



**UNIVERSIDAD DE BURGOS**

**PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO  
*ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS***

**Departamento de Didácticas Específicas**



**INDUCCION ELECTROMAGNÈTICA: HACIA LA  
APROPIACION DEL CAMPO CONCEPTUAL**

**TESIS DOCTORAL**

**LIDIA CATALÁN DE FERRARO**

**Burgos, junio de 2010**

**UNIVERSIDAD DE BURGOS**  
**PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO**  
**ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

**Departamento de Didácticas Específicas**



**Universidad de Burgos**



**Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul**

**INDUCCION ELECTROMAGNÉTICA: HACIA LA  
APROPIACION DEL CAMPO CONCEPTUAL**

**LIDIA CATALÁN DE FERRARO**

Tesis Doctoral realizada por **D<sup>a</sup> Lidia Catalán de Ferraro**, para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Burgos, bajo la dirección de la **Dra. Concesa Caballero** y la codirección del **Dr. Marco Antonio Moreira**.

Burgos, junio de 2010

# Resumen

El objetivo general de esta investigación fue explorar el proceso de construcción del saber de un contenido específico como es **el campo conceptual de la inducción electromagnética**, en estudiantes del ciclo básico de Ingeniería, a partir de la resolución de situaciones físicas problemáticas.

A través del análisis de las respuestas de los alumnos cuando se enfrentan con diversas tareas del campo conceptual mencionado, procuré describir el conocimiento en acción sobre el concepto de inducción electromagnética explicitado así como también identificar los niveles de conceptualización alcanzados por los estudiantes con relación a este concepto. De modo similar, se identificaron las situaciones problemáticas más favorables para una posible construcción de conocimiento más próximo a los modelos científicos. La referencia teórica que enmarca este trabajo es la Teoría cognitiva de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud.

La investigación se desarrolló a través de un proceso de focalización progresiva. Para la recolección de datos, analicé, en primer lugar, la bibliografía de uso común por el colectivo de alumnos y, posteriormente, elaboré instrumentos adecuados, en particular, en lo referido a la selección de situaciones problemáticas y ejercicios sobre un conjunto de conceptos subyacentes al de “inducción electromagnética”. Después de estudiar su confiabilidad y validez, utilicé las respuestas de los estudiantes a las situaciones presentadas en ellos, para describir sus significados y significantes antes y después de la instrucción, mediante un análisis documental de las mismas. Se conformaron dos grupos de alumnos, uno de los cuales abordó el aprendizaje de los contenidos desde una perspectiva didáctica tradicional; el otro, lo realizó mediante una estrategia didáctica alternativa, orientada a favorecer una progresiva transformación del conocimiento en acción que los alumnos utilizaban. De cada grupo seleccioné, intencionalmente, seis alumnos a los que les administré una entrevista para profundizar el trabajo de indagación. Simultáneamente, analicé las situaciones presentadas a los jóvenes para detectar rupturas y continuidades en la construcción de un conocimiento más cercano a los modelos científicos, así como para identificar las dificultades y errores presentes en ambos grupos.

Así, al abordar tres ejes temáticos dentro del campo conceptual en cuestión, a saber: interacciones (en el sentido de fuerzas), fuentes de campo magnético e inducción electromagnética, encontré que, inicialmente, estos jóvenes no poseían competencias –

en sentido amplio- para enfrentar y resolver situaciones propias de este campo conceptual.

A su vez, en las instancias diagnósticas finales, el análisis realizado me permitió llegar a concluir acerca de una mayor fortaleza del segundo grupo respecto al dominio del campo conceptual. Además, encontré la mitad de los estudiantes en niveles altos de conceptualización; las relaciones construidas y expresadas como afirmaciones de conocimiento, mostraron una mayor potencialidad explicativa de los fenómenos propios de este campo conceptual. Asimismo, observé una mayor diversidad en los modos de expresar los significados y una complementariedad de las expresiones lingüísticas con otros formatos expresivos, tanto pictóricos como simbólicos.

Las conclusiones de la investigación, aunque son propias de los alumnos entrevistados y del contexto institucional de donde provienen, pueden ser útiles para orientar otras investigaciones y constituyen un punto de partida para un trabajo académico más adecuado con las demandas actuales.

# Abstract

The main purpose of this investigation was to explore the construction process of a specific knowledge content, such as the conceptual field of electromagnetic induction, achieved by engineering freshmen students starting from physics problem solutions.

Through the analysis of the answers given by students when dealing with various tasks related to the abovementioned conceptual field, I tried to describe the representations they used to express the meanings on the electromagnetic induction concept, and to identify the conceptualization levels reached by the students in relation to this concept. Likewise, I tried to characterize possible concepts and theorems in action, as well as to identify the problems that might help a possible change in knowledge construction towards scientific models. The theoretical framework within the bounds of this research is Vergnaud's Conceptual Fields Theory.

This research was carried out through a progressive focusing process. For data collection, appropriate instruments – mainly for the selection of problems and exercises – were elaborated on a group of concepts underlying that of “electromagnetic induction”. The initial stage of the data analysis involved the reliability and validity study of these instruments. Then the students' answers were used to describe their significations and signifiers before and after their training, through a documentary analysis of such answers.

Two groups of students were formed: one dealt with the content learning from a traditional didactics perspective, and the other used an alternative didactics strategy, based on a strong social interaction and the solution of a group of situations tending to promote a progressive transformation of operational invariants and of symbolic representations used by the students.

Six students from each group were intentionally chosen for a profound interview, through which the investigation was deepened.

