

Alcances y perspectivas del diseño y construcción de prototipos didácticos realizados por estudiantes de ingeniería para su uso en el laboratorio de ciencias experimentales.

M. A. Cervantes Solano; Profesor de Ciencias Básicas del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, TESCOI; miguel_cervantes@comunidad.unam.mx

C. Vargas Velasco; Profesora del TESCOI; cevave@gmail.com

J. Meléndez Pulido; Profesor TESCOI; julmel28@hotmail.com

RESUMEN

Dentro de las líneas de investigación de la academia de Ciencia Básica de la carrera de Ingeniería Electrónica del TESCOI se ha implementado el diseño y construcción de prototipos didácticos por los estudiantes para el uso en el laboratorio de ciencias experimentales, en particular Física y Química. Aplicado con fines pedagógicos, estos dispositivos permiten al estudiante reflexionar sobre los principios básicos y los modelos matemáticos que intervienen en la descripción de los fenómenos naturales y además le permite poner en práctica sus conocimientos disciplinares en la solución del problema que surge al caracterizarlos para su estudio desde un enfoque experimental cuantitativo. En el presente trabajo se revisan y discuten los principales objetivos planteados así como la propuesta metodológica empleada y los avances alcanzados en el diseño de un primer prototipo enfocado al estudio del movimiento de los cuerpos mediante el uso de sensores electrónicos.

Introducción

La importancia de usar referentes cotidianos en la didáctica de las Ciencias, en particular en la Enseñanza de la Física, ha sido una preocupación constante de los profesores que imparten estas asignaturas y se han propuesto metodologías y estrategias para incrementar el logro y la motivación de los estudiantes, destacando siempre el uso de los recursos experimentales. Por otra parte, en lo que se refiere a las formas de experimentación, se debe tener presente que no existe una separación entre la teoría y las actividades de laboratorio, sino que hay una estrecha relación entre ambas.

Desde este punto de vista, las actividades de laboratorio pueden sustituirse en algunas ocasiones por las demostraciones de cátedra para que buena parte de las de ellas se desarrollen en el aula de clase. Dicha estrategia, se utiliza para complementar las actividades de laboratorio, sin pretender ser un sustituto, o bien para ayudar en el planteamiento de un problema y así establecer la relación que existe entre las magnitudes involucradas en el fenómeno a estudiar, es decir, si se trata de un contenido que no ha sido abordado en clase, mediante la ilustración con un prototipo

experimental, le permite al estudiante el manejo de datos y su interpretación de cómo opera determinado principio físico para explicar el fenómeno observado (Pérez, 2007). Rivero (2004) señala que los experimentos de demostración son necesarios para que los estudiantes adviertan que la Física es una Ciencia Natural, y que cada teoría debe, finalmente, basarse en las repuestas que la naturaleza proporciona a las preguntas, formuladas de manera adecuada por medio de los experimentos. Adicionalmente y de gran relevancia hay que considerar que la escasez de materiales didácticos para desarrollar el trabajo en el laboratorio o en el espacio destinado para el mismo, ha orillado que la mayoría de los profesores, se dediquen a desarrollar la parte teórica sustituyendo la experimentación por sesiones basadas en la resolución de ejercicios.

Para subsanar esta problemática existe la posibilidad de que el docente, con la colaboración de los alumnos y otros profesores, construyan algunos dispositivos que le permitan al estudiante utilizar las habilidades disciplinares que ha adquirido durante su formación profesional y que además pueda realizar algunos experimentos, ilustraciones didácticas o demostraciones, aun cuando la institución no cuente con un laboratorio equipado con instrumentos sofisticados. Sin embargo, la implementación de estos prototipos experimentales, orientados para el aprendizaje como recurso didáctico no termina en el diseño y construcción de uno solo, es necesario pasar a etapas posteriores de validación experimental, elaboración de un manual y de una validación didáctica por parte de los demás profesores y con todo ello tener elementos que permitan establecer una opinión colegiada sobre la pertinencia de su uso en las clases futuras. Esta preocupación por acercar la experimentación mediante el diseño de prototipos para la enseñanza de las Ciencias es la principal motivación del presente trabajo, se plantea una didáctica constructivista del aprendizaje y se muestra los avances en el diseño de dispositivos para análisis de movimiento en el laboratorio de mecánica.

Metodología general

Monasterio (2001) señala que el desarrollo de actividades experimentales por medio de prototipos elaborados con materiales de fácil acceso, permite que cada estudiante construya su propio material de experimentación y se reconoce la importancia del paradigma de la enseñanza sustentada en constructos y procesos (Ausubel, 1982) según el cual el conocimiento es “reconstruido”, reelaborado e incorporado a los esquemas previos del sujeto cognoscente durante el proceso de aprendizaje.

La metodología del proyecto de diseño y construcción de prototipos para la didáctica de las Ciencias Básicas, consta de tres etapas: (I) Diseño del prototipo, manual de operación y manual del profesor, (II) validación del manual y (III) empleo y determinación de su efectividad en aula. En la etapa (I) se seleccionan los conceptos y constructos teóricos relevantes y susceptibles de ser estudiados en el laboratorio de acuerdo a los contenidos programáticos del currículo, en forma secuencial creciente de complejidad; se idean o proponen experiencias experimentales y/o prototipos experimentales que evidencien estos fenómenos y conceptos. De

las posibles experiencias se toman aquellas que su construcción y diseño sean posibles con materiales de fácil adquisición y preferentemente de bajo costo, de suerte tal, que puedan elaborarse por los estudiantes de cualquiera de las carreras de Ingeniería que ya hayan superado la etapa de instrucción básica contando con el asesoramiento del docente en todo momento.

Tabla 1. Descripción de la etapa I. En esta etapa los estudiantes participan de forma activa y sustancial junto al profesor, hasta llegar al proceso de diseño y construcción de diseño en donde son completamente responsables.

Descripción del proceso	Actividades	
	Profesor	Estudiantes
Visualización	Propone experiencias y situaciones en donde se manifiesta la problemática que se pretende resolver con el prototipo.	Realiza las actividades, comenta pregunta e investiga acerca de la relación que existe entre las diferentes variables involucradas en la problemática a resolver.
Análisis conceptual	Explica el origen de la problemática a resolver y separa aquellas que son susceptibles de manipular para resolver la problemática inicial.	Investiga y propone distintas formas para resolver la problemática.
Modelación y caracterización matemática	Expone de forma cualitativa la relación existente entre las variables involucradas con las que se pueden manipular, expone también cuales son las posible fuentes de error y como se proyectarán.	Establece de forma cualitativa y numérica el valor de las magnitudes que se involucraran en el prototipo con ello establece los criterios de funcionamiento que le permitirán diseñar el prototipo.
Propuesta y descripción del prototipo.	Establece el alcance y la viabilidad en el diseño del prototipo.	Propone los materiales y principio de funcionamiento del prototipo que resolverá la problemática.
Construcción del dispositivo.	Supervisa la construcción del dispositivo y de ser necesario organiza pruebas preliminares.	Construye el prototipo de acuerdo a su propuesta, realiza los ajustes necesarios en el diseño y en los materiales.
Validación teórico-experimental	Realiza un manual de prácticas en donde se pondrá a empleará el prototipo en experimentos que reproduzcan las situaciones bajo las que fue concebido.	Realiza prácticas de forma repetida, con los resultados obtenidos en cada una de ellas hace una comparación cualitativa con aquellos que se obtienen sin el uso del prototipo. Establece una opinión sobre el funcionamiento del prototipo.
Conclusiones	En forma conjunta se hace un análisis de los resultados obtenidos para decidir si se procede a la etapa II o, en su caso, hacer un reajuste en el diseño del prototipo.	

Para asegurar la pertinencia de la experiencia o del prototipo en la significación conceptual de un determinado fenómeno, se procede a la validación del prototipo (etapa II) y de su manual por el método de juicio de expertos, es decir, el resto de profesores de Ciencias Básicas, y finalmente en la etapa (III) se emplea en el ejercicio docente del aula; allí la metodología de investigación cualitativa y del observador participante es fundamental para realizar ajustes al diseño y la estrategia de instrucción en el empleo de cada prototipo en particular, con el fin de mejorar su implementación en los cursos futuros y con otros grupos de alumnos; esta última etapa requiere de un mayor tiempo y de la coordinación de todos los profesores que imparten las asignaturas en las cuales se pretende realizar las actividades experimentales con el prototipo, en consecuencia es necesario que se ponga a prueba durante al menos un semestre simultáneamente por varios profesores.

Tabla II. Descripción de la etapa III. Esta etapa esta bajo la responsabilidad de los profesores que conforman la academia de Ciencia Básica, e particular aquellos que imparten las materias en donde se empleará el prototipo.

Descripción del proceso	Actividades	
	Profesor	Academia de Ciencias Básicas
Planeación	Propone los instructivos de las prácticas a realizar durante el curso en donde se utilizará el prototipo.	Realiza una revisión técnica y se elabora el manual de prácticas que los profesores emplearán durante el curso
Implementación	Incorpora las actividades experimentales de manual de prácticas dentro de su planeación didáctica.	Diseña instrumentos de evaluación específicos para cada una de las prácticas en donde se utiliza el prototipo.
Evaluación	Registra el desempeño y aprovechamiento de los estudiantes durante y después de haber desarrollado las actividades experimentales con el prototipo.	Evalúa los resultados obtenidos por todos los profesores y realiza un reporte estadístico y se hace una comparación con los cursos en donde no ha utilizado el prototipo.
Conclusiones	En forma conjunta se hace un análisis de los resultados de los instrumentos de evaluación y del desempeño de los estudiantes durante el desarrollo de las prácticas para establecer un plan de mejora tanto del prototipo como de los instructivos involucrados.	

Metodología del diseño del prototipo para caída libre.

En la actualidad los dispositivos con que se cuenta en nuestra institución para estudiar la caída libre tienen las siguientes limitaciones importantes:

- Limitación respecto al material que constituye los cuerpos de ensayo; deben de ser de materiales con una alta densidad y de forma esférica para que el efecto de la resistencia con el aire se minimice al máximo.

- El registro de los datos observados del tiempo ya que se hace de forma manual con ayuda de un cronómetro y depende en gran parte de la habilidad del observador para manipularlo al momento de que el cuerpo detiene su caída.
- La altura a la que se dejan caer los cuerpos, esto obedece a que la altura inicial debe permitir al observador comenzar a medir el tiempo al momento que el cuerpo comienza su caída así que el error de paralaje significativo y mayor en cuanto la altura va aumentando, por otro lado el número de repeticiones posibles en los experimentos con distintas alturas iniciales es apenas suficiente para hacer un tratamiento estadístico confiable.

Todo lo anterior induce errores sistemáticos que hacen que las conclusiones obtenidas tengan un alto grado de incertidumbre y no permite así distinguir la incidencia de otros factores como la densidad, resistencia del aire o la forma del objeto que cae.

Para resolver esta problemática dentro del marco del Servicio Social estudiantes de semestres avanzados de la carrera de Ingeniería Electrónica del TESCO han colaborado en el diseño de un dispositivo electromecánico, que permita obtener mediante repeticiones, una tabla de valores de la altura en función del tiempo, correspondiente al movimiento de caída libre de cuerpos esféricos de distintos materiales y tamaños. El experimento tiene un importante valor didáctico para el estudio de la cinemática y la dinámica, pudiéndose estudiar la influencia de distintos parámetros del cuerpo (densidad y tamaño).

El prototipo se constituye fundamentalmente en dos partes, la primera consta de un armazón metálico que hace de soporte para sostener a unas pinzas que, retenidas por un electroimán, liberan el cuerpo. Para que el inicio de la experiencia sea instantáneo se cuenta con un par de resortes que trabajan por tracción y jalan los brazos de la pinza en el momento de cortar la corriente al electroimán. En el momento de iniciar la experiencia se corta la corriente en el electroimán y los resortes permiten el desplazamiento de los brazos de la pinza para dejar caer el cuerpo. La segunda parte es un sistema de detección que se encuentran al final de la trayectoria del cuerpo y que funciona por contacto o choque enviando una lectura de tiempo a un dispositivo electrónico que lo muestra en un *display*, dicho dispositivo controla tanto la liberación del cuerpo como el registro del tiempo. En estas experiencias se registran tiempos de caída para una altura que puede ser variable, con lo cual se pretende confeccionar una tabla de datos experimentales tiempo-distancia al realizar varias repeticiones en distintas alturas.

Principales conclusiones y discusión.

Las conclusiones se dividen en dos partes, la parte relativa al proceso de enseñanza y aprendizaje (I) y la parte que se refiere al dispositivo construido (II).

I. Proceso Enseñanza-aprendizaje

- a. Las habilidades disciplinares adquiridas por los estudiantes de ingeniería, en nuestro caso, ingeniería electrónica, se han puesto en práctica al mismo tiempo que los han acercado al trabajo científico y con ello se ha logrado que los conocimientos adquiridos de las ciencias básicas alcancen un mayor significado ya que están directamente involucrados con el quehacer profesional. Esto contribuye a resolver la preocupación presente en los estudiantes que cursan los primeros semestres acerca de la pertinencia y utilidad en su desempeño profesional de los conocimientos básicos que de ellos se requieren, en particular matemáticas, física o química.
- b. La etapa de caracterización y diseño del prototipo es el resultado de un proceso de experimentación rigurosa, al final de dicho proceso los estudiantes se enfrentan a una situación novedosa la cual los lleva a cuestionar fuertemente los conocimientos adquiridos durante su formación básica (hechos, leyes, principios etc.) que parecen no ajustarse a la realidad y que, con ayuda de sus habilidades, tendrán que encontrar el origen de las mismas para luego construir un dispositivo que permita, en la medida de lo posible, subsanar estas diferencias. En nuestro punto de vista esta situación es la que posibilita que los estudiantes proporcionen un mayor grado de significación a sus aprendizajes logrados durante toda su carrera ya que combinan todas sus habilidades y conocimientos para solucionar un problema que comprenden por completo.

II. Diseño del prototipo

- a. La forma de operar del dispositivo diseñado es repetitiva y no permite visualizar los efectos de las fuerzas de fricción que se manifiestan de manera más evidente sobre cuerpos constituidos por materiales de baja densidad, tales como el poliuretano expandido. Sin embargo, reajustando el enfoque de las actividades en las que emplea, resulta muy útil si se utiliza para prácticas de manejo estadístico de datos, regresiones, errores experimentales y pruebas de hipótesis con lo que se logra que su uso impacte en cualquier materia de ciencia experimental.
- b. Para subsanar las deficiencias del primer prototipo se trabajó en el diseño de un segundo prototipo que permita registrar un conjunto completo de datos estadísticamente válidos en un solo ensayo, y que además cuente con un sistema de liberación para iniciar la caída para que no limite las experiencias a materiales ferromagnéticos únicamente.

Bibliografía

1. Ausubel, D. *Psicología Educativa*, Editorial Trillas S.A. México (1983).

2. Meltzer, D. E. y Manivannan, K., *Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture*, Am. J. Phys. 70, 639 – 654 (2002).
3. Monasterio, R. *Óptica Experimental con materiales Casero o de bajo Costo*, Conferencia Interamericana sobre educación en Física., Tomo II, 405-419 Universidad Simón Bolívar. Caracas –Venezuela. (2001).
4. Novak, J. D. y Gowin, D. B. *Learning how to learn*, Cambridge University Press, New York, (1984).
5. Pérez, E. *Diseño de Modelos y prototipos experimentales orientados al Aprendizaje de la Óptica*. Tesis de Maestría en Educación en Física, FACE, Universidad (2008).
6. Rivero, H y otros. *Cómo mejorar mi clase de Física nivel superior*, Editorial Trillas, México (2004).
7. Silsko, J. y Medina Hernandez, R. *Un curso de mecánica clásica sin conferencias magisteriales: objetivos, elementos del diseño y efectos en los estudiantes*, Lat Am. J. Educ, vol. 1, No 1, 51-61 2002.
8. Twigg, A., *Improving Quality and Reducing Cost. Design for Effective Learning*, Change 35, 22-29 (2003).
9. UNESCO. “*Nuevo Manual para la Enseñanza de las Ciencias*”, Editorial Sudamérica, Buenos Aires (1975).