

# Desarrollo de la línea de Bioinstrumentación, señales e imágenes médicas en el programa de Ingeniería Biomédica de la EIA-CES

Róbinson Alberto Torres Villa<sup>1,ψ</sup>, Juan Carlos Ramírez Giraldo<sup>1,2</sup>, Édison Valencia Díaz<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Línea de Bioinstrumentación, Señales e Imágenes Médicas,  
Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica EIA-CES (GIBEC)*

Recibido 6 de mayo de 2008. Aceptado 6 de mayo de 2008.

El programa de Ingeniería Biomédica de la Escuela de Ingeniería de Antioquia y la Universidad CES, cuenta con cuatro líneas de investigación definidas: Biomecánica e Ingeniería en Rehabilitación, Biotecnología en Salud y Biomateriales, Ingeniería Clínica y Bioinstrumentación, Señales e Imágenes Médicas. Ésta última está compuesta por las ramas de Bioinstrumentación y Procesamiento de Señales e Imágenes.

La Bioinstrumentación se encarga de emplear elementos propios de la electrónica y la instrumentación para el diseño e implementación de sistemas con el fin de medir variables fisiológicas o biológicas en relación con el cuerpo humano. Una vez adquiridas esas señales se realiza un acondicionamiento de éstas ya sea por medios analógicos o digitales con el fin de encontrar patrones relevantes que contribuyan a un mejor diagnóstico y tratamiento de enfermedades y por ende a la elección de un mejor tratamiento por parte del personal médico de las instituciones prestadoras de servicios de salud.

El origen de la línea de investigación se remonta al segundo semestre del año 2000 y está ligado a dos hechos fundamentales. En primer lugar, se requería preparar el material curricular para el curso de Bioinstrumentación que sería impartido para los estudiantes de la primera cohorte del programa de Ingeniería Biomédica. El segundo aspecto surge como una consecuencia del primero, pues se quería plantear una estrategia activa de aprendizaje para el curso; así que se propuso el desarrollo de un proyecto de fin de semestre en el que los estudiantes retomaran los conceptos vistos durante la asignatura de Bioinstrumentación para desarrollar una aplicación que integrara dichos conceptos.

El resultado de estos dos aspectos fue el desarrollo de algunos prototipos que tímidamente se insinuaban como proyectos de investigación, pero no obstante servirían como punto de partida para la formulación de la línea de investigación.

Como parte del proceso de evaluación de la estrategia de aprendizaje activa desarrollada, surgió la idea de generalizar aún más el concepto de los proyectos de fin de semestre y se planteó el esquema de trabajo que, a la postre, se convertiría en el eje central que marcaría el principio de la investigación formativa [1] en el programa de Ingeniería Biomédica, el proyecto integrador.

El proyecto integrador, tal como se definió en el programa, en ese entonces [2], era un espacio abierto en el programa de Ingeniería Biomédica para que los estudiantes participaran activamente de su proceso educativo integrando los conocimientos adquiridos en semestres anteriores y en el semestre que estaban cursando y se motivaran por indagar aquellos que necesitaran para abordar la solución de un problema de la vida real. De esta forma se permitía el trabajo interdisciplinario de estudiantes y profesores alrededor de un tema particular.

Para implementar esta estrategia activa, se entregaba a cada grupo de estudiantes un problema tomado de una historia clínica de un paciente anónimo y se instaba a encontrar una solución práctica en la que se emplearan los conocimientos de las distintas asignaturas vistas durante el semestre que estaba siendo cursado por los estudiantes.

El resultado fue un buen número de proyectos, de Electrónica, Bioinstrumentación y Procesamiento de Señales e Imágenes, que se expusieron ante el grupo de profesores, estudiantes y algunos invitados; además de la realización de la primera muestra de proyectos de Ingeniería Biomédica en la Escuela de Ingeniería de Antioquia, en el primer semestre del año 2001. Entre los proyectos presentados se pueden mencionar: prótesis de codo controlada por electromiografía [3], prototipo de micromanipulador, sistema de medición de pH, prototipo de una bomba de infusión, prótesis de miembro inferior controlada digitalmente, sistema de gimnasia pasiva, entre otros [4]. De esta forma, la semilla de la investigación en la línea de Señales e Imágenes Médicas estaba plantada.

Se siguió trabajando de esta forma durante el año 2001 y como consecuencia se fueron obteniendo proyectos cada vez más elaborados, algunos de los cuales desembocaron en la presentación de proyectos de grado en la línea de investigación [5-8], en la participación en eventos nacionales e internacionales [9-12] o en publicaciones en revistas de divulgación científica [4, 13].

Paralelamente al desarrollo de estos proyectos integradores, se empezó a concretar la segunda etapa de la investigación formativa en la EIA-CES [1], con la conformación del grupo de profundización en Bioinstrumentación y Procesamiento de señales, Kirón, el cual contaba con la asistencia de estudiantes de los distintos niveles del programa de Ingeniería Biomédica que querían explorar más a fondo y desarrollar habilidades de investigación en la línea.

