

CONSTRUCCIÓN DE SIGNIFICADOS EN ALUMNOS DE NIVEL BÁSICO UNIVERSITARIO SOBRE LA ENSEÑANZA DE FÍSICA CON EMPLEO DE SOFTWARE

LIDIA CECILIA CATALÁN / GRACIELA MARÍA SERRANO / SONIA BEATRIZ CONCARI

Resumen:

En el presente trabajo se analiza la construcción de significados de los temas Campo eléctrico y Potencial de una barra cargada, en los alumnos de Física de nivel universitario básico. Se explora cuáles son las representaciones de los estudiantes de carreras de Ingeniería cuando utilizan simulaciones computacionales en actividades guiadas de resolución de problemas, en diferentes momentos del tratamiento de los contenidos de campo y potencial electrostático durante el proceso de aprendizaje. Los resultados muestran que ni las clases teórico-prácticas, ni el trabajo con simulaciones alcanzan para producir reestructuraciones profundas de las representaciones y, por lo tanto, en la construcción de significados cercanos al modelo científico en el alumnado, a pesar del interés que en los mismos despiertan estas actividades.

Abstract:

This paper analyzes the construction of meanings of two topics—electric field and potential—among students in basic university physics. Exploration is focused on the representations of engineering students when they use computer simulations in guided problem-solving activities involving electrostatic potential and field at various times during the learning process. The results show that neither theoretical/practical classes nor activities with simulations are sufficient for producing profound restructuring in representations, and as a consequence, in the construction of meanings close to the scientific model, in spite of student interest.

Palabras clave: estudiantes, aprendizaje, representación mental, educación y tecnología, solución de problemas, Argentina.

Keywords: students, learning, mental representation, education and technology, problem solving, Argentina.

Lidia Cecilia Catalán es profesora titular de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, de la Universidad Nacional de Cuyo. San Martín 359, San Rafael, 5600, Mendoza, Argentina. CE: ferraros@infovia.com.ar
Graciela María Serrano es profesora titular del Instituto de Enseñanza Superior 9-011 “del Atuel”. Argentina. CE: gserrano@fciai.uncu.edu.ar

Sonia Beatriz Concari es profesora del Departamento de Física, de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral. Argentina. CE: sconcari@fiq.unl.edu.ar

Introducción

El uso de *software* de simulación en las aulas de Física se ha extendido en los últimos años, modificando no sólo el soporte sino también el formato y las características de los problemas que se ofrecen al estudiante. Entre las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC) merecen especial atención los programas de simulación de fenómenos y experimentos interactivos, denominados también simulaciones computacionales, que permiten modificar el valor de las variables relevantes.

El aprendizaje con el uso de estos programas es objeto de estudio en la enseñanza de la Física (García Barneto y Gil Martín, 2006; Esquembre, 2005; Campanario, 2002; Kofman *et al.*, 2004) y, en particular, en carreras de Ingeniería (Giorgi *et al.*, 2004; Fogliati *et al.*, 2004). Lo que aún no ha sido establecido es ¿qué ocurre con las representaciones de los estudiantes cuando utilizan simulaciones computacionales? Y si hay algún tipo de evolución, ¿cómo se manifiesta cuando el alumno predice el comportamiento de sistemas físicos?

En el ámbito de la investigación en educación, el término “representación” es de uso generalizado. En términos generales, una representación es la manera que una persona tiene para “volver a presentar” algo sea imaginario de su mundo interior como, en su ausencia, del mundo exterior. Dentro del contexto que supone a la mente como un sistema simbólico (De Vega, 1984; Johnson-Laird, 1983), se considera que en el proceso de cognición se almacena un inmenso número de percepciones, ideas, creencias, hipótesis y pensamientos. Estas unidades son representaciones mentales con las que las personas perciben, piensan y actúan sobre el mundo.

Según puedan exteriorizarse a través de símbolos culturales o sean privativas del mundo mental, las representaciones son externas o internas. Por lo general, el mundo es simbolizado a través de diversas representaciones externas, tales como mapas, menús, cuadros, etcétera. También, son representaciones externas las palabras, o todo tipo de registro escrito que dependa de ellas, las que se denominan representaciones lingüísticas. Todo tipo de expresión gráfica conforma el grupo de las representaciones pictóricas. A través de estas representaciones externas puede inferirse información sobre las representaciones internas.

Se presenta un análisis interpretativo de las representaciones de estudiantes universitarios que se manifiestan ante la resolución de actividades de aprendizaje conceptuales y de resolución de problemas sobre temas de electrostática.

Metodología

Caracterización de la población

El establecimiento universitario en el cual se realiza el estudio está ubicado en el radio céntrico de la ciudad. Su alumnado, constituido por jóvenes de condición social muy variada, puede acceder tanto al laboratorio de Física tradicional –equipado con un número limitado de computadoras– como a la sala de informática. Entre las características académicas del establecimiento universitario, se puede señalar que cuenta con dos carreras de Ingeniería: Química e Industria de los alimentos. Simultáneamente se dictan profesorado de Química y Bromatología. La elección de la institución para efectuar este estudio se realizó teniendo en cuenta que los docentes-investigadores forman parte del personal docente y, por otro lado, las autoridades institucionales consintieron con la realización de la experiencia, inserta en el marco del cursado regular de la asignatura y respetando horarios y el programa reglamentario.

En cuanto a los alumnos, cuyas edades oscilan entre los 20 y 21 años, en general se mostraron predisuestos a trabajar con las computadoras, puesto que si bien era una de las primeras interacciones que transitaban en un curso de Física –para el uso de simuladores de experiencias–, su manejo estaba asegurado por el cursado anterior de la asignatura Sistemas de representación, en la que aprenden a manejar el programa Autocad. Los estudiantes que participaron de la experiencia se encontraban cursando el segundo semestre y habían regularizado ya Física I (en el primer semestre) y aprobado dos cursos de Matemática del ciclo básico, así como dos asignaturas vinculadas con la Química. A esa altura de la carrera, los alumnos no disponen de mucho tiempo extra curricular dada la alta carga horaria que experimentan por su concurrencia a prácticas de laboratorio de otras asignaturas.

