

## MODELACIÓN EN UN MUSEO INTERACTIVO

Mawency Vergel Ortega\* y Henry Gallardo Pérez\*\*  
Museo Interactivo de la Frontera, Universidad Francisco de Paula Santander,  
Cúcuta, Colombia

### RESUMEN

La investigación propone la construcción de montajes para el Museo Interactivo de la Frontera por parte de estudiantes cursantes de asignaturas cuyo programa contempla contenidos de ecuaciones diferenciales. Así mismo, permite determinar la incidencia de modelos de sistemas ingenieriles en la enseñanza-aprendizaje de las ecuaciones diferenciales en los programas de ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander para lograr un aprendizaje significativo.

**Palabras clave:** museo interactivo, modelos, enseñanza matemática, ecuaciones diferenciales.

### MODELLING IN AN INTERACTIVE MUSEUM

#### ABSTRACT

This research proposes the construction of designs for the Interactive Museum of the Frontier, which was enhanced by the students, who are taking some subjects, whose program deals with differential-equation contents. In the same way, it allows to determine the impact of the engineering system models in the teaching-learning of differential equations within the engineering programs at the University Francisco de Paula Santander.

**Key Words:** Interactive Museum, Models, Math Teaching, Differential Equations.

### Introducción

La experiencia surge de la necesidad de implementar metodologías de enseñanza que permitan al estudiante adentrarse en el mundo matemático, conceptualizar y aplicar el conocimiento adquirido con el propósito de profundizar en los aprendizajes poniendo atención en el desarrollo de modelos y el principio matemático de reconstrucción e invención de la matemática por el alumno a través de una enseñanza orientada a procesos. Su desarrollo permite el trabajo interdisciplinario entre las áreas básicas y específicas de la ingeniería, al tiempo que proyecta el conocimiento de los sistemas ingenieriles dinámicos

---

\* Licenciada en Matemáticas y Física, Especialista en Estadística Aplicada, Magister en Educación; Profesora Universidad Francisco de Paula Santander, Directora del Departamento de Matemáticas y Estadística, Directora del Grupo de Investigación Euler.

\*\* Licenciado en Matemáticas y Física, Especialista en Estadística, Magister en Economía; Profesor Universidad Francisco de Paula Santander, Jefe División de Postgrados, Director Grupo de Investigación Arquímedes. E-Mail: henrygallardo@ufps.edu.co

Recibido: 20-07-09.

Aceptado: 25-08-09

como elemento fundamental para la construcción de montajes didácticos en el Museo Interactivo.

La metodología implementada utiliza sustentos teóricos de la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel, sigue principios básicos de la reingeniería didáctica e inteligencias múltiples, acerca al estudiante al aprendizaje por descubrimiento al aplicar conocimientos propios de competencias específicas de su perfil profesional, desarrolla su capacidad analítica, le propone transformar su mundo y le permite elaborar prototipos y montajes interactivos a partir de dos componentes esenciales la *Tecnología y la Pedagogía*; esta última tiene tres variables fundamentales: Interacción, mediación pedagógica y retroalimentación.

El estudiante integra diferentes conocimientos, desde la creatividad al proponer montajes; su estudio de factibilidad técnico, económico y contextual; el diseño y construcción del modelo; la implementación de normas de seguridad en el diseño; la sustentación matemática de su funcionamiento; el diseño de fichas, videos y talleres para su exposición en el Museo Interactivo. Así mismo, la metodología permite interactuar con sus compañeros del grupo y con estudiantes y profesores de otras áreas, fomentando el trabajo interdisciplinario, el trabajo en equipo y otros valores en el contexto axiológico que permiten la formación integral de los futuros profesionales de la ingeniería.

Entre los principales resultados obtenidos durante la implementación de la experiencia se tienen: Desarrollo de competencias; Aprendizaje significativo en matemáticas; Mejor rendimiento académico; Construcción de montajes y contribución a la proyección social del Museo Interactivo, Formación de orientadores y diseñadores para el Museo Interactivo.

## **1. Origen**

Los porcentajes de deserción del curso ecuaciones diferenciales en la Universidad Francisco de Paula Santander en el periodo 1999-2002 presentaron cifras de 40%, 48%, 39% y 40% en el 2002. Estas cifras indicaron la magnitud de un problema de enseñanza – aprendizaje.

La deserción en torno al rendimiento académico, ha sido una situación que se ha venido analizando por diversos autores, los cuales proponen metodologías de enseñanza que permitan al estudiante adentrarse al mundo matemático, conceptualizar y aplicar el conocimiento adquirido.