El primer proyecto planteado por el grupo Kirón se presentó el primer semestre del año 2003. Consistía en un sistema para la adquisición y procesamiento de variables electrofisiológicas al cual se le dio el nombre de LABBIO. Se construyó un primer prototipo para la adquisición de señales electrocardiográficas y de temperatura, basado en el uso de microprocesadores, registro en pantallas de cristal líquido y comunicación con un computador personal. Todo este desarrollo se enmarcó dentro del concepto de investigación formativa, es decir, que el propósito fundamental era el desarrollo de habilidades de investigación por parte de los estudiantes participantes del grupo, y a la vez que consolidar un grupo de estudiantes que al final serían la base para la estructuración ya no sólo del grupo de profundización, sino del grupo de investigación Kirón.

El grupo Kirón continuó trabajando durante los años 2004 y 2005 bajo la modalidad de grupo de profundización, hasta que en este último año se dio inicio a la fase de presentación de proyectos de investigación propiamente dichos. Es así como se presentan dos proyectos notables con el apoyo de la Clínica Medellín. El primero fue la cuantificación semiautomática de tejido adiposo subcutáneo y visceral usando un protocolo de adquisición *single-slice CT* con el propósito de hacer seguimiento a pacientes con potencial riesgo de enfermedad coronaria (especialmente aquellos con abundante tejido visceral), y el realizar la cuantificación tridimensional de tejido mamario usando imágenes de mamografía para visualizar y determinar niveles de invasión de cáncer de mama (mamografía). Ambos proyectos fueron presentados en eventos nacionales e internacionales [15-18]. El proyecto de cuantificación tridimensional de tejido mamario recibió el premio Young scientist Investigator Award en el quinto Simposio Europeo de Ingeniería Biomédica.

Consecuente con el crecimiento del programa y la línea de trabajo, se desarrollaron otros proyectos significativos como el sistema HormaMed, un novedoso dispositivo para medir las presiones alrededor de la horma del calzado, en contraste con los sistemas tradicionales que regularmente sólo miden presiones en la planta del pie [19]. Igualmente, se construyó un prototipo de monitor de signos vitales de electrocardiografía de III derivaciones, temperatura, pulso cardíaco y presión arterial no invasiva demostrando la viabilidad de construir este tipo de tecnología en el país [20]. Finalmente, en el campo del procesamiento de señales, se destaca el desarrollo de un sistema de control que utilizó el procesamiento de señales electromiográficas para activar una prótesis mioeléctrica. Este, se propuso usar el fenómeno de *crosstalk*, que usualmente es asociado con ruido en la señal, para procesarlo en el dominio del tiempo y la frecuencia, para aprender patrones específicos en flexión, extensión, pronación y supinación de mano [21].

Actualmente la línea de Bioinstrumentación, Señales e Imágenes Médicas sigue siendo uno de los componentes fundamentales del programa de Ingeniería Biomédica, no sólo por el desarrollo de proyectos en su área particular, sino porque da soporte a los proyectos desarrollados en otras áreas del programa.

Esta área del conocimiento continúa siendo una de las líneas de énfasis del programa y se encuentra configurada como línea del Grupo de investigación en Ingeniería Biomédica EIA-CES (GIBEC), que actualmente es reconocido por Colciencias como grupo de investigación en categoría B.

Dada la amplia gama de posibilidades que ofrece la línea de investigación en Señales e Imágenes médicas y tal como se vislumbraba desde su formulación, se han abierto dos ramas a partir de ésta que habrán de desarrollarse independientemente. Estas son: La Bioinstrumentación y el procesamiento de señales, y la Óptica Biomédica.

Dentro de la primera se van perfilando tres modalidades de interés: el diseño de sistemas de bioinstrumentación en ámbitos médicos, producto del cual se han formulado dos proyectos de investigación con importantes centros médicos de la ciudad de Medellín; el diseño de sistemas de procesamiento de señales de potenciales evocados visuales y auditivos y, en segundo lugar, el diseño de sistemas de instrumentación con sensores piezoeléctricos aplicados a biosensores, producto del cual se desarrolló una tesis doctoral y actualmente un proyecto de investigación financiado por Colciencias.

En el campo de la óptica biomédica, que se fundamenta en el uso de principios ópticos para el desarrollo de tecnologías médicas, la línea de Bioinstrumentación, Señales e Imágenes Médicas desea innovar en esta área del conocimiento desarrollando instrumentos y aplicaciones que empleen los fundamentos de la física óptica, considerando los fotones como otra fuente de información en el tratamiento de señales. Actualmente se están diseñando protocolos para la adquisición de imágenes clínicas a color (orientadas a la fotografía dental y dermatología), los cuales están financiados por Colciencias en el proyecto Mantis-GRID de las universidades EAFIT, EIA y CES.