At the same time, the situations presented to the students in order to detect the interruptions and continuities in knowledge construction towards scientific models were analysed. The conceptualization level they reached together with the difficulties and mistakes present in both groups were also identified.

Thus, considering three focal points within the conceptual field in question, that is to say, interactions (in the sense of forces), magnetic field sources, and electromagnetic induction,

I found that at the beginning these students had no competence - in a wide sense- in facing and solving situations which are common in this conceptual field.

However at the final diagnostic analysis, the general information about the representations enabled me to conclude that a progressive mastery of the conceptual field was more strongly seen in the second group.

Three levels of conceptualization were found, and in the highest level, the relations created and expressed as knowledge statements showed a wider explanation potential about typical phenomena of this conceptual field. It was also found a wider range in meaning expressions, as well as in the use of linguistic structures, whether symbolic or pictorial.

The conclusions obtained, although typical of the interviewed students and of the institutional context from where they were gathered, may be useful to guide other investigations and may lead to a more appropriate way to face academic work in accordance with present demands.

# Agradecimientos

Al Dr. **Marco Antonio Moreira**, por su guía, sugerencias y por la generosidad con que ha liderado este campo científico particularmente en Latinoamérica

A la Dra. **Concesa Caballero Sahelices**, quien me alentó, guió y apoyó en todo momento, con generosidad, dedicación y experiencia. Por sus estimulantes consejos y sus revisiones

A la Dra. **Sonia Concari**, quien compartió su vasta experiencia como Investigadora y realizó importantes sugerencias durante el desarrollo del trabajo.

A los actores del **Programa Internacional de Doctorado Enseñanza de las Ciencias Experimentales**, por el apoyo desinteresado.

Al Ingeniero **Ricardo Gómez**, quien me concedió gustosamente su curso para llevar a cabo la investigación.

A la Profesora **Graciela Acosta**, quien leyó con paciencia y esmero las primeras versiones de la tesis

A las autoridades de la **Universidad Nacional de Cuyo**, de la **Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria**, por las licencias y becas concedidas.

A mis becarias y pasantes por su colaboración y disponibilidad.

A todos aquellos que de una manera u otra contribuyeron con el desarrollo de esta tesis, mi más profundo agradecimiento.



*A mi esposo*

*A mis hijos*



# INDICE

	Pág.
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCION GENERAL.....</b>	<b>8</b>
Introducción.....	10
1.1. El Problema.....	15
1.2. Estado del Arte y Antecedentes.....	16
1.3. Justificación del estudio.....	25
1.4. El porqué del estudio del campo conceptual de la Inducción electromagnético.....	26
1.5. El problema en el contexto académico.....	28
1.6. Objetivos.....	30
1.7. Estructura de la tesis.....	31
 <b>CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO.....</b>	 <b>33</b>
Introducción.....	35
2.1. Representaciones.....	36
2.1.1. El formato de las representaciones.....	37
2.1.2. Esquemas y Modelos.....	39
2.1.3. Modelos Mentales.....	40
2.2. Acerca del desarrollo en Piaget y Vigotsky.....	43
2.2.1. La formación de conceptos según Vigotsky.....	48
2.3. La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud.....	50
2.3.1. ¿Qué son los campos conceptuales?.....	52
2.3.2. ¿Qué es un esquema para Vergnaud?.....	53
2.3.3. ¿Son todos los esquemas eficaces y efectivos?.....	59
2.3.4. ¿Qué entiende Vergnaud ´por “concepto” ?.....	60
2.3.5. ¿En qué consiste la tarea educativa?.....	63
2.3.6. Investigación y Didáctica.....	65
2.3.7. ¿Cuál es la relación entre situación y contenido?.....	67

2.3.8.Orientaciones para la investigación didáctica .....	68
2.3.9.Aportes de investigaciones recientes con base en la TCC de Vergnaud .....	68
2.4. Conclusiones .....	71
CAPÍTULO 3 : METODOLOGÍA.....	74
Introducción.....	76
3.1.La investigación como marco metodológico .....	77
3.2. Justificación de la metodología utilizada .....	80
3.3. El análisis de los textos bibliográficos .....	83
3.4. La investigación sobre representaciones internas .....	84
3.5. La Entrevista .....	88
3.6. Test o Cuestionarios de lápiz y papel .....	91
3.7. El contenido de los cuestionarios.....	92
3.8. Análisis de la información .....	94
3.8.1.Dimension cuantitativa del análisis .....	94
3.8.1.1.Validez y Fiabilidad de los instrumentos .....	94
3.8.2.Dimension cualitativa del análisis.....	96
3.8.2.1.Análisis del contenido-análisis documental .....	96
3.8.3.Codificación de preguntas abiertas .....	98
3.8.4.Fidedignidad.....	98
3.9. El registro analítico .....	99
3.10. Características de los cuestionarios diseñados.....	100
3.11.Elaboracion de las preguntas o ítems .....	101
3.11.1. Diagnóstico Inicial .....	102
3.11.2. Diagnóstico Final.....	102
3.12. Diseño de actividades de los cuestionarios,actividades complementarias y la entrevista.....	102
3.12.1.Diseño de los cuestionarios .....	102
3.12.1.1.Cuestionario inicial .....	107
3.12.1.2. Indicadores seleccionados para el diseño del cuestionario de diagnóstico inicial .....	108
3.12.2.Cuestionario de integracion o final .....	109