En otro orden, debe apuntarse que se contaba con una buena relación entre los docentes a cargo y los alumnos, lo cual favoreció que la recolección de datos se desarrollara en un clima de armonía, respeto y disponibilidad por parte de los alumnos. A su vez, los docentes participantes son licenciados universitarios en Física y además poseen formación pedagógica complementaria.

En este contexto se llevaron a cabo dos estudios: en el primero, de tipo exploratorio, 15 alumnos de un curso de Física básica de segundo año de Ingeniería participaron voluntariamente de la investigación. El grupo cursó

la asignatura Física bajo un formato didáctico alternativo con fuerte énfasis en la resolución de situaciones problemáticas. El número de clases teóricas y prácticas que se alternaron, respectivamente, según el desarrollo del programa, fue de tres por semana. Con posterioridad al desarrollo de los contenidos referidos a Campo y potencial eléctrico, en el marco del dictado citado de la asignatura, se les aplicó una única prueba diagnóstica, con el objetivo de explorar las representaciones de los estudiantes sobre esos conceptos aplicados a una barra cargada (o línea de carga).

Posteriormente, durante tres semanas –cuatro horas por semana– se conformaron pequeños grupos mixtos de dos o tres alumnos por grupo, para utilizar un programa de simulación de fácil acceso (ELQ, de uso libre disponible en <http://www.fiqus.unl.edu.ar/galileo/software.htm>). El trabajo en pequeños grupos obedeció a dos razones: por un lado favorecía la mediación entre pares (Vigostky, 1986) y, por otro, el limitado número de computadoras interfería con la necesidad de respetar el cronograma de clases. El programa utilizado por los estudiantes simula el campo y el potencial de una barra recta con densidad de carga uniforme, muestra líneas de campo y superficies equipotenciales y realiza el cálculo para distintas condiciones de discretización. A fin de explorar posibles debilidades y fortalezas emergentes en las representaciones de los alumnos luego del tratamiento didáctico, las respuestas dadas en el informe escrito correspondiente al proceso de resolución, fueron contrastadas con las dadas en la prueba diagnóstica.

En un segundo estudio se replicó el procedimiento –prueba diagnóstica, simulador, informe– con la totalidad de los estudiantes del curso regular de la cohorte siguiente. En una instancia de evaluación final (anexo 5) se incluyó un problema centrado en el estudio del Campo y el potencial eléctrico de una barra con distribución uniforme de carga. Los exámenes individuales de un subgrupo de cinco alumnos fueron analizados e incluidos en el presente estudio con el propósito de triangular la información recabada.

Este grupo realizó además un conjunto de actividades, previas al uso de la simulación, con el propósito de superar algunas de las problemáticas detectadas con el grupo de voluntarios del año anterior. Se observó que los alumnos si bien no tenían problemas con la operación del programa presentaban dificultades para procesar información en términos generales, entre otras. Para tal fin se elaboraron cuatro guías de trabajos prácticos (ver anexos 1 a 4), las tres primeras orientadas al ejercicio de operaciones

mentales, al procesamiento de la información y a la reestructuración de los aprendizajes; estas tres primeras guías que incluían cuestiones en torno al tratamiento conceptual y procedimental de los temas, estaban organizadas según distintos niveles de complejidad y fueron utilizadas como diagnóstico acerca de los conocimientos que poseían los alumnos.

La cuarta guía (anexo 4) requería el uso de un programa de simulación en forma análoga a lo realizado con el grupo voluntario y presentaba un grado de dificultad creciente hasta llegar a solicitar inferencias, deducciones y conclusiones, acerca del potencial y campo eléctrico de una barra cargada (ejemplo de las guías pueden ser consultadas en los anexos).

Para la exploración de las producciones de los estudiantes se utilizó el análisis de contenido para agrupar las respuestas e identificar diferentes categorías.

Resultados

Las representaciones que se identificaron en los informes escritos de los alumnos sobre la actividad que incluyó el uso de la simulación fueron organizadas en tres categorías:

- *Modelo animista*: el alumno asigna una entidad física animada al modelo que sirve de representación de campo.
- *Modelo acrítico*: el alumno da respuestas rápidas, descontextualizadas, sin fundamento.
- *Modelo pre-formal*: el alumno presenta fórmulas, puede o no incorporar los cálculos numéricos; hay contradicciones en las expresiones matemáticas.

Estas tres categorías no son excluyentes entre sí, y el modelo acrítico es el que está presente de forma permanente. Resulta llamativo que los alumnos, a pesar de haber sido entrenados previamente en el trabajo con problemas abiertos en clases, no revisen sus propias respuestas ni la consistencia de las mismas, en especial cuando trabajan en diferentes lenguajes: en forma simbólica declaran expresiones que no se condicen con sus interpretaciones lingüísticas. Se presentan algunas respuestas de alumnos y el análisis de las mismas (cuadro 1). También se incluyen algunas pantallas del simulador para ilustrar el entorno de obtención de las respuestas e interpretaciones (figuras 1 y 2).

