitivos que están en el orden de más de 500 USD no siempre alcanzables de acuerdo con los presupuestos que se poseen para la investigación.

Otra posibilidad es el aprovechamiento y uso de los monitores de cabecera para la realización de tales estudios, pero por lo general los mismos tienen un alto grado de empleo que no permite su uso en tareas puramente de investigación por los servicios que prestan a pacientes en estado crítico, en las salas de cuidados intensivos.

En el presente trabajo se describe la concepción y características de un programa destinado a la visualización y estudio de las señales relacionadas con la presión arterial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se presentan los aspectos más importantes del sistema desarrollado. El primero consiste en la explicación del subsistema de entrada, donde se describe la forma en que fueron adquiridos los datos de entrada. El segundo aspecto es la descripción del programa Tensovisua para la visualización de las señales relacionadas con la presión arterial. Posteriormente, se ofrecen los resultados obtenidos hasta el momento y su discusión.

### A. Datos de entrada

Como datos de entrada del programa Tensovisua se han empleado los ficheros en formato binario que han sido previamente adquiridos y digitalizados mediante el sistema Biodat 1.0.<sup>6</sup>

El sistema Biodat que se muestra en la figura 1, permite adquirir las señales relacionadas con la presión arterial de sujetos por métodos no invasivos, digitalizando las señales de: presión del brazalete, pulsos de oscilometría, señal de sonidos de Korotkoff y señal de una derivación electrocardiográfica. Un

sensor de presión capta la presión del brazalete y los pulsos de oscilometría. Tales señales son preamplificadas mediante un circuito de acondicionamiento primario para luego ser entregadas a los canales C1 y C2 del circuito de acondicionamiento, encargado de adecuar sus niveles a las características de la tarjeta de conversión analógica digital insertada en la computadora.

El canal C3 del circuito acondicionador se emplea para amplificar los sonidos de Korotkoff, tomados mediante un micrófono de tipo capacitivo, de buena respuesta de frecuencia a las bajas frecuencias, en correspondencia con el espectro de frecuencia de tales sonidos. El canal C4 es alimentado con la señal de electrocardiografía, tomada de la derivación II.

En la tabla 1, se ofrecen las características de ganancia, ancho de banda y razón de rechazo de modo común (RRMC) mínima, para cada uno de los canales del circuito de acondicionamiento medida a frecuencia de 100 Hz.

Tabla 1  
Parámetros establecidos en el circuito de acondicionamiento

Canal	Ganancia	Ancho de banda (Hz)	RRMC (dB)
Canal 1. P. del brazalete	100	0-100	130
Canal 2. P. oscilometría	600	0,5-100	130
Canal 3. S. de Korotkoff	200	0,5-100	130
Canal 4. Señal ECG	800	0,5-100	130

