

APORTES DEL LABORATORIO VIRTUAL AL APRENDIZAJE DEL CAMPO Y POTENCIAL ELÉCTRICO

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 la 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 – lmario@fiq.unl.edu.ar

RESUMEN

Las actividades de laboratorio constituyen un campo de desarrollo e investigación cuyas implicancias en el aprendizaje de la física es relevante. En particular en este trabajo se trata de incorporar el uso de simulaciones que favorezcan la construcción significativa del concepto de campo y potencial eléctrico.

A estos efectos se formuló una guía didáctica como instrumento de análisis y evaluación en un curso de Física Eléctrica de segundo año de la carrera de Ingeniería Mecánica perteneciente a la Facultad Regional Santa Fe- Universidad Tecnológica Nacional.

Los resultados arrojados por la evaluación realizada permitieron 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.

Palabras Claves: Enseñanza, Laboratorio virtual, electrostática, propuesta didáctica.

MARCO TEÓRICO

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 los conceptos de campo y potencial eléctrico tan importante para la formación básica de los estudiantes, es deseable que su aprendizaje sea significativo (Moreira, 1997, 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

(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.

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) Referencia falta 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 universitarios, del área física, comparten la idea de que algunos conceptos tales como el de campo eléctrico 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 estos conceptos 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 obstruyen los procesos constructivos.

El concepto de campo culmina un proceso de desarrollo de la ciencia 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-.

LAS SIMULACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

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).

Tanto la teoría constructivista del aprendizaje como el modelo de enseñanza-aprendizaje por descubrimiento guiado (Gil Pérez, et. al 2008) atribuyen al

(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.

alumno un papel activo en la adquisición de conocimientos. En ambos existe el supuesto que tanto los de trabajos prácticos como la resolución de problemas con ayuda de simuladores facilita el aprendizaje de contenidos.

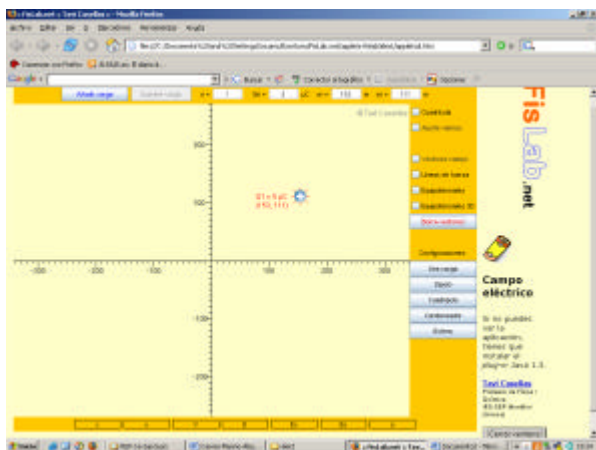
Sierra Fernández y Perales Palacios, (2000) destacan la realización de actividades con ayuda de programas de simulación como recurso didáctico.

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 de centralizó en aquellos programas de acceso libre, que simulan representaciones de los cuestiones asociados 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 de los conceptos de campo y potencial eléctrico como una función del espacio, sus diversas formas de representación y sus relaciones.

PROPUESTA DE GUÍA DIDÁCTICA

Características del software seleccionado



Ejecutado el programa de simulación se presenta por defecto la pantalla que muestra la figura 1 donde pueden descubrirse y observarse las diferentes posibilidades de las funciones, proponiéndose a los alumnos que realicen un acercamiento mediante la selección y ubicación de cargas eléctricas en el área de trabajo y luego la representación vectorial del campo en diferentes puntos de la región.

Figura 1: Pantalla de trabajo del programa de simulación

Contenidos a desarrollar: Estudio del campo y el potencial eléctrico generado por cargas en reposo (electrostática) en particular su representación y propiedades asociadas a las configuraciones elegidas.

(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.

-
- 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 \mathbf{E} y las superficies equipotenciales.

Objetivos de la actividad

- a) Comprender el papel que juega el campo eléctrico como nueva interpretación de la interacción eléctrica.
- b) Corroborar que la magnitud «intensidad de campo» sólo depende de la distancia y de la carga generadora del mismo.
- 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 y aplicarlo al estudio cuantitativo del mismo.
- e) Interpretar las representaciones del potencial eléctrico y su variación espacial.