CUADRO 1

Matriz representativa de la relación respuesta-modo

Consigna-pregunta	Respuestas de alumnos	Ánálisis de las respuestas
A. Modelo animista ¿Será posible que en alguna zona el hilo se comporte como carga puntual?	“...el hilo se comporta como una carga puntual cuando el punto se coloque a distancias alejadas de la barra” “...en las cercanías a los extremos las líneas de campo se distorsionan (en relación con las líneas en el centro) ya que el campo no es uniforme, y como también los puntos en los extremos se encuentran más contribuidos por la carga positiva del hilo lo que hace que se tuerza”	La explicación parece sustentada desde una concepción material del punto de observación y de las líneas de campo
B. Modelo acrítico Demuestra numéricamente que en las cercanías de la zona central de la línea –a pocos centímetros de la misma– el campo es prácticamente proporcional a la inversa de la distancia a la misma, mientras que en puntos muy alejados varía con la inversa del cuadrado de la distancia. Explica las razones de estos comportamientos	“... [presenta datos] $E_1=176504$ en $y=0,1$ y $E_2=22$ en $y=20$, el campo calculado en 1 es mucho mayor que el calculado en 2 debido a que 1 está a menor distancia que 2 de acuerdo con la relación en donde E es inversamente a la distancia”	El alumno que presenta datos numéricos no presenta cálculos que justifiquen su respuesta; tampoco hay explicitación de modelo teórico que la sustente
Demuestra numéricamente que el campo eléctrico se puede calcular mediante el gradiente de potencial	“ $X=0.7$ $y=0.5$ $E_x=4972$ $E_y=23908$ $V=15361$ ”	No calculan el potencial con la expresión suministrada; parecieran aceptar el cumplimiento de la relación –a verificar– con los datos que da el programa
C. Modelo pre-formal ¿Existen puntos del plano donde se compensen las contribuciones horizontales del campo eléctrico? Obtén una gráfica en la que se pueda visualizar dicha situación	“En el punto $X=1/2$; $Y=M$...o sea la mitad del campo de la barra”. “... se puede realizar en P (510) donde $E_x=0$ (Incorpora esquema vectorial)...”	El alumno parece confundir posición con campo Algunos alumnos presentan gráficos para sustentar sus respuestas
¿Hay puntos donde se puedan anular las contribuciones de distintos elementos de carga?	“Sí hay varias cargas puntuales que influyen sobre un punto el potencial del punto es la sumatoria vectorial de los campos eléctricos sobre el punto por la distancia respectiva a cada uno de ellos”	No es clara la interpretación de la definición de potencial eléctrico; ni la respuesta precisa a la consigna Se confunden los conceptos de campo y potencial, no diferenciando sus características escalares ni vectoriales

FIGURA 1

Pantalla que muestra el campo creado en un punto bajo el modelo de distribución discreta de carga

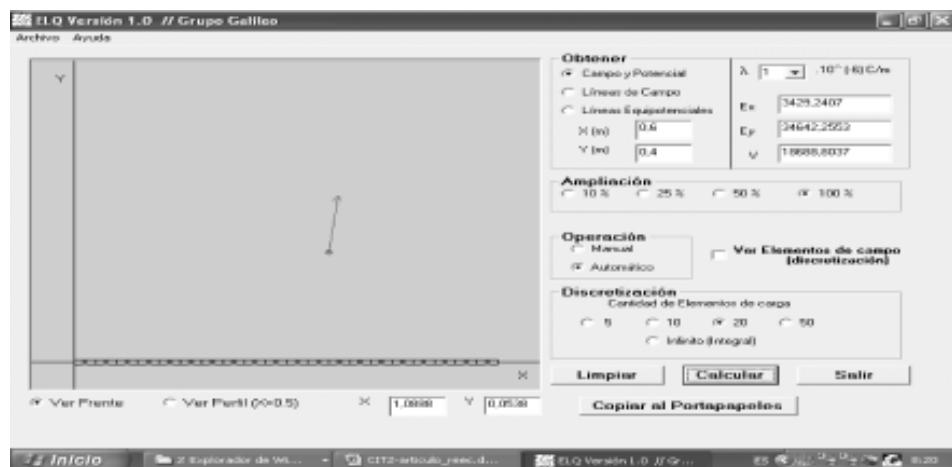
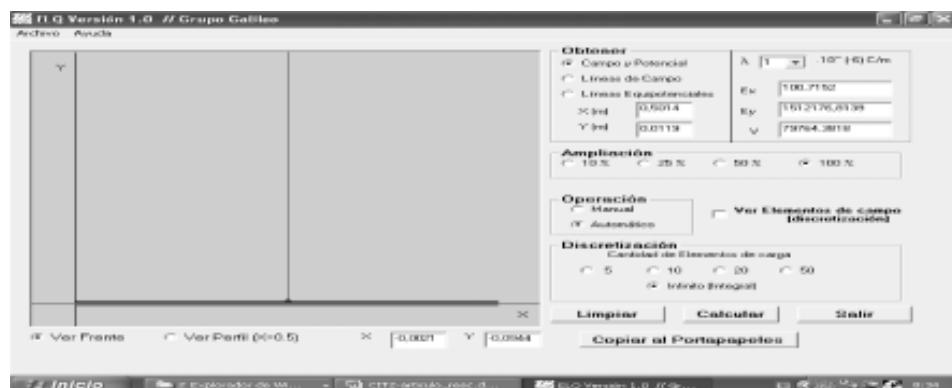


FIGURA 2

Pantalla que muestra la línea de campo en un punto ubicado en el eje de simetría vertical de la barra



En el segundo estudio se observó que una de las principales dificultades de los estudiantes se presentaba en el uso reiterado de razonamientos basados en el sentido común. Esta metodología se caracteriza por la certidumbre, la no consideración de soluciones alternativas y las respuestas rápidas basadas en evidencias de sentido común. Esto se observó tanto en las actividades previas al práctico asistido con la computadora como en la propia resolución del problema con la simulación. Así, por ejemplo, cuando en la prueba diagnóstica se solicitaba una selección de conceptos relevantes y sus relaciones (anexo 1) –para la descripción del campo de una distribución lineal de carga uniforme– los alumnos recurrían a los conceptos más citados en la teoría, pero sin identificar su jerarquía conceptual ni la relevancia de los mismos aplicados al problema. No establecieron relaciones verbales entre los conceptos, prefiriendo el uso de representaciones simbólicas para explicitar, por ejemplo, la relación entre “diferencial de carga (dq)” y “densidad lineal de carga (λ)”, o para escribir fórmulas (incorrectas) para el campo (correspondientes al modelo de carga puntual, o a la definición de fuerza entre cargas puntuales).

Las representaciones simbólicas, y en particular las expresiones matemáticas, son más complejas a la hora de establecer relaciones entre conceptos que las representaciones lingüísticas, dado que se requiere no sólo conocer el significado de los símbolos empleados, sino también sus relaciones –en general abstractas– para la construcción del concepto central a definir. Sin embargo, parecen ser las preferidas en el momento de dar justificaciones, como una respuesta rápida, precisa y “efectiva”.

Cuando se solicitan representaciones gráficas, no las realizan o son incompletas. Este tipo de representaciones son importantes por cuanto dan sentido a las representaciones lingüísticas y/o simbólicas empleadas en justificaciones previas y dan cuenta de la habilidad para decodificar/interpretar las representaciones. Permite al alumno afianzar sus respuestas y anticipar zonas de variabilidad de las funciones importantes para la descripción del efecto del hilo cargado. Dentro de las escasas representaciones gráficas realizadas, el potencial eléctrico es el gran ausente. Este concepto pareciera no ser significativo para el alumnado en la etapa de diagnóstico, ni aun en etapas posteriores de consolidación de conocimientos incluso en el examen final.

En las actividades mediadas por el ordenador se detectaron dificultades como las vinculadas al análisis del error cometido para calcular el campo creado por suma discreta o mediante cálculo integral. Los alumnos acuerdan que el cálculo integral presenta menos error, pero no queda claro en sus respuestas el porqué. Por ejemplo, un alumno expresa: “el cálculo es más exacto en el cálculo integral porque los diferenciales son más pequeños”.

Por otro lado, al analizar la dependencia del campo con la distancia a la barra, todos los alumnos declaran la dependencia del campo con la distancia, en lenguaje algebraico, recurriendo a representaciones simbólicas, pero: *a)* no fundamentan sus respuestas (contrastando los resultados teóricos de distintos modelos con los resultados numéricos dados por el simulador), o bien, *b)* realizan cambios de variables que hacen perder sentido a las expresiones dadas. Ningún alumno confecciona una tabla que le permita validar (o refutar) la conjectura presentada en el práctico del comportamiento del campo con la distancia.

Otro aspecto a resaltar, es que los alumnos reconocen, erróneamente, como zona de campo uniforme la de los alrededores del centro de la barra (vista lateral del campo), sin realizar el cambio en la posición del cursor para la visualización de las líneas con el simulador (por ejemplo en la vista frontal). Es decir, se quedan con una sola lectura del problema: las líneas de campo observadas en una vista lateral. No contrastan sus propias respuestas dadas en ítems anteriores en las que reconocían la variabilidad del campo con la distancia a la barra. Otra de las dificultades a destacar es que los alumnos tienden a repetir de memoria el contenido. Aceptan acríticamente los datos de la computadora, los declaran en el informe, pero no los interpretan. Aparece así una tendencia reproductivista, que podría ubicarlos dentro del modelo acrítico detectado en el primer estudio. Tampoco se tiene referencia explícita sobre los procedimientos que siguieron para validar los resultados dados por la computadora (figuras 3 y 4).

Por otro lado, si bien reconocen la relación entre potencial y campo, a través del gradiente, al momento de verificar numéricamente esta relación, operan incorrectamente sumando vectores como escalares. Estos alumnos se encuadrarían dentro del modelo pre-formal, en tanto no logran representar simbólicamente las relaciones entre las variables. Pareciera que el cálculo es más importante que el significado.

FIGURA 3
Líneas de Campo creado por barra, vista lateral

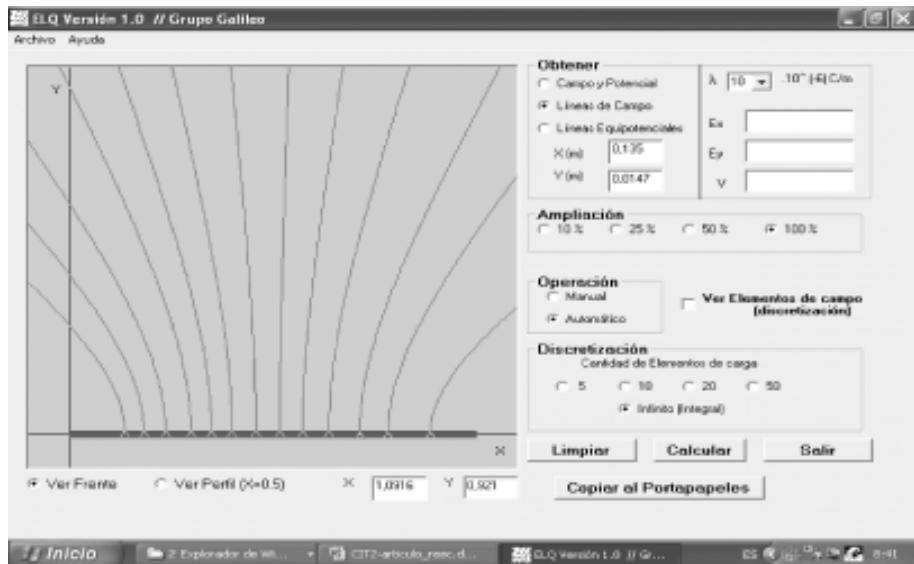
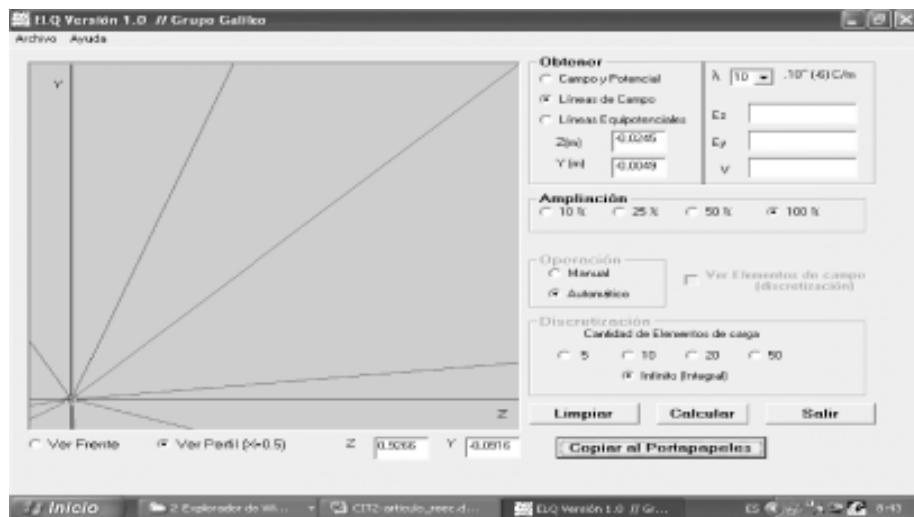


FIGURA 4
Líneas de campo creado por barra, vista frontal



En las respuestas, en general, no hay representaciones pictóricas o son incompletas; la identificación de las magnitudes vectoriales necesarias para la resolución por integración está ausente; la integral se realiza sin una superficie de integración declarada; no se discuten regiones de aplicabilidad del algoritmo para hallar el campo. Cuando el alumno encuentra el campo por otro algoritmo –por ejemplo, por el principio de superposición–, no establece vínculos con las expresiones halladas con la Ley de Gauss.

En el análisis de las respuestas al problema abierto del examen final (anexo 5) dadas por cinco alumnos se incluyó una mirada sobre los procesos cognitivos involucrados en la resolución del problema (Luchetti, 1998). Se observó que, en general, los alumnos logran identificar variables espaciales (con dificultades en dos alumnos). Las dificultades crecen a medida que se requieren mayores habilidades cognitivas, como la descripción y selección de modelos. Realizan representaciones pictóricas (completas o no) pero sólo uno logra traducir el modelo de campo en una representación gráfica. Si bien emplean modelos para resolver el problema, lo hacen en forma memorística, repetitiva, acrítica y sin fundamentos. En relación con las hipótesis, sólo un alumno logra formularlas en forma contextualizada.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir:

- 1) En los estudiantes de ambos grupos bajo estudio prevalecen los modelos “acrítico” y “pre-formal”, evidenciando una débil comprensión del objeto de estudio.
- 2) A pesar del trabajo de cátedra complementario realizado con el segundo grupo, los alumnos tienen grandes dificultades para resolver situaciones complejas con el simulador, tal como se observara.

Estos obstáculos no estarían relacionados con la falta de interés de los alumnos en el uso del simulador, sino en un insuficiente desarrollo de sus habilidades cognitivas. Entre las habilidades cognitivas deficitarias se encontraron: capacidad de registro autónomo de datos procedentes del simulador; organización de datos en forma de tablas o gráficos para facilitar la elaboración de conclusiones; vinculación de resultados para corroborar o refutar hipótesis; contrastación de afirmaciones realizadas en diferentes

lenguajes representacionales. Los alumnos que contaran con una mayor disponibilidad de estas habilidades podrían acceder, desde la perspectiva propiciada por el uso del simulador, a los conceptos de campo y potencial eléctricos y sus relaciones.

En tanto a las concepciones dominantes en ambos grupos de estudio, se encuentran en los informes posteriores al uso del simulador: el concepto de campo y su comportamiento vectorial, el campo es creado por un elemento de carga, el campo se visualiza mediante líneas. No surge como concepto válido (en el sentido de útil) para el alumnado el de potencial eléctrico, lo cual se concluye dado el escaso número de actividades vinculadas con el tema resueltas satisfactoriamente. Al no valorarse el concepto de potencial, no es clara la construcción de la relación entre potencial y campo.

Al analizar las respuestas en la instancia de examen final, la mayoría de los alumnos responde de manera incompleta, recurriendo esencialmente a la repetición de conceptos y fórmulas, pero sin dotarlos de significados al no hacer un uso coherente de los mismos, que muestre el dominio del significado.

El uso del simulador como laboratorio virtual se presenta como una estrategia didáctica que, en combinación con otras (tanto previas como posteriores a la misma), han de complementarse para lograr la construcción de conocimiento en los temas de electromagnetismo abordados.

En tal sentido, la introducción del uso de simuladores conjuntamente con las clases de problemas permitiría el trabajo de situaciones más complejas que requieran de diferentes aproximaciones a las mismas, las cuales pueden abordarse de una manera más accesible con los simuladores virtuales.

Sin embargo, pareciera ser necesaria una mayor asistencia por parte del equipo docente para orientar la construcción de herramientas de registro de datos que permitan realizar conclusiones formales como, por ejemplo, la elaboración de tablas para contrastar la dependencia del campo con la distancia en las diferentes posiciones relativas respecto de la barra.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto 12/H193: “Estrategias de enseñanza de la Física para una articulación nivel medio/Polimodal y universidad” (PICT 2006 núm. 01427).