Así mismo, en el currículo de los programas de ingeniería se ha dado importancia a la matemática y sus aplicaciones, importante para estudiar las formas que guardan ciertos patrones, sin embargo se abordan superficialmente ciertos tópicos importantes en el manejo de patrones de la naturaleza, modelado e interpretaciones de situaciones físicas que involucran conceptos matemáticos.

Los autores, profesores de ecuaciones diferenciales han venido implementando una propuesta metodológica basada en solución de situaciones problema. Los resultados encontrados en la implementación de la misma en áreas como la estadística y la geometría nos permiten vislumbrar que su aplicación en el programa de ecuaciones diferenciales en ingeniería mejorará su proceso de enseñanza y aprendizaje.

El Departamento de Matemáticas y Estadística consciente de la necesidad de liderar el proceso de implementación y utilización de las nuevas tecnologías, así como profundizar en los aprendizajes, poniendo la atención en el desarrollo de modelos, vincula y asume el principio didáctico de la reconstrucción o invención de la matemática por el alumno a través de una enseñanza orientada básicamente a los procesos.

El proyecto tiene dos componentes esenciales: 1. El tecnológico, 2. El pedagógico. Este último tiene tres variables fundamentales: 1. La interacción 2. La mediación pedagógica en múltiples escenarios y 3. La retroalimentación.

Para el desarrollo de la investigación se ha planteado el problema: ¿modelar, diseñar y construir sistemas ingenieriles mediante dispositivos, instrumentos y herramientas mejoran la enseñanza-aprendizaje de las ecuaciones diferenciales?

## **2. Objetivos**

2.1. Objetivo General: determinar la incidencia de los modelos de sistemas ingenieriles en la enseñanza-aprendizaje de las ecuaciones diferenciales en los programas de ingeniería de la universidad Francisco de Paula Santander, para lograr un aprendizaje significativo

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Identificar cuál de los dos métodos de enseñanza es más eficaz para que el alumno logre una mejor comprensión del tema. Si una enseñanza expositiva o una enseñanza por descubrimiento basada en el modelado de sistemas ingenieriles.
- Proyectar el conocimiento de los sistemas ingenieriles dinámicos como elemento fundamental para la construcción de montajes didácticos en el Museo Interactivo.
- Enseñar al estudiante el manejo de modelos matemáticos que resultan en el planteamiento de problemas prácticos de física, biología, economía y otras ciencias.
- Desarrollar de la capacidad analítica del estudiante, mediante discusiones y análisis de modelos utilizando los fundamentos de física y matemáticas que se tienen a este nivel.

## **3. Enfoque teórico que orienta la experiencia**

La experiencia se fundamenta en la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel, quien afirma que la experiencia humana no solo implica pensamiento, sino también afectividad y únicamente cuando se consideran en conjunto se capacita al individuo para enriquecer el significado de su experiencia.

Para que la labor educativa logre sus objetivos a cabalidad se requiere la interacción de tres elementos básicos del proceso: los profesores y su manera de enseñar; la estructura de los conocimientos que conforman el currículo y el modo en que éste se produce y el entramado social en el que se desarrolla el proceso educativo.

El estudiante aprende con base en sus estructuras cognitivas previas y sólo

cuando logra la comprensión y aplicación de los conocimientos está alcanzando un aprendizaje significativo, que no solo aumenta su acervo de conocimientos, sino que le transforma.

La metodología propuesta para el curso de ecuaciones diferenciales de los programas de ingeniería de la UFPS permite que el estudiante logre un aprendizaje por descubrimiento, que aplique conocimientos, que transforme su mundo y que elabore prototipos y montajes interactivos que, no sólo le permiten avanzar en su formación, sino que lo proyectan a la sociedad a través de los programas de extensión que realiza el Museo Interactivo de la Frontera, con el elemento adicional de la satisfacción de tener un montaje elaborado con su esfuerzo para la exhibición en el museo y trabajo interactivo de sus visitantes.

Así, el estudiante incorpora las ciencias en su quehacer pedagógico permitiendo que el docente sea mediador del proceso y responde a las particularidades planteadas por Rafael Flórez al hablar de la enseñabilidad de las ciencias, enmarcada dentro de una actitud creadora de esos jóvenes científicos que estamos formando.