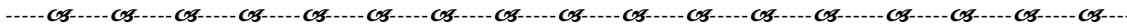
3.12.2.1. Indicadores seleccionados para el diseño del cuestionario de diagnóstico final.....	110
3.12.3. Entrevista .....	111
3.12.3.1. Criterios adoptados .....	111
3.12.3.2. Tipo de conocimiento a evidenciar .....	112
3.12.3.3. Selección de los entrevistados .....	113
3.12.3.4. Realización de las entrevistas .....	113
3.13. Estrategia didáctica .....	114
3.13.1. Los contenidos .....	115
3.13.2. El modelo didáctico alternativo .....	116
3.13.3. Guías de actividades .....	117
3.13.4. Características de la población en estudio .....	119
3.13.5. Referidas a los alumnos .....	120
3.13.6. Referidas al docente de aula .....	120
3.14. Análisis de la información .....	121
3.15. Tabulación de los instrumentos de recolección de datos .....	122
3.16. Análisis Cualitativos de respuestas .....	122
3.16.1 Tipos de respuestas .....	122
3.16.2. Categorías .....	123
3.16.3. Triangulación .....	123
3.17. Niveles de conceptualización .....	123
3.18. Instrumentos de recolección de datos .....	1206
3.19. Análisis de datos .....	126
3.20. Como cierre .....	127
<b>CAPÍTULO 4: ESTRATEGIA DIDÁCTICA.....</b>	<b>128</b>
Introducción .....	130
4.1. Modelos y Estrategias .....	133
4.2 . Análisis preliminar: .....	134
4.2.1 Contenidos Curriculares .....	134
4.2.2 Dificultades de los alumnos para el aprendizaje del campo conceptual .....	138
4.2.3. Ejes temáticos .....	140

4.3. Desde la mediación pedagógica .....	142
4.3.1. Instancias didácticas .....	142
4.3.2. Gestión de la clase .....	143
4.4. El modelo de intervención didáctica .....	143
4.4.1. Operatividad del alumno .....	144
4.4.2. Operatividad del profesor .....	145
4.4.3. Una mirada acerca de la intervención didáctica en el aula .....	146
4.4.3.1. Breve relato de la experiencia realizada .....	146
4.4.4. Actividades propuestas por ejes temáticos .....	147
4.4.5. Aspectos estudiados acerca de la resolución de problemas .....	155
4.5. Apreciaciones provisionales: .....	160
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS I .....</b>	<b>162</b>
Introducción .....	164
5.1. Estudios Preliminares .....	165
5.1.2. Estudio 1: Análisis de los textos usados por los alumnos .....	165
<b>5.1.2.1. Tratamiento del contenido Inducción electromagnética .....</b>	<b>167</b>
5.1.3. Análisis de resultados .....	169
5.1.4. Análisis general de los libros de texto .....	173
5.1.5. Conclusiones del Estudio 1 .....	<b>178</b>
5.2. Estudio 2: Análisis de los cuestionarios de lápiz y papel .....	183
5.2.1. Análisis de datos .....	184
5.2.2. Fiabilidad y Validación de los instrumentos .....	187
5.2.3. Conclusiones del Estudio 2 .....	189
5.3. Estudio 3: Análisis del Tipo de Respuesta .....	189
5.3.1. Tipos de respuestas .....	190
5.3.2. De las situaciones .....	199
5.4. Estudio 4: Tendencias generales en el conocimiento de los alumnos .....	202
5.4.1. Categorías y patrones emergentes .....	203
5.4.2. Identificación de posibles niveles de conceptualización iniciales .....	211
5.4.3. Distribución de patrones por grupo .....	220
5.4.3.1. Del conocimiento en acto .....	223
5.4.3.2. De las representaciones finales .....	223

5.4.4. Conclusiones del Estudio 4 .....	223
5.5. Posibles Obstáculos epistemológicos .....	225
5.6. Resumen de resultados .....	226
<b>CAPITULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS II: .....</b>	<b>230</b>
Introducción .....	230
6.1. Estudio 5 Subgrupo 1 .....	232
6.1.1. Descripción del contexto de clase .....	232
6.1.2. Representaciones, posible conocimiento en acto y niveles de conceptualización.....	233
6.1.3. Análisis de conceptos del subgrupo 1 .....	261
6.1.4. Descripción de las representaciones que utilizan los estudiantes del subgrupo 1 para dar significado al concepto de inducción electromagnética ..	265
6.2. Estudio 5 Subgrupo 2.....	266
6.2.1. Descripción del contexto de clase .....	266
6.2.2. Representaciones, posible conocimiento en acto y niveles de conceptualización.....	266
6.2.3. Descripción de las representaciones que utilizan los estudiantes del subgrupo2 .....	323
6.2.4 Análisis de conceptos del subgrupo 2.....	324
6.3. Tendencias detectadas en las respuestas de ambos subgrupos.....	326
6.3.1. Diagnóstico Inicial .....	326
6.3.2. Diagnóstico final.....	329
6.4. Resumen de resultados Estudio 5 .....	346
6.5. Niveles de conceptualización .....	349
<b>CAPÍTULO 7 : DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>356</b>
Introducción .....	358
7.1. Discusión de los resultados .....	359
7.1.1. Rupturas y continuidades en la conceptualización.....	359
7.1.2. Las ideas iniciales en el proceso de apropiación del campo conceptual	359