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

Actividades propuestas.

Acercamiento al entorno

- a) Reconocer las distintas funciones y opciones del menú que presenta la 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.

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

- a) Seleccionar una y más cargas o algún tipo de configuración preestablecida por el simulador. Obtener las representaciones haciendo click con el mouse en el área de trabajo.
- b) Seleccionar del menú la representación vectores o 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

(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.

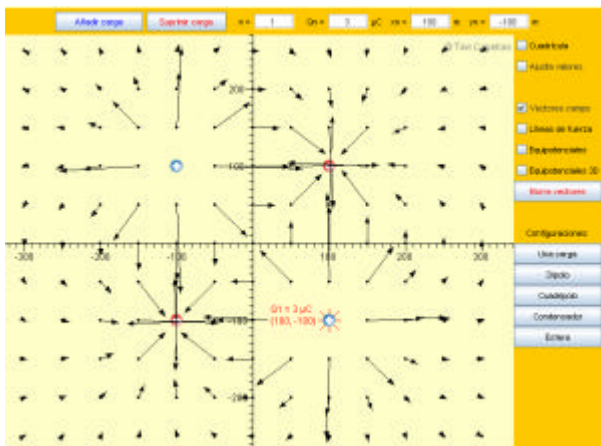


Figura 2: Representación del campo eléctrico de un cuadrupolo mediante "vectores campo".

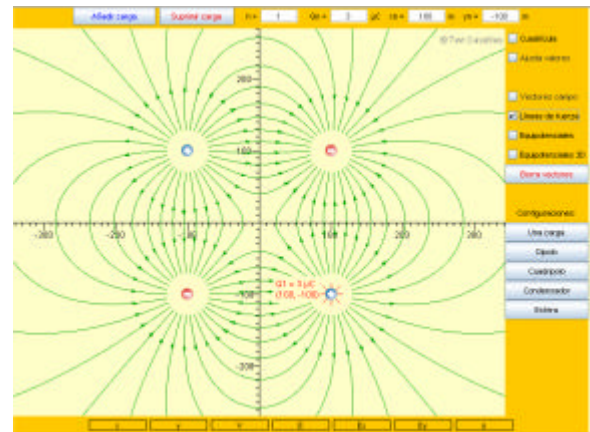


Figura 3: Representación del campo eléctrico de un dipolo mediante "líneas de campo".

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 y obtener sus valores haciendo un click en diferentes puntos mostrados en la barra inferior Fig. 4.

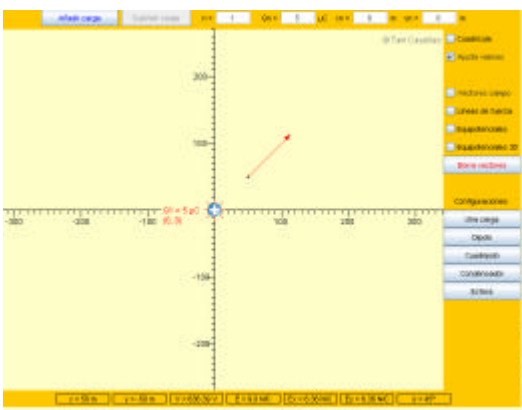


Figura 4: vector campo eléctrico de una carga puntual

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

a) Ubicar una carga puntual en el tablero y haciendo un click 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 $\mathbf{E} = f(r)$ y $V = f(r)$.

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 para luego analizar e interpretar en base a las propiedades de los campos y potencial eléctrico (Tabla 1).

| Grafica | x (m) | y (m) | V (V) | \mathbf{E} (N/C) | E_x (N/C) | E_y (N/C) | α ($^\circ$) |
|---------|-------|-------|-------|--------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

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

(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.

- 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.

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).

