

REPRESENTACIONES Y SIGNIFICADOS A PARTIR DE EXPERIENCIAS EN ELECTROMAGNETISMO: UN ESTUDIO DE CASO

CATALAN L¹, ALVAREZ E¹., MAYA, C¹.

1. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Universidad Nacional de Cuyo E-mail: ferraros@hotmail.com

Resumen

En este trabajo se busca estudiar las representaciones y significados construidos por un conjunto de alumnos sobre temáticas vinculadas al electromagnetismo cuando trabajan en el laboratorio, para lo cual se analizan, mediante la técnica “análisis de contenido”, diversos documentos como evaluaciones e informes de trabajos prácticos, los significantes y significados construidos al transitar por un conjunto de trabajos experimentales. El desarrollo de competencias entendidas como conocimiento en acción puede ser potenciado mediante prácticas de laboratorio de física, las que pueden ayudar no sólo a desarrollar destrezas básicas y herramientas propias de la física experimental y del tratamiento de datos sino también contribuir al proceso de conceptualización. Los resultados a los que se arriban, sin embargo permiten avizorar que la posible evolución de los esquemas de cada estudiante y con ellos –del conocimiento en acción- avanzaría según la actuación de cada alumno ante las diferentes situaciones.

1-Introducción

Si se tiene como meta llevar adelante las reformas curriculares planteadas por el CONFEDI¹ para la actualización de las carreras de ingeniería es deseable contemplar para la formación de los futuros ingenieros las competencias genéricas y específicas en el ciclo general de conocimientos básicos. Actualmente en mayor o menor medida los estudiantes presentan dificultades para lograr una aproximación a los modelos científicos, situación que se acentúa en la medida que aumenta la complejidad de los contenidos conceptuales. (Fogliati y otros, 2006; Kofman y Concari, 2000). La distancia hacia la meta podría disminuirse, a partir de la generación de estrategias didácticas que estimulen el desarrollo de procesos psicológicos superiores de los alumnos (Vigostky, 1995) y el desarrollo de competencias –conocimientos en acción- Vergnaud (1990). En tal sentido, las prácticas de laboratorio de física, pueden ayudar no sólo a desarrollar destrezas básicas y herramientas propias de la física experimental y del tratamiento de datos sino también contribuir al proceso de conceptualización. Dichas prácticas, contribuirían por ende, al desarrollo de competencias metodológicas, científico técnicas y específicas y pueden realizarse de manera que el alumno esté en contacto físico y pueda manipular directamente los elementos, dispositivos e instrumental requeridos para un experimento (laboratorio real) o utilizar simulaciones interactivas programadas con el uso de ordenadores (laboratorio virtual), entendiendo que ambos recursos son complementarias. Tanto docentes como investigadores coinciden en reconocer que las

¹ XXXVI Reunión del CONFEDI (2004)

actividades de laboratorio son fundamentales para el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales. Pero, ese consenso se reduce notablemente al precisar los alcances y las características del papel que se les atribuye en dicho proceso. La reorientación de este tipo de estrategia didáctica para que puedan considerarse como una actividad cognitiva compleja emerge como una necesidad plenamente reconocida en la literatura revisada en tanto debe favorecer la integración de lo conceptual con lo fenomenológico para establecer una conexión dialéctica entre datos y teoría (Andrés, M.; Pesa M. y Meneses, J., 2006). En tal sentido, desde la teoría de Vergnaud (1990), el proceso de aprendizaje en el laboratorio requiere de diversas tareas que demandan de conceptos, de reglas de acción características del dominio metodológico pero también resulta importante la selección de situaciones experimentales y la manera en que éstas sean desarrolladas por el alumno. Cabe señalar que la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (1996) es una teoría cognitivista, cuyo propósito es brindar *“un marco coherente y algunos principios de base para el estudio del desarrollo y del aprendizaje de competencias complejas, especialmente las que se refieren a las ciencias y las técnicas”*. En pro de lo dicho, el interés por lo tanto desde esta perspectiva, consiste en ofrecer al estudiante situaciones de interacción que le permita generar una transformación de sus significados y representaciones simbólicas (Vergnaud, op.cit.). De allí que resulte importante, indagar cuáles y cómo son los invariantes operatorios- conceptos considerados relevantes y pertinentes y las creencias o teoremas en acción- y las representaciones simbólicas como medio de expresión de los significados utilizados por los estudiantes a partir de enfrentar situaciones de electromagnetismo en el laboratorio, Vergnaud (1990). Precisamente, el trabajo que se presenta, es un estudio de caso en el que se intenta realizar una aproximación a estos "significantes o representaciones" y significados construidos por un conjunto de alumnos sobre temáticas vinculadas al electromagnetismo, cuando trabajan en el laboratorio. Para dar cuenta de ello, luego de una breve presentación del marco teórico y la metodología se incluye el análisis de resultados y las conclusiones. La importancia de este estudio se proyecta en la identificación de situaciones experimentales que efectivamente contribuyan al proceso de conceptualización del estudiante y al desarrollo por ende de competencias como conocimiento en acción.

2- Objetivo

Indagar las representaciones y significados construidos por un conjunto de alumnos sobre temáticas vinculadas al electromagnetismo

3-Marco teórico

Gérard Vergnaud, discípulo de Piaget, amplía y redirecciona su teoría al tomar como referencia el propio contenido de conocimiento y el análisis conceptual del progresivo dominio de ese conocimiento y también al ocuparse del estudio del desarrollo cognitivo del **sujeto-en-situación**. Los conceptos clave de la teoría de los campos conceptuales son, además del propio concepto de *campo conceptual, el de esquema, situación, invariante operatorio (teorema-en-acción o concepto-en-acción)*, y su propia concepción de **concepto**, Moreira (2002).

El *conocimiento* - según Vergnaud- está organizado en *campos conceptuales*, explicados como un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones,

conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, conectados unos a otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición (*ibid*). La idea de campos conceptuales lleva al concepto de **concepto**, esencia del desarrollo cognitivo, y considerado como un triplete: referente, significado y significante; sin embargo, son las **situaciones** las responsables por el sentido atribuido al concepto (Barais & Vergnaud, 1990, p.78); un concepto se torna significativo a través de una variedad de situaciones (Vergnaud 1990). Si los conceptos se tornan significativos a través de situaciones, resulta, naturalmente, que las mismas y no los conceptos constituyen la principal entrada en un campo conceptual. Los esquemas tienen como ingredientes esenciales aquello que Vergnaud llama **invariantes operatorios: conceptos-en-acción y teoremas-en-acción** que constituyen la parte conceptual de los esquemas, es decir, los conocimientos contenidos en los esquemas. **Teorema-en-acción** es una proposición sobre lo real considerada como verdadera, mientras que **concepto-en-acción** es un objeto, un predicado, o una categoría de pensamiento considerada como pertinente, relevante (Vergnaud, op. cit) la mayoría de esos conceptos y teoremas-en-acción que orientan la acción, permanecen totalmente implícitos, y ahí encaja la enseñanza: ayudar al alumno a construir conceptos y teoremas explícitos, y científicamente aceptados. De esto se deriva que el **desarrollo cognitivo** consiste sobre todo y principalmente, en el desarrollo de un **vasto repertorio de esquemas**. Por otro lado, desde la influencia vygotskiana considera al profesor como importante mediador en el largo proceso que caracteriza el progresivo dominio de un campo conceptual por el alumno. Su tarea consiste principalmente en ayudar al alumno a desarrollar su repertorio de esquemas y representaciones. Por ello, el principal acto mediador del profesor es el de proveer situaciones fructíferas a los alumnos (Moreira, op. cit. Vergnaud, op. cit).

4-Metodología

El grupo en estudio, para este trabajo, se conformó con tres alumnos de segundo año de carreras de ingeniería y afines. A través del análisis de informes, evaluaciones, entrevistas y observaciones de los alumnos al enfrentarse con diversas tareas a partir de problemáticas experimentales vinculadas al campo conceptual mencionado, se intentó encontrar información sobre las representaciones que utilizan, sus conceptos y teoremas en acción, utilizando como técnica el “análisis de contenido” (Ander Egg, 1996, Bardin,1995). Se trató de identificar los posibles invariantes operatorios (IO) y las representaciones de los estudiantes, que eran expresadas frente a una situación concreta. Para seleccionar las experiencias de laboratorio se consideraron los posibles inconvenientes en el aprendizaje de electromagnetismo que suelen presentarse para los alumnos, detectados tanto en la bibliografía revisada (Meneses Villagrà y Caballero Sahelices, 1999; Borges 1999; Pérez, 1999.); Guisasola et al. 2003, 2005); Almudi (2005), como en el aula. Por ello las experiencias seleccionadas del conjunto de trabajos prácticos realizados por los alumnos fueron las siguientes: **Inductores -Inducción mutua:- Interacción entre bobinas. Transformadores - Ley de Faraday – Lenz – Ley de Lenz**. Estas experiencias constituyen, a la luz de la teoría de Vergnaud, el conjunto de situaciones que incluyen fenómenos y problemas físicos que se cree que pueden permitir describir y dar sentido al concepto de electromagnetismo. Por otro lado un conjunto de conceptos físicos y matemáticos científicamente aceptados, que se pueden llegar a expresar al enfrentar las situaciones presentadas, para mediante sus propiedades,

relaciones y transformaciones dar significado al campo conceptual, se mencionan junto con las representaciones a continuación:

TABLA 1: Conceptos y Representaciones Simbólicas para el campo conceptual del electromagnetismo²

<i>PCEAF</i>	<i>Simbólica (expresiones matemáticas, lingüística y gráficas)</i>		<i>Pictórica</i>	<i>Operaciones y propiedades</i>
Masa, energía, carga, flujo magnético, potencial, rapidez, circulación, trabajo, calor, resistencia.	Número \mathfrak{R}	Representación numérica \mathfrak{R}	Líneas (flujo)	Suma, resta y producto.
Fuerza, desplazamiento, velocidad, campo eléctrico, campo magnético.	Módulo de \mathfrak{R} Dirección y sentido.	Geométrica (flecha) Analítica (componentes) Gráfico	Líneas de fuerza Líneas de campo	Suma y resta. Producto escalar y vectorial. Flujo Circulación.
MRU MRUV	$y = f(x)$	Gráfico Ecuación		Función lineal Función cuadrática

Ref.:PIO: Posibles Invariantes Operatorios. *PCEAF*: Posibles Conceptos En Acción Físicos. *PCEAM*: Posibles Conceptos En Acción Matemáticos. *PTEA*: Posibles Teoremas en Acción.

Estas representaciones son el conjunto de formas simbólicas y pictóricas que se podrían usar ante las situaciones, es decir el conjunto de formas de lenguaje que permitirían representar simbólicamente un concepto, o sea, los IO, sus propiedades, las situaciones y los procedimientos de tratamiento de ellas.

El análisis que se realizó fue de tipo cualitativo, y el mismo se hizo con la intención de describir las representaciones e identificar los posibles conceptos y teoremas en acción emergentes en las tareas experimentales. Para ello se fragmentaron en unidades de análisis los textos escritos correspondientes a los informes y exámenes, en los que expresan sus afirmaciones de conocimiento que poseen. También se hizo el reconocimiento de las representaciones (simbólico matemático, pictórico, analógico, verbal, gráfico y otros) empleadas por los estudiantes

5-Resultados

Los informes de dos de los alumnos (A_2 , A_3), parecen indicar que sus esquemas conceptuales, por los PIO que mencionan, se acercan a los modelos aceptados por la ciencia, y logran iniciarse (especialmente A_3) en el uso de diferentes formas de representación de los conceptos (simbólico matemático, pictórico, gráfico y otros). Así por ejemplo en el examen final en la situación 2 el alumno debía analizar un caso de inducción electromagnética. A_3 expresa:

² Adaptación de Llancaqueo, A.; Caballero, M^a; y Moreira, M.A. (2003).

TABLA 2: Situaciones Y Cuestiones Evaluación Final: Alumno 3 (A₃)

PCEA	PTEA (afirmaciones de conocimiento)	Representaciones
<p>Corriente Flujo magnético Campo inducido</p> <p>fem campo magnético variación de flujo fem inducida tiempo</p>	<p>Situación 2 Respuesta: indicada sobre la gráfica presentada (dibujo (d)).. ... “Corriente inducida (sentido horario observando la espira desde la derecha)”</p> <p>Cuestión 1 “en la espira se produce una variación de flujo magnético, según la Ley de Lenz, en la espira se generará una corriente cuyo sentido de circulación generará un campo inducido que se opondrá al campo generado por el solenoide para evitar el cambio en el flujo magnético (tiende a mantener su estado inicial).”... “(…) una vez pasado cierto tiempo (muy pequeño) sobre la espira no se produce variación del flujo magnético, por lo que no se produce la fem. Esto lo podemos deducir de la ecuación: (c) (c₁)“</p>	<p>(b)</p> $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(BA\cos\theta)}{dt}$ <p>(c) $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$</p> <p>(d)</p>  <p>(c₁) $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = 0$</p>

Mientras que otro de los estudiantes (A₁) respondió de forma reproductiva, haciendo uso de los términos científicos pero sin evidencias de haber desarrollado significados en un nivel de complejidad que le permitiera resolver problemas, y pareció no lograr producir -en sus respuestas- sus propias argumentaciones. Si bien en general las afirmaciones son correctas, las explicaciones son una reproducción de lo que aparece en uno de los textos de la bibliografía utilizada por la cátedra, referido a la situación en cuestión, porque se observa en ellas, una repetición textual. Así por ejemplo en la pregunta 4, A₁:

TABLA 3: Respuesta Final (Pregunta 4) Alumno 1

PCEA	PTEA (afirmaciones de conocimiento)	Representaciones
<p>Velocidad Campo magnético Generador Flujo magnético Tiempo Fem Corriente inducida</p>	<p>“Una espira cuadrada que gira en velocidad constante en un B uniforme y constante, es el diseño básico de un generador de AC “... “Cuando gira la espira varía el flujo magnético que la atraviesa, y su variación en el tiempo induce una fem, y una corriente inducida en un circuito externo.(b)”... “(b) Siendo θ el ángulo entre el campo magnético y una normal al área de la espira vector, de magnitud igual a su área y la (c)”... “Si reemplazamos por el desplazamiento angular</p>	<p>(a) B</p> <p>(b) $\Phi = B.A\cos\theta$</p> <p>(c)</p> $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -BA\frac{d(\cos\theta)}{dt}$ <p>(d₁) $\theta = \omega t$</p> <p>(d₂)</p> $\varepsilon = -BA\frac{d(\cos\omega t)}{dt} = BA\omega \sin\omega t$

Circuito	$(d_1), (d_2) \dots$	$(e_1) V = I.R$
Vector	(e_1) como $(e_2) \dots$	$(e_2) \mathcal{E}_i = I_i.R$
Desplazamiento	(Aclaración: el alumno no termina de responder las cuestiones que se le plantean).	$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$

El texto expresado por A1 puede encontrarse en "Experiencia 2B: Inducción Mutua" (11-5): Serway II Pág. 947.

En cuanto a las representaciones, en el alumno A₁ la utilización de éstas (simbólico matemáticas, pictóricas y gráficas) en las respuestas es repetición de figuras del texto. A su vez, el alumno A₂ muestra el uso de representaciones simbólico matemáticas, pictóricas y gráficas, pero no con la frecuencia que se esperaría. En las representaciones del alumno A₃ se observa que estas mejoran la capacidad explicativa y responden a imágenes relacionadas con el modelo científico. Algunas de las representaciones parece ser que son reflejo de las visualizaciones que manifestó precisar "*de manera más sencilla*" antes de resolver la situación. Este es un caso en el que el alumno utiliza representaciones de tipo analógicas. También recurre a la utilización de figuras (fotos) que muestran los elementos de forma física (imágenes de los instrumentos en el laboratorio) y sus conexiones.

Las producciones finales parecen mostrar que los PIO referidos a electromagnetismo de dos de los estudiantes (A₂, A₃), se corresponden con los modelos científicos que se esperaba que aprendieran, ratificándolo en las dos producciones finales (examen final A₂, y resolución de cuestiones A₃). En tanto que uno de los alumnos (A₁) limita el número de esquemas activados y a pesar de que los que emplea son consistentes con los modelos aceptados por la ciencia, no logra comunicarlos (examen final) por lo que se supone que daría muestras de que sus ideas no han alcanzado el nivel de significación esperado.

6-Conclusiones

Del análisis cualitativo del material disponible de los alumnos que conformaron el caso, se observa que en general las afirmaciones de conocimiento utilizadas corresponden al modelo científico matemático y que las representaciones simbólico matemáticas utilizadas por los estudiantes para justificar sus respuestas dan cuenta del progresivo proceso de conceptualización, si bien muestran notables diferencias. Se puede notar que las explicaciones son en términos más formales y referidas a las leyes que gobiernan cada tipo de fenómeno, y en algunos casos el uso de diseños.

Los resultados observados parecen evidenciar, como señalan Andrés, M. y otros (2006), que la evolución de los esquemas de cada estudiante avanza de forma independiente como producto de su actuación ante las diferentes situaciones.

El acercamiento a los esquemas reflejados de los estudiantes muestra que las construcciones realizadas se aproximan a los modelos científicos y podría indicar que efectivamente, como mencionan algunos autores (Almudí, M.; Zuza, K. y Bonet, E.; 2005), el desarrollo simultáneo conceptual y metodológico, y con éste el de sus competencias, se ve favorecido en la medida en que el proceso de enseñanza aprendizaje se produzca en un contexto de construcción de conocimientos, en que existan oportunidades sistemáticas y reiteradas para poner en práctica procesos de justificación típicos de la investigación y de la resolución de problemas científicos.

Nuevas preguntas surgen sobre los distintos niveles de respuestas, no sólo por la disponibilidad de conocimientos en acción científicamente aceptables en la estructura conceptual de los estudiantes, sino también sobre el nivel de complejidad de las relaciones explicitadas para tratar de modelar los significados construidos por los alumnos.

7-Bibliografía

- Almudi, M.; Zuza, K. Y Bonet, E. (2005). Explicando los fenómenos de inducción.
- Andrés, Z. y otros (2006). Desarrollo conceptual acerca de ondas mecánicas en un laboratorio guiado por el modelo MATLaF. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 5, Nº 2.
- Ander Egg, E. (1995). Técnicas de Investigación social. 24ª. Ed. Argentina: Lumen.
- Barais, A.W. And Vergnaud, G. (1990). Students' conceptions in physics and mathematics: biases and helps. In Caverni, J.P., Fabre, J.M. and González, M. (Eds.). (1990). *Cognitive biases*. North Holland: Elsevier Science Publishers. pp. 69-84.
- Bardin, L. (1996). El análisis de contenido. Akal. 2ª ed.
- Borges, T(1999). Modelos Mentales de electromagnetismo. Cuaderno catarinense de ensino de física ,15 (1), pp. 7
- Fogliati, P y Catalán, L. (2006). Desarrollo de Competencias en el Campo Conceptual del Electromagnetismo Básico.
- Guisasola, A. J.; Almudi, J. M. Y Ceberio, M. (2003a). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario, selección de cuestiones realizadas para su detección. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), pp.281-293.
- Guisasola, A. J.; Almudi, J. M. Y Zubimendi, J. L. (2003b). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), pp.79-94.
- Guisasola, A. J.; Salinas, J.;Almudi, J. Y Velazco, S. (2003c) Análisis de los procesos de aplicación de las Leyes de Gauss y Ampère por estudiantes universitarios de España y Argentina. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), pp.195-206.
- Guisasola, J.; Almudí, J. M.; Zubimendi, J. L. Y Zuza, K. (2005). Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(3), pp. 303-320.
- Kofman, H. Concari, S. (2000). Dificultades conceptuales con la Ley de Ampère: Análisis bibliográfico y simulación como propuesta V SIEF pp. 82
- Llancaqueo, A.; Caballero, M^a; y Moreira, M.A. (2003). El aprendizaje del concepto de campo en física: una investigación exploratoria a luz de la teoría de Vergnaud. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. vol.25 Nº.4, 2003. p. 9.
- Meneses Villagrà, Caballero Sahelices, C. (1999). El aprendizaje del electromagnetismo en la Universidad. Universidad de Burgos. España
- Moreira, M. A. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e apesquisa nesta área. *Investigações em ensino de ciências*. Vol. 7, N. 1.
- Pérez, A.M.(1999). Concepciones alternativas electromagnéticas en estudiantes universitarios de física general y sus implicaciones en la enseñanza. *Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte*,6, pp.5-27.
- Vergnaud (1990) La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didatique des Mathématiques*10 (23): 133-170.
- Velazco, S., Salinas, J. (1998). Modelos para el campo eléctrico en estudiantes universitarios a posteriori de la instrucción. IV SIEF pp. 341