7.1.2.1. Carencias en los conocimientos iniciales necesarios para la construcción de nuevos conocimientos sobre el fenómeno de inducción electromagnética.....	360
7.1.2.2. Dificultades vinculadas a la identificación de las fuentes de campo magnéticos .....	361
7.1.2.3. Dificultades en torno al fenómeno de inducción electromagnética	362
7.2. Representaciones finales generales y posible conocimiento en acto construido por los alumnos .....	365
7.2.1. Características generales del conocimiento construido en relación a las Interacciones Electromagnéticas .....	365
7.2.2. Características generales del conocimiento construido sobre Fuentes de Campo Magnético .....	366
7.2.3. Características generales del conocimiento construido sobre Inducción Electromagnética .....	367
7.3. Representaciones finales y posible conocimiento en acto construido por los alumnos: estudio de caso .....	367
7.4. Posible conocimiento en acto y niveles de conceptualización .....	368
7.4.1. Posible conocimiento en acto según niveles de conceptualización ..	370
7.5. Debilidades o posibles obstáculos detectados para cada nivel.....	371
7.6. La estrategia didáctica alternativa .....	375
7.7. Potencialidad del Marco Teórico Metodológico .....	377
7.8. Conclusiones de la investigación .....	381
7.9. Conclusiones de los objetivos específicos de la investigación .....	387
7.10. Limitaciones de la investigación .....	390
7.11. Implicaciones Didácticas .....	392
7.12. Conclusiones y apertura hacia nuevas cuestiones.....	394
BIBLIOGRAFÍA.....	396
ANEXO I.....	433
ANEXOS II.....	437
ANEXOS III.....	443
ANEXOS IV .....	444





# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCION GENERAL





## Introducción

Desde hace muchos años, el hombre se pregunta por el conocimiento y el aprendizaje. En tal sentido, la investigación, por momentos, parece acercarse a ciertos consensos, pero sin dar respuestas definitivas, sino a momentos de síntesis desde dónde volver a posicionarse para reformular las consiguientes preguntas. La enseñanza de las ciencias, como nuevo campo multidisciplinario, se va así conformando con aportes teóricos de diversos campos. Situaciones histórico - culturales, perspectivas socio - antropológicas y pedagógicas, teorías psicolingüísticas, entre muchas otras, se resignifican, desde este ámbito específico del conocimiento, configurándolo gradualmente. Centrado en problemáticas que atraviesan desde la resolución de problemas hasta las contribuciones didácticas de la historia y la filosofía de la ciencia, es un campo de conocimientos que se nutre a través de una vasta y diversa investigación.

En las décadas de los '70 y '80, los trabajos sobre las concepciones alternativas, concepciones espontáneas, errores conceptuales o ideas previas, parecen llegar a ciertos acuerdos desde los cuales comienzan a plantearse diversas estrategias didácticas con la intención de superar los obstáculos diagnosticados para un aprendizaje de los modelos científicos (Moreira, 1998; Perales et. al., 2000; Campanario, 2001). Coexisten, en esa época, diversas hipótesis superadoras del modelo de estímulo-respuesta (“caja-negra”), del sujeto como “tábula rasa” dado por el behaviorismo. Así, casi como un hito en la interfase conductista/constructivista, Flavell (1970), acuña el término “metacognición” que representa el retorno hacia la mirada introspectiva de la psicología. Posteriormente, Posner, et al. (1982), postulan el “cambio conceptual” y un camino fructífero parece abrirse como sostén para superar las dificultades de aprendizaje diagnosticadas a partir de la investigación sobre las concepciones alternativas desarrolladas hasta el momento. Se plantea, sin embargo, una diversidad de estudios que cuestionan los argumentos iniciales de esta teoría, propiciándose la formulación de hipótesis complementarias como, por ejemplo, la del “cambio conceptual, metodológico y actitudinal” Gil (1993) y hasta epistemológico. Si bien, a partir de la década de los 90, cobran auge los trabajos sobre representaciones mentales; también progresivamente emergen, aquellos focalizados en el profesor de ciencias y en descripciones densas de los acontecimientos

que surgen dentro del salón de clases presentadas como “microetnografías del aula” (Moreira, op.cit.). El foco de interés de la investigación en este campo, centrado en la resolución de problemas, incluye múltiples estudios y propuestas. Desde los primeros planteamientos de Polya (1965, 1994) y Gagné (1971, cit. en Moreira 1995d), la solución de un problema es vista como un aprendizaje que incluye un tipo de habilidad intelectual de orden superior; Larkin, et al. (1976), Kempa (1986), entre muchos otros, muestran el vasto campo de trabajo de una problemática que aún sigue siendo objeto de estudio. Mayer (1986) asocia el desarrollo del pensamiento con la resolución de problemas, por lo que para este autor, pensar es análogo a resolver problemas. La idea de “pensamiento estratégico” (Monereo, 1990; Pozo et al., 1999) cobra fuerza y se relaciona, por otro lado, con aquella centrada en el uso de macroestrategias. Desde un enfoque complementario, Sternberg (1985, cit. en Neto, 1998), postula cinco componentes de la inteligencia, a los que llama metacomponentes y que se refieren a los procesos ejecutivos que utilizan las personas para planear, monitorizar y evaluar la resolución de problemas y, en general, toda la actividad cognitiva.

Dentro de la diversidad de propuestas que contribuyen al desarrollo de estrategias para aprender a resolver problemas y que se vinculan con el desarrollo del pensamiento, Perkins (1997) sostiene, entre otras, que el propósito de enseñar a pensar a los alumnos es prepararlos para que logren resolver problemas y tomar decisiones en forma reflexiva. En este sentido, aprender a pensar, se asocia en forma dialéctica a aprender a resolver problemas.

