

# Integración de actividades de investigación y acción social en la docencia de Ingeniería Eléctrica

Marvin Coto Jiménez

*Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica*  
[marvin.coto@ucr.ac.cr](mailto:marvin.coto@ucr.ac.cr)

**Resumen**— El objetivo del presente artículo es mostrar los resultados de una experiencia docente desarrollada en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica, diseñada para integrar la investigación y la acción social con los contenidos teóricos de un curso de Matemática Superior. Esta experiencia ha sido posible gracias a la interrelación de proyectos inscritos en la Escuela de Ingeniería Eléctrica, así como a la colaboración multidisciplinaria con áreas como la Educación Especial y la Orientación. La finalidad de la experiencia ha sido propiciar el aprendizaje significativo del estudiantado con la integración de los ejes sustantivos de la universidad: docencia, investigación y acción social. Dada la percepción favorable de los estudiantes y el docente en la actividad, se sugiere abrir espacios de reflexión y análisis en otras áreas de especialidad para llevar a las aulas los resultados de sus proyectos y el trabajo multidisciplinario. De esta manera, se puede exponer al estudiantado la problemática de investigación y acción social, donde los conocimientos impartidos encuentran su aplicación y razón de ser.

**Palabras Clave**— docencia, investigación, acción social, ingeniería eléctrica.

Recibido: 21 de mayo de 2021. Revisado: 20 de julio de 2021. Aceptado: 24 de julio de 2021.

## Integrating research and social action activities in the teaching of Electrical Engineering

**Abstract**— The purpose of this article is to present the results of a teaching experience developed at the School of Electrical Engineering of the University of Costa Rica, designed to integrate research and social action activities with the theoretical contents of a Higher Mathematics course. This experience has been developed by the integration of current projects in the School of Electrical Engineering, as well as multidisciplinary collaboration with other areas, such as Special Education. The motivation of the experience has been to promote meaningful learning in students, with the integration of the substantive areas of the university: teaching, research, and social action. Given the favorable perception of the students and the teacher in the activity, it is suggested to open new spaces for reflection and analysis in other areas of specialty, in order to bring the results of current projects and multidisciplinary work to the classrooms. In this way, the problems of research and social action can be exposed to the students, where the knowledge of the courses finds its application and reason for being.

**Keywords**— teaching, research, social action, electrical engineering.

## 1 Introducción

Las instituciones de educación superior tienen un rol fundamental en la formación de profesionales en todas las áreas de conocimiento. Por sus acciones en los procesos de formación, así como en otras actividades sustantivas, su rol también forma parte de la transformación de individuos y sociedades [1]. Entre las áreas de formación profesional y de acción de estas instituciones se encuentran las ingenierías en sus diversas especialidades, en las cuales existen, naturalmente, características particularidades de sus contenidos, enfoques y

paradigmas de enseñanza, los que llevan a algunas experiencias de aula establecidas por la tradición.

En el presente trabajo se analiza una experiencia de innovación en el curso IE-0305 Matemática Superior, el cual forma del Plan de estudios de pregrado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica. Este curso se encuentra como una materia obligatoria en la malla curricular de todos los énfasis en la carrera, los cuales son: Sistemas de Potencia, Electrónica y Telecomunicaciones, y Computadoras y Redes. El curso tiene como requisito haber aprobado cursos previos de cálculo y llevarse de forma conjunta con otros cuyos contenidos son más propios de la carrera, como circuitos lineales.

Con el fin de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en este curso, especialmente la contextualización de los contenidos, se inició un proyecto de docencia en el año 2018 para fomentar el aprendizaje significativo en sus contenidos. El objetivo principal de dicho proyecto fue: “Implementar nuevas metodologías de aprendizaje en matemática superior para ingeniería eléctrica, mediante la elaboración de materiales didácticos que integren teoría y práctica para un aprendizaje significativo.”

Para incorporar estas nuevas metodologías se planteó en primer lugar en el proyecto una revisión bibliográfica exhaustiva que lograra detectar aplicaciones actuales y relevantes de los contenidos del curso en la práctica de la Ingeniería Eléctrica. Estos contenidos corresponden a variable compleja, transformaciones integrales (transformadas de Laplace y de Fourier), una transformada discreta (Transformada Z) y una introducción a los Métodos Numéricos.

El aprendizaje significativo y la integración de este tipo de experiencias requieren necesariamente de un enfoque multidisciplinario en las actividades propuestas. Es sabido que la formación de ingenieros a partir de metodologías multidisciplinarias conlleva retos importantes, pues se requieren competencias propias de varias disciplinas, en un entorno que permita potenciar el diseño, los conocimientos teóricos y las aplicaciones prácticas que son usuales en la enseñanza de la ingeniería [11].

Se destaca también la importancia de romper con ciertos esquemas predominantes en la enseñanza de la ingeniería a nivel superior, como se ha discutido previamente en áreas afines, como lo indicado en [9]: “Por un lado, el docente apuesta por contenidos predispuestos en un currículo, muchas veces presentados de forma descontextualizada, que deben ser

igualmente asimilados por todos los estudiantes tal cual son dados, desconociendo las individualidades de los procesos formativos. El estudiante, por su parte, se esfuerza en la apropiación ingenua de esos contenidos, no para la constitución de saberes útiles en su devenir y realidad, sino como elementos temporales que le permitirán cumplir con las tareas académicas asignadas.”

Estas evaluaciones son usualmente de un mismo tipo, en el cual se deben resolver ejercicios abstractos, los que son asumidos por los estudiantes especialmente para obtener una calificación que les permita avanzar con sus materias y su plan de estudios.

En este enfoque tradicional, el conocimiento tiene como punto de partida al docente, el cual imparte estos contenidos en el espacio de la clase y luego evalúa esos contenidos por medio de un examen. Como lo indica Ordaz y otros en [9], este proceso de enseñanza aprendizaje parece mantenerse en muchos centros de enseñanza y en todos los niveles, aunque ha sido ampliamente criticada por autores como Freire [6] y Molina [8] dentro de la región latinoamericana, junto con numerosos autores de todas las latitudes del mundo. Este grupo de especialistas han abierto la puerta para la integración de nuevas formas de aprender y evaluar, las cuales contemplan más las necesidades individuales del estudiantado, y dan nuevas perspectivas para las experiencias de aula en general.

Como un aporte a estas nuevas visiones y oportunidades, en este trabajo se presenta una experiencia de integración de actividades desarrolladas en el curso Matemática Superior, la cual integra las actividades sustantivas de la Universidad de Costa Rica: docencia, investigación y acción social. El objetivo principal del artículo es mostrar cómo es posible integrar las actividades sustantivas en actividades de aula, de manera que se brinde a los estudiantes la posibilidad de contextualización de los contenidos y de su reflexión como un saber útil para el quehacer de la ingeniería, y de esta manera propiciar su aprendizaje significativo.

Esta experiencia rompe los esquemas tradicionales de verticalidad que han formado parte de la enseñanza de la Matemática Superior en la carrera, además de las estrategias de evaluación basadas en exámenes y en preguntas cerradas donde impera la necesidad de establecer procedimientos matemáticos precisos y las justificaciones pertinentes.

## 2 Fundamentos teóricos

### 2.1 Formación a partir de las actividades sustantivas

De acuerdo con los ámbitos de la actividad de la Universidad de Costa Rica, sus actividades sustantivas son la docencia, la investigación y la acción social. Este último se puede entender como el accionar de la universidad como actor social en el mejoramiento en la calidad de vida de la sociedad, de manera que pueda cumplir su propósito de contribución con las transformaciones necesarias para el bien común.

Esta visión de universidad es compartida por otras universidades públicas del país, así como por numerosas instituciones en la región latinoamericana, en las cuales la acción social es referida con términos como servicio a la comunidad, proyección social o extensión.

Si bien las distintas facultades y escuelas dentro de las instituciones de educación superior ejercen sus funciones en los tres ejes sustantivos, es poca la documentación existente sobre la forma en que éstas pueden llevarse a las aulas en la formación de ingenieros e ingenieras, a pesar de que en los distintos perfiles profesionales se encuentran definidos elementos que permiten vislumbrar la conveniencia de hacerlo para lograr el desarrollo de habilidades y competencias deseadas.

Por ejemplo, en [3] se señala que el profesional formado en educación superior debe ser “capaz de orientar su desempeño en el ejercicio de la profesión con seguridad, flexibilidad y libertad, en escenarios heterogéneos y diversos, a partir de la integración de conocimientos, habilidades, destrezas, motivos y valores que se expresan en un ejercicio profesional eficiente, ético pero sobre todo comprometido socialmente”.

Es claro que se puede relacionar los escenarios heterogéneos y diversos que indican estos autores con características propias de la investigación, en la cual se trabaja usualmente con situaciones de incertidumbre que requieren un trabajo multidisciplinario. Explícitamente, estos autores establecen sus premisas para el establecimiento de un enfoque integrador de saberes como estrategia metodológica en la educación, en el cual se desarrolle un espíritu investigativo y multidisciplinario para abordar problemas relacionados con la práctica profesional y la calidad de vida. El compromiso social indicado está claramente relacionado con actividades de acción social o servicio a la comunidad.

Este ideal en las nuevas tendencias de educación superior también es referido en [1], específicamente para el área de ingeniería, cuando indican que se debe “promover el desarrollo de competencias transversales y disciplinares que permitan, a nuestros actuales estudiantes, coadyuvar en el análisis y la solución de los grandes problemas de nuestra sociedad.”

Estos autores muestran una visión renovada de la educación superior, en la cual se rompen algunos esquemas tradicionales de fragmentación del conocimiento, pretendiendo que cada área puede resolver los problemas propios de su disciplina sin colaboración o conocimiento de otras. Se puede señalar que estas ideas encuentran una voluntad de transformación en muchas instituciones, incluyendo la Universidad de Costa Rica, evidenciada en la gran cantidad de oferta interna para actualización, cursos de didáctica universitaria, formación continua en educación, uso de nuevas tecnologías, entre muchas otras.

Esta transformación es iniciada en primer término por aquellos especialistas en el tema que van generando conciencia en la comunidad de educación superior de la necesidad de actualizar y analizar continuamente contenidos y formas de enseñanza, y que se van materializando en este abanico de opciones de capacitación y formación. Es posible que en la actualidad, en una institución de educación superior la totalidad, o un gran porcentaje de docentes cuenten al menos con información que indica una tendencia a reflexionar y renovar la práctica docente con el objetivo final de formar mejores profesionales, tanto en sus conocimientos específicos como en su conciencia social. En algunos casos, los procesos de transformación se encuentran maduros en la mayoría de docentes de determinadas áreas del saber, o al menos en un

conjunto de estos que han abierto la puerta a las nuevas ideas y prácticas docentes.

Si bien la información para la innovación docente puede partir de iniciativas propias o de la información recibida a través de todos los canales proporcionados por las instituciones para la formación y actualización, existe un reto inherente a las particularidades temáticas de cada especialidad, pues la identificación de las problemáticas y la participación profesional puede variar, así como el abordaje de contenidos para favorecer las nuevas visiones integradoras y de transformación social.

En el caso de Ingeniería Eléctrica, su función social puede señalarse con certeza a partir de su impacto en áreas como la generación y distribución de electricidad, las telecomunicaciones, la automatización industrial y los servicios integrados en prácticamente todas las industrias, así como en otros menos visibles a gran escala pero de gran contenido social como las tecnologías de apoyo para la población con discapacidad.

La generación continua de saberes en múltiples áreas de investigación es evidencia de la dinámica y expansión de contenidos que conlleva esta área de la ingeniería. De este panorama surge la cuestión de cómo integrar en la experiencia docente la visión del impacto social y de generación de conocimiento en el contexto de un plan de estudios que debe cumplir un enorme bagaje de contenidos en temas como circuitos eléctricos, electrónica, telecomunicaciones, máquinas eléctricas, control automático, procesamiento de señales, entre muchos otros.

A partir de una reflexión sobre este reto, se han desarrollado experiencias de aula en el curso IE0305 Matemática Superior, con las cuales se pretende integrar los tres principales ejes de actividad sustantiva de la universidad. Esta integración ha supuesto un rompimiento de los esquemas tradicionales de las clases y las evaluaciones en esta materia.

## 2.2 *Cómo impactar la investigación en la docencia*

El impacto de una investigación, la cual tiene como fruto visible una publicación académica, es medido usualmente por métricas como número de citas (cantidad de veces que la publicación es citada en otras investigaciones). Cuanta más citas genera un artículo de investigación, se considera que más impacto ha tenido en la comunidad científica, pues ha sido leído y los resultados aprovechados para generar más conocimiento.

Sin embargo, como se indica en [4] “son abundante las voces, que desde lo más diversas disciplinas, abogan por un impacto sobre la práctica, sobre la clínica, en línea con las propuestas del paradigma que ha venido a denominarse investigación traslacional”. Por esto, se plantea también como una medida importante del impacto de la investigación, su utilización en las aulas y los procesos de formación de los estudiantes.

En el caso de la formación de ingenieros, como posiblemente sucede en otras disciplinas científicas y tecnológicas, uno de las condiciones que aparentan dificultar el proceso de integrar actividades y conocimientos generados en la investigación es que hay una distancia significativa entre los temas que se estudian durante los cursos de pregrado, los cuales

corresponden a formación general, y los temas de la investigación, usualmente de dominios mucho más específicos y que involucran conceptos y métodos a los cuales no es posible acceder con esa formación general.

Sin embargo, la necesidad de incluir experiencias en la formación de ingenieros es imperativa, pues autores como Belski, Adunka y Maker en [2] han señalado que con los métodos tradicionales de resolución de problemas en las clases de ingeniería, no se garantiza necesariamente que los estudiantes mejoren en sus habilidades de creatividad y resolución de problemas reales.

La cuestión entonces de acercar los conocimientos y procedimientos propios de la investigación a los estudiantes de pregrado en ingeniería requiere de una selección cuidadosa de aquellos que puedan relacionarse con los contenidos del curso. Para esto es importante que el profesorado cuente con experiencia suficiente en el campo de la investigación para lograr establecer puentes de comprensión general en los estudiantes, más allá del enfoque tradicional de impartir contenidos, mediante los cuales vaya logrando aproximaciones al contexto de los problemas de investigación, su razón de ser, sus métodos y la forma de presentar sus resultados.

## 2.3 *Cómo impactar la acción social en la docencia*

Como parte de la formación integral que reciben los estudiantes de Ingeniería Eléctrica en una institución como la Universidad de Costa Rica, además de los cursos generales de la disciplina (matemática, física, química), propios de su carrera (circuitos eléctricos, electrónica, máquinas eléctricas, etc.), los planes de estudio en la carrera cuentan con un eje transversal de formación en humanidades. Con estos contenidos humanísticos los estudiantes entran en contacto con problemáticas sociales a través de cursos como los Seminarios de Realidad Nacional, o Repertorios de carreras distintas.

La importancia de esta formación con visión humanista ha sido presentada y defendida ampliamente a lo largo de la historia de la educación superior. En cuanto a los cursos propios de la formación de contenidos del área de especialidad, no ha sido claramente presentadas o sistematizadas experiencias de impacto de las actividades de acción social en la formación de ingenieros. Es decir, en la literatura ha sido poco sistematizada la reflexión sobre el impacto de la ingeniería eléctrica en la sociedad de manera que ésta permea la formación misma del aula.

Las oportunidades que esto plantea son amplias, pues un énfasis en la importancia social de los contenidos teóricos estudiados en las aulas como parte de las técnicas empleadas por los docentes, pueden facilitar los procesos de aprendizaje, pues establecen un mayor contacto de las prácticas y contenidos con los procesos que acepta la didáctica moderna, tales como los factores afectivos, cognitivos y sociales [10].

## 3 **Marco metodológico**

El marco metodológico del estudio involucró una serie de actividades relacionadas con el diseño de contenido, capacitación, implementación y evaluación de actividades de clase que integren componentes de los ejes sustantivos de

docencia, investigación y acción social. Estas principalmente fueron llevadas a cabo en tres etapas: planeamiento de actividades y desarrollo de la visión integradora, construcción en los espacios de clase de las reflexiones y conexiones teóricas en preparación a la exposición de los contenidos, y finalmente el desarrollo de las actividades y su evaluación.

En cuanto al planeamiento de actividades y desarrollo de la visión integradora, se siguió un enfoque sistemático que tuviera en cuenta dos proyectos desarrollados dentro de la Universidad de Costa Rica: El primer es el proyecto de investigación 322-B9-105, “Diseño, implementación y prueba de algoritmos de aprendizaje de máquina para la mejora de señales degradadas con ruido en aplicaciones de habla”, en el cual se estudian algoritmos basados en inteligencia artificial que analizan señales de voz para mejorar sus condiciones, especialmente cuando éstas han sido grabadas o procesadas con ruido. Parte de los procesos que requiere el análisis de estas señales contempla la utilización de herramientas matemáticas que forman parte de los contenidos del curso IE0305 Matemática Superior. Por esta razón, se planteó desde el inicio del curso la utilización de resultados de este proyecto de investigación en publicaciones del mismo año, para ilustrar las aplicaciones de las teorías matemáticas en problemas abiertos del procesamiento de señales en ingeniería eléctrica.

El segundo de los proyectos es el ED-3416, inscrito en la Vicerrectoría de Acción Social, titulado “Tecnologías del habla para mejorar la calidad de vida de la población con discapacidad”. En este proyecto se trabaja con un equipo multidisciplinario para explorar las aplicaciones que tienen tecnologías como el reconocimiento automático del habla y la síntesis de voz. Este equipo integra profesionales de la Escuela de Orientación y Educación Especial de la Universidad de Costa Rica, y de Ingeniería Eléctrica. Entre las actividades desarrolladas en este proyecto está la realización de capacitaciones mutuas entre ambas Escuelas. En el caso de estudiantes de Ingeniería Eléctrica, aquellos inscritos en el curso Matemática Superior reciben una capacitación sobre el tema de discapacidad y derechos humanos.

Existe una clara interacción entre estos dos proyectos, ya que las aplicaciones potenciales detectadas en el proyecto de acción social plantean problemas que desde la investigación pueden ser abordados, como la necesidad de utilizar dispositivos de bajo costo y en condiciones retadoras, tales como dispositivos portátiles que puedan traducir vocalizaciones audibles producidas por una persona, las cuales requieran procesarse, transcribirse o traducirse en palabras usuales, lo cual se puede realizar con los algoritmos que se desarrollan en el proyecto de acción social.

Finalmente, se tiene el proyecto IE-869-2018 “Aprendizaje significativo en temas de Matemática Superior”, en el cual se plantea la integración de conocimientos y experiencias recientes para acercar a los estudiantes a un aprendizaje que sea significativo de los contenidos teóricos del curso IE0305 Matemática Superior. De manera que estos tres proyectos cuentan con elementos de interacción claros, como se ilustra en la Fig. 1.

La segunda etapa del planteamiento de la experiencia docente se desarrolló en las clases del curso IE0305, ante dos

grupos de 30 estudiantes cada uno (en total 4 mujeres y 56 hombres), con edades entre los 19 y 32 años, durante un ciclo lectivo del año 2019. En estas clases se abrieron espacios de preparación, discusión de resultados y muestra progresiva de las investigaciones realizadas en torno al proyecto 322-B9-105, y a la capacitación recibida por medio del proyecto ED-3416. En particular, en el tema de la transformada de Fourier, se hizo énfasis en su importancia para analizar señales, entre las cuales las aplicaciones actuales en proyectos relacionados con voz.

Como tercera etapa, se creó una actividad de evaluación, la cual no tiene las características de una evaluación regular de este curso, las cuales constan típicamente de ejercicios de matemáticas o de aplicaciones en esquemas, circuitos u otros sobre los cuales se deben aplicar conceptos matemáticos para obtener una solución cerrada. El planteamiento consta más bien de un conjunto de datos generado como parte de los proyectos, sobre el cual se plantea a los estudiantes la verificación de uno de los resultados generados en una publicación académica reciente [7], así como la reflexión de la importancia de realizar una tarea como ésta con un enfoque social. Finalmente, se planteó un cuestionario de apreciación de la actividad a los estudiantes del curso.



Figura 1. Proyectos involucrados y sus interacciones. La propuesta del presente estudio se encuentra en el centro e interacción de las actividades de los proyectos en los ejes sustantivos.

Fuente: El autor.

#### 4 Actividad generada para la integración de actividades sustantivas

Para la generación de la experiencia de aula, se conjugó el quehacer los proyectos descritos en la sección anterior. La intención fue proponer a los estudiantes la comprobación de resultados de una actividad relacionada con una investigación, su reflexión a partir de la formación recibida sobre el impacto social de la ingeniería, y los contenidos del curso Matemática Superior. Estos son descritos en los párrafos siguientes.

**Formación en discapacidad y derechos humanos.** Como parte de las actividades del curso ED-3416, los estudiantes del

curso recibieron una capacitación en el tema de discapacidad y derechos humanos, impartida por docentes y estudiantes de la Escuela de Orientación y Educación Especial de la Universidad de Costa Rica. En ésta se realizaron dinámicas de aula novedosas, con interacción y participación de estudiantes, lo cual contrasta con el enfoque normalmente magistral del curso Matemática Superior. Tanto antes como después de las actividades de capacitación se hizo una reflexión sobre sus contenidos y las razones por las cuales se realizaba, como parte del proyecto de Acción Social y como parte de una actividad evaluativa a plantear próximamente. En esta capacitación los estudiantes observaron dispositivos para comunicación aumentativa y alternativa, de utilidad para personas no verbales, a quienes se podía dotar de formas de comunicación utilizando tecnologías de diversos tipos, tales como la generación de habla artificial por medio de un dispositivo electrónico.

**Contenidos del curso.** Entre los contenidos del curso Matemática Superior se encuentra el tema de Transformada de Fourier, el cual es de vital importancia para la representación de señales, entre ellas las señales de habla, lo cual se encuentra en el núcleo teórico de la generación de voces artificiales y de sistemas de reconocimiento de voz.

**Proyecto de investigación.** Durante las clases teóricas se presentó el proyecto de investigación y su relación con el tema de Transformada de Fourier. Como parte de la presentación, se mostró la publicación académica generada por el docente y estudiantes de Matemática Superior, los cuales habían estado en el curso tres semestres antes. En esta publicación, se presentó un dispositivo de comunicación alternativa para una persona con discapacidad verbal, mediante el cual se puede dar la opción de transcribir algunas vocalizaciones en sonidos de habla. Si bien los contenidos teóricos del curso no son suficientes para la comprensión de todos los detalles de la investigación y publicación, el docente presentó las ideas generales y señaló las referencias a la teoría vista en clase en la publicación.

**Actividad evaluativa.** Se realizó una asignación de evaluación a los estudiantes, en la cual se les brindó un conjunto de datos proveniente de señales de habla, los cuales fueron parte de la publicación mencionada [7]. Este conjunto de datos consiste en valores de las señales de habla captada por el dispositivo de comunicación y reconstruida utilizando varios métodos. Se solicitó a los estudiantes indicar cuál de los métodos utilizados daba mejores resultados, como una manera de comprobar los resultados de la publicación, además de una reflexión sobre la relación con los contenidos del curso y con el tema de discapacidad y derechos humanos. Las tres preguntas planteadas, para una respuesta abierta por parte de los estudiantes, fueron: (a) ¿Cuál de los experimentos obtuvo mejores resultados? (b) ¿Qué relación tienen los temas vistos en el curso Matemática Superior con el contexto que se está abordando? (c) ¿Cuál es el impacto social que puede tener este tipo de cálculos en el proyecto descrito, de acuerdo con la información brindada en la capacitación de discapacidad y derechos humanos?

Posterior a la asignación de la tarea fue necesario realizar una sesión para aclarar las consultas surgidas, presentar temas adicionales como las métricas de evaluación, dado que este tipo de ejercicios (sobre conjuntos de datos en lugar de expresiones

matemáticas directas) y reflexiones no han sido comunes en el aula de Matemática Superior.

## 5 Resultados

Al finalizar la entrega de la actividad evaluativa, se aplicó un cuestionario caracterizado por tres ejes: complejidad de la tarea, utilidad para la integración de contenidos y percepción general. Este cuestionario fue revisado y validado por una profesional en educación, y planteado a los estudiantes para responder de forma anónima y voluntaria.

Se obtuvieron 48 respuestas, las cuales se comentan en cada uno de los ejes del cuestionario.

### 5.1 Complejidad de la tarea

Las respuestas a la pregunta: ¿Qué grado de complejidad representó la solución de la evaluación? se muestran en la Fig. 2. Como se observa, hay una clara predominancia de respuestas hacia considerar la dificultad baja y media. Solamente un porcentaje muy pequeño de las respuestas (2.1%) consideraron la dificultad muy alta.

Es importante destacar que la actividad no fue realizada con la finalidad de representar una alta dificultad al estudiantado, sino para mostrar la integración de conocimientos y abrir espacios de reflexión a partir de los ejes sustantivos de la universidad.

Para responder la parte aplicada de la actividad se requirió el uso de una hoja electrónica, con la cual pudieran verificarse los resultados de la publicación de referencia. Inicialmente no se brindaron indicaciones precisas sobre los pasos por realizar, para exponer a los estudiantes a las situaciones que son comunes en los procesos de investigación semejantes a los de la actividad, donde se deben generar los propios procesos y determinar por cuenta propia la forma eficiente e realizarlos. Finalmente, se brindó toda la ayuda que los estudiantes manifestaron necesitar en los espacios de clase u horas de atención individual. La dificultad en cuanto a la obtención de los resultados, percibida por los estudiantes, se muestra en la Fig. 3.

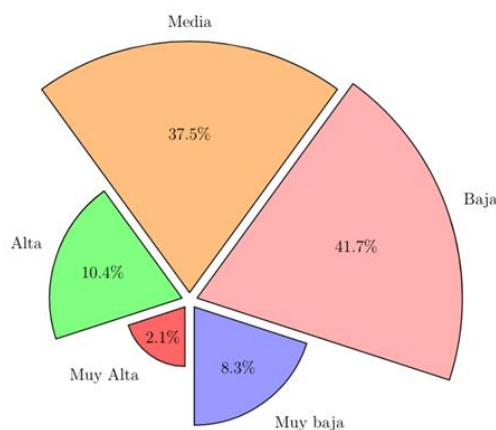


Figura 2. Respuesta a la pregunta: ¿Qué grado de complejidad representó la solución de la evaluación?

Fuente: El autor.

Se observa que en este rubro se presentaron algunas dificultades para un porcentaje superior el 50% del grupo. Los procesos de investigación usualmente requieren el manejo de grandes conjuntos de datos, y su procesamiento es una de las tareas más grandes y que representa retos significativos para los investigadores, siempre en la búsqueda de encontrar o desarrollar nuevas herramientas que faciliten estos procesos.

Otras preguntas del cuestionario mostraron que las estrategias seguidas para solucionar el problema fueron percibidas como muy exitosas por parte de los estudiantes (89.6%), así como una valoración de respuestas acertadas o muy acertadas por los participantes (93,7%).

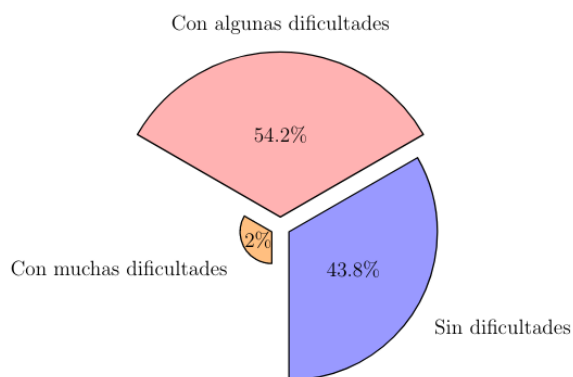


Figura 3. Respuesta a la pregunta: ¿Cómo fue el proceso de aplicar las métricas a los conjuntos de datos?  
Fuente: El autor.

### 5.2 Integración de conocimientos

En este apartado de realizaron preguntas con respecto a algunos aspectos como la valoración de la actividad para obtener un aprendizaje significativo de los contenidos, y aplicación de los conocimientos teóricos a un problema real. Por ejemplo, en la Fig. 4, se muestran las respuestas a la pregunta: ¿Qué efecto tuvo esta actividad sobre sus conocimientos y valoración de los contenidos del curso?

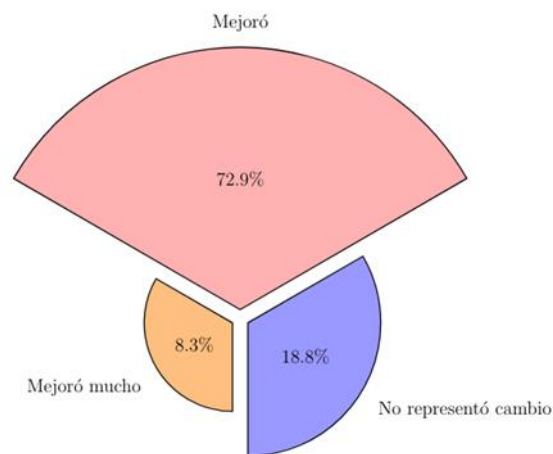


Figura 4. Respuesta a la pregunta: ¿Qué efecto tuvo esta actividad sobre sus conocimientos y valoración de los contenidos del curso?  
Fuente: El autor.

Se observa que más del 90% de quienes respondieron la encuesta consideran que hubo mejoras en los conocimientos y valoración del curso a partir de la actividad.

En la Fig. 5 se muestran los resultados sobre la pregunta “¿Cómo evaluaría la actividad de aplicar los conocimientos al problema real suministrado?”. Se observa que la percepción positiva fue completa por el estudiantado que respondió la encuesta. También se encontraban las opciones de indicar que indiferente, mal o muy mal.

En la Fig. 6 se muestran las respuestas a la pregunta “¿Cree que este tipo de actividad beneficia un aprendizaje más significativo de los temas de este curso?”. Una amplia mayoría de participantes respondió afirmativamente a la pregunta, mientras que solamente un 2.1% respondió que no.

### 5.3 Apreciación general del estudiantado

En la última parte de la encuesta se presentó una pregunta abierta para valorar la actividad. La mayoría de las respuestas son positivas, coincidiendo con las valoraciones dadas anteriormente a los diferentes aspectos. Se pueden destacar valoraciones tales como:

“Es una excelente metodología de enseñanza, que no sólo busca el entendimiento de los temas, sino que también incita a los estudiantes a conocer sobre procesos multidisciplinarios dentro de la Universidad.”

“Me parece que fue una tarea justa, fácil de entender y realizar, lo complejo para mi radica en la cantidad tan grande de datos, sin embargo justamente eso es lo que necesitamos, tareas aplicadas en la vida real, ya que no podemos quedarnos solo con tareas teóricas :)”

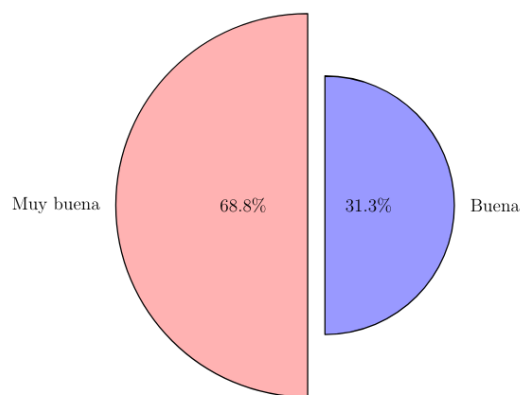


Figura 5. Respuesta a la pregunta: ¿Cómo evaluaría la actividad de aplicar los conocimientos al problema real suministrado?  
Fuente: El autor.

“Fue de gran utilidad y lo valoraría como una muy buena guía. Refuerza el conocimiento de aplicaciones reales de la teoría vista en clase, aspecto que muy pocas veces se toca y eventualmente los estudiantes ignoran que pueden hacer para aportar al mundo con su conocimiento.”

“La tarea era muy interesante, y muestra como los conocimientos adquiridos en los cursos puede aplicarse a la vida real, que es algo que muchas veces no se ve en el programa de estudio, ya que se enfoca más en saber los teoremas, fórmulas y ejercicios, y no se le da importancia a las

aplicaciones de los conceptos que se estudian, la tarea me ayudó mucho a ver qué lo que se estudia en el curso no es sólo teoremas que tengo que aprenderme para pasar los exámenes, sino que también son conocimientos que puedo usar para crear algo nuevo y sustancial. Me gustó mucho la tarea y la exposición, fue una excelente actividad.”

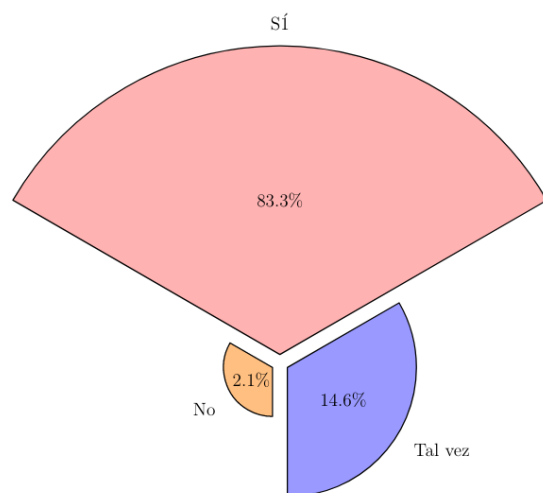


Figura 6. Respuesta a la pregunta: ¿Cree que este tipo de actividad beneficia un aprendizaje más significativo de los temas de este curso?  
Fuente: El autor.

#### 5.4 Apreciación del docente

Esta experiencia de aula, integradora de los ejes sustantivos de la universidad ha representado un desafío importante, tanto para dar con el tema idóneo dentro de un curso que usualmente se percibe como recargado de contenidos, como para unir el trabajo desarrollado en proyectos de investigación y acción social. Para llevarlo a la realidad, el proceso de reflexión sobre el quehacer universitario y la contextualización de las labores han sido muy amplias. La raíz de esta reflexión y experiencia docente se puede rastrear hasta el momento mismo de elegir el tema de investigación doctoral, donde se pensó en la forma de traer al país el nuevo conocimiento y aplicarlo. También en la conformación de equipo de trabajo con la Escuela de Orientación y Educación Especial, y la elección del contenido específico de Matemática Superior donde se pudiera conjugar la experiencia de investigación y acción social.

Algunas de las dificultades evidenciadas por los estudiantes en el proceso, y registradas en la encuesta, se consideran como parte de las dificultades existentes en los procesos de investigación, donde no siempre se cuenta con los recursos materiales para generar y analizar los resultados requeridos. La experiencia ha sido muy positiva y se puede ampliar en nuevas propuestas integradoras de aula, para lo cual es deseable seguir encontrando espacios de colaboración multidisciplinarios y que puedan desde el inicio mismo de los proyectos, llevar una reflexión del posible impacto en las aulas y cómo llevarlo a cabo. De esta manera, el quehacer dentro de la universidad puede enriquecer los procesos de enseñanza cada vez más y potenciar la generación de profesionales con enfoque humanista y acostumbrados a la problemática de problemas reales y su

impacto social. Con estos elementos, se propia un aprendizaje significativo en las aulas.

## 6 Conclusiones

En el presente trabajo se mostraron los resultados de un largo proceso de análisis de contenidos y de formalización de proyectos en los ejes sustantivos de investigación, acción social y docencia dentro de la Universidad de Costa Rica, aplicados en un curso de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se ha evidenciado la positiva percepción del estudiantado y del docente en cuanto a la mayor comprensión de contenidos y la promoción del aprendizaje significativo. La experiencia puede ser replicable hacia otros contenidos, cursos e incluso áreas de la universidad donde se puedan generar espacios de encuentro, reflexión y comunicación sobre los distintos quehaceres de las unidades académicas y sus proyectos. También podrían generarse experiencias semejantes usando investigaciones y publicaciones de grupos o instituciones distintas a donde se aplique la experiencia, aunque la cercanía de los investigadores sería conveniente para responder más directamente las inquietudes, y de esta manera propiciar la detección de intereses y talentos en la investigación y la acción social.

## Referencias

- [1] R. Acosta, A. Medina and M. Batalla, “Difusión de la ciencia, una propuesta para desarrollar competencias en alumnos de ingeniería.” *ANFEI Digital*, vol. 8, 2018.
- [2] I. Belski, R. Adunka, and O. Mayer, “Educating a Creative Engineer: Learning from Engineering Professionals,” *Procedia CIRP*, vol. 39, pp. 79–84, 2016.
- [3] M. A. Nivelá Cornejo, S. V. Echeverría Desiderio y J. G. Espinosa Izquierdo, “Los proyectos integradores de saberes en el aprendizaje adaptativo,” *Espirales Revista Multidisciplinaria de investigación*, vol. 3, no. 25, p. 124, 2019. DOI: <https://doi.org/10.31876/er.v3i25.635>
- [4] E. Costa, A. Cano, T. Nadim y C. Carrillo, “Modelamiento y estimación del índice de impacto de la investigación sobre la docencia.” *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, vol. 22, no. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.6018/reifop.22.2.351671>
- [5] M. Figueroa Rodríguez y L. D. Torres López, “Una iniciativa innovadora para estudiantes de posgrado,” *Actualidades Investigativas en Educación*, vol. 19, no. 1, 2019.
- [6] P. Freire, *Pedagogía del oprimido*. México: Siglo Veintiuno, 1996.
- [7] A. González-Salazar, M. Gutiérrez-Muñoz, y M. Coto-Jiménez, “Enhancing Speech Recorded from a Wearable Sensor Using a Collection of Autoencoders,” *Communications in Computer and Information Science*, pp. 383–397, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-41005-6\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-41005-6_26)
- [8] V. Molina, “Currículo, competencias y noción de enseñanza aprendizaje. Necesidad de una reformulación de nuestras concepciones sobre educación.” *Revista Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe*, vol. 3, pp. 50-63, 2006.
- [9] G. J. Ordaz González y M. B. Mostue, “Los caminos hacia una enseñanza no tradicional de la química,” *Actualidades Investigativas en Educación*, vol. 18, no. 2, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v18i2.33164>
- [10] C. A. Salazar Espinoza y A. A. Acuña, “Actividades de debate en el proceso de aprendizaje. Experiencias e implicancias desde procesos de formación de estudiantes de economía,” *Revista Educación*, pp. 205–227, 2018.
- [11] M. A. Angarita Velandia, F. H. Fernández Morales y J. E. Duarte, “Formación de ingenieros interdisciplinarios a través de una metodología activa con temáticas integradoras,” *Saber, Ciencia y Libertad*, vol. 11, no.

2, pp. 177–187, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2016v11n2.555>

**M. Coto Jiménez**, recibió el título de Ingeniero Electricista en 2003 en la Universidad de Costa Rica, de Maestría en Matemática en 2010 por esa misma casa de estudios, el de Maestro en Ciencias y Tecnologías de la Información en la Universidad Autónoma Metropolitana de México en 2016, y el de Doctor en Ciencias y Tecnologías de la Información por la misma casa de estudios en el año 2018. Ha ejercido labores docentes desde el año 2005, en las Escuelas de Matemática y de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica. Sus intereses investigativos incluyen: procesamiento de sonido, inteligencia artificial y análisis de datos.  
ORCID: 0000-0002-6833-9938