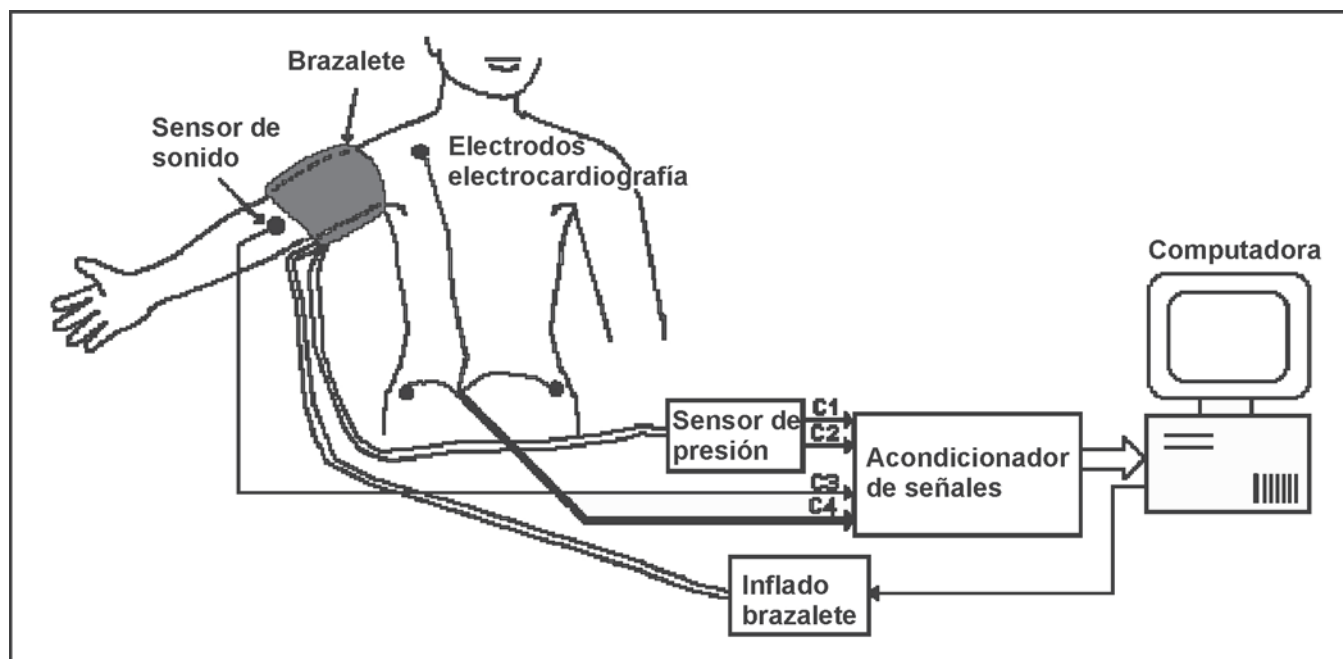


Figura 1  
Diagrama de bloques del sistema Biodat.

La adquisición de datos se realiza empleando circuitos de muestreo y retención por cada canal para garantizar muestreo simultáneo para luego realizar la conversión analógica-digital con una razón de 500 muestras/s y resolución de 12 b.

A través del software de Biodat, se realiza el proceso de adquisición de las señales, para lo cual es inflado el brazalete hasta una presión máxima controlada, y luego, durante el vaciado, se activa la digitalización de las señales y su almacenamiento en disco, para ser empleadas posteriormente.

## B. Programa tensovisua

El programa Tensovisua está concebido para la visualización múltiple de señales relacionadas con la presión arterial previamente digitalizadas mediante el sistema BIODAT.

El programa contempla la visualización de las señales de: presión del brazalete durante la medición de la presión arterial, pulsos de oscilometría, señal de sonidos de Korotkoff y señal de electrocardiografía. Tales señales, a selección del usuario pueden ser visualizadas en el dominio del tiempo, por separado o de forma múltiple con autoescala para cada uno de las mismas y la posibilidad de selección de selección de ventanas de tiempo y(o) amplitud.

Cuando se visualiza el canal de sonidos auscultados se habilita la posibilidad de reproducir tales sonidos por el sistema de multimedia de la computadora, permitiendo detectar los instantes de sístole y diástole por el método auscultatorio a partir de la identificación de las fases II y IV ó V de los sonidos de Korotkoff correspondientes a la aparición del primer sonido de Korotkoff, su desaparición o amortiguamiento. Durante esta operación se visualiza el cursor de la escala de tiempo indicando en cada instante el sonido que en ese momento se reproduce.

La reproducción debe realizarse empleando un audífono o altavoz con respuesta plana en el intervalo de 10 Hz a 22 kHz para garantizar la mejor reproducción de los sonidos de acuerdo con su espectro de frecuencia. En este caso fue empleado un audífono modelo K55 de la firma AKG Acoustic que cumple estos requerimientos.

Para realizar la reproducción de los sonidos es necesario primeramente realizar una interpolación de la señal de sonido para lograr una frecuencia de muestreo típica de los sistemas de multimedia. En este caso se interpoló a una frecuencia de 8 000 muestras/s considerando que para esta frecuencia se logra una razón de interpolación de valor entero.

Teniendo en cuenta que la amplitud de los sonidos no es la misma para cada sujeto y para garantizar una audición adecuada antes de reproducir la señal, se realiza una normalización de la amplitud en función del máximo valor de amplitud.

El programa Tensovisua ha sido confeccionado empleando las potencialidades de la instrumentación virtual y la programación gráfica de Labview 7.<sup>7</sup>

En la figura 2 se muestra el diagrama de los subVI del primer nivel de jerarquía empleados.

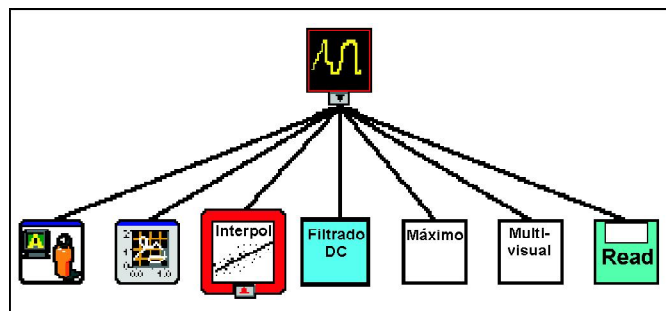


Figura 2  
Panel frontal de la interfaz de usuario de Tensovisua.