Por otro lado, la moderna psicología cognitiva, asume la metáfora del ordenador, para la cual, la mente humana funciona como un sistema de cómputo, un sistema de codificación y procesamiento de la información. Desde esta teoría, toda la investigación en educación en ciencias encuentra un nuevo nicho desde el cual replantear los modos en que se aprende y se enseña ciencia, en consonancia con los estudios que se realizan centrados en esta teoría. El desarrollo de este campo de conocimiento, sin embargo, no es suficiente para solucionar hasta el momento, la complejidad que presentan las múltiples dificultades y que, en distintas áreas, aún esperan respuesta. Así por ejemplo, es conocido el hecho de que los estudiantes tienen ciertas dificultades para aprender los conceptos medulares de la Física. La investigación del aprendizaje de los conceptos en Física, está más bien centrada en aspectos relacionados con la Mecánica. Coincidiendo

con Guisasola et al. (2003a) se observa que, en los trabajos publicados, se abordan problemas sobre conceptos relacionados con circuitos eléctricos, como intensidad de corriente eléctrica, resistencia, diferencia de potencial; si bien, últimamente el abordaje de temáticas relacionadas con el concepto de “campo” está creciendo gradualmente. Sin embargo, no se ha encontrado investigación didáctica suficiente sobre un concepto básico como es el de “inducción electromagnética”; tema clave dado que articula la electricidad con el magnetismo. Al respecto, es pertinente preguntarse cómo el alumno puede construir conocimiento en forma más acorde con los modelos científicos sobre este concepto, durante el periodo instructivo del ciclo básico de la educación superior universitaria.

Precisamente, el tema central de este trabajo consiste en la apropiación del campo conceptual de la Inducción Electromagnética por parte de estudiantes. Entendiendo el campo conceptual (Vergnaud, 1990), como el conocimiento producido en torno al concepto Inducción Electromagnética, y la apropiación se refiere al aprendizaje; se pretende conocer la construcción de conocimiento sobre este tema particular por parte de los estudiantes, actores propios de un escenario académico constituido en el ciclo básico de la Educación Superior Universitaria.

Resulta difícil determinar una razón por la cual se eligió este tema, dada la multiplicidad de motivos que atravesaban la toma de esta decisión. Como se ha mencionado, éstos fueron delineándose a partir de las preocupaciones e intereses que como profesor de física, giraban en torno, por ejemplo, a la resolución de problemas; su enseñanza y aprendizaje.

Se pensó que abordar el problema de la construcción de conocimientos operativos, por parte de los estudiantes, en torno al campo conceptual de la inducción electromagnética, abriría nuevos caminos hacia el entendimiento y mejora del proceso de aprendizaje de los conceptos físicos relacionados con ese fenómeno. Cuando se habla de “conocimiento operativo” se adhiere a la idea de Vergnaud (1999), quien hace referencia a aquellos conceptos que son utilizables para enfrentar y resolver situaciones, cualesquiera sean éstas.

Al respecto, la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (op. cit.), con raíces en Piaget y Vigotsky, puede representar un marco coherente para la investigación de la enseñanza y el aprendizaje en este dominio. (Moreira, 2002; Greca y Moreira, 2002; Soares y Fávero, 2002). La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (op. cit.) es

una teoría cognitivista, lo que para este autor consiste en “*una teoría psicológica del concepto, o mejor dicho, de la conceptualización de lo real*” 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*” Vergnaud (op. cit.). Si bien es una perspectiva teórica abordada en forma incipiente dentro del campo de la Física, tiene amplio desarrollo en la investigación sobre educación matemática en niños (Vergnaud et al., 1983<sup>a</sup>; Vergnaud, 1991; 1997; Vergnaud y Ricco, 1997).

Desde este enfoque el interés final se centra en localizar cuáles son las ayudas; la mediación pedagógica, que puede ser efectiva para favorecer una progresiva apropiación del campo conceptual. Como sostienen Fávero et al. (2002), Orrantia (2003), es necesario tener en cuenta situaciones de interacción social en el sentido vigotskiano (1986), que presupongan la adquisición de conocimiento que permita a los estudiantes resolver las diferentes situaciones a las que se enfrenten Vergnaud (op. cit.). Ésto entraña una relación dialéctica entre la adquisición conceptual y la capacidad de resolución de problemas en este campo específico. El problema, por lo tanto, consistió en indagar cuáles eran los conceptos e ideas; los fundamentos que utilizaban un grupo concreto de estudiantes al resolver un conjunto de situaciones físicas, la naturaleza de sus errores y dificultades; caracterizar aquellos conceptos, ideas y representaciones simbólicas, incluidas en ellos, para tratar de conocer cuáles se ponen en juego a la hora de enfrentar una situación, antes y después de un periodo instructivo propio de un curso de física universitaria básica, tanto en un enfoque tradicional como cognitivo.

Así, se trató de explorar un grupo de situaciones que permitiera a los estudiantes generar un progresivo dominio del campo conceptual al interactuar con ellas y, al mismo tiempo, procurar información sobre sus conocimientos en acción explicitados.

Desde estos presupuestos, la investigación se realizó en dos planos de análisis uno cuantitativo y otro cualitativo.

