



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOF 2014

Nuevos escenarios  
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014  
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

## EXPERIENCIA EN LA MEDIACIÓN DE LA ASIGNATURA ECUACIONES DIFERENCIALES EMPLEANDO TÉCNICAS DE APRENDIZAJE ACTIVO

Heller G. Sánchez A.

Universidad Libre  
Bogotá, Colombia

### Resumen

Este trabajo tiene como objetivo la aplicación de la metodología de aprendizaje activo, mediante el planteamiento y desarrollo de proyectos, en la mediación de la asignatura de Ecuaciones Diferenciales. La experiencia fue desarrollada con 80 estudiantes. Los proyectos planteados y desarrollados son de carácter multidisciplinar. Soluciones numéricas mediante software especializado fueron obtenidas. Se realizaron montajes y pruebas de laboratorio para la validación de los resultados teóricos. Los resultados producto de la actividad fueron positivos. Esta actividad confirmó mejoras en: apropiación de conceptos; competencias de trabajo en grupo; planeación y desarrollo de proyectos; aprendizaje autónomo; y en el uso de software especializado para la solución numérica de ecuaciones diferenciales.

**Palabras clave:** aprendizaje activo; aprendizaje por proyectos; ecuaciones diferenciales

### Abstract

This work has as its objective the applications of active learning methodology, through the approach and development of projects, in the mediation of the Differential Equations course. The experience was developed with 80 students. The approach and development of the projects were of a multidisciplinary nature. Numerical solutions by specialized software were obtained. Assemblies and laboratory tests were made to validate theory results. The results from this activity were positive. This activity validates progress regarding: appropriation of concepts; group work skills; approach and development of projects; independent learning; and the use of specialized software to get numerical solutions for differential equations.

**Keywords:** active learning; project based learning; differential equations

### 1. Introducción

En la actualidad el mundo está sometido a constantes cambios en todos los sentidos, económicos, tecnológicos, culturales y sociales. Estos cambios demandan profesionales con las capacidades adecuadas tanto para adaptarse a dichas variaciones como para que sean los proponentes de las nuevas rutas a seguir. La educación no puede ser ajena a estos fenómenos, ya que tiene como responsabilidad formar los ciudadanos y profesionales que participan de forma activa en este vertiginoso mundo. Por tanto, se desea que en el modelo de educación se incorpore, además de la formación profesional, los contextos sociales, económicos y culturales que le permitan formar profesionales con las competencias adecuadas, solicitadas por el entorno.

Los nuevos modelos de educación son el foco de atención de los investigadores en el área, su objetivo es responder a las variaciones de las necesidades del entorno, por lo que plantear modelos diferentes a los clásicos se antoja evidente. Estos nuevos modelos deben garantizar un aprendizaje de conocimientos acorde a los que el momento actual exige (Rodríguez Serrano et al. 2012). Al respecto Sanz (Sanz 2003) afirma: *“Cuando la cultura y la sociedad cambian de manera significativa, la educación también debe cambiar para seguir desarrollando su función transmisora, de ahí que los profundos cambios que están generando, lo que llamamos sociedad de la información, deban tener su reflejo en la educación”*.

Las metodologías activas nacen como una necesidad de plantear modelos de aprendizaje alternativos a los tradicionales, en la que el estudiante aprende haciendo. Esta metodología involucra un tipo de educación enfocada en el rol del estudiante como constructor de su propio conocimiento (Rodríguez Serrano et al. 2012).

Los primeros análisis al respecto apuntaban a que todos los procesos de aprendizaje tienen de alguna manera inherente la participación “activa” del estudiante. En las metodologías tradicionales, como la clase magistral, el estudiante escucha atentamente a las explicaciones del profesor y toma apuntes. Pero la realidad es que su participación va más allá, porque el estudiante se ve inmerso en la solución de problemas y en el análisis de sus resultados (Eugène 2006). El aprendizaje de las matemáticas es un buen ejemplo para este caso.

Lo anterior lleva a pensar que, en el proceso de enseñanza aprendizaje se debe tener en cuenta no solo el que enseña y lo que enseña, sino que es de gran importancia centrarse en el que recibe y ejecuta el aprendizaje, el estudiante. Se concluye que en este proceso, el estudiante debe participar con tareas de un mayor nivel como son el análisis, la síntesis y la evaluación, que le conducen a una mayor participación en el desarrollo y apropiación de sus conocimientos.