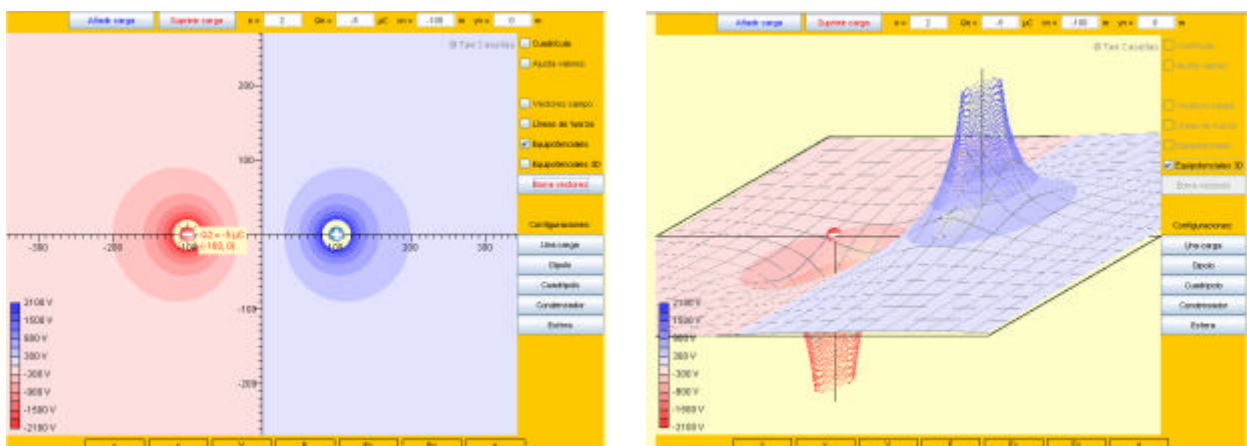


Figura 5: Representación de las superficies equipotenciales planar y en 3 dimensiones.

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.

- Realice una representación de las distintas configuraciones espaciales de cargas con todas las posibilidades de signos de las cargas a adoptar.
- Analice y fundamente en qué punto o puntos colocaría una carga de prueba donde la fuerza resultante sobre la misma sea nula.
- Analice el tipo de equilibrio que experimenta la carga de prueba en cada caso.

Finalmente se requirió a los estudiantes la contrastación de las soluciones demandadas, con las representaciones pictóricas de las líneas de campo y potencial eléctrico mediante el uso del software simulación.

(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.

METODOLOGÍA

A partir de la devolución que los estudiantes realizaron de las actividades propuestas en la guía implementada se obtuvieron 12 trabajos prácticos. Los mismos fueron confeccionados grupalmente, en comisiones de dos o tres alumnos cursantes durante el año 2008 de la asignatura Física Eléctrica de la Carrera Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional Santa Fe (Universidad Tecnológica Nacional).

Los datos obtenidos de los informes entregados permiten analizar las respuestas de los estudiantes frente a las situaciones planteadas en la guía.

Las respuestas a las consignas de la actividad fueron sometidas a un proceso de codificación, adaptando el instrumento desarrollado por Llancaqueo et.al. (2003), según la tabla 2:

| Categorías | Atributos | Indicadores |
|-------------------|--|--|
| Clasificación | Reconocimiento e identificación de las magnitudes físicas a las que se aplican los significados de los conceptos: escalar, vector, relación funcional, campo escalar, campo vectorial. | Vector campo eléctrico. |
| | | Campo eléctrico. |
| | | Ley de Coulomb. |
| | | Potencial eléctrico. |
| | | Función campo eléctrico. |
| | | Función potencial eléctrico. |
| Expresión escrita | Expresión escrita con predicados científicos adecuados que definen atributos de los conceptos de escalar, vector, función, campo escalar y campo vectorial, usados para explicar, clasificar o justificar las consignas pedidas en cada una de las situaciones planteadas. | Relación entre la función campo eléctrico y la función potencial eléctrico. |
| | | Magnitudes físicas utilizadas como vectores. |
| | | Magnitudes clasificadas como escalares. |
| | | Potencial eléctrico como campo escalar. |
| | | Campo eléctrico como campo vectorial. |
| | | Definición operacional de campo eléctrico. |
| Representación | Representaciones simbólicas y pictóricas que representan los significados de los conceptos escalar, vector, función, campo escalar y campo vectorial. | Definición operacional de potencial eléctrico. |
| | | Vectores por flechas. |
| | | Vectores por componentes. |
| | | Campo eléctrico por ecuaciones. |
| | | Campo eléctrico por líneas de campo. |
| | | Potencial eléctrico por ecuaciones. |
| Operaciones | Conocimiento y aplicación de las operaciones y representaciones simbólicas ligadas a los conceptos de escalar, vector, función, campo escalar y campo vectorial. | Potencial eléctrico por líneas equipotenciales. |
| | | Suma / resta de vectores por flechas. |
| | | Suma / resta de vectores por componentes. |
| | | Suma algebraica de escalares. |
| | | Cálculo del vector campo eléctrico a partir de la función campo correspondiente. |
| | | Cálculo del potencial eléctrico a partir de la función escalar correspondiente. |
| Resultados | Propiedades, relaciones y transformaciones científicas adecuadas de: escalar, vector, función y campo, en la resolución de la situación propuesta | Álgebra vectorial para obtener el campo debido a una configuración de cargas. |
| | | Álgebra escalar para obtener el campo debido a una configuración de cargas. |
| | | Descripción de la relación entre potencial y campo eléctrico. |