Para describir posibles transformaciones de los significados y significantes de un conjunto de alumnos, antes y después de la instrucción, se construyeron dos cuestionarios, en los que se propusieron diferentes situaciones vinculadas a conceptos subyacentes al de “Inducción Electromagnética” relacionados con fenómenos como interacciones electromagnéticas, fuentes de campo magnético, interacción entre un imán y una espira conductora, interacción entre un conductor con corriente y un imán,

funcionamiento de una brújula. Estos cuestionarios fueron sometidos a estudios de confiabilidad y validez y aplicados a los alumnos del grupo clase. Desde el plano cualitativo y, con la pretensión de explorar la expresión de posibles invariantes operatorios, y las representaciones iniciales y finales utilizadas por los alumnos, se procedió a realizar un análisis documental de las respuestas de los estudiantes a cada situación presentada. Se conformaron dos grupos de alumnos que, por razones de horarios, se constituyeron con 11 y 20 estudiantes respectivamente, pertenecientes al segundo año de Ingeniería (19-20 años de edad) de un curso de Física Básica. El primer grupo abordó el aprendizaje de los contenidos desde una perspectiva didáctica tradicional. El segundo grupo lo hizo mediante una estrategia didáctica alternativa, basada en la resolución de un conjunto de situaciones y en una fuerte interacción social dentro del aula. Se estimaba que, de esta manera, se podía llegar a favorecer una progresiva transformación de las representaciones mentales -invariantes operatorios- como significado y de las representaciones simbólicas como significantes, que los alumnos utilizaban.

Debido al análisis exhaustivo que requiere el tratamiento cualitativo de cada grupo se seleccionaron intencionalmente 6 alumnos con los que se profundizó el trabajo de indagación, incluyendo además, el análisis de las respuestas sobre diversas situaciones planteadas durante el desarrollo de entrevistas. En forma simultánea al análisis de representaciones simbólicas, y posibles conceptos y teoremas-en-acto<sup>1</sup> reflejados en el conocimiento emergente frente a la diversidad de tareas presentadas a los alumnos de ambos grupos, se identificaron aquellas situaciones que permitían explicitar el conocimiento construido y favorecían la apropiación de un conocimiento más cercano a los modelos científicos, así como al nivel de conceptualización alcanzado y las dificultades y errores presentes en ambos grupos. En tal sentido y a modo de referencia, en forma paralela, se analizaron tres textos de Física básica universitaria de uso habitual por el grupo de alumnos en estudio con el propósito de analizar la organización y expresión del contenido epistémico-didáctico de los mismos.

Los resultados alcanzados mediante los análisis cualitativo y cuantitativo, no sólo dieron cuenta de la potencialidad de la estrategia didáctica alternativa empleada en los sentidos anticipados, sino también permitieron una aproximación al modo en que los

---

<sup>1</sup> En esta tesis se utilizarán como sinónimos los términos referidos a “conceptos y teoremas en acto” y “conceptos y teoremas en acción”

estudiantes progresivamente adquieren dominio del campo conceptual, desde un punto de vista cognitivo.

## **1.1. El Problema**

En el contexto de alumnos de los primeros cursos de Ingeniería de la región donde se ha realizado el estudio, es común, observar que los estudiantes presentan dificultades para una correcta comprensión del fenómeno de la inducción electromagnética; este obstáculo se complejiza cuando intentan resolver situaciones dentro del marco de la Ley de Faraday-Lenz. Estos conflictos se entranan con los que surgen de la identificación de fuentes de campo magnético y del desconocimiento de los modelos teóricos sobre las fuentes de inducción magnética. Lo mismo sucede en aquellas situaciones vinculadas con las interacciones modelizadas a partir de la fuerza de Lorentz. Además, los estudiantes encuentran obstáculos cuando interpretan y operan con representaciones simbólicas utilizadas en los modelos científicos, para expresar las interacciones y transformaciones que se producen.

Las dificultades para aprender los conceptos propios del electromagnetismo clásico, comienzan a ser reconocidas, según diversos autores (Meneses et al., 1995; Guisasola et al., 2003 a, b, 2005, Almudi et al., 2005), desde no hace mucho tiempo. Ésta es un área de reciente investigación, a pesar de las reiteradas problemáticas reconocidas en muchos cursos de nivel superior por los profesores. Dado el marco referencial de este trabajo, los estudios seleccionados se orientan hacia tres aspectos fundamentales: aquellos vinculados a las dificultades que presentan los alumnos para el aprendizaje de conceptos acerca del electromagnetismo y los que se orientan a la investigación de propuestas didácticas. El uso de mediadores culturales resulta, en forma análoga, de interés en cuanto pueden convertirse en obstáculo para el aprendizaje o propiciar un camino superador de algunas de las dificultades observadas.

Estos trabajos pueden ser agrupados según estos criterios: a) publicaciones vinculadas a aspectos epistémico-didácticos del electromagnetismo y, en particular, sobre la inducción electromagnética referidos, por ejemplo, a la organización del contenido, perspectivas o enfoques, dificultades sobre la forma de enseñar estos temas, propuestas superadoras, etc. b) estudios relacionados con las dificultades para el aprendizaje de los



alumnos, por ejemplo, sobre los problemas de comprensión, enfoques psicológicos sobre cómo se aprende, concepciones alternativas, etc. y c) publicaciones sobre la temática relacionados con los mediadores culturales como recursos bibliográficos, el uso del laboratorio, u otros.

## **1.2. Estado del Arte y Antecedentes**

A fin de conocer las investigaciones sobre esta temática durante los últimos años, se revisó la literatura al alcance, de acuerdo a los siguientes criterios: a) publicaciones sobre la temática relacionadas con la triada pedagógica: los mediadores culturales como recursos bibliográficos, dificultades sobre la forma de enseñar estos temas, propuestas superadoras, el uso del laboratorio, entre otros; b) publicaciones vinculadas a aspectos epistémico-didácticos del electromagnetismo y en particular sobre la inducción electromagnética como la organización del contenido, perspectivas o enfoques, etc. y c) estudios relacionados con las dificultades para el aprendizaje de los alumnos, por ejemplo sobre los problemas de comprensión, enfoques psicológicos sobre cómo se aprende etc. Así, se consultaron las revistas Enseñanza de las Ciencias (1990-2009), International Journal of Science Education y Science Education (1997-2006), Caderno Catarinense de Ensino em Física (1995-2005), Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, desde su publicación. En forma análoga, se revisaron las memorias de diferentes Congresos, y Reuniones de ámbito nacional e internacional, como así también tesis doctorales relacionadas con la temática.