Existen un importante número de trabajos que sustentan los buenos resultados de éstas metodologías en los diferentes campos de la ciencia (Mulop, Yusof, and Tasir 2012, Vandecandelaere et al. 2012, Dinescu, Dinica, and Miron 2010, El-Naas 2011, Hauser and Bühlmann 2014). Aunque por otra parte existe algunos que cuestionan la efectividad de las metodologías activas y prefieren ser más prudentes en su aplicación (Prince 2004). No obstante, la tendencia está claramente orientada a valorar de forma positiva este tipo de técnicas.

En la experiencia del autor, ha podido evidenciar que la enseñanza de las matemáticas en las universidades colombianas ha tenido como base fundamental, y en la mayoría de casos absoluta, la metodología de la clase magistral. No siendo el anterior el único factor de esta compleja problemática, tal y como se puede apreciar en el libro publicado por Kilpatrick, Gómez y Romero, como resultado del primer simposio de Educación Matemática, realizado en la Universidad de los Andes en 1998 (J. Kilpatrick P. Gómez and L. Romero 1995).

A pesar de que los textos guías de matemáticas, en todos los niveles de la formación de ingenieros, han desarrollado sus contenidos teniendo en cuenta las aplicaciones ingenieriles de cada una de las temáticas, los estudiantes no terminan de aterrizar los conceptos y sus aplicaciones en los casos reales, debido a que el acto de mediación y su metodología son los que marcan la pauta para la formalización del aprendizaje, esta es una apreciación del autor y parte de ello se pretende corroborar con el presente estudio. En este escenario, el aprendizaje activo a través del desarrollo de proyecto, se plantea como una herramienta interesante para superar estas dificultades

Por lo anterior, el presente trabajo se enfoca en aplicar la metodología de aprendizaje activo mediante el planteamiento y desarrollo de proyectos, para el área de matemáticas y puntualmente en la asignatura de ecuaciones diferenciales. La hipótesis está fundamentada en que: la participación activa de los estudiantes, mediante el planteamiento y desarrollo de proyectos, en la generación y apropiación de sus conocimientos para la asignatura de ecuaciones diferenciales, les permitirá lograr una mejor apropiación de los conceptos y una visión más amplia de la aplicación de los mismos en el campo de su desempeño disciplinar.

## 2. Metodología de Aprendizaje Activo

“Aprendizaje activo” significa diferentes cosas para diferentes personas. Para algunos el aprendizaje activo es redundante porque es imposible aprender pasivamente, y ciertamente tienen razón. Pero lo asociado a este punto de vista es limitado y no permite explorar el potencial de este tipo de metodologías y cómo puede ser aplicado de forma óptima en un aula de clase.

El aprendizaje activo se fundamenta en que el proceso de enseñanza aprendizaje es mejorado cuando el estudiante tiene amplias oportunidades de aclarar, cuestionar, aplicar y consolidar sus nuevos conocimientos. En estos casos los profesores crean las oportunidades para los estudiantes a través de nuevas estrategias, que le ayuden a comprender y aplicar la información recibida (Baldwin 2014).

Los estudiantes y sus necesidades de adquirir conocimiento son el centro del aprendizaje activo. Existen muchas estrategias para aplicar la metodología de aprendizaje activo, entre las cuales se pueden destacar los grupos de discusión, la solución de problemas, los casos de estudio, los grupos de aprendizaje estructurados, el juego de roles y el aprendizaje por proyectos. Los beneficios de emplear estas técnicas son muchos, mejoran las capacidades críticas, incrementan la retención y transferencia de nueva información, incrementan la motivación, y mejoran las habilidades interpersonales (Vandecandelaere et al. 2012).