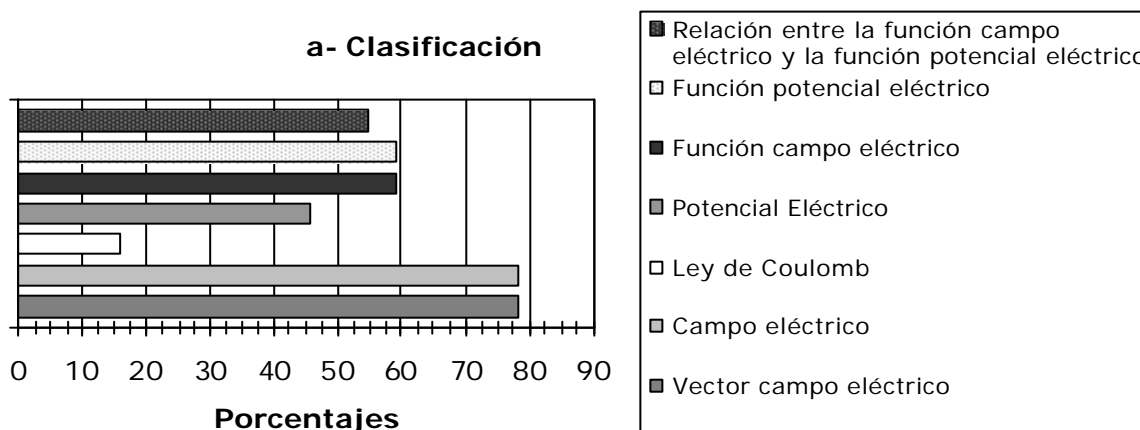
Tabla 2: Instrumento de evaluación (adaptación de Llancaqueo et.al. 2003)

(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.

La codificación de las respuestas se realizó en términos de tres niveles: Adecuado (A), No Adecuado (NA) y No Contesta (N/C), donde el nivel Adecuado describe el acuerdo con significados científicos de los conceptos, e No Adecuado lo contrario. La justificación de este criterio adoptado es poder identificar la disponibilidad de conocimientos científicamente aceptables en la estructura conceptual de los estudiantes, para aproximarse así, a la determinación de un nivel de conceptualización del concepto de campo.

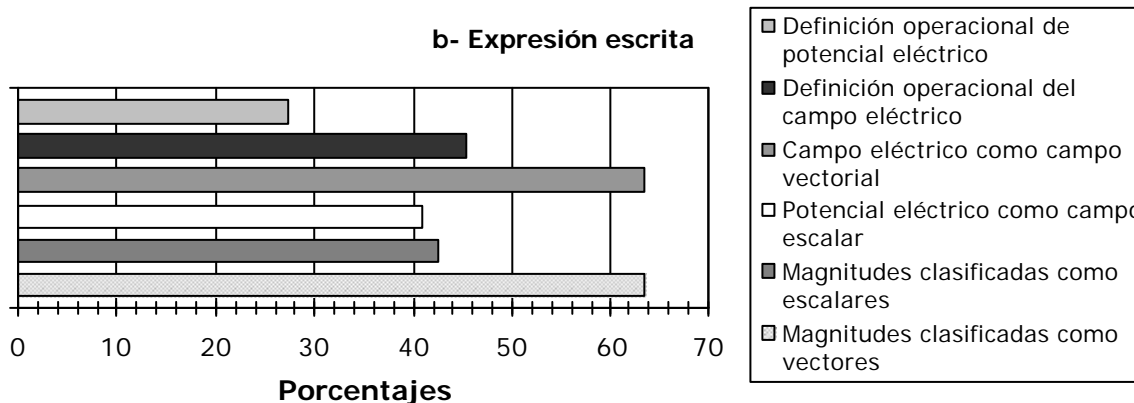
RESULTADOS

Una vez codificados los diferentes tipos de respuestas a las situaciones planteadas en la actividad, los datos obtenidos se analizaron en términos de porcentajes de respuestas científicamente adecuadas, tomando como unidades de análisis cada uno de los informes entregado por los grupos de alumnos.



Gráfica 1: Porcentajes de respuestas adecuadas relativas a cada indicadores de la categoría "clasificación".

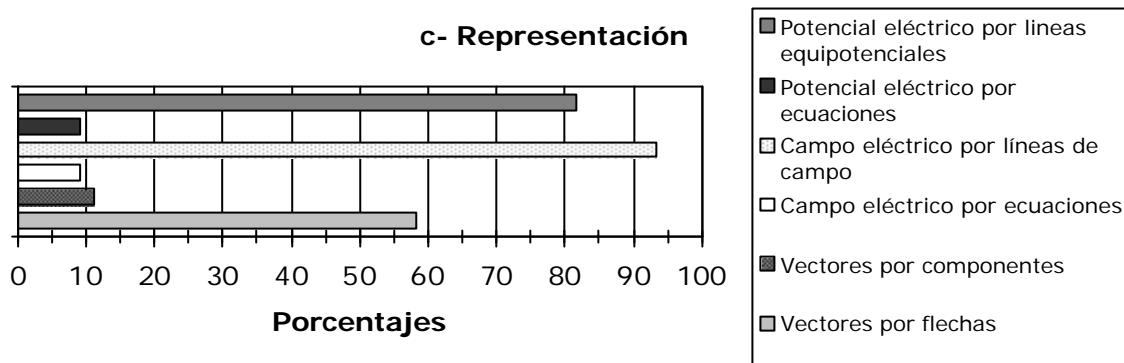
En relación a esta categoría se observa que los estudiantes reconocen e identifican las magnitudes físicas a las que se aplican los significados de los conceptos: escalar, vector, campo escalar y campo vectorial y en menor grado las relaciones funcionales entre dichas magnitudes físicas.



(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.

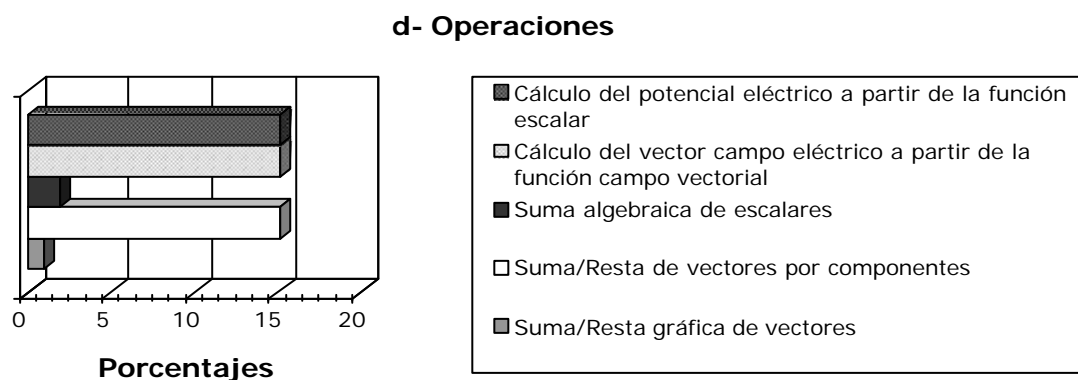
Gráfica 2: Porcentajes de respuestas adecuadas relativas a cada indicador de la categoría "expresión escrita".

Los alumnos emplean expresiones escritas con predicados científicamente adecuados en relación a las propiedades y atributos de los campos escalares y vectoriales en general y del campo y el potencial eléctrico en particular, manifestando cierta dificultad para expresar por escrito las relaciones entre dichas magnitudes y las variables de las cuales dependen (definición operacional).



Gráfica 3: Porcentajes de respuestas adecuadas relativas a cada indicador de la categoría "Representación".

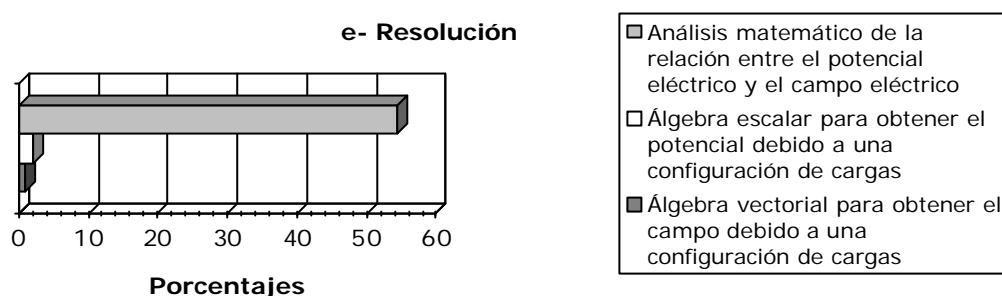
Del análisis del gráfico se infiere que los estudiantes recurren a las representaciones visuales que la simulación les provee para efectuar un análisis de la relación entre campo eléctrico (potencial eléctrico) y las variables de los cuales depende. Aquellas representaciones que requieren de un mayor nivel de abstracción y tratamiento matemático se manifiestan en menor medida.



Gráfica 4: Porcentajes de respuestas adecuadas relativas a cada indicador de la categoría "operaciones".

(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.

En las justificaciones expresadas por los estudiantes resultan escasas las operaciones matemáticas con las variables relacionadas al concepto de campo eléctrico. Se observa que no efectúan sumas vectoriales de los vectores campo eléctrico o sumas algebraicas de los potenciales, como modo de justificar la contribución de cada carga al campo y potencial en una zona del espacio. Efectúan una exploración cualitativa del espacio mediante el uso del software siendo las justificaciones cualitativas.



Gráfica 5: Porcentajes de respuestas adecuadas relativas a cada indicador de la categoría "resultados".

Del gráfico podemos concluir que los estudiantes realizan un análisis matemático adecuado de las relaciones entre campo y potencial eléctrico. Sin embargo resulta escaso cuando deben operar con las magnitudes intervinientes.

CONSIDERACIONES FINALES

Los programas de simulación son recursos complementarios y no soluciones definitivas para el aprendizaje de algunos 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 utilizado, permite que los alumnos realicen diferentes actividades respetando sus aprendizajes y su creatividad, 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 no tradicionales. 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 semiabiertas, pudiéndose escoger diferentes magnitudes y distribuciones de cargas eléctricas cuyas configuraciones se relacionen con

(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.

modelizaciones utilizadas en aplicaciones tecnológicas y se comparen con las representaciones de lápiz y papel de los alumnos.

Finalmente esta propuesta didáctica 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.

REFERENCIAS

Alzugaray, G, Capelari, M., Carreri, R., 2007 *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 (en línea), 3(11), , <http://www.cognición.net>.

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

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

Gil Pérez, D., Martínez Torregrosa, J. Y Vilches, A. (2008). *A renovación do ensino universitario: necessidade, obstáculos e oportunidades*. Vigo: Universidade de Vigo. ISBN: 978-84-8158-381-6

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

LLancaqueo, A., Caballero, C; Moreira, M.A., (2003) *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), , En [http://: www.saum.uvigo.es/reec/](http://www.saum.uvigo.es/reec/).

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

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

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

Sánchez, P., Massa, M., Llonch, E., Marchisio, S., Dámico H., Yanitelli, M., Cabanellas, S. (1998) *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.

Sierra Fernández, J.L., Perales Palacios, F.J., (2000) *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.

(*) El docente responsable del curso aclaró al grupo de estudiantes que lo que figura como línea de fuerza corresponde a lo que en el curso se definió como línea de campo eléctrico según la bibliografía adoptada.