Dentro de los trabajos incluidos en las dimensiones epistémico –didácticas, se encuentran propuestas de abordajes mediante la discusión de enfoques históricos filosóficos, como el de Guerra et al. (2004) quienes observaron la motivación de los jóvenes de nivel medio a partir de este tipo de presentaciones, o propuestas mediadas por el uso de estrategias constructivistas (Meneses et al., 1995), así como el análisis de los contenidos, cambio conceptual en relación con circuitos eléctricos basados en categorización ontológica (Lee et al., 2001) o en el uso de analogías (Joshua et al., 1990; Paatz et al., 2004), los modos de razonamiento y la causalidad de los fenómenos (Viennot et al., 1999), la investigación orientada, (Furió, et al., 1997, 1998, 2001; 2003; Martin et al., 2001), Guisasola et al. (2003 a, b, 2005). No se puede dejar de mencionar

la influencia de la enseñanza enriquecida con aportes de la Historia y la Filosofía de la Física (Velazco et al., 1999)

Se destacan dentro de los primeros trabajos, Joshua et al. (op.cit.) quienes investigan la pertinencia de una *analogía térmica* para enseñar el concepto de electricidad. Mediante la contrastación entre un grupo control y otro experimental y con la ayuda de un cuestionario de lápiz y papel, encuentran ventajas relevantes en el aprendizaje de los alumnos del grupo experimental.

Colombo et al. (1990) tratan, a su vez, de establecer criterios que permitan seleccionar los núcleos más eficientes que sirvan de base para estructurar los *contenidos de la disciplina*. Toman como referente teórico a Ausubel y mediante una encuesta abierta sobre el concepto de energía y electricidad consultan diferentes grupos de estudiantes de nivel medio y universitario. Proponen tomar como concepto estructurador, el concepto de energía y subsumir al mismo, el de corriente eléctrica.

Furió et al. (1997, 1998), estudian las *deficiencias epistemológicas en la enseñanza* habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. Atienden a los problemas epistemológicos que tuvo que resolver la comunidad científica para hipotetizar acerca de las posibles dificultades que pueden presentar los alumnos. En estudios realizados con estudiantes de nivel medio y universitario básico, encuentran dificultades que suponen vinculadas a un paralelismo entre éstas y los problemas que a través de la historia, se presentaron en la formación de estos modelos conceptuales. También analizan *la enseñanza* del concepto de campo eléctrico en el nivel medio, basada en un modelo de aprendizaje como *investigación dirigida*, encontrando mediante el análisis de cuestionarios, orales y escritos, que los estudiantes logran una mayor asimilación de ideas significativas en comparación con los que reciben una enseñanza transmisiva, (Furió et al., 2001).

Martin et al. (2001) se preguntan cómo introducir el concepto de campo, y para ello realizan una investigación en el aula, utilizando encuestas, formulando y resolviendo problemas abiertos. Encuentran que, a partir de su *estrategia didáctica*, los alumnos logran adquirir una imagen de campo cercana a las concepciones científicas, alcanzando a discernir acerca de las diferencias entre las concepciones newtonianas y las interaccionistas. Detectan que los estudiantes que recibieron enseñanza tradicional, no

relacionan el campo con transformaciones energéticas debido a interacciones entre partículas ni tampoco logran relacionar el campo con aplicaciones tecnológicas.

Meneses et al. (1995), presentan una *secuencia de enseñanza sobre electromagnetismo* que pretende estudiar el cambio conceptual, metodológico y actitudinal. Para ello, asumen el currículum como un proceso flexible en continuo desarrollo e indagan las concepciones alternativas de los estudiantes; proponen, estos autores, una diversidad de actividades que implican a los alumnos en su propio proceso de aprendizaje, como instancias superadoras de un conjunto de concepciones alternativas detectadas.

Guisasola et al. (2005) proponen una *estrategia didáctica sobre magnetismo basada en investigación dirigida*, con resultados satisfactorios. Seleccionan ítems de análisis como fuentes de campo magnético, relación entre las mismas, funcionamiento de imanes, confusión entre fuerza y campo, confusión entre fenómenos eléctricos y magnéticos.

Para avanzar en el estudio de propuestas de enseñanza, algunos autores proponen el uso de analogías, tratamientos didácticos flexibles (Meneses et al., op.cit.) experimentales (Oliveira et al., 1999; Mc Dermott et al., 2001), por investigación dirigida (Furió et al., 2001), selección de objetivos de enseñanza que orienten hacia una progresión del aprendizaje relacionados con las categorías explicativas que presentan los estudiantes Guisasola et al. (2005).