Anexos

ANEXO 1

Actividad de aula: contenidos conceptuales y procedimentales

Esta guía de trabajo deberá ser entregada en la presente clase. Su finalidad es *diagnóstica* (tratamiento teórico práctico tradicional) y tiene como propósitos que Ud. logre:

- explicitar el grado de significación alcanzado en electrostática;
- utilizar procedimientos propios del trabajo experimental virtual y de laboratorio

Problema 1. Dada una distribución lineal de carga uniforme ubicada en un hilo largo:

- Escriba los conceptos más relevantes que deberían ser contemplados para obtener la descripción más completa que Ud. conoce, para describir la situación eléctrica en la región que es influída por las mismas.
- ¿Cómo relacionaría esos conceptos?
- Dibuje en un gráfico la representación de la distribución lineal de carga e indique y los parámetros y variables seleccionados en a)
- ¿Cómo espera que varíen los mismos?
- Represente gráficamente

Problema 2. (Interpretación de gráficos, intertextualidad), se suma a la capacidad para explicar e interpretar la información presentada, es decir, comprender y expresarla en distintas formas).

Las siguientes representaciones gráficas corresponden a distintas distribuciones de carga. Las mismas presentan las siguientes características: a) campo eléctrico radial, b) superficies equipotenciales planas y c) campo eléctrico uniforme.

Deberás identificar en la segunda columna a qué tipo de distribución corresponde y, en la tercera, justificar tu respuesta

Gráfica	Tipo de distribución	Porque
Algunas líneas equipotenciales 		
Campo eléctrico uniforme 		
Campo eléctrico radial (visto desde cualquier dirección) 		

Problema 3. (Aplicación del conocimiento científico a situaciones nuevas que implica la capacidad de seleccionar entre sus conocimientos los adecuados para resolver la nueva situación)

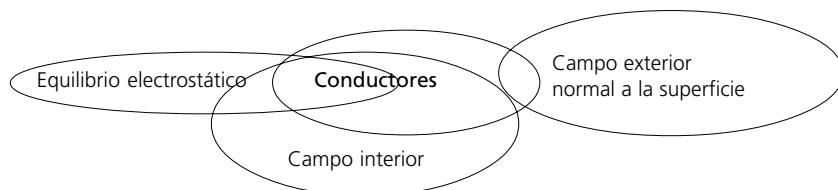
Considera el siguiente acontecimiento que Pablo debe resolver:

Una tarde de mucho trabajo en el laboratorio, llega una muestra para analizar en forma urgente. Pablo, quien esa tarde estaba a cargo, debía utilizar entre otros equipos, el de rayos X. Para ello, luego de colocar la muestra, debía seleccionar la tensión de operación. Como tiene cierta experiencia en este tipo de análisis, estima que podría ajustar el equipo con unos 2k V para conseguir su propósito, pero como su responsabilidad se lo exige, realiza un análisis previo de la situación. Además piensa que deberá incluir esta justificación en su informe.

Como todos los profesionales de ese laboratorio, Pablo posee los conocimientos acerca de los principios físicos y químicos bajo los que opera cada equipo disponible en ese laboratorio y cuenta con los manuales de operación de cada uno. Por ello busca en el que corresponde, una lámina con el esquema del equipo y recuerda que el cátodo calefactor emite electrones que son disparados hacia un blanco de Molibdeno, distante unos 30 cm. Para que puedan llegar hasta él, los electrones pasan en forma horizontal a través de un par de placas conductoras paralelas de 1.5 cm de largo, separadas 1 cm entre sí, también horizontales. Estas placas están conectadas a una diferencia de potencial regulable externamente, de modo de ajustar esta diferencia de potencial según se necesite y de acuerdo con la muestra que se coloque. En estas condiciones, el haz de electrones ingresa por la placa inferior a 2.6×10.7 m/s en forma perpendicular al campo y emerge justo por el borde de la placa superior, hasta que choca con el blanco. La masa del electrón es de 9.1×10^{-31} Kg. Mientras realiza los cálculos, Pablo se acuerda sonriendo, los dolores de cabeza que le trajeron, cuando estudiaba, los ejercicios relacionados con el movimiento de cargas en campos eléctricos... (¡Y los de tiro oblicuo...peor!) Hechos los cálculos necesarios, Pablo comparó los valores que obtuvo con el que inicialmente había previsto ¿Había hecho una buena estimación?

Problema 4. (Lectura de información en diferentes formas simbólicas)

Escribe todo lo que puedas decir acerca de los materiales conductores, según lo que se indica en el diagrama:



Problema 5. El gerente de una empresa te consulta acerca del material de una varilla de sección "A" que forma parte de una maquinaria ya que debe reemplazarlo. No sabe si de metal o de algún otro tipo de material. En el manual se incluyen diversas especificaciones entre las que aparece la que sigue.

Distancia a la varilla: $r \times 10^{-2}$ (m); 5%	Campo eléctrico: E (N/C); 5%	Potencial :V (V);5%	λ (C/m)
1	0		
5	0		
10			
15			
20			
50			

¿Qué modelos o tendencias descubres en los datos?, ¿te parece reconocer algún tipo de material?, ¿por qué lo crees así?

Según estos datos: ¿qué valor de campo podría obtenerse cada 10 V?

ANEXO 2

Actividades previas de reestructuración

Campo eléctrico de un hilo cargado

(esta actividad deberá ser entregada al profesor al finalizar la clase)

I. Compare la modelización del **campo eléctrico de un hilo con distribución uniforme de carga**, a través de la Ley de Coulomb y de Gauss. Para ello puede recurrir a la bibliografía de cátedra y le sugiero que construya una tabla, como la que sigue, donde incluya al menos, los aspectos (o dimensiones) que en ella figuran:

Aspectos	Ley de Coulomb	Ley de Gauss
Objetivo		
Condiciones de trabajo		
Conceptos relevantes		
Principios físicos		
Estrategia de modelización: (fases)		
Expresión formal del campo intensidad del campo en todo el espacio		
Dirección y sentido del campo eléctrico en todo el espacio		
Otros		

II. Para profundizar el análisis

¿Qué ocurre en la expresión formal del campo en ambos casos, si el punto "P" genérico donde se calcula el campo? ¿se:

- aproxima mucho al hilo?
- se aleja mucho del mismo?
- ¿cuál sería su conclusión respecto de la intensidad del campo eléctrico para puntos próximos al hilo cerca de la zona central del mismo?, ¿y para puntos alejados?
- ¿cómo estima que variarían las líneas de campo? Describalas. (Recuerde que las líneas son tangentes al campo eléctrico y su densidad es proporcional a la intensidad del mismo)
- ¿por qué cree que se establecen las condiciones de trabajo para la modelización señaladas en la bibliografía? Explore el campo en puntos sobre el eje del hilo.