#### 4. Desarrollo de la experiencia

El proyecto se realiza en cuatro fases: una **primera fase** la contempla la aplicación de pretest al inicio de curso, la implementación de metodología tradicional a un grupo de estudiantes de ingeniería mecánica durante el segundo semestre de 2003. En ella se presentan conceptos y métodos de resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias, finalmente se presentan aplicaciones a ecuaciones diferenciales en torno a temáticas de circuitos eléctricos, vibraciones mecánicas, problemas de crecimiento y decrecimiento, trayectorias ortogonales, vigas, aplicaciones a la física, se realiza post-test.

**Segunda fase:** elaboración y búsqueda de material didáctico para la enseñanza de las ecuaciones diferenciales en los programas de ingeniería, se toman ejemplos de dinámica, resistencia de materiales, termodinámica, fluidos, circuitos eléctricos, campo eléctrico, crecimiento y decrecimiento de bacterias y física. Se presentan situaciones problemáticas, se pide a los estudiantes la construcción de modelos que describan el movimiento de una partícula, la variación en el crecimiento poblacional de una bacteria, el flujo de calor en una placa, ecuación de curva que sigue una viga de madera, el máximo peso que resiste, entre otros. De acuerdo a incógnitas y cuestionamientos de estudiantes se imparte temática en torno a solución de ecuaciones diferenciales. se realizan ajustes a material diseñado, tiempos, objetivos, estrategias y formatos de observación, gestión para recibir apoyo de laboratorios, costos y conformación de equipos de trabajo.

La metodología empleada en la **tercera** y **cuarta fase** se desarrolla en cuatro etapas.

**La primera etapa “Inicio”:** En esta se asocian los objetivos a un problema a resolver, para lo cual, al iniciar la clase el docente enfrenta o propone al grupo una situación diseñada de tal forma que el conocimiento a adquirir es necesario para su solución óptima. Es importante definir tres situaciones: la acción, la

formulación y la validación. Para la construcción de un concepto matemático es indispensable la significación que le dio origen, luego, el siguiente paso consiste en situar al estudiante en el contexto histórico de dicho concepto mediante breve comentario heurístico, donde se permite la participación activa del estudiante a partir de una lluvia de ideas y preguntas pertinentes. En esta fase se identifica a partir de ejemplos históricos, algunas categorías de obstáculos (experiencia primera, conocimiento general, obstáculo verbal, la utilización abusiva de imágenes familiares, el conocimiento, unitario y pragmático, el obstáculo substancialista, el obstáculo realista, el obstáculo animista y todo aquello que concierne al conocimiento cuantitativo), lo cual permite una interrelación conceptual entre la temática tratada y el ambiente fenomenológico en que sucedió en estrecha relación con la ingeniería, destacando siempre como antecedentes el cálculo algebraico y el surgimiento de la ingeniería.

**Segunda etapa "Desarrollo de Clase":** Reconstrucción de la temática a tratar a través de esquemas que actúan como medios: clase magistral, formación de grupos de trabajo, talleres, guías, u otros, que conlleven al logro de los objetivos planteados. En el transcurso de la clase el docente asesora discute con los estudiantes la temática y aclara dudas permitiéndoles que descubran una solución lógica a la situación problémica planteada en la fase de inicio. Finalizando esta fase se propone al grupo diseñar y resolver una situación problema (modelar) basándose en los conocimientos aprendidos a fin de que consolide el sentido de la resolución de problemas que se refieren a fenómenos reales.

Es importante definir tres situaciones: la acción, la formulación, y la validación. Para la construcción de un concepto matemático es indispensable la significación que le dio origen. De otra parte, como lo citaba Carlos Ruiz "un problema no exige cierto números de días, exige el número de días que necesite". Hay que decirle al estudiante, que toda ciencia exige un trabajo, que depende de la mente que lo está trabajando, lo más importante es el proceso de aprendizaje, porque el éxito es todo ese trabajo que hace con la mente, con el cuerpo, no los resultados, la gente siente placer por la matemática, si se le muestra a la persona que es capaz de producir matemáticas, de inventarla, redescubrirla, no debe darse mayor importancia a la fórmula o aproximación logarítmica, ya que esta no permite que la matemática y la realidad se acerquen. Este tipo de actividad matemática, requiere que el estudiante pueda interpretar, en el lenguaje matemático, una situación que se encuentra expresada en lenguaje no matemático.

