

Enseñanza del campo eléctrico mediante el uso de simulaciones computacionales

Gloria E. Alzugaray¹, Ricardo A. Carreri¹⁻²⁻³ y Luis A. Marino³

(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (Grupo de Investigación en Enseñanza de Ingeniería) Lavaise 610, (3000) Santa Fe - Argentina.

(2) Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería Química, Santiago del Estero 2829, (3000) Santa Fe - Argentina.

(3) Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Humanidades y Ciencias, Paraje el Pozo S/N, (3000) Santa Fe. Argentina.

e-mail: galzugar@frsf.utn.edu.ar – rcarreri@fiq.unl.edu.ar – lmarino@fiq.unl.edu.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo es proponer el abordaje del campo eléctrico a partir de un modelo de guía didáctica basada en el uso de un programa de simulación de libre acceso, aplicado en las actividades de trabajos prácticos de la asignatura Física Eléctrica.

La formulación de la guía didáctica fue diseñada con el fin de favorecer la construcción significativa de conocimientos en el área electromagnetismo, en particular relacionado a los siguientes contenidos: ley de Coulomb, campo eléctrico, principio de superposición de campo, potencial eléctrico, superficies equipotenciales y energía potencial eléctrica.

Las actividades de simulación ayudan mediante la visualización del modelo adoptado, a explorar otros conceptos que utilizan representaciones, tales como líneas de campo eléctrico, cargas puntuales, interacción eléctrica, superposición de campos, etc.

Palabras claves: Enseñanza de Física, simulaciones computacionales, campo eléctrico, modelización, propuesta didáctica

Introducción

Todos los currícula de carreras de Ingeniería tradicionales invocan la necesidad de realización de actividades de trabajos prácticos, sean de laboratorio real y/o virtual, por ello los mismos constituyen un campo de conocimiento en permanente reformulación. Siendo el concepto de campo eléctrico tan

importante para la formación básica de los estudiantes, es deseable que su aprendizaje sea significativo (Moreira, 1994, Llancaqueo, et. al., 2003), es decir, constituir un proceso a través del cual una misma información se relaciona, de manera no arbitraria y sustantiva (no literal), con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del individuo. En este proceso, la nueva información interacciona con una estructura de conocimiento especial, la cual Ausubel (1963, cit. en Ausubel, Novak y Hanesian, 1997) denomina concepto subsumidor, existente en la estructura cognitiva de quien aprende. De modo que el aprendizaje significativo se caracteriza por la interacción entre aspectos específicos y relevantes de la estructura cognitiva y no como una simple asociación de conceptos.

Los docente de los ciclos básicos universitarios de carreras de ingeniería comparten la idea de que algunos conceptos tales como el de campo eléctrico “E” representa un obstáculo para los estudiantes, fundamentalmente cuando ellos ponen en práctica sus conocimientos frente a situaciones problemáticas.

Los estudiantes encuentran dificultades en la adquisición de este concepto teniendo en cuenta su grado de abstracción, el conjunto de significados previos demandados sobre los que se construye y las cuestiones que pueden derivarse de una presentación acumulativa, acrítica y no problemática de los mismos, que obstaculizan los procesos constructivos.

El concepto de campo culmina un proceso de desarrollo de la ciencia física dirigido a superar debilidades del modelo de acción a

distancia y unifica, además, los marcos teóricos de la electricidad y el magnetismo. Es preciso resaltar que el salto cualitativo que supuso el paso de la electricidad coulombiana a la electricidad maxwelliana fue debido, fundamentalmente, al cambio ontológico que se dio en la primera mitad del siglo XIX respecto a nuevas formas de concebir la carga eléctrica y la interacción entre cuerpos cargados (Knight, 1986). En efecto, se evoluciona desde la visión newtoniana -la materia y el espacio se consideran entidades separadas, absolutas e independientes- que había servido de marco filosófico en la definición coulombiana de interacción eléctrica, hacia la visión cosmológica de tradición cartesiana -la materia y el espacio se presentan como inseparables-.

En ese contexto, este trabajo se ha enfocado sobre nuevos recursos didácticos para la enseñanza de los fenómenos eléctricos y las propiedades asociadas al campo eléctrico.

Las actividades de laboratorio en Física constituyen un campo de desarrollo e investigación cuyas implicancias en el aprendizaje de las asignaturas del Ciclo General de Ciencias Básicas (CGCB) en la FRSF-UTN es relevante. Por lo tanto, el uso de simulaciones en las actividades curriculares del electromagnetismo facilita la adquisición de conceptos.

Las simulaciones en la enseñanza de la física.

Características

Tanto la teoría constructivista del aprendizaje como el modelo de enseñanza- aprendizaje por descubrimiento guiado (Gil Pérez, et.al) atribuyen al alumno un papel activo en la adquisición de conocimientos. En ambos existe el supuesto que tanto los trabajos prácticos como la resolución de problemas con ayuda de simuladores facilita el aprendizaje de contenidos.

Sierra Fernández y Perales Palacios, (2000) postulan que la realización de actividades con ayuda de programas de simulación presentan las siguientes ventajas como recurso didáctico:

- La reproducción de fenómenos naturales difícilmente observables de manera directa en la realidad.

- El alumno pone a prueba sus ideas previas acerca del fenómeno que se simula mediante la emisión de hipótesis propias, lo cual redundaría en una mayor autonomía del proceso de aprendizaje.

- El alumno comprende mejor el modelo físico utilizado para explicar el fenómeno, al observar y comprobar, de forma interactiva, la realidad que representa.

- La simulación posibilita reafirmar el concepto físico que subyace en una determinada experiencia, simplificando su estudio, lo cual facilita la comprensión del fenómeno.

- El alumno puede modificar, a voluntad, parámetros y condiciones iniciales que aparecen en el modelo físico del simulador, lo que ayuda a formular sus propias conclusiones a partir de distintas situaciones.

- La simulación evita al alumno los cálculos numéricos complejos, lo que le permite concentrarse sólo en los aspectos conceptuales del problema.

- La simulación ofrece al alumno una amplia variedad de información, que facilita la verificación cualitativa y cuantitativa de las leyes físicas.

- El abordaje de los problemas físicos que requieren de herramientas matemáticas complejas pueden ser asequibles al estudiante (sistemas no lineales, caos,..).

Resumiendo, la simulación permite al alumno la adquisición de diversos contenidos:

- Conceptuales: relacionados con los conceptos físicos subyacentes en diferentes fenómenos.

- Procedimentales: elaboración de conjeturas que pueden ser contrastadas, deducción de predicciones a partir de experimentos, datos, etc.; emisión de hipótesis; construcción de relaciones de dependencia entre las variables; realización de un proceso de control y de exclusión de variables; elaboración de una estrategia para la resolución de un problema; registro cualitativo y cuantitativo de datos;

formulación de relaciones cualitativas y cuantitativas.

- Actitudinales: socialización de los conocimientos, trabajo colaborativo, valoración de la adquisición de competencias y conocimientos mediante recursos informáticos, reconocimiento del carácter provisional y perfectible de los modelos.

Relevamiento y Selección del Software de simulación

Dada la relevancia que revisten las actividades prácticas que se diseñan para la enseñanza, se considera importante la inclusión de materiales curriculares – software de simulación - deba ir acompañada de un proceso reflexivo de los profesores que fundamente la elección, teniendo en cuenta un planteamiento metodológico sistemático y diseñado en función de los objetivos de la enseñanza. No se trata tanto de qué software seleccionar o qué material elaborar sólo por el atractivo o interés que conlleve en sí mismo, sino más bien, de cómo diseñar estrategias de enseñanza en el marco de determinados enfoques disciplinares y didácticos y para ello evaluar qué materiales y tecnologías pueden integrarse y ser coherentes con dicho planteamiento (Alzugaray, et al., 2007).

Existen diversos materiales que posibilitan el estudio y afianzamiento de los conceptos y contenidos procedimentales sobre la temática carga-campo eléctrico-interacciones-energía. En particular el relevamiento se centralizó en aquellos programas de acceso libre, que simulan representaciones de las cuestiones asociadas al campo y potencial eléctrico. En función de esto se seleccionó el programa situado en la página www.xtec.net/~ocasella/index2.htm, denominado FisLab.net, en base a los criterios propuestos por Marquès Graells (2001).

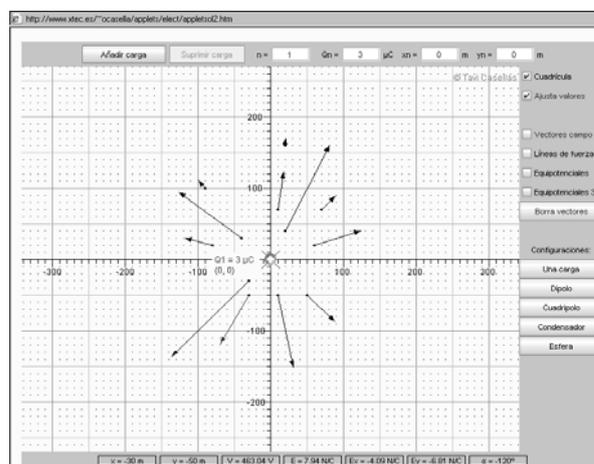
Dicho sitio puede ser considerado como un “laboratorio virtual de Física”, donde se encuentran diversos recursos educativos. En particular se identifica un programa interactivo, sobre contenidos de electrostática, que permite trabajar con diferentes

configuraciones discretas de cargas eléctricas, analizar y calcular el campo y potencial eléctrico generado por las mismas, pudiéndose representar de distintas maneras. La guía de actividades propuesta pretende la construcción significativa del concepto de campo eléctrico como una función del espacio, sus diversas formas de representación y su relación con el potencial eléctrico.

Características del software de simulación

Instalado y ejecutado el programa de simulación se presenta por defecto la pantalla de la figura 1, se propone a los estudiantes que realicen un acercamiento al entorno mediante la selección y ubicación de cargas en el área de trabajo y luego la representación vectorial del campo en diferentes puntos de la región. En la figura 1 pueden descubrirse y observarse las diferentes posibilidades de las funciones activas:

Figura 1: Pantalla de trabajo del programa de simulación



Propuesta de guía didáctica

1 Tema: Estudia el campo eléctrico y el potencial eléctrico generado por cargas eléctricas en reposo (electrostática) en particular su representación y propiedades asociadas.

-Representación, determinación e interpretación del campo y potencial eléctrico

de cargas puntuales (distribuidas en forma discreta).

-Principio de superposición para el cálculo del campo y potencial eléctrico.

-Cálculo del campo eléctrico y del potencial de diversas configuraciones de distribuciones de cargas.

-Conceptos y propiedades de líneas de campo y superficies equipotenciales.

-Relaciones entre las líneas de E y las superficies equipotenciales.

2 Objetivos de la actividad

El diseño de la guía didáctica que se implementó para acompañar al simulador posibilita:

a) Comprender el papel que juega el campo eléctrico como nueva interpretación de la interacción eléctrica.

b) Corroborar que la «intensidad de campo» sólo depende de la distancia y de la carga generadora del campo.

c) Aplicar el modelo en el cálculo de la «intensidad de campo» para una carga puntual y distribuciones de cargas puntuales.

d) Comprender la representación gráfica del campo eléctrico a través de las líneas de campo (en el software denominada líneas de fuerza) y aplicarlo al estudio cuantitativo del mismo.

e) Interpretar las representaciones del potencial eléctrico y su variación espacial.

f) Visualizar el modelo de propagación en el medio donde se produce la interacción eléctrica.

Estos ítems implican: aplicar y afianzar conocimientos desarrollados en clases teóricas y de resolución de problemas

3 Actividades propuestas en la guía didáctica.

3.1 Acercamiento al entorno

a) Reconocer las distintas funciones y opciones del menú de pantalla de trabajo. Probar las mismas variando los modos de operación y parámetros que posibilita el sistema, (signos y valor de la/s carga/s

eléctrica, ubicación, representación de las funciones, elección de diversas configuraciones de cargas).

b) Registrar algunas de las presentaciones gráficas de la simulación con la tecla “Impr. Pant” y pegar luego en una hoja para su edición.

3.2 Representación del campo eléctrico mediante vectores o líneas de campo eléctrico.

a) Seleccionar 1, 2, 6 o n cargas o algún tipo de configuración preestablecida por el simulador. Realice las representaciones en el tablero haciendo clic con el mouse en el área de trabajo.

b) Seleccionar la representación mediante: vectores o líneas de campo (líneas de fuerza), para cada configuración de cargas realizada.

c) Destacar las características de las representaciones - vectores o líneas de campo- y describir las ventajas y desventajas de las mismas. Figuras 2 y 3.

Figura 2: Representación del campo eléctrico de un cuadrupolo por medio de los “vectores de campo”

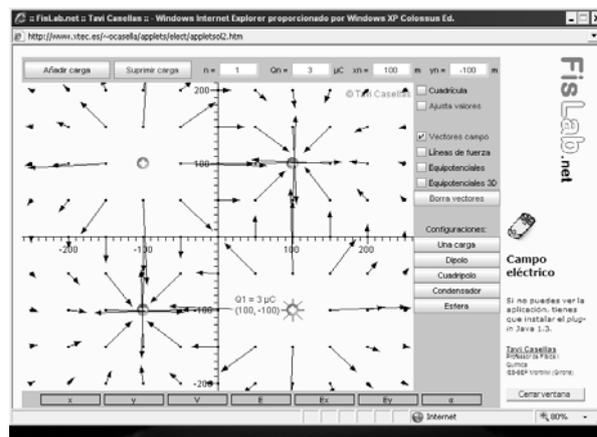
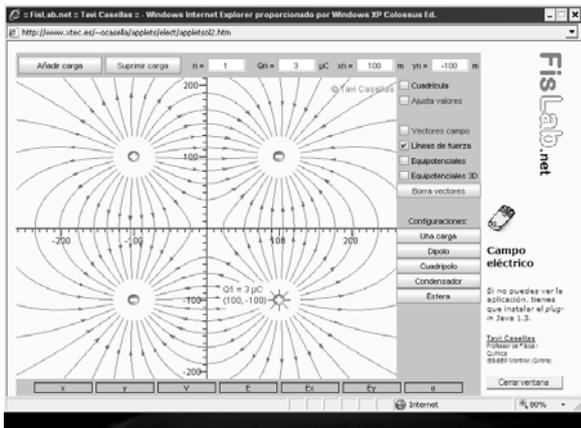


Figura 3: Representación del campo eléctrico de un dipolo por “líneas del fuerza”



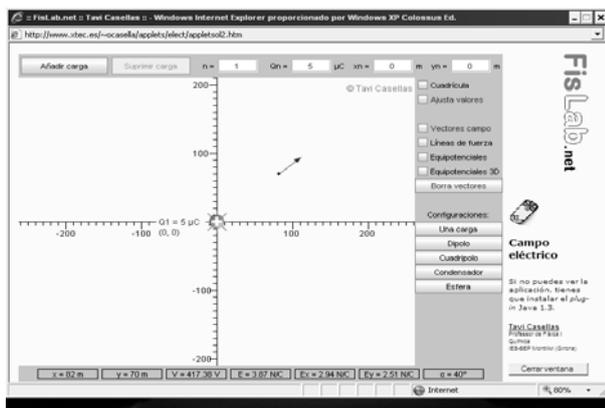
3.3 Análisis del campo eléctrico generado por cargas puntuales.

Es posible observar el vector campo eléctrico generado por una o varias cargas puntuales en diferentes puntos del tablero y obtener sus valores (mostrados en la barra inferior) haciendo un clic en diferentes puntos Fig. 4.

Para obtener una representación pictórica del campo eléctrico correspondiente al área donde se ubican las cargas, puede emplear las funciones: “vectores de campo” y “líneas de fuerza” de la barra lateral.

a) Ubicar una carga puntual en el tablero y haciendo un clic en la pantalla, el simulador calculará los valores de campo y potencial eléctrico para diferentes posiciones seleccionadas. Registrar dichos valores y confeccionar un gráfico de $E=f(r)$ y $V=f(r)$, ¿Responde la gráfica de las funciones analíticas que interpretan dichas magnitudes?

Figura 4: Grafica y calculo analítico del vector campo eléctrico originado en un punto del espacio por la presencia de una carga puntual.



b) Ubicar dos cargas de igual magnitud del mismo y diferente signo (puede utilizar la opción que provee la barra lateral donde posibilita la configuración “dipolo”). Luego ubicar dos cargas eléctricas de diferentes valores. Registrar las gráficas y los valores obtenidos (Tabla 1) para luego analizar e interpretar en base a las propiedades de los campos y potencial eléctrico.

Tabla 1: información proporcionada por la barra inferior del simulador para cualquiera las configuraciones bipolares

Graf.	x (m)	y (m)	V (volt)	E (N/C)	E_x (N/C)	E_y (N/C)	α (°)
1							
2							
3							

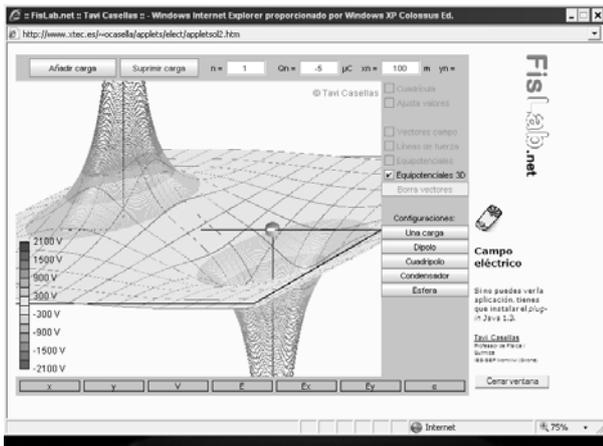
c) Describir las propiedades de las líneas de campo eléctrico para cada configuración, y obtener la representación del campo correspondiente.

d) Identificar y justificar posibles puntos o zonas donde el campo eléctrico y/o el potencial eléctrico sean nulo.

3.4 Representación de regiones equipotenciales

Estudiar y analizar las formas y el tipo de representación del potencial eléctrico (mediante diferentes colores según el signo - azul para los potenciales positivos y rojo para los negativos- y diferentes gradaciones de color para los distintos valores de potencial). La referencia de potencial nulo es el blanco. Generar diferentes configuraciones espaciales de cargas y analizar la distribución de las líneas de campo eléctrico, la representación de las líneas equipotenciales (separación de zonas de diferentes intensidades de color) y analizar la relación entre ambas. La graduación indica la intensidad y la posición respecto al plano horizontal (potencial nulo) el signo (Fig.5).

Figura 5: Representación de las superficies equipotenciales 3D.



3.5 Actividad de auto-evaluación.

Se les solicitó a los estudiantes el planteo y la solución del siguiente problema:

Se tienen cuatro cuerpos cargados de dimensiones pequeñas con cargas eléctricas de igual valor absoluto, el signo de ellas puede escogerse arbitrariamente. Hallándose ubicadas en los vértices de un cuadrado.

a- Realiza una representación de las distintas configuraciones espaciales de cargas con todas las posibilidades de signos de las cargas a adoptar.

b- Analiza y fundamenta en qué punto o puntos colocarías una carga de prueba donde la fuerza resultante sobre la misma sea nula.

c- Analiza el tipo de equilibrio que experimenta la carga de prueba en cada caso.

Finalmente se requirió la contrastación de las soluciones demandadas, con las representaciones pictóricas de las “líneas de fuerza” y potencial eléctrico mediante el uso del software simulación.

Consideraciones finales

Los programas de simulación son recursos complementarios y no soluciones definitivas para el aprendizaje de conceptos. Sin embargo se considera altamente positivo, para el proceso de aprendizaje la integración de experiencias de laboratorio, con actividades de simulación computacional construidas tomando en consideración el sujeto que aprende (Solano Araujo, et al. 2007). El material didáctico ofrecido, permite que los

alumnos realicen diferentes actividades respetando sus estilos de aprendizaje y su creatividad. (regulación-control del aprendizaje), además del trabajo colaborativo y el compromiso del colectivo involucrado. La información es ofrecida a los estudiantes mediante un entorno abierto de aprendizaje que promueve, que sean ellos mismos, quienes construyan su propio conocimiento, mediante la indagación y planteo de situaciones complejas. También se facilita la visualización de fenómenos eléctricos modelizados y el comportamiento de las configuraciones, que se tornan dificultosas de alcanzar en el laboratorio tradicional.

La propuesta de esta guía didáctica, brinda la oportunidad del planteo de situaciones problemáticas semiabiertas, por ejemplo se pueden escoger diferentes valores y distribuciones de cargas eléctricas cuyas configuraciones se relacionen con modelizaciones utilizadas en aplicaciones tecnológicas y además se comparen con las representaciones de lápiz y papel de los alumnos.

Finalmente permite recuperar y reelaborar conceptos desarrollados previamente posibilitando una profundización del proceso de aprendizaje y el desarrollo de habilidades metacognitivas llevadas a cabo por los propios estudiantes mediante el recurso utilizado.

Referencias

Alzugaray, G, Capelari, M., Carreri, R., *La evaluación de software en la enseñanza de la Física: criterios y perspectivas teóricas*, Revista Científica del Instituto Latinoamericano de Investigación (ILIE), ISSN 1850 – 1974 3(11), 2007, <http://www.cognición.net>.

Araujo Solano I, Veit E. A., Moreira M. A. Simulações computacionais na aprendizagem da Lei de Gauss para a electricidade e da Lei de Ampere em nível de Física Geral, Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciências (en línea), ISSN 1579 - 1513, 6(3), 2007, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

Ausubel, D., Novak J., Hanesian H. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Trillas, México (1997).

Knight, D. *The age of Science: the scientific world-view in the nineteenth century*. Blackwell, Oxford (1986).

LLancaqueo, A., Caballero, C; Moreira, M.A., *El concepto de campo en el aprendizaje de la física y en la investigación en educación en ciencias*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (en línea), ISSN 1579 – 1513, 2 (3), 2003, En <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

MOREIRA, M. A., GRECA, I. M. *Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo*. Ciência e Educação, 9 (2), 301-315 (2003).

Moreira M.A., “*Aprendizagem significativo: um conceito subjacente*” Actas Encuentro Internacional sobre aprendizaje significativo, Burgos – España, 1997.

Pere Marqués Graells, *Plantilla para la catalogación multimedia*, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España (2001).

Sánchez, P., Massa, M., Llonch, E., Marchisio, S., Dámico H., Yanitelli, M., Cabanellas, S. *La resolución de problemas como eje para integrar a la formación de profesores*, Memorias de la VI Conferencia Interamericana sobre educación en Física., La Falda, Argentina, 29 de Junio al 4 de Julio (1998).

Sierra Fernández, J.L., Perales Palacios, F.J., *La simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la física en bachillerato*, Libro 203 de la serie Educación, Cp.5, Editora Universidad de Vigo, Vigo, España (2000).