### 3. Método de proyectos

Las primeras propuestas del método se dieron entre los años 1900 y 1993. Basadas tanto en el pragmatismo educativo en los Estados Unidos como en la pedagogía de reforma en Alemania, se pueden encontrar muchas publicaciones asociadas al tema durante el primer cuarto del siglo XX, principalmente de escuelas privadas aunque también estuvo presente la educación superior. Generalmente el método de proyectos de aprendizaje hace hincapié en la unificación del aprendizaje teórico y práctico, la participación activa de los estudiantes y la inclusión de elementos de la vida cotidiana en las instituciones de educación (Günter L. Huber 2008).

A diferencia de otros métodos, este establece que los participantes en un proyecto de aprendizaje: pueden plantear el proyecto basado en su interés personal o a partir de la iniciativa de algún tema, evento, problema, etc., dentro del marco curricular; pueden definir su modelo de interacción para el desarrollo del proyecto; plantean la idea inicial y definen sus roles en el desarrollo; definen su trabajo en un espacio de tiempo determinado; se comparten constantemente la información y resultados obtenidos de cada una de las actividades desarrolladas; resuelven los diversos problemas y dificultades que se presentan, de forma individual o en grupo; se determinan las metas de trabajo; se ocupan de las situaciones y objetos reales que se encuentren fuera del aula; pueden considerar estas situaciones y los objetos críticos con profundidad más de lo que sería posible en la realidad y sin intercambio entre compañeros (Günter L. Huber 2008).

Una característica interesante de los proyectos es que determinan un entorno de enseñanza multidisciplinar, en el que requieren vincular al desarrollo más de una temática, propia de su disciplina profesional e incluso en algunos casos de otras áreas, para la consecución de los objetivos.

### 4. Desarrollo de la experiencia

La experiencia es contextualizada en: la asignatura de Ecuaciones Diferenciales; con estudiantes de las siguientes carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Industrial e Ingeniería Ambiental; se cuenta con un total de 80 estudiantes de cuarto semestre.

La actividad inicia con la presentación de los objetivos pedagógicos asociados a la aplicación de la metodología de aprendizaje. Posteriormente se explica de manera clara y concisa todos los pormenores de la ejecución de la actividad. La idea es que los estudiantes tengan claro las siguientes cuestiones: qué es lo que tienen que hacer; cómo lo van a hacer; cómo es la conformación de los grupos; qué deben entregar; cómo lo deben entregar; cuándo lo deben entregar, el tiempo de desarrollo de la actividad; y el sistema de evaluación asociado.

Los objetivos particulares de los diferentes proyectos son establecidos por cada grupo según sus intereses, o por algún evento o problema sobre el que quieran orientar sus esfuerzos, haciendo de ésta experiencia más verdadera y activa (Günter L. Huber 2008). En esta parte del proceso los estudiantes deben empezar a profundizar en la metodología de la investigación.

El desarrollo de las competencias de trabajo en grupo es uno de los factores importantes a tener en cuenta durante la ejecución de la actividad. La organización de las metas y responsabilidades tanto para cada uno de los individuos del grupo, como para el grupo en general, son dispuestas por ellos mismos. La regulación del cumplimiento de cada una de las tareas individuales para la consecución de los objetivos grupales se convierte un elemento importante para el buen desarrollo y finalización del proyecto.

El planteamiento y el desarrollo del proyecto se realiza con la asesoría continua del profesor. No obstante, se realizan tres entregas de informes, periódicos, asociados al estado del proyecto. Con esta estrategia se pretende ejercer no solo asesoría sino control sobre la evolución del proyecto para todos los grupos.

La temática general del proyecto está asociada al planteamiento de un modelo numérico para la simulación del comportamiento, en el tiempo, de un fenómeno físico, químico, mecánico, biológico, etc., con su correspondiente validación. Lo anterior permite: por una parte, la aplicación del planteamiento y solución de una ecuación diferencial para un caso "real", aunque finalmente se requieren de grandes acotaciones para que la solución esté al alcance de las posibilidades de los estudiantes. Aquí se requiere incursionar en la programación de algoritmos y el uso de software especializado para dar dicha solución, así como en los métodos numéricos que permiten obtener una aproximación a la solución de la ecuación diferencial.

