

LA INGENIERÍA FÍSICA Y LAS CIENCIAS BIOMÉDICAS. ¿UNA SIMBIOSIS CON FUTURO?

Manuel José Castrillón Fernández*, Jairo Alfonso Vásquez López**,
Luis Fernando Echeverri***

RESUMEN

Objetivo: Mostrar la relación existente entre los trabajos de grado realizados como requisito para optar al título de Ingeniero Físico en la Universidad del Cauca y su aplicación en ciencias biomédicas. **Diseño del estudio:** Se tomó la totalidad de los trabajos que fueron sustentados por los egresados, clasificándolos de acuerdo a modalidad y área de aplicación (biomédica y no biomédica). Se escogieron todos los trabajos con aplicación biomédica (20 en total), realizados por 32 egresados clasificándose en ocho áreas de las ciencias biomédicas. **Resultados:** Se encontró que el 19,4% de los egresados del programa de Ingeniería Física, realizó algún tipo de trabajo de grado relacionado con diferentes áreas de las ciencias biomédicas. De acuerdo al número total de trabajos, el 16,26% correspondió a aquellos con aplicación biomédica. El grupo de investigación con mayor número de trabajos fue el grupo de óptica-láser (GOL). **Conclusiones:** De acuerdo con los resultados, es posible afirmar que existe una relación importante entre la ingeniería física y las diferentes áreas de las ciencias biomédicas, además se aprecia, una franca tendencia al aumento en cuanto a la realización de este tipo de trabajos.

Palabras Clave: Ingeniería Física, Ciencias Biomédicas, bioingeniería, biotecnología, multidisciplinariedad.

Recibido para evaluación: marzo 15 de 2009. Aprobado para publicación: mayo 10 de 2009

- * Docente Catedrático, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Universidad del Cauca
- * Profesor Asociado, Departamento de Morfología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Cauca
- ** Coordinador del programa de Ingeniería Física, Departamento de Física, Universidad del Cauca.

Correspondencia: Ing. Manuel Castrillón F. Departamento de Física, Universidad del Cauca. Email: mcastrillon@unicauca.edu.co
Los autores y títulos de los trabajos se enumeran en las referencias 7 a 26 al final del texto. N del E

ABSTRACT

Objective: To show the existing relation between the works performed as a requirement to qualify for the title of Physics Engineer in the University of Cauca and its application in biomedical sciences. **Study design:** it was took all thesis that were sustained by graduates, classifying them according to form and application area (biomedical and not biomedical). It was chosen all thesis with biomedical application (20 in total), made by 32 graduates classifying in eight areas of biomedical sciences. **Results:** We found that 19,4% of graduates of the program of physics engineering, made some kind of work of grade related with areas of biomedical sciences. According to the total number of jobs, 16,26% corresponded to those with biomedical application. The research group with greater number of jobs was the optics-laser group. **Conclusions:** According to the results, it is possible to affirm that there is a significant relationship between physics engineering and areas of biomedical science, also shows a clear increasing trend regarding the realization of this work.

Key Words: Physics Engineering, Biomedical Sciences, bioengineering, biotechnology, multidisciplinary.

INTRODUCCIÓN

La Universidad del Cauca desde su creación en 1827 se ha centrado en la formación de profesionales integrales, mediante el desarrollo de las ciencias formales y humanas, por medio de la docencia, la investigación, la extensión y las asesorías que presta a las comunidades que así lo requieran. Su misión es promover el desarrollo de las culturas propiciando: la interacción de los diversos factores sociales en torno a la producción, la tecnología, el arte y los diferentes saberes; el ejercicio disciplinario y profesional en eticidad; el desarrollo integral y crítico de las personas, los grupos, comunidades y organizaciones humanas.

En el año 1971 inicia labores la Facultad de Ciencias de la Educación, que para el año 1986 y hasta la fecha pasaría a llamarse Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, dentro de sus objetivos se destacan: la promoción de la investigación en ciencias básicas y educativa con miras a resolver problemas en su campo, la libre investigación científica y la formación de investigadores y el trabajo permanente por el avance de la ciencia y la tecnología científica y aplicada.