El subVI de **filtrado DC** se emplea para eliminar la componente de corriente directa de las señales oscilométrica, auscultatoria, y ECG obteniendo de esta forma la línea base de cada señal. Para lograrlo se usó un filtro no lineal, empleando la mediana enventanada según se expresa en la ecuación (1). Se empleó este tipo de filtrado aprovechando las características ventajosas que posee este tipo de filtrado para el ruido impulsivo respecto a los filtros lineales.<sup>8</sup>

$$Xf(i) = Xo(i) - median(Xo|_i^{i+2 \cdot fs}) \quad \dots(1)$$

donde:

$Xf(i)$ : Muestra  $i$  de la señal filtrada.

$Xo(i)$ : Muestra  $i$  de la señal original.

$Xo|_i^{i+2 \cdot fs}$ : Ventana de valores de  $Xo$  de tamaño  $2fs$  siendo  $fs$  la frecuencia de muestreo de la señal.

El subVI **Read** es el encargado de facilitar el acceso a los ficheros de señales digitalizadas por Biodat, mientras que **Interpol** realiza la interpolación de la señal de sonido para su reproducción y **Máximo**, su normalización.

El resto de los subVI que aparecen en la figura, están relacionados con la visualización de las señales.

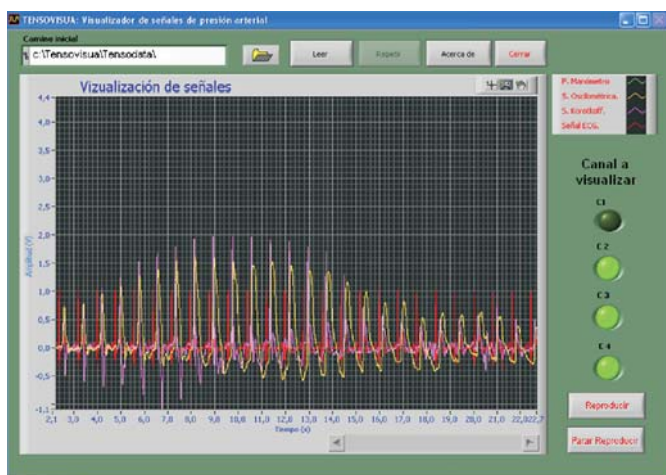
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Interfaz de usuario

En la figura 3, se muestra el panel frontal de la interfaz de usuario del programa Tensovisua.

En la parte superior del panel frontal, se visualiza el camino donde se encuentran ubicadas las señales a visualizar lo cual puede ser modificado de acuerdo con el interés de usuario. La tecla **Leer** permite acceder al nuevo fichero de señales. En la parte superior izquierda del panel de visualización de señales existen tres botones que permiten hacer ampliaciones en el eje  $X$  de tiempo y(o) eje  $Y$  de amplitud según el deseo lo que permite un análisis en mayor detalle de las características de cada una de las señales.

En la figura 3, también se muestra una vista de los pulsos de oscilometría, sonidos de Korotkoff y ECG de un sujeto. A la derecha se ofrece la leyenda de cada canal y los botones para la visualización de cada canal.



**Figura 3**  
Panel frontal de la interfaz de usuario del programa Tensovisua.

## B. Resultados y Discusión

Mediante el sistema Biodat se ha podido digitalizar una base de datos de treinta y tres señales de niños comprendidos en edades de nueve a doce años. Cada fichero de señal en formato binario contiene las señales adquiridas de cada canal correspondientes a: presión del manómetro, pulso de oscilometría, señal auscultatoria y señal ECG de la derivación II. El fichero binario de cada señal va acompañado de otro de igual nombre pero en formato texto, en el que se guarda información del sujeto sobre: edad, peso, talla y perímetro de la circunferencia del brazo derecho donde se coloca el brazalete.

A partir del análisis y estudio de las señales relacionadas con la presión arterial se han podido determinar algunas regularidades no reportadas en la literatura técnica hasta estos momentos, que permiten su empleo en la obtención de indicadores para el desarrollo de algoritmos de detección de los instantes de sístole y diástole en las señales de presión arterial de oscilometría y sonidos de Korotkoff.

Dentro de las regularidades detectadas pueden mencionarse las siguientes:

(a) Existe una gran correspondencia en tiempo entre los picos negativos de los sonidos de Korotkoff y el valor máximo de la onda T de la señal electrocardiográfica de la derivación II.

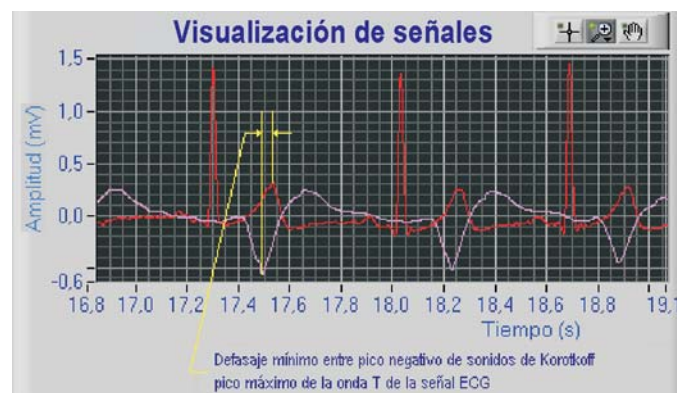
En la figura 4 se muestra un segmento de señales donde se puede observar tal regularidad. Lo anterior fue comprobado en las treinta y tres señales de sujetos analizadas existiendo un desfase de 23,56 ms entre ambos con una desviación estándar de 6,98. Esta regularidad puede ser de gran utilidad en algoritmos para la detección robusta de latidos ante artefactos y ruidos, en señales auscultatorias.

En la figura 5 se muestra el valor de la media, la desviación estándar y el desfase de cada pico de la onda T con el pico negativo de la señal auscultatoria para cada latido de la señal de un sujeto.

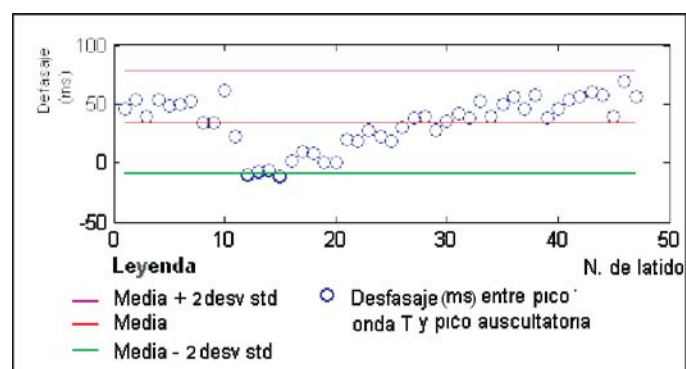
(b) El desfase entre los picos máximos negativos de los sonidos de Korotkoff y los pulsos de oscilometría se hace mínimo para el instante en el que el pulso de oscilometría es máximo. En las señales analizadas en la base de datos se obtuvo que tal desfase

es de 36,241 ms con una desviación de 26,508. Esta regularidad constituye un indicador adicional para la determinación del instante en que aparece la presión media de la señal oscilométrica. En la figura 6 se muestra un ejemplo de esta regularidad.

(c) El instante sistólico coincide con la aparición en la señal de sonidos auscultados de una discontinuidad en forma de incisura, como se muestra en la figura 7. Lo anterior fue comprobado en las treinta y tres señales de sonido de sujetos analizadas. Este resultado obtenido puede ser empleado como un indicador adicional en la detección del instante de sístole.



**Figura 4**  
Sincronismo de los sonidos de Korotkoff con la onda T de ECG.

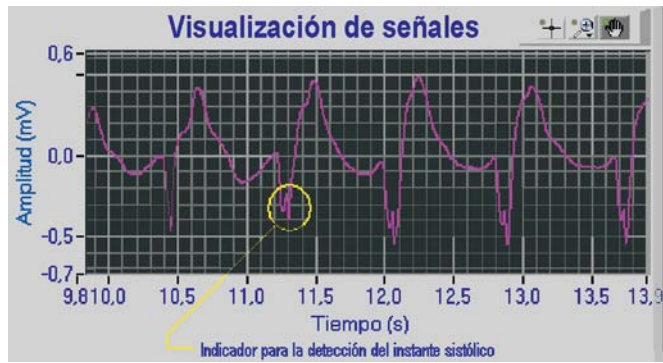


**Figura 5**  
Desfase entre picos de la onda T y señal auscultatoria y su valor medio y desviación estándar.



**Figura 6**  
Desfase mínimo entre los picos máximos negativos de los sonidos de Korotkoff y los pulsos de oscilometría.





**Figura 7**  
Indicador para la detección del instante sistólico en la señal de sonidos de Korotkoff.

## CONCLUSIONES

La disponibilidad de un programa como Tensovisua, para el análisis y estudio de las señales relacionadas con la presión arterial constituye una herramienta de singular importancia para el análisis de las señales en el dominio del tiempo y la determinación de indicadores que permitan aumentar la robustez en la detección de los instantes de sístole y diástole en señales contaminadas con artefactos y ruidos o que posean algún tipo de arritmia.

El programa también puede ser de gran utilidad en la enseñanza en la especialidad de Ingeniería Biomédica al permitir una familiarización con la morfología y características de las señales relacionadas con la medición de la presión sanguínea arterial.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo brindado por el proyecto CIDA TIER-II, el Proyecto PROCDEC y la colaboración recibida por el Grupo de Hipertensión Arterial de la provincia de Villa Clara.

## REFERENCIAS

1. STAESSEN, J. A., J. G. WANG & L. THIJS: "Cardiovascular Risk and Blood Pressure Reduction: A Meta-analysis", *Lancet*, 358: 1305-1315, 2001.
2. Comisión Nacional de Hipertensión Arterial, "Programa Nacional de Prevención, Diagnóstico y Control de la Hipertensión Arterial", Ministerio de Salud Pública, La Habana, Cuba, octubre 2004.
3. MCVEIGH, G. E.: *Pulse Waveform Analysis and Arterial Wall Properties Hypertension*, 41:1010, 2003.
4. Faber, R.: "Analysis of Blood Pressure Waveform: a New Method for the Classification of Hypertensive Pregnancy Disorders", *Journal of Human Hypertension*, 18, 135-137. doi:10.1038/sj.jhh.1001652, 2004.
5. CUESTA, D. et al.: Biosignal Laboratory: "A Software Tool for Biomedical Signal Processing and Analysis", *Proceedings of the 25th Annual EMBS International Conference*, September 17-21, Cancún, México, 2003.

6. RODRÍGUEZ A. S. & G. A. REGUEIRO: "BIODAT 1.0: Software para la adquisición de señales relacionadas con la presión arterial." Registro de Software del Centro de Nacional de Derecho de Autor, Registro 2481, 25 de noviembre de 2005.
7. National Instruyen Corporation. *Labview 6.i User Manual*, Edition, Part Number 320999E-01, Austin, Texas, 2003.
8. DAH-CHUNG CHANG & WEN-RONG WU: "Feedback Median Filter for Robust Preprocessing of Glint Noise", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Volume: 36, Issue: 4. pp 1026- 1035.ISSN: 0018-9251, October 2000.

## AUTORES

### Sergio de Jesús Rodríguez Arias

Ingeniero Electrónico. Máster en Electrónica. Actualmente es Profesor Auxiliar y Subdirector del Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información (CEETI) de la Facultad de Ingeniería Eléctrica. Investiga en métodos de medición no invasivos de la presión arterial.

Correo electrónico: sergior@uclv.edu.cu

### Alberto Taboada Crispí

Ingeniero Electrónico. Máster en Ingeniería Electrónica. PhD. Actualmente es Profesor Auxiliar del Centro de Estudios de Electrónica y Tecnologías de la Información. Ha presentado más de cien ponencias en eventos nacionales e internacionales en Cuba, Francia, Canadá, Argentina, Colombia, Perú y Brasil. Ha publicado más de sesenta artículos científicos en memorias de eventos internacionales arbitrados y en revistas como *Electronics Letters* y *Lecture Notes in Computer Sciences*. Además, tiene tres patentes de invención concedidas. Es revisor de revistas de importantes editoriales como Elsevier y Springer-Verlag, así como miembro del comité científico de Congresos Internacionales como los Iberoamericanos de Reconocimiento de Patrones del 2003 al 2007. Ha ganado numerosos premios concedidos por el Ministerio de Educación Superior, el Ministerio de Salud Pública, el Forum de Ciencia y Técnica, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y la Academia de Ciencias de Cuba. Sus temas de mayor interés incluyen la instrumentación, el procesamiento analógico y digital de señales e imágenes y aplicaciones biomédicas.

### René Antonio Llanes Machado

Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica. Actualmente labora como Instructor en Adiestramiento en el Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica, y su investigación está relacionada con la adquisición, estudio y procesamiento de señales biomédicas.

### Karel Iser Brito

Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica. Actualmente labora como Instructor en Adiestramiento en el Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica, y su investigación está relacionada con la adquisición, estudio y procesamiento de señales biomédicas.