La investigación acerca de las dificultades en torno a la apropiación de conceptos básicos del electromagnetismo, no sólo a nivel medio sino también universitario básico, da cuenta de los múltiples obstáculos para el aprendizaje de este “objeto físico matemático” (Vergnaud, 1990). Las problemáticas más comunes detectadas en la bibliografía, hablan de la complejidad de la temática. Un conjunto de obstáculos, por ejemplo, tiene que ver con la forma en que se realizan los aprendizajes; las competencias generales que pone en juego el aprendiz al aprender y las que necesitaría desarrollar, como el manejo de múltiples variables en la Ley de Inducción de Faraday, por ejemplo (Sánchez et al., 1999) o aquellas de tipo macroestratégico (Neto, 1998) o las dificultades propias de la resolución de problemas en este campo específico (Soares et al., op. cit.), o se centran en el análisis de contenidos y formas de razonamiento (Viennot et al., 1999). Otras dificultades señaladas por Velazco et al. (1999) se centran en la pobreza de los *modelos construidos sobre campo eléctrico* a

posteriori de la instrucción y se refieren directamente a las dificultades que presentan los estudiantes en torno a esta temática. También son detectadas aquellas que aluden a la *comprensión* de conceptos de electrostática, más bien de tipo ontológicas, como la asignación de entidades físicas a entidades simbólicas, o a las relacionadas con los referenciales elegidos al elaborar un modelo (Pocoví et al., 2000, 2001). En otros estudios, emergen problemáticas en relación con las *dificultades de comprensión de conceptos* electrocinéticos (Pontes et al., 2001); dificultades derivadas de la comprensión del papel de las fuentes electromotrices en un circuito o conceptualizaciones discordantes con el modelo científico, sobre resistencias eléctricas o acerca de la intensidad de corriente en circuitos en serie o en paralelo (Liégeois, et al., 2002). Los trabajos en esta área se desarrollan, en general, en ámbitos constituidos por alumnos de nivel medio.

Las *ideas, creencias y concepciones alternativas* de los alumnos son también fuente de dificultades. Ruiz et al. (1991), investigan las ideas de los alumnos de enseñanza secundaria sobre la corriente eléctrica detectando, como Closset (1983), un tipo de razonamiento secuencial respecto al comportamiento de la corriente en un circuito en contraposición con una visión global del sistema en el que sus elementos se encuentran en mutua interacción (Viento, 1989, cit. en Pérez, 1999). Utilizan preguntas de respuesta abierta, tests de elección de palabras y árboles conceptuales y luego emplean un análisis léxico. Detectan confusiones entre magnitudes y unidades, Ley de Coulomb, campo eléctrico y el desconocimiento del amperímetro como instrumento de medición de corriente al que confunden con un voltímetro. Observan la coexistencia de dos modelos uno ambiental o vivencial y otro más cercano al científico.

Furió et al. (1997; 1998) revelan dificultades vinculadas a la *conceptuación de los modelos electrostáticos*. Mediante el análisis de cuestionarios y entrevistas, administradas a los alumnos, detectan en los estudiantes, problemas en el aprendizaje de conceptos como carga y campo eléctrico. La interpretación de los fenómenos eléctricos no resulta una tarea sencilla dada la dificultad que representa el intento de explicación mediado por el modelo hidrostático de cargas eléctricas. Además encuentran que, pocos estudiantes usan el concepto de campo eléctrico en forma significativa.

Pontes et al. (op.cit.), analizan las *concepciones* de estudiantes de diferentes niveles de instrucción cuando interpretan y hacen predicciones sobre el funcionamiento de

diferentes circuitos eléctricos. Estudian la evolución de tales ideas y los resultados que obtienen muestran la existencia de diferencias importantes entre aprendices y expertos.

También existen trabajos derivados de las concepciones de los estudiantes sobre líneas de fuerza (Pocoví et al., 2002).

Soares et al. (2002), estudian la *resolución de problemas* de electricidad a través de intercambios verbales entre un novato y un especialista y observan las regulaciones verbales del aprendiz. Se inferirían un conjunto de dificultades derivadas del poco espacio para la interacción social que se observa en ciertas situaciones de aula.

Más recientemente, se encuentran trabajos sobre *campo eléctrico* (Viennot et al., 1992), Galili (1995), LLancaqueo et al. (2003a) donde se detectan *dificultades* derivadas: entre otros factores, de razonamientos lineales en torno al principio de superposición del campo eléctrico, y de una visión mecanicista; ocasionan no sólo una escasez de los significados construidos por estudiantes de nivel medio y universitario, sino también del uso de significantes que los expresan (Vergnaud, 1987; 1990).

Con referencia al *electromagnetismo*, Savelsbergh et al. (2002) relevan las dificultades encontradas en la *resolución de problemas*, en electrodinámica, a partir del análisis de las representaciones entre expertos y novatos.

Guisasola et al (2003c) destacan *deficiencias en la comprensión y el uso de la Ley de Gauss y la Ley de Ampère* ocasionados por modos de razonamiento como la fijación funcional, generada por el uso acrítico de las definiciones operativas. En algunos casos, estos autores observan un reduccionismo funcional cuando los alumnos confunden magnitudes vectoriales como el campo magnético, con operadores vectoriales, como la “circulación del campo vectorial”.

Las *concepciones alternativas* referidas a variados aspectos del electromagnetismo detectadas por Meneses et al. (1995) como tendencias en las respuestas a un grupo de cuestiones abiertas presentadas a los alumnos, son diversas. Así, por ejemplo, los jóvenes tienden a considerar un imán como una “*especie de dipolo*”. En cada polo existirían en forma concentrada o en exceso, cargas positivas y negativas. El polo norte se conformaría con cargas positivas. Esta afirmación se reitera al explicar las consecuencias de acercar un imán a un péndulo. También detectan confusiones entre

campo magnético y eléctrico. Interesa particularmente la asociación al fenómeno de inducción eléctrica de algunos fenómenos magnéticos lo que revela desconocimiento de estos últimos. Por ejemplo, cