

# Innovaciones didácticas para ciencias y matemática asistidas por TIC

Horacio E. Bosch<sup>1</sup>, Mercedes S. Bergero<sup>1</sup>, Claudio A. Nasso<sup>1</sup>,  
Martín M. Pérez<sup>1</sup>, María C. Rampazzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad Regional Gral. Pacheco, Universidad Tecnológica Nacional, Grupo UTN de investigación educativa en ciencias básicas, Gral. Pacheco, Argentina.

[hbosch@funprecit.org.ar](mailto:hbosch@funprecit.org.ar), [msbergero@gmail.com](mailto:msbergero@gmail.com)

Recibido: 06/09/2016 | Revisado: 10/04/2017 | Aceptado: 21/04/2017

## Resumen

La enseñanza de ciencias y matemática en niveles secundario y universitario ha permanecido estancada, compartimentizada y orientada a la exposición del docente. Últimamente han aparecido voces sobre necesidad de un cambio sustancial de paradigma, centrado en diversos elementos que se detallan en el trabajo. Al adoptar ese corrimiento de paradigma se introducen nuevas tecnologías y métodos para el aprendizaje experimental de ciencias asistido por TICs.

Se realizan experiencias cuyos datos permiten inducir un modelo del fenómeno en estudio, el cual es validado por medio de un ajuste de los valores experimentales con la predicción del modelo. Mediante la aplicación de estas Unidades Didácticas se pretende que los alumnos adquieran las competencias científicas básicas enunciadas en variadas publicaciones. Para cada Sesión de Aprendizaje Activo se presenta una secuencia de experiencias, de tal manera que cada una de ellas dé razón a la siguiente. Se demuestra un ejemplo de modelado de campo magnético producido por una corriente eléctrica en una bobina. Se realizan mediciones con un magnetómetro ligado a interfaz, computadora y programa computacional. Con Unidades Didácticas como la mencionada, los alumnos aprenderán a experimentar y modelar fenómenos de la vida real, que es un objetivo de la capacitación del capital humano.

*Palabras clave:* Innovación; Didáctica; Ciencias; Tecnología; Experimentación.

## Abstract

Teaching sciences has long been adapted to lectures given by the professor (chalk and talk). Despite the content, it appears some critics about the way sciences

are taught. Perhaps this is the main trouble or cause of why young people are not engaged in sciences and technical careers. The present paradigm of learning sciences is based on the reversal procedures as the former way of teaching sciences. Not only are introduced new technologies but also new pedagogies characterized by inquired based learning, student-centered, hands-on.

In the present work different didactic units are introduced based on these “new” pedagogical-technological tendencies. Modeling the system under study and its validation is another characteristic of the present Didactic Units.

As an example of part of a Didactic Unit, it is introduced an experiment for measuring a magnetic field created by an electrical current through a coil. The experimental design is completed with a magnetometer connected to an interface and a computer as data logger. Data are analyzed and represented by a computational program. With the kind of these Didactic Units the students may learn to solve real life problems, which is the main objective of science education policy.

*Keywords:* Innovation; Didactics; Sciences; Technology; Experiments.

## 1. Introducción

En la segunda mitad del siglo pasado la excelencia de los científicos de esa época ha dejado profundas huellas en la educación de las ciencias y matemática. Han tenido una gran influencia con sus creaciones, sus conferencias y sus libros. Los docentes discípulos de esos grandes maestros han recibido una herencia cultural científica y pedagógica que ha permanecido en vigencia durante varios lustros. En consecuencia, los docentes han adquirido la misma metodología, centrada en la exposición experta del gran maestro.

En este lapso, han aparecido voces de alarma sobre la necesidad de un cambio sustancial de paradigma en cuanto a la educación de las ciencias, sustentado por la revolución de las tecnologías electrónica, informática y de comunicación, llamadas sucintamente TIC.

### 1.1. Corrimiento de paradigma

El cambio de paradigma abarca no sólo los contenidos y la introducción de nuevas tecnologías, sino también la metodología de enseñanza. Si bien en esta propuesta no es posible describir en detalle este corrimiento de paradigma, se mencionan los siguientes elementos esenciales de la educación científica actual:

- La educación debe estar centrada en el alumno;
- Hacer intervenir al alumno en el estudio mediante una secuencia permanente de preguntas y actividades;
- La educación debe ser experimental, hecha por el alumno con sus manos y su mente;
- Aprender a utilizar los métodos y las herramientas de las ciencias necesarios para encarar las experiencias e inducir modelos;
- Romper los compartimentos y extender puentes interdisciplinarios entre ciencias, tecnologías, ingeniería, matemática que completan la educación STEM;
- Modernizar el instrumental escolar y metodologías practicadas;
- Implantar nuevos enfoques didácticos diferentes a los enfoques de libros clásicos de texto;
- Modernizar el currículo por competencias basadas sobre políticas educativas internacionales;
- Aprender a trabajar en equipo y presentar trabajos de equipos.

## 2. Unidades didácticas innovadoras para la educación experimental de ciencias asistida por TIC (EECATIC)

El objetivo fundamental de la estructura de las unidades didácticas que se proponen está centrado en los alumnos para que midan, clasifiquen, definan, infieran, predigan, controlen variables, experimenten, visualicen, descubran relaciones y conexiones, y aprendan a comunicarlas, todo ello guiado por el docente mediante preguntas que den lugar a investigación, discusión y reflexión.

Mediante la aplicación de estas unidades se pretende que los alumnos adquieran las competencias científicas básicas enunciadas en varias publicaciones.

### 2.1. Estructura general de Unidades Didácticas

- Objetivos de Aprendizaje
- Diseño del ámbito de aprendizaje y utilización de herramientas tecnológicas.
- Desarrollo de experiencias y obtención de datos.
- Análisis y representaciones gráficas de datos para su interpretación.
- Modelado del fenómeno observado.
- Validación experimental del modelo.
- Comparación de valores de las variables predichas por el modelo y datos experimentales.
- Discusión del ajuste de valores y Conclusiones.
- Revisión del trabajo.
- Evaluación y coevaluación del proyecto realizado.
- Propuesta de un problema de la vida real cuya solución se basa sobre la aplicación del modelo previamente desarrollado.

### 2.2. Infraestructura básica de herramientas tecnológicas

- Un sensor que acusa información sobre el fenómeno en observación.
- Una interfaz que traduce en números las señales eléctricas que transmite el sensor.
- Una computadora que almacena esos números en su memoria.
- Un programa computacional alojado en la memoria de la computadora procesa esos datos y, a partir de ellos, crea nuevos parámetros y los representa gráficamente en la pantalla de la computadora en tiempo real.

## 3. Experimentar y modelar el campo magnético producido por una corriente que circula por una bobina

¿Tiene algún conocimiento preciso de haber experimentado con campos magnéticos y con bobinas?  
 ¿Cómo varía la intensidad de campo magnético sobre el eje de la bobina? ¿Existe simetría de la intensidad de campo magnético sobre el eje de la bobina a ambos lados de ella?

### 3.1. Objetivos de aprendizaje

- Diseñar experiencias de medición de campo magnético producido por una corriente eléctrica que circula por una bobina de determinado radio y número de espiras,

variando la distancia sobre el eje que contiene al centro de la bobina, para ambos lados de ella.

- Introducir el uso de un detector de campo magnético acoplado a una interfaz, computadora y programa computacional para medir intensidades de campos magnéticos débiles.
- Introducir un modelo de campo magnético producido por una corriente que circula por una bobina de radio r0.
- Validar experimentalmente el modelo y proponer conclusiones.

### 3.2. Análisis de la aplicación del modelo de Biot-Savart

El modelo de Biot-Savart predice la intensidad de campo magnético producida por una corriente eléctrica que circula en un conductor lineal a diversas distancias del centro de éste. Si el modelo es general para cualquier tipo de conductor, debe predecir el valor del campo magnético producido por una corriente eléctrica que recorre un conductor circular (espira) en diversos puntos del eje que contiene al centro de la espira y es perpendicular a su plano.

#### Actividad 1

Determine la expresión de la relación de cambio dB/dℓ correspondiente al campo magnético creado por un elemento de bobina idℓ en un punto P de coordenada x respecto del centro de la bobina, sobre el eje perpendicular a su plano. Diseñe el croquis de la situación geométrica planteada.

La situación geométrica se describe en la figura 1.

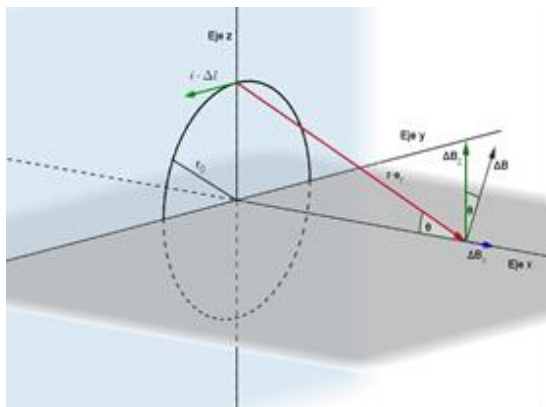


Figura 1. Esquema geométrico donde se indican las componentes del campo magnético.

¿Cómo se expresa la intensidad de campo magnético creado por un elemento de longitud Δℓ de la bobina cuando circula por ella una corriente i?

Con esta geometría se desea determinar la intensidad de campo magnético ΔB creado por el elemento de espira i·Δℓ en un punto P situado a una distancia x de la bobina sobre el eje central. La distancia del elemento de bobina al punto P es r. Se aplica el modelo de Biot-Savart para este caso.

El campo magnético ΔB tiene el sentido perpendicular a la distancia r. Su componente ΔBx resulta:

$$\Delta B_x = \Delta B \cdot \text{seno}(\theta) = \Delta B \cdot \frac{r_0}{r} = \Delta B \cdot \frac{r_0}{\sqrt{x^2 + r_0^2}} \quad (1)$$

Aplique el modelo de Biot-Savart y obtenga la expresión matemática de la relación de cambio dB/dℓ

Se obtiene la relación de cambio

$$dB_x = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot r_0 \cdot d\ell}{4\pi \cdot \sqrt{(x^2 + r_0^2)^3}} \quad (2)$$

#### Actividad 2

Mediante la utilización de un programa computacional resuelva la ecuación diferencial (2) cuyo resultado se expresa en la relación (3)

$$B_x = \frac{\mu_0 \cdot i}{2} \cdot \left[ \frac{r_0^2}{\sqrt{(x^2 + r_0^2)^3}} \right] \quad (3)$$

Se ha obtenido la expresión del campo magnético producido por una corriente i que circula por una bobina, a la distancia x del centro de ésta. Ahora es necesario validar experimentalmente esta predicción.

### 3.3. Ámbito experimental de aprendizaje

Se dispone de una bobina comercial de 500 espiras y radio r0 = 10.5 cm conectada a una fuente de potencial variable para una intensidad de corriente de 0.7 A.

#### Actividad 3

Organice el diseño ingenieril para efectuar mediciones de campo magnético a lo largo del eje de la bobina entre distancias de 0.02 m a 0.18 m.

En el eje de la bobina se ubica la mancha blanca del detector sujeto a un sistema mecánico que permite variar la distancia a la bobina. Se acopla el detector a una interfaz y ésta a una computadora con el programa de procesamiento de datos. En la figura 2 se muestra el correspondiente diseño ingenieril para el desarrollo de la experiencia.



Figura 2. Diseño para medición de intensidad de campo magnético producido por una corriente que circula en una bobina, a lo largo del eje.

#### Actividad 4

Organice una tabla con los valores de campo magnético predichos por el modelo (3) para diferentes distancias  $x$  de la bobina, simultáneamente con los valores experimentales obtenidos. Represente gráficamente esos pares de valores para cada valor discreto de la variable  $x$ .

Se efectuaron sucesivamente mediciones de campo magnético según la distancia  $x$  al centro de la bobina. Se calcularon los valores de campo magnético (3) para valores discretos de  $x$  comprendidos entre 0,02 y 0,18 m. En la figura 3 se representan los pares de valores correspondientes.

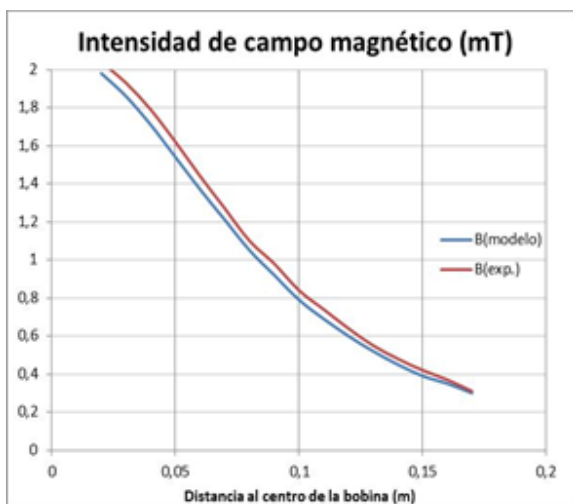


Figura 3. Pares de valores de intensidad de campo magnético predichos por el modelo y experimentales a lo largo del eje entre 0.02 y 0.18 m.

## Conclusiones

### Conclusiones de la experiencia a cargo de grupos de alumnos

Se ha medido el campo magnético producido por una bobina por la cual circula una corriente  $i$ , a lo largo de su eje. Se ha comprobado que los datos experimentales se ajustan perfectamente con los valores predichos por el modelo cuya estructura matemática se expresa en la relación (3). Por lo tanto, se concluye que el modelo de Biot-Savart es aplicable para predecir la intensidad del campo magnético producido por una bobina a lo largo de su eje. La intensidad de campo magnético decrece en función de la distancia. A una distancia igual al radio de la bobina, la intensidad de campo magnético es algo inferior a la mitad del valor en el centro de la bobina.

### Conclusiones generales sobre la Unidad Didáctica

En las Unidades Didácticas desarrolladas por los autores se pone de manifiesto el cambio de paradigma enunciado. En primer término, se muestra un diseño ingenieril para la realización de experiencias, el cual permite tomar datos que serán comparados con el desarrollo matemático del modelo físico que predice la relación de intensidad de campo magnético a lo largo del eje de la bobina. En segundo término, se utilizan nuevos instrumentos (sensor de campo magnético), interfaz, computadora y programa. En esencia, se trata de una estructura de educación STEM.

### Conclusiones generales sobre el impacto del cambio de paradigma

Tanto en variadas publicaciones como en las experiencias propias como docentes, está claro que la enseñanza de ciencias “dictada” por el docente experto para que los alumnos tomen apuntes es decididamente obsoleta y perjudicial para la educación del alumno.

El cambio de paradigma propuesto, que no es más que un resumen de las numerosas publicaciones al respecto aparecidas en los últimos 10 años, resulta ser la vía más apropiada para que se produzca una reversión de la educación en ciencias. En primer término, es necesario cambiar el aula clásica por el aula-laboratorio (“Future Classroom Lab”). En segundo término, los alumnos deben ser los actores de las actividades propuestas por el docente, lo cual implica que se debe cumplir que el aprendizaje está centrado en el alumno. Debe procurarse que las actividades estén conducidas por una serie continua de preguntas cuyas respuestas las deben dar los grupos de alumnos. El enfoque debe ser interdisciplinario: diseño ingenieril de experiencias, uso de tecnologías actuales, deducción y resolución de algoritmos matemáticos e interpretación física de los resultados.

Este cambio de paradigma se ha aplicado en diversos cursos de física, teniendo como resultado que los alumnos no se aburren más, tienen más entusiasmo, entienden mejor el porqué, el qué y cómo de cada experiencia. Se ha observado que cuando los alumnos expresan sus conclusiones, tienen claro el concepto físico, la metodología de modelado y la validación

experimental, que son las bases para encarar la solución de problemas de la vida real.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a sus colegas del Grupo UTN su participación en la implantación de esta unidad didáctica en los cursos de Física de la Facultad Regional Gral. Pacheco.

## Referencias

- [1] Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. (2014) ISBN 978-0-309-30151-0.
- [2] Building Learning Systems. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2014). ISBN 978-0-309-30151-0.
- [3] Exploring Opportunities for STEM Teacher Leadership: Summary of a Convocation. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. (2014). ISBN 978-0-309-31456-5.
- [4] STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. (2014). ISBN 978-0-309-29796-7.
- [5] A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2011). ISBN 978-0-309-21742-2.
- [6] Un marco didáctico para la enseñanza STEM para la sociedad contemporánea. Grupo UTN de Investigación Educativa en Ciencias Básicas (2014). Editorial Dunken (Buenos Aires) ISBN 978-987-02-7374-5.
- [7] Frans Van Assche et al. Re-engineering the uptake of ICT in schools (2015). Springer.
- [8] Future Classroom Lab. Scientix Inc. (www.scientix.eun.es).

### *Información de Contacto de los Autores*

---

**Horacio E. Bosch**

Sarmiento 1452 1° B  
1042 Buenos Aires,  
Argentina

hbosch@funprecit.org.ar

sitio web: <http://www.funprecit.org.ar>

---

**Mercedes S. Bergero**

Sarmiento 1452 1° B  
1042 Buenos Aires,  
Argentina

msbergero@gmail.com

sitio web: <http://www.funprecit.org.ar>

---

**Horacio E. Bosch**

Dr en Ciencias Físicomatemáticas, Universidad de Buenos Aires. Director de Grupo UTN. Becario en la Universidad de Paris bajo la dirección de Irène Curie. Becario en Universidad de California, Berkeley bajo dirección de Premio Nobel Gleen Seaborg. A

---

**Mercedes S. Bergero**

Profesora de Matemática y Cosmografía (INSJVG), Licenciada en Matemática Aplicada (Universidad CAECE), docente investigador del Grupo UTN.

---