Aunque las cátedras de física se iniciaron desde el año de fundación de la Universidad, solo hasta 1976, se crea el Departamento de Física, como un departamento de servicio, cuya función básica es la atención de la docencia solicitada por las diferentes facultades en el área de física, adscrito a la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Dentro de los objetivos más importantes del departamento de física están: cultivar, fomentar y fortalecer el desarrollo de las ciencias físicas en la Universidad, de tal forma que, en la zona de influencia de la Universidad, responda a las necesidades reales de su campo y de campos afines; promover la realización de la actividad

investigativa en el campo de la física en la Universidad del Cauca como una de sus funciones relevantes; impulsar la creación de grupos multidisciplinarios para lograr un mejor y mayor cubrimiento temático de la investigación y la formación de nuevas promociones de investigadores. Estos objetivos se relacionan con metas de desarrollo nacional y de la Universidad planteados así: a) articular la educación con el desarrollo científico, social, tecnológico y económico, b) fortalecer la capacidad investigativa de la Universidad, c) promover investigación científica y tecnológica en el campo de la biomedicina, d) consolidar núcleos de investigadores capaces de seguir el ritmo de los últimos desarrollos del conocimiento, e) facilitar el ordenamiento entre ciencia básica-ciencia aplicada-desarrollo tecnológico-innovación, y f) promover desarrollos biotecnológicos en productos y procesos seleccionados para reforzar o generar ventajas en la producción nacional.

Para 1991, se traza el plan de desarrollo del departamento de física, en el que se plantea la necesidad de un programa en ingeniería física para fortalecer el desarrollo de las ciencias básicas y las áreas de desarrollo industrial, investigación científica y gestión de producción de la tecnología, tanto a nivel local como nacional. Así, mediante el acuerdo 024 del 20 de junio de 1995, se crea el primer programa de Ingeniería Física del país, que es administrado por la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación y que conduce al título de Ingeniero Físico (1).

La ingeniería física es una modalidad de la Educación Superior, que forma profesionales para desarrollar científica y tecnológicamente, conocimientos en el campo de la física, matemáticas y nuevas tecnologías, que les permita investigar y generar aplicaciones que contribuyan al desarrollo del individuo, de su entorno, de la sociedad, de la

industria y de las ciencias afines con las cuales interactúa. El programa de ingeniería física desde los inicios contó con el apoyo de los siguientes grupos de investigación ya existentes como: óptica y láser, ciencia de los materiales, estado sólido e instrumentación. En su momento, también participaron los grupos de investigación: Instrumentación y Desarrollo (I+D), Electrónica del Estado Sólido (ELES), Física Educativa y Óptica Aplicada (GIOPAD). Hoy en día, los grupos de investigación del programa son: Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos (CYTEMAC), Óptica y Láser (GOL), Semiconductores y Nuevos Materiales (SENUMA), Dinámica, Simulación y Control (DSC), Física de Bajas Temperaturas (FISBATEM).

Como requisito para optar el título de Ingeniero Físico, se pueden elegir entre tres alternativas: a) desarrollo de un trabajo de investigación, b) realización de una pasantía, o c) la ejecución de un seminario de grado. Por trabajo de investigación se entiende el proceso investigativo teórico-experimental, sustentado por el estudiante como trabajo de grado y cuyo objetivo es complementar su formación investigativa a partir de la identificación de problemas y elaboración de propuestas de solución. Por pasantía o práctica empresarial se entiende el trabajo de aplicación o práctica profesional del estudiante, en el contexto empresarial, corporativo o de institutos de investigación, su objetivo será complementar su formación en el diseño, desarrollo y puesta en marcha de proyectos en sectores relacionados con el ejercicio de alguna de las líneas de la Ingeniería Física. Por seminario de grado se entiende la participación del estudiante, por lo menos durante un periodo académico, en alguna de las actividades programadas por uno o más grupos de investigación que apoyan al programa de Ingeniería física y cuyo objetivo sea la actualización o profundización en un tema específico, mediante la presentación de un seminario investigativo (2).

Es política del programa de ingeniería física que los trabajos de grado sean multidisciplinarios e interdisciplinarios (oceanografía, agricultura, medio ambiente, ciencias biomédicas, etc.). Para la realización de algunos de los trabajos de grado con aplicación en las ciencias biomédicas, se ha contado con la asesoría y colaboración de docentes y profesionales de la Facultad de Ciencias de la Salud de nuestra universidad.

Para comprender mejor el proceso de investigación realizado en estos trabajos es menester considerar que: entre disciplinas vecinas hay espacios vacíos o terrenos inexplorados en los que puede penetrar la interacción entre especialidades y campos de investigación, por hibridación

de ramas científicas. El proceso de hibridación consiste en primer lugar en el préstamo en ambas direcciones de conceptos, métodos y teorías. Los conceptos tomados en préstamo deben ser adaptados al contexto de la nueva disciplina, porque un concepto no es solo una palabra, sino también una noción o idea.

Quienes se quedan atrincherados tras las fronteras tradicionales de su disciplina, reducen su perspectiva y disminuyen sus posibilidades de innovar, quien atraviesa las fronteras de su disciplina, ingresa a la interdisciplinariedad, también llamada multiespecialidad o hibridación del conocimiento científico. El crecimiento de las ciencias hace retroceder las fronteras y crea nuevas fronteras y nuevas lagunas entre los campos de estudio. Para ejemplarizar el concepto de hibridación científica se puede recurrir al siguiente ejemplo: el estudio de la inteligencia artificial comprende la lógica formal (parte de la filosofía), la gramática y la sintaxis (parte de la lingüística) y la programación de computadores (parte de la ciencia informática) (3).

La deficiente comunicación entre los profesionales de la ingeniería y de ciencias de la salud, es un hecho patente. La terminología médica es completamente diferente a la empleada en ingeniería y viceversa, en ocasiones expresiones idénticas, se emplean con significados completamente diferentes (4).

Otro problema añadido viene dado por la diferente formación recibida en el ámbito de la Ingeniería y de la Medicina. Piaget anota: "se hace indispensable que se busquen estructuras comunes en las diferentes ciencias que abordan la problemática del hombre" (5). Teniendo en cuenta lo expresado por Piaget, la ingeniería física reúne los principios y métodos de las diversas ingenierías (electrónica, mecánica, química, fluidodinámica, termodinámica, óptica, acústica, software...) que pueden ser aplicados al estudio, la comprensión, la modificación y el control de sistemas biológicos, así como al diseño y la fabricación de productos que permiten monitorizar las funciones fisiológicas y sirven de ayuda al diagnóstico y tratamiento de las enfermedades (6).

Actualmente, el programa de Ingeniería Física cuenta con 165 egresados, que han sustentado 123 trabajos, buscando el desarrollo, la implantación o el mejoramiento de propuestas que aporten a la solución de diversos problemas del entorno. El presente estudio pretende determinar las tendencias de las diferentes propuestas desarrolladas en el programa de Ingeniería Física, haciendo énfasis en aquellas con aplicaciones en las ciencias biomédicas.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio descriptivo, tomando la totalidad de los 123 trabajos de grado que se han realizado en el programa de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca, desde el año 2003 hasta marzo de 2009, correspondientes a los 165 egresados. Se escogió cada trabajo y se clasificó de acuerdo a su modalidad (trabajo de investigación, pasantía o seminario) y al área de su aplicación correspondiente, biomédica y no biomédica, tomando solo aquellos que estuvieran enfocados hacia áreas de las ciencias biomédicas.

Posteriormente, los trabajos seleccionados fueron clasificados teniendo en cuenta: a) su área de estudio dentro de las ciencias biomédicas (ingeniería clínica, hematología, patología, citogenética, neurociencias, neonatología, cirugía reconstructiva y biotecnología), b) su tipo de modalidad y c) de acuerdo al género.

Criterios de inclusión: todos los trabajos de grado aprobados, cuyos resultados tuvieran aplicaciones directas en las áreas de las ciencias biomédicas.

Criterios de exclusión: aquellos trabajos aprobados cuyos resultados no estaban relacionados con áreas de las ciencias biomédicas y también aquellos trabajos en curso de aprobación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

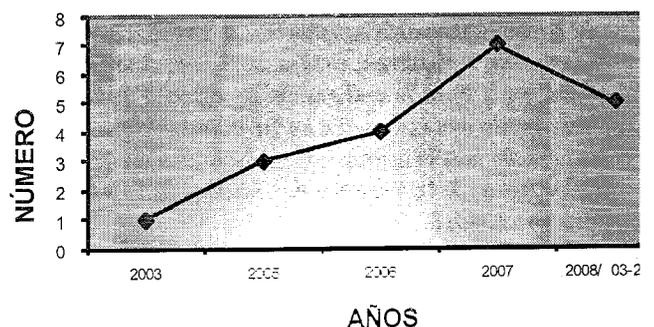
Como resultado del diseño metodológico, se encontraron 20 trabajos en total, que cumplieron con los criterios de inclusión previstos para esta investigación, es decir aquellos con aplicaciones biomédicas. Estos trabajos fueron sustentados por 32 egresados.*

Desde el año 2003 se han realizado trabajos de grado con aplicación biomédica en el programa de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca, observándose como en el año 2007 hubo un incremento en el número de trabajos con aplicación biomédica, llegando a un total de 7, mientras que para el año 2003 solo se registró un trabajo. Cabe anotar que se encuentran registrados trabajos realizados hasta marzo de 2009 (Figura 1).

En cuanto a la modalidad de trabajo, se observó que el 75% de los trabajos realizados en el área biomédica, corresponden a trabajos de investigación, mientras que el 25% restante corresponden a la modalidad de pasantía (Figura 2). Siendo notoria la preferencia por los trabajos de investigación, lo cual podría indicar que en el programa de ingeniería física, se presenta cierta avidez por la investigación en el campo de las ciencias biomédicas. Teniendo en cuenta lo anterior, es probable que el programa de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca, sea un escenario propicio para adelantar investigaciones multidisciplinarias que tengan aplicación en el área de las ciencias biomédicas.

Se observó que el 25% de los trabajos de grado con aplicación biomédica realizados en el programa, corresponden a aplicaciones en el área de la Ingeniería Clínica, seguidos por trabajos con diversas aplicaciones tales como patología, hematología, citogenética y biotecnología (Figura 3). En el caso de la ingeniería clínica, puede explicarse gracias a la menor interacción directa entre el estudiante de ingeniería física con profesionales de las ciencias biomédicas, probablemente debido a problemas de comunicación entre ellos. Sin embargo, al realizar una sumatoria de los demás trabajos clasificados en las demás áreas, se encuentra que hubo trabajo directo entre los profesionales de las ciencias biomédicas y los estudiantes de ingeniería física. Ahora bien, es importante plantear un interrogante, será ¿qué si el estudiante de ingeniería física, en su plan de estudio, cursara asignaturas optativas relacionadas con las ciencias biomédicas, aumentaría el número de trabajos con aplicaciones biomédicas?. Otro posible interrogante es ¿qué sucedería si los profesionales de ciencias biomédicas tomaran asignaturas optativas relacionadas con la ingeniería física?

Figura 1. Número de trabajos de grado con aplicación biomédica, realizados durante los años 2003-marzo de 2009.



* Los autores y títulos de los trabajos se enumeran en las referencias 7 a 26 al final del texto. N. de E.

Figura 2. Distribución en porcentaje de los trabajos de acuerdo a la modalidad

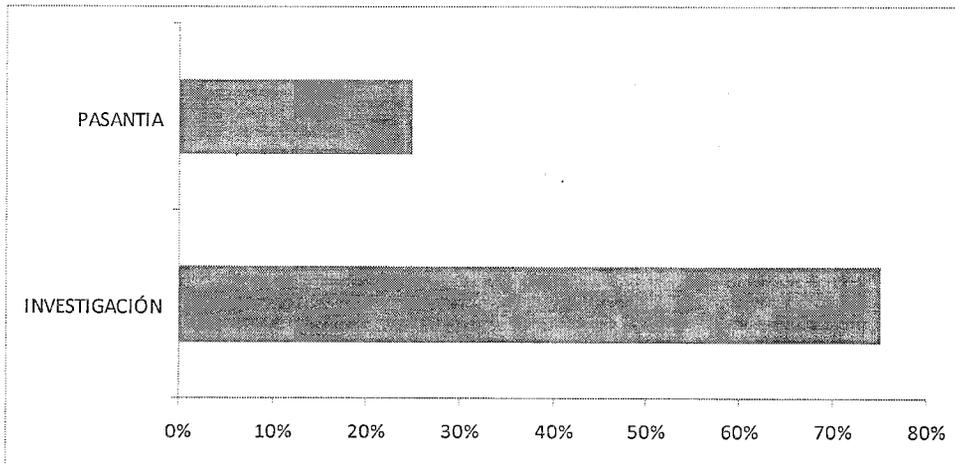
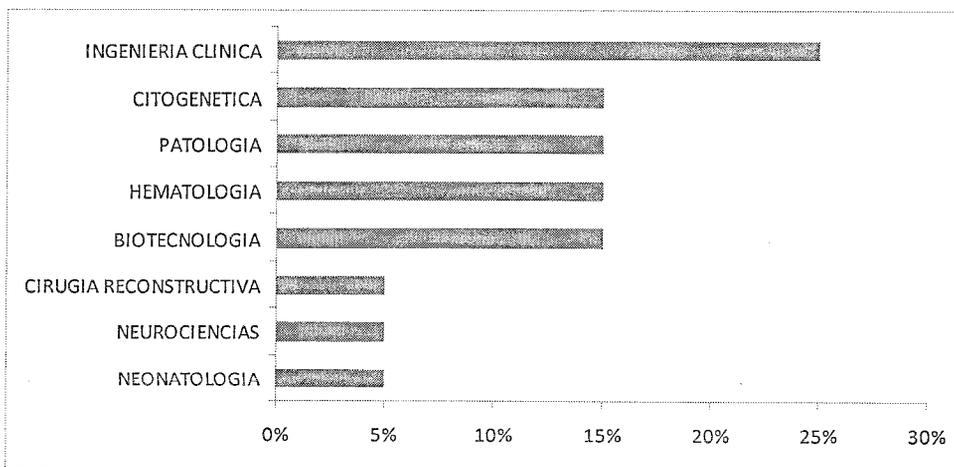


Figura 3. Distribución en porcentaje de los trabajos de acuerdo a sus aplicaciones biomédicas.



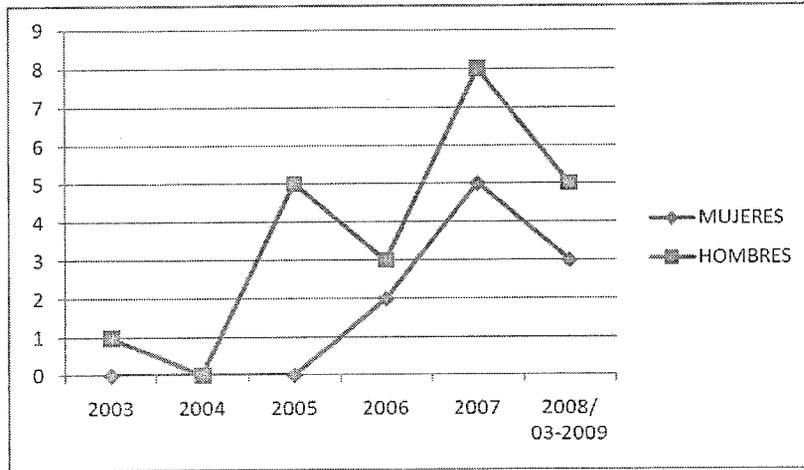
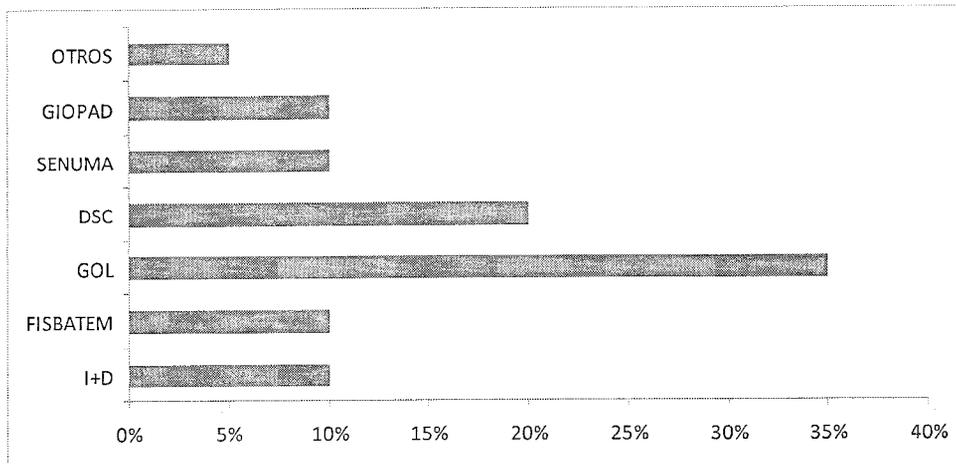
También es posible observar que el número de trabajos de grado realizados con aplicación biomédica entre los años 2003 a marzo de 2009 aumentó, es apreciable un relativo descenso entre el año 2008 y el periodo actual, ya que en el momento de la recolección de los datos, solo se incluyeron los trabajos aprobados hasta marzo de 2009. Cabe aclarar que en este momento están en curso de aprobación varios trabajos, entre pasantías y trabajos de investigación, relacionados con las ciencias biomédicas. Es importante observar que a lo largo del tiempo se aprecia una tendencia hacia el incremento por los trabajos de grado con aplicación biomédica tanto en el género masculino como en el género femenino (Figura 4).

La figura 5 muestra la distribución de trabajos de grado de acuerdo al grupo de investigación al que pertenece. Es importante resaltar que el grupo que más ha contribuido con la realización de trabajos de grado con aplicación en

las ciencias biomédicas, es el grupo de investigación en óptica láser (GOL), con un 35%.

CONCLUSIONES

Desde el momento que los egresados del programa de Ingeniería Física, comienzan a buscar la modalidad de trabajo de grado se observa una preferencia por los trabajos de investigación sobre las otras dos modalidades. Así, cabe preguntarse, ¿cuál es la motivación que existe en este programa, para elegir el trabajo de investigación como modalidad de trabajo de grado, sabiendo que existe una mayor posibilidad de ingresar rápidamente al mercado laboral, si se elige la modalidad de la pasantía?. En lo que se refiere a los trabajos presentados con aplicaciones biomédicas, también se observa esta preferencia.

Figura 4. Relación número de trabajos de grado con aplicación biomédica por género entre los años 2003 a marzo de 2009**Figura 5.** Distribución en porcentaje de los trabajos de grado de acuerdo al grupo de investigación al que pertenece. GIO-PAD: Grupo de Investigación en Física Educativa y Óptica Aplicada; SENUMA: Semiconductores y Nuevos Materiales; DSC: Dinámica, Simulación y Control; GOL: Óptica y Láser; FISBATEM: Física de Bajas Temperaturas; I+D: Instrumentación y Desarrollo.

Es evidente el trabajo multidisciplinario y transdisciplinario que se realiza en el programa de ingeniería física, que ha ayudado a impulsar la hibridación del conocimiento, favoreciendo con ello, la posibilidad de innovar y generar soluciones para problemas de la salud de los colombianos. Teniendo en cuenta lo anterior, es probable que el programa de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca, sea un escenario propicio para adelantar investigaciones multidisciplinarias que tengan aplicación en el área de las ciencias biomédicas. Además, es grato recordar que la Universidad del Cauca creó el primer programa de ingeniería física del país, y hoy en día ha dado inicio a la primera maestría en ingeniería física en Colombia,

demonstrando su capacidad de liderazgo en esta disciplina, hecho que nos coloca en un lugar de privilegio.

En vista de los resultados expuestos se podría considerar que la simbiosis entre las ciencias biomédicas y la ingeniería física tiene un futuro promisorio en nuestra universidad, como también en nuestro medio, pero es necesaria una comunicación y participación más activa y decidida entre ambas disciplinas, utilizando estrategias académicas, tales como, asignaturas optativas y proyectos de investigación multidisciplinarios y transdisciplinarios, que den solución a la problemática de la salud colombiana. Entonces, surge una pregunta: ¿Qué acciones y políticas

se deben emprender e implementar para que nuestra universidad lidere este futuro?

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal administrativo de la Biblioteca Central de la Universidad del Cauca, especialmente a la Jefe General de Bibliotecas, Sra. Miriam Torres y a las auxiliares de la Hemeroteca, Sonia Sánchez y Lneyda Muñoz, por facilitar la búsqueda de los trabajos de grado de Ingeniería Física, y al programa de Ingeniería Física por permitir realizar esta investigación.

REFERENCIAS

1. **Departamento de Física.** Programa de pregrado en: Ingeniería Física. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Universidad del Cauca. Popayán, 1995.
2. **Departamento de Física.** Estándares de calidad del programa de Ingeniería Física. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Universidad del Cauca. Popayán, 2003.
3. **Dogan M.** Las nuevas ciencias sociales: grietas en las murallas de las disciplinas. [Consultado el 23 de marzo de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.unesco.org/issj/rics153/doganspa.html#mdart>
4. **Cromwell L, Weibell FJ, Pfeiffer EA, Usselman LB.** Instrumentación y medidas biomédicas. Editorial Marcombo. Barcelona. 1980.
5. **Tamayo y Tamayo M.** El proceso de la investigación científica, Editorial Limusa, 4 edición, México, 2004, pp. 22-23.
6. **Peris J, Guijarro E, Gómez-Senent E.** Estudio del diseño en ingeniería biomédica desde la perspectiva de la teoría de las dimensiones del proyecto. [Consultado el 23 de marzo de 2009]. Disponible en Internet: http://aeipro.com/congresos/2000_1/pdf/BA09.pdf
7. **Dorado P, Escobar P.** Reconocimiento visual artificial para determinar reactividad hormonal en tejido con cáncer de mama. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2009.
8. **Cañola E, Rangel LF.** Diseño y construcción de un sistema óptico para la detección y cuantificación de niveles de ADN en la sangre. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2008.
9. **Falla MM.** Biofísica de los monómeros y dímeros de la eumelanina. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2008.
10. **Pérez NA.** Optimización del proceso adquisición y clasificación de imágenes de cromosomas humanos bandeados mediante un sistema de visión artificial, en el laboratorio de genética de la Facultad de Ciencias de la Salud. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2008.
11. **López B, Garzón O.** Diseño y construcción de un sistema óptico automatizado para la detección y cuantificación de hemoglobina S en muestras "in vitro" en sangre. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2008.
12. **Muñoz F, Hoyos E.** Diseño y simulación de un sistema supervisorio para la central de gases del Hospital Susana López de Valencia de Popayán. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2007.
13. **Pinto J, López G.** Sistema asistido de segmentación, clasificación y conteo de cromosomas en metafase para la elaboración de cariotipos basado en visión computacional. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2007.
14. **Alape LF, Goyes J.** Diseño de un sistema de supervisión y monitoreo para una subestación de energía eléctrica en el Hospital Susana López de Valencia de Popayán. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2007.
15. **Paz MA, Molano SL.** Medida de tiempos de coagulación de plasma humano mediante un sistema óptico automatizado. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2007.
16. **Urbano AL, Imbachí R.** Estudio para la adecuación de un horno incinerador multicámara de residuos hospitalarios a la legislación ambiental colombiana y monitoreo del sistema de vapor, para el hospital Susana López de Valencia, Popayán. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2007.
17. **Andrade CA, Méndez CA.** Caracterización eléctrica de ADN. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2007.
18. **Montenegro C.** Diseño de un sistema de monitoreo de variables eléctricas para el cuarto de control de la sala de cirugía del Hospital Susana López de Valencia de Popayán. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2007.
19. **Castrillón MJ.** Estandarización de la técnica de procesamiento digital de imágenes en el análisis de biopsias renales. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2006.
20. **Pérez GA.** Identificación de características típicas de Coilocitos en células del epitelio escamoso del cérvix mediante procesamiento digital de imágenes. Trabajo

- de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2006.
21. **Dorado L, Ortega A.** Diseño e implementación de un sistema de adquisición y monitoreo de señales eléctricas generadas en la actividad cerebral. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2006.
 22. **Salazar PJ.** Estudio de las propiedades estructurales, electrónicas y ópticas de los precursores de la lignina en maderas blandas y de los polímeros involucrados. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2006.
 23. **Zambrano CA.** Sistema de visión artificial para la clasificación de muestras hematológicas. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2005.
 24. **Idrobo G, Ramírez C.** Diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos para la representación virtual tridimensional de rostro humano. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2005.
 25. **Chaves J, Montaña R.** Recuperación y puesta en funcionamiento de un autoclave para el manejo de instrumental y residuos hospitalarios en el Hospital Susana López de Valencia. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2005
 26. **Burbano J.** Sistema de Monitoreo termográfico de neonatos a través de una red local de computadores. Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Física. Universidad del Cauca. 2003.