Por otra parte, los estudiantes deben ahondar en el conocimiento del fenómeno objeto de estudio, y realizar pruebas de laboratorio, o en campo, para comparar los resultados teóricos con los experimentales y de esta forma analizar las diferencias existentes entre ellos y proponer soluciones para ajustar el modelo. Se espera obtener del proceso de interacción entre las formulaciones matemáticas, los resultados numéricos y los procesos experimentales, una mejor comprensión y apropiación de los conceptos asociados a las ecuaciones diferenciales y sus aplicaciones en el campo ingenieril.

Los resultados obtenidos de la experiencia pedagógica son obtenidos a través del análisis de los proyectos planteados y ejecutados; y por otra parte, mediante una encuesta que permite obtener información acerca de: la percepción y el desempeño de los estudiantes ante la actividad; del desarrollo de las competencias de trabajo en grupo; de sus experiencias anteriores con este tipo de técnicas de enseñanza aprendizaje, principalmente aplicadas en el área de las matemáticas; y de la apropiación de los conceptos de la asignatura y su visión de la aplicación de los mismos en la vida ingenieril.

## 5. Resultados

Los resultados obtenidos de la aplicación de las técnicas de aprendizaje activo para la mediación de la asignatura Ecuaciones Diferenciales son:

El 88,5% de los estudiantes afirma no haber tenido, durante su formación en matemáticas, otro tipo de metodología alternativa a la clase magistral; y el 86,9% de los estudiantes afirman que les ha interesado abordar una metodología alternativa y le gustaría seguir aplicando la empleada en el presente estudio, aprendizaje activo basado en el planteamiento y desarrollo de proyectos.

Respecto de la implicación que ha tenido el desarrollo del proyecto en la apropiación de los conceptos de la asignatura y en la visión de la aplicación de los mismos, el 63,9% de los estudiantes afirma que les ha impactado de forma importante, y otro 29,5% solo reconocen un impacto positivo. De hecho, el 96,7% de los estudiantes reconocen el haber requerido el aprendizaje autónomo para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

El 83,6% de los estudiantes que participaron en la actividad, estudiantes de la asignatura Ecuaciones Diferenciales, afirman no haber desarrollado proyectos de este calibre. Por otra parte, el 93,4% sienten haber mejorado sus competencias en el planteamiento y desarrollo de proyectos gracias a la experiencia vivida en la asignatura, aun reconociendo las grandes dificultades que tiene el trabajo en grupo.

En cuanto al aspecto interdisciplinario del proyecto, el 96,7% de los participantes reconocen haber empleado conceptos de otras asignaturas para la consecución de los objetivos de su proyecto. El 91,8% registran que la interrelación de temáticas y procesos, teóricos y experimentales, les han permitido tener una mejor visión de la aplicación de los conceptos adquiridos.

En el uso de herramientas tecnológicas, como software especializado para la solución del problema, el 63,9% de los estudiantes afirman no haber tenido contacto con este tipo de herramientas para la solución de problemas matemáticos; otro 24,6% reconocen que han tenido algún contacto, sin implicar esto la solución de problemas matemáticos. No obstante, el 98,4% están interesados en ahondar en el uso de este tipo de herramientas.

## 6. Conclusiones

La primera conclusión, la más general de todas pero de gran implicación, es que la experiencia de aplicar las técnicas de aprendizaje activo, como metodología alternativa a las metodologías clásicas, es totalmente positiva para la mediación del curso de Ecuaciones Diferenciales, por lo menos en los aspectos evaluados por el investigador.

No es muy común el empleo de metodologías alternativas en la mediación de los cursos de matemáticas en ingeniería, y se reconoce que la más empleada sigue siendo la clásica clase magistral. Además, el empleo de metodologías alternativas llama la atención de los estudiantes y su nivel de motivación aumenta, proporcionando buenos resultados en el proceso de aprendizaje.

El impacto que tiene el empleo de las metodologías de aprendizaje activo es positivo en la apropiación de los conceptos de la asignatura; mejora la visión de los estudiantes en la aplicación de los conceptos en casos reales y promueve el aprendizaje autónomo.

El desarrollo del proyecto es de carácter interdisciplinar. La actividad genera la necesidad de incursionar en diferentes tópicos, asignaturas y herramientas tecnológicas, imprescindibles para la consecución de los objetivos del proyecto. Existe una alta motivación de los estudiantes para el empleo de software especializado de cara a obtener la solución de problemas matemáticos, motivación que se emplea como elemento positivo para mejorar el proceso de aprendizaje.

La competencias de trabajo en grupo son fuertemente trabajadas en este tipo de actividades. Existe un reconocimiento general, por parte del grupo, de las grandes dificultades que esto conlleva; pero por otra parte, se reconoce que la experiencia es positiva para mejorar en este aspecto.

El planteamiento y desarrollo de proyectos es otra línea que se fortalece con esta experiencia. La revisión de la metodología de la investigación, las asesorías constantes y los controles realizados sobre la ejecución del proyecto permiten que los estudiantes mejoren sus competencias para el planteamiento, desarrollo y culminación de proyectos.

### Artículo de revistas

- Baldwin, Lynne P. 2014. "Active Learning in Higher Education." *Active Learning in Higher Education* 15 (2): 93–100.
- Dinescu, Luminita, Maria Dinica, and Cristina Miron. 2010. "Active Strategies - Option and Necessity for Teaching Science in Secondary and High School Education." *Innovation and Creativity in Education* 2 (2): 3724–30. doi:10.1016/j.sbspro.2010.03.579.
- El-Naas, Muftah H. 2011. "Teaching Water Desalination through Active Learning." *Education for Chemical Engineers* 6 (4): e97–e102. doi:10.1016/j.ece.2011.08.001.
- Eugène, Christian. 2006. "How to Teach at the University Level through an Active Learning Approach? Consequences for Teaching Basic Electrical Measurements." *Measurement* 39 (10): 936–46. doi:10.1016/j.measurement.2006.09.001.
- Günter L. Huber. 2008. "Aprendizaje Activo Y Metodologías Educativas." *Revista de Educación Número extraordinario 2008*: 59–81. doi: 10.4438/1988-592X 0034-8082.
- Hauser, Alain, and Peter Bühlmann. 2014. "Two Optimal Strategies for Active Learning of Causal Models from Interventional Data." *Special Issue on the Sixth European Workshop on Probabilistic Graphical Models* 55 (4): 926–39. doi:10.1016/j.ijar.2013.11.007.
- J. Kilpatrick P. Gómez, and L. Romero. 1995. *Educación Matemática: Errores Y Dificultades de Los Estudiantes. Resolución de Problemas. Evaluación. Historia. Editorial Iberoamericana.* <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=277255>.
- Mulop, Normah, Khairiyah Mohd Yusof, and Zaidatun Tasir. 2012. "A Review on Enhancing the Teaching and Learning of Thermodynamics." *International Conference on Teaching and Learning in Higher Education in Conjunction with Regional Conference on Engineering Education and Research in Higher Education* 56 (0): 703–12. doi:10.1016/j.sbspro.2012.09.706.
- Prince, Michael. 2004. "Does Active Learning Work? A Review of the Research." *Journal of Engineering Education* 93 (3): 223–31. doi:10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.
- Rodríguez Serrano, Karla Patricia, Maya Restrepo, María Alejandra, and Juan Sebastián Jaén Posada. 2012. "Educación En Ingenierías: De Las Clases Magistrales a La Pedagogía Del Aprendizaje Activo." *Ingeniería Y Desarrollo* 30 (1).

- Sanz, P. L. 2003. "Metodología Activa Y Aprendizaje Autónomo Con Las TIC." Rev. Dept. Didáctico de Las Lenguas Y Las Ciencias Humanas Y Sociales 24 (1): 1–20.
- Vandecandelaere, Machteld, Sara Speybroeck, Gudrun Vanlaar, Bieke De Fraine, and Jan Van Damme. 2012. "Learning Environment and Students' Mathematics Attitude." Studies in Educational Evaluation 38 (3–4): 107–20. doi:10.1016/j.stueduc.2012.09.001.

### Sobre los autores

- **Heller G. Sánchez A.:** Ingeniero Mecánico, Especialista en Docencia Universitaria, Doctor en Ingeniería Mecánica Aplicada y Computacional de la Universidad Pública de Navarra. Profesor titular. [hellerg.sancheza@unilibrebog.edu.co](mailto:hellerg.sancheza@unilibrebog.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)