Cabe anotar que la línea de investigación en Bioinstrumentación, Señales e Imágenes Médicas ha sufrido un gran proceso de transformación y maduración desde aquellos primeros incipientes acercamientos al mundo de la investigación hasta el expedito terreno de experimentación que actualmente empieza a vislumbrarse en las distintas ramas que se han generado de la misma línea y que poco a poco van consolidándose, gracias al apoyo de doctores vinculados al programa de Ingeniería Biomédica EIA-CES.

## REFERENCIAS

- [1] Escuela de Ingeniería de Antioquia. Catálogo de investigación 2002-2003, 2002, Envigado, pág. 7.
- [2] Torres R., Londoño M.E. La investigación formativa, un reto para la solución de problemas ingenieriles en el área de la salud humana. *Memorias XXIII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería, Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería*, Cartagena, Colombia, Septiembre 2003, pp. 41-46. Revista Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, Tomo I, 2003, pp. 41-46.
- [3] Reyes S., Bernal M., Uribe M., Saldarriaga I., Torres, R. Torres, A. Diseño y construcción de una articulación de codo controlada por potenciales mioeléctricos. *Revista CES Medicina*, 16(2), 39-42, agosto-diciembre 2002.
- [4] Electricidad y Electrónica. Sitio web profesores, Escuela de Ingeniería de Antioquia (2007). Consultado en marzo de 2008, en: <http://electrónica.eia.edu.co>
- [5] Roldán A.A., García R.S. Modelo Físico del Sistema Cardiovascular. Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Biomédicos. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Instituto de Ciencias de la Salud, 2002.
- [6] Tobón C., Castro N. Diseño y construcción del prototipo de una bomba de infusión tipo PCA para la administración de medicamentos. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Biomédico. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Instituto de Ciencias de la Salud, 2003.
- [7] Velez A.C., Llanes D.S. Bomba de infusión de insulina. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Biomédico. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Instituto de Ciencias de la Salud, 2003.
- [8] Bernal M., Uribe M., Reyes S., Saldarriaga I.C. Prótesis de codo controlada por electromiografía. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Biomédico. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Instituto de Ciencias de la Salud, 2003.
- [9] Bustamante J., Barros, J.F., Roldán A., García S., Salazar A.F. Physical model of the cardiovascular system, Dynasim. Memorias 3er congreso Virtual de Cardiología T.T.V.C. Buenos Aires, Argentina, septiembre-noviembre 2003.
- [10] Bustamante J., Barros J.F, Roldán A., García S., Salazar A.F. Modelo físico del sistema cardiovascular-DYNASIM. *Revista Colombiana de Cardiología*, 11(3) 150-156, mayo-junio 2004.
- [11] Bustamante J., Barros J.F, Roldán A., García S., Salazar A.F. Feria de Innovación y Ciencia de ACIEM (Asociación de Ingenieros Eléctricos, Electrónicos y Mecánicos), Medellín, abril 2003.
- [12] Bustamante J., Barros J.F, Roldán A., García S., Salazar A.F. II Feria TecnoCom, enfocada a las áreas de electrónica, telecomunicaciones e informática, Medellín, mayo de 2003.
- [13] Tobón, C., Castro, N., Torres, R. Diseño y construcción del prototipo de una bomba de infusión tipo PCA para la administración de medicamentos. *Revista CES Medicina*, 17(2), 2003.
- [14] Torres R. Ph.D. thesis, Universidad Politécnica de Valencia, Spain, (2007). At PETRA web: <http://www.apit.upv.es/petra/> and from the following url: [http://www.ipeuropa.com/petra/es/actividades/petra2/becarios/Robinson\\_Torres/Tesis\\_doctoral\\_Robinson\\_Torres.pdf](http://www.ipeuropa.com/petra/es/actividades/petra2/becarios/Robinson_Torres/Tesis_doctoral_Robinson_Torres.pdf).
- [15] Bonilla D.L., Ramírez J.C., Mármod A. Evaluación de patrones en tejido mamario usando mamotAC. II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, Bogotá-Colombia, octubre 2005.

- [16] Romero D., Ramírez J.C., Mármol A. Cuantificación de tejido adiposo usando imágenes TAC. II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica, Bogotá-Colombia, octubre 2005.
- [17] Ramírez J.C., Bonilla D.L., Mármol A. Mammary tissue identification using CT images. 5th European Symposium on Biomedical Engineering, University of Patras, Greece, July 2006.
- [18] Romero D., Ramírez J.C., Mármol A. Quantification of Visceral and Subcutaneous Adipose Tissue Using CT. IEEE International workshop MeMeA, Benevento, Italy, 2006.
- [19] Amaya R., Arcila N. Diseño y construcción de un prototipo para analizar presiones en la horma del calzado. VI Jornadas de investigación CES, octubre, 2007
- [20] Jaramillo R., Herrera A. Diseño y construcción de un monitor de signos vitales. Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Biomédicos. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Instituto de Ciencias de la Salud, 2008.
- [21] Salazar A.F. Diseño e implementación de un sistema de control que utilice señales electromiograficas para activar una prótesis mioelectrica. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Biomédico. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Instituto de Ciencias de la Salud, 2006.