**Tercera etapa: "Aplicación":** Realizar plenarias en donde cada grupo expone el modelo elaborado, el cual estará sujeto a modificaciones o sugerencias constructivas (por parte el grupo en general) si las hay, es un proceso constructivo. De otra parte, el uso de nuevas tecnologías puede ayudar a construir una representación mental más estable del modelo.

**Tercera Fase:** Constituye la implementación de metodología de situaciones problémicas, controlando variables: asistencia, programa académico que cursa el estudiante, escenarios de aprendizaje, programación evaluaciones, profesor, se permite trabajo conjunto entre estudiantes matriculados en uno u otro grupo. Se registran observaciones, puntajes pre-test y post-test.

Para la elaboración de proyectos ingenieriles prototipo se recurre al Museo Interactivo de la Frontera, cuya finalidad es propiciar la divulgación del conocimiento científico y tecnológico; mostrar la relación entre el arte, la ciencia y la técnica, y estimular el acercamiento al medio ambiente natural, científico y social, así como el desarrollo de actividades que propendan al disfrute intelectual y la sensibilidad social en la población del área de influencia.

Cuarta Fase: Se realizan ajustes a programa y metodología con el fin de globalizar temáticas y cumplir objetivos del currículo en torno a competencias matemáticas en ecuaciones diferenciales, se incluye el uso de nuevas tecnologías, se disponen otros escenarios de aprendizaje utilizando el Modulo Piaget de la Universidad Francisco de Paula Santander, se induce al trabajo interdisciplinario con profesores de departamentos académicos de Diseño Mecánico, Electrónica, Fluidos y Térmica, Construcciones Civiles, se permite conformación de grandes grupos de trabajo constituidos por estudiantes de diferentes programas, los estudiantes presentan montajes y realizan análisis de modelos matemáticos presentes en ellos en torno a vibraciones mecánicas, casos críticos, diseño de vigas y análisis de resistencia de material, diseño de lexiás sobre ecuaciones diferenciales y sus aplicaciones, entre otros.

En cada fase se aplican encuestas para caracterizar los estudiantes de Ingeniería que cursan Matemáticas IV en la UFPS.

## **5. Costos de la experiencia**

Los costos de los docentes y material de trabajo en clase son asumidos por la Universidad Francisco de Paula Santander.

Para la elaboración de los montajes, el estudiante, en grupos de trabajo, gestiona la consecución de los recursos, que por lo general son bastante bajos. Ellos logran la vinculación de la empresa privada, ya que el Museo Interactivo de la Frontera se encuentra catalogado por Colciencias como Proyecto de Desarrollo Tecnológico, lo cual ofrece incentivos tributarios a las empresas que inviertan en ciencia y tecnología. También gestionan ante el Fondo de Investigaciones de la UFPS el apoyo para la realización de sus trabajos.

## **6. Medios**

El principal recurso y centro de la propuesta lo constituyen los estudiantes y su actitud hacia la aplicación de conceptos mediante la construcción de prototipos y montajes para el museo interactivo de la frontera. Los alumnos cuentan con un pequeño taller dotado de herramientas básicas para la construcción de sus montajes.

El Museo Interactivo de la Frontera es, como su nombre lo indica, un museo interactivo que busca dentro de un espacio divertido, estimular el conocimiento, la creatividad, la actitud crítica y valorativa de niños, niñas, jóvenes y adultos, de tal forma que la ciencia y la tecnología dejen de parecer temas desconocidos y difíciles de trabajar. Al mismo tiempo, brinda la capacidad de explorar, crear, conocer y divertirse en el proceso de búsqueda y comprensión del conocimiento científico, en un ambiente agradable, activo y dinámico, mediante la interacción

con los diferentes montajes de la exposición y participación activa en los programas pedagógicos específicos.

También, los estudiantes presentan sus trabajos en la feria de la ciencia y la creatividad, que organiza año a año el museo y que en noviembre de este año se realiza la sexta versión.

## **7. Balance de la experiencia**

Factores que facilitan su implementación: Grupo de Investigación Arquímedes, registrado en Colciencias, con líneas de investigación en ensañabilidad de las ciencias y en museología; Grupo de Investigación Euler, también registrado de Colciencias, con línea de investigación en didáctica de las matemáticas; formación académica de los docentes involucrados en el proyecto; madurez del trabajo, este es el sexto año consecutivo que se está desarrollando la propuesta, su autoevaluación ha permitido realizar ajustes necesarios; sentimos que aumenta el interés por los estudiantes por participar en ella; apoyo de las directivas de la Universidad, en particular de la Rectoría y de la Vicerrectoría de Investigación. Factores que dificultan su implementación: costos para la elaboración de montajes, pero se ha superado mediante la consecución de recursos por parte de la Universidad y de la empresa privada.

## **8. Reconocimientos**

El Ministerio de Educación Nacional de Colombia, en el año 2006, catalogó este trabajo como Experiencia Significativa en la Enseñanza de las Matemáticas en Educación Superior, a nivel nacional.

## **9. Resultados**

Disminución de la deserción estudiantil en el curso de ecuaciones diferenciales para ingeniería; aumento significativo en el promedio aritmético de calificaciones; desarrollo de otras habilidades en los estudiantes; desarrollo de la creatividad; contribución a la proyección social del Museo Interactivo; formación de orientadores y diseñadores de exposiciones en un museo; la metodología permite explicar conceptos que, de otra forma, quedarían en un nivel de abstracción difícil de asimilar por muchos estudiantes en un tiempo breve trabajo conjunto con estudiantes de la facultad de educación para el diseño de talleres.

## **10. Evaluación**

Resultados académicos de los estudiantes. El grupo de profesores se reúne continuamente para analizar el avance y los resultados de los estudiantes elaboración de un banco de proyectos con la participación de estudiantes y docentes.

Calidad de las fichas u hojas de vida de los proyectos; estas son de dos tipos: una es de tipo técnico con las especificaciones del equipo, componente matemática y su aplicación en ingeniería; la otra hace referencia a su explicación para el público visitante de la exposición en el museo.

De acuerdo a la prueba de Thurstone los estudiantes del programa lo eligen por vocación e interés por la educación y la docencia. Después de la experiencia, el 82,1% de los estudiantes manifiestan un alto nivel de satisfacción

con su participación y contribución en su formación profesional, mientras que solamente el 4% ha manifestado un bajo nivel de satisfacción.

La investigación permite identificar subgrupos de excelencia, con alto rendimiento académico.

### **11. Impacto social**

Proyección social de los programas de ingeniería de la universidad y, en especial, de sus estudiantes.

De otra parte, la metodología incentiva a los estudiantes a diseñar prototipos físicos para la toma de datos y análisis de la información. Este diseño conlleva a la construcción de un banco de prototipos a ser elaborados con normas de seguridad y que son expuestos en el museo interactivo de la frontera. Entre los proyectos y prototipos se destacan: análisis de mecanismos en la bicicleta, análisis de movimiento de péndulo y barra vibrante, poleas y esfuerzo, vigas con apoyo doble o simplemente apoyada, trayectorias ortogonales y electromagnetismo, péndulo con imanes, software de temperatura, software para explicar el movimiento de un péndulo, software para explicar movimiento sistemas masa-resorte, análisis de información sobre modelos de circulación general de la atmósfera, análisis del movimiento de un árbol, entre otros, que a su vez permiten el acercamiento al conocimiento de estos temas en la comunidad en general.

Vinculación de la comunidad a través de la visita al Museo Interactivo y su participación en las Ferias de la Ciencia.

### **Referencias bibliográficas**

- D. Gilbarg, N. Trudinger. "Elliptic Partial Differential Equations of Second Order". Springer Verlag. 1986.
- E. Martínez y J. Florez. La Popularización de la Ciencia y la Tecnología, Fondo de Cultura Económica, México, 1999.
- F. John. "Partial Differential Equations". Springer Verlag. 1971.
- H. Gallardo y M. Vergel, De una Experiencia en Formación de Orientadores y Diseñadores a la Proyección Social del Museo Interactivo, IX reunión de la Red-Pop, Río de Janeiro, 2005.
- Piatti, Claudio. La Enseñanza de las Ciencias como Necesidad de Supervivencia: Reflexiones hacia una pedagogía crítica para la sustentabilidad. En publicación: Paulo Freire. Contribuciones para la pedagogía. Moacir Godotti, Margarita Victoria Gomez, Jason Mafra, Anderson Fernandes de Alencar (compiladores). CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, Buenos Aires. Enero 2008.
- R. Gallego y R. Pérez. Aprendibilidad, Educabilidad y Enseñabilidad en las Ciencias Experimentales. Revista Educación y Pedagogía No. 25. 2008.
- R. Courant, D. Hilbert. "Methods of Mathematical Physics". Wiley Intersciences. 1953.
- V. Crane. Informal Science Learning, Science Press, Epharata, 1994.