ANEXO 3

Los siguientes ejercicios tienen como propósito diagnosticar el estado de sus conocimientos. No serán calificados. Esta información será útil para Ud. mismo y para la cátedra a fin de implementar actividades complementarias. Reflexione sobre cada ítem y responda con honestidad y seriedad cada pregunta. Gracias.

- Describa cualitativamente cómo cree que es el campo eléctrico producido por una barra cargada.
- Realice un esquema que permita visualizar las líneas de campo.
- ¿Cómo varía este campo con la distancia a la barra? Represente gráficamente E como función de la distancia.
 - a. Explique las suposiciones realizadas (o tenidas en cuenta) para responder los puntos anteriores (Ej. ¿Ha tomado en cuenta los extremos?, ¿cómo está distribuida la carga?).
 - b. ¿Por qué cree que se hacen estas suposiciones al averiguar E ?
- Describa cualitativamente cómo cree que es la función potencial electrostático producido por una barra cargada.
- Realice un esquema que permita visualizar las líneas equipotenciales.
- ¿Cómo varía esta función con la distancia a la barra? Represente gráficamente $V(r)$.

ANEXO 4

Guía para realizar con el software ELQ. Simulación de campos y potenciales

Introducción

El Modelo de Simulación utilizado (ELQ) representa un hilo recto, de 1 m de longitud, no conductor, ubicado en el vacío, con una densidad lineal homogénea de cargas (l C/m), que se puede seleccionar entre una lista de valores posibles. Tiene tres funciones básicas:

- Cálculo de campo eléctrico y potencial.
- Trazado de líneas de campo.
- Trazado de líneas equipotenciales.

Para cualquiera de estas funciones se puede elegir una amplificación (zoom), entre una lista de cuatro posibles: 10, 25, 50 y 100% (esta última instalada por omisión).

Función 1. El campo y el potencial se calculan con base en distintas opciones de discretización, es decir, de representación de la línea de cargas mediante cierto número de cargas puntuales. Ese número puede ser de: 5, 10, 20, 50 e infinitas (cálculo integral).

Cuando se hace el cálculo por discretización, es posible desarrollar el procedimiento en forma **automática** (opción por omisión, para lo cual se *cliquea* en un punto de la pantalla, o se escriben las coordenadas del punto y se presiona sobre el botón **calcular**), o se puede proceder por sucesivos pasos (opción **manual**, para lo cual luego se *cliquea* sobre cada elemento de carga). En cualquiera de los casos es posible instalar la opción **ver** los elementos de campo (vectores relacionados a cada carga puntual).

Función 2. Se dibujan las líneas de campo eléctrico basándose en la función integrada. Para obtener una línea, se *cliquea* sobre un punto de la pantalla, o se escriben las coordenadas de un punto y se presiona el botón **calcular**.

Función 3. Ídem para las líneas equipotenciales (intersecciones de superficies equipotenciales con los planos coordenados). En este caso existe la posibilidad de trazar un conjunto de líneas equipotenciales que tengan entre sí la misma diferencia de potencial.

Se puede demostrar matemáticamente que las líneas equipotenciales son elipses, con sus focos en los extremos de la línea de cargas.

Vistas

El programa permite ver la línea de cargas desde una posición de Frente (por omisión) y otra de Perfil (la línea se ve como un punto). Esto permite estudiar mejor las simetrías del sistema.

Actividades a desarrollar

1. Acercamiento al entorno

Reconoce las distintas funciones y opciones del programa en los controles de pantalla. Prueba estas funciones variando los modos de operación y parámetros del sistema.

2. El campo eléctrico obtenido por composición vectorial

El campo eléctrico de una línea de cargas se puede calcular en forma aproximada como la suma vectorial de los campos de un cierto número de cargas puntuales (discretización: representación de un sistema continuo por elementos aislados). Analiza cuándo se comete menos error, en relación con el número de elementos discretos y con la distancia en la cual se calcula el campo. Propone una explicación.

¿Existen puntos del plano donde se compensen las contribuciones de los elementos horizontales del campo eléctrico? Obtén una gráfica en la que se pueda visualizar dicha situación. Representa gráficamente las líneas de campo para esta configuración de carga.

Nota: Se trata de un estudio cualitativo, que debe generar respuestas tales como: "cuanto menor sea el número de elementos ...". Cuando se estudia una magnitud que depende de más de una variable, se aconseja ir modificando las variables de a una por vez (dejar todas fijas menos una, y así sucesivamente).

3. Dependencia del campo eléctrico respecto de la distancia

a) Demuestra numéricamente que en las cercanías de la zona central de la línea (a pocos centímetros de la misma), el campo es prácticamente proporcional a la inversa de la distancia a la misma, mientras que en puntos muy alejados varía con la inversa del cuadrado de la distancia. Explica las razones de estos comportamientos.

b) Encuentra la relación entre lo hallado en el punto anterior, con la configuración de líneas de campo del sistema.

c) Analiza el campo en distintas regiones que rodean el hilo.

I) ¿Será posible que en alguna zona el campo que produce este hilo sea uniforme?

II) ¿Será posible que en alguna zona el hilo se comporte como carga puntual?

Justifica.

d) En una vista lateral, en las cercanías del hilo cargado, se observan líneas de campo casi rectas y paralelas entre sí. Eso pareciera indicar que en esa zona existiría un campo prácticamente uniforme, lo cual estaría en contradicción con lo hallado en el punto 3a. Resuelve esta aparente contradicción. Y compara con la respuesta construida en el ítem 3c, ¿qué puedes concluir?

En la zona central del hilo de observa que las líneas de campo llegan perpendiculares al mismo. ¿Cómo llegan en las cercanías de los extremos? Explica el porqué de la diferencia de comportamientos y si, con base en esto, se puede afirmar que la línea finita con carga uniforme no es equipotencial 3a. Resuelve esta aparente contradicción. Y compara con la respuesta construida en el ítem 3c, ¿qué puedes concluir?

4. El potencial calculado mediante una suma escalar

Analiza la aproximación que se obtiene al calcular el potencial en un punto por suma de contribuciones de N cargas puntuales en las que se discretiza el sistema. Enuncia la expresión matemática utilizada. ¿Hay puntos donde se pueden anular las contribuciones de distintos elementos de carga? Explica.

5. La dependencia del potencial respecto de la distancia

Demuestra numéricamente que cuando el número de cargas puntuales que configuran el hilo se hace muy grande, en las cercanías del centro de la línea de cargas, el potencial varía en forma proporcional al logaritmo de la distancia. Demuestra que a grandes distancias el potencial decrece con la inversa de la distancia. Relaciona este hecho con lo hallado en el punto 3.1.

Demuestra numéricamente que el campo eléctrico se puede calcular mediante el gradiente del potencial. Para puntos cercanos entre sí, puedes utilizar las aproximaciones:

6. Líneas equipotenciales

Estudia las formas que adquieren esas líneas para distintas distancias y cómo se relacionan con las líneas de campo eléctrico. ¿A qué tienden para grandes distancias? ¿Cómo serían las superficies equipotenciales?

Estudia la diferencia de potencial entre líneas cercanas entre sí y realiza comparaciones, manteniendo constante la distancia entre las mismas. Compara puntos cercanos con puntos alejados a la línea de cargas.

Informe

Elabora un informe con las consideraciones y conclusiones halladas. Puedes incluir en el mismo algunas gráficas obtenidas del programa. Para eso puedes copiar las imágenes en el portapapeles de Windows y pegarlas en el Word.

ANEXO 5

Un problema de examen

Dada una barra conductora maciza con distribución de carga uniforme:

- a) Escriba los conceptos más relevantes que deberían ser contemplados para obtener la descripción más completa que Ud. conoce, para describir la situación eléctrica en la región que es influida por las mismas.
- b) ¿Cómo relacionaría esos conceptos?
- c) Dibuje en un gráfico la representación de la barra e indique los parámetros y variables seleccionados en a)
- d) Analice y fundamente las siguientes proposiciones.

(CONTINÚA)

	Sí	No	No lo sé	Justificación
1) El campo electrostático puede llegar a anularse en la vecindad del conductor con carga positiva				
2) El potencial electrostático puede llegar a anularse en la vecindad del conductor con carga positiva				
3) Si a una gran distancia de las cargas, situamos una carga de prueba ¿cuál será el efecto que sentirá esta carga? a) Atracción hacia el conductor b) Repulsión de la barra c) No notará fuerza alguna d) Ninguna de las anteriores				
4) Una línea equipotencial tiene que ser siempre cerrada.				
5) Una línea del campo eléctrico de la barra tiene que ser siempre cerrada.				
6) Las regiones con elevado potencial corresponden a regiones donde el campo es también intenso				
7) Las regiones donde se produce una rápida variación del potencial corresponden siempre a regiones donde el campo es elevado.				
8) Las regiones donde el potencial es elevado corresponde siempre a regiones donde el campo electrostático presenta rápidas variaciones.				
9) Las líneas equipotenciales pueden cortarse entre sí				
10) Las líneas de campo pueden cortarse entre sí				
11) Las líneas equipotenciales y las de campo pueden cortarse entre sí				

Referencias

- García Barneto, A. y Gil Martín, M. R. (2006). "Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones interactivas", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 5, núm. 2.
- Campanario, J. M. (2002). *¿Qué aportan las simulaciones por ordenador al aprendizaje de los alumnos?* Disponible en: <http://www2.uah.es/jmc/webens/242.html#ar>
- Catalán, L.; Serrano, G. y Concari, S. (2005). "Representaciones de los alumnos de una barra cargada", en *Memorias CLICAP*, San Rafael, Mendoza: *CLICAP*.
- De Vega, M. (1984). *Introducción a la Psicología cognitiva*. Madrid: Alianza.
- Esquembre, F. (2005). *Creaciones de simulaciones interactivas en Java*. España: Pearson Educación.
- Fogliati, P.; Catalán, L. C. y Concari, S. B. (2004). "Dificultades procedimentales en la resolución de problemas con simulaciones computarizadas", en *Memorias del VII SIEF*, La Pampa, pp. 30-39.
- Giorgi, S.; Cámara, C. y Kofman, H. (2004). "El uso de la computadora en las modalidades de simulación y adquisición de datos para el estudio del campo magnético en un solenoide por el que circula corriente continua", en *Memorias del VII SIEF*, La Pampa, pp. 40-50.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental Models*. Cambridge: Harvard University Press.
- Kofman, H. A.; Catalán, L. C. y Concari, S. B. (2004). "A training distance course on the use of simulations for physics teaching", en *World Congress on Engineering and Technology Education -WCETE'2004*. Guaruyá, Brasil.
- Luchetti, E. (1998). *Manual de operaciones del pensamiento*. Buenos Aires: Cesarini.
- Vigotsky (1986). *Langage et Pensée*. París, Editions Sociales Messidor.

Artículo recibido: 7 de agosto de 2009

Dictaminado: 2 de diciembre de 2009

Segunda versión: 12 de enero de 2010

Aceptado: 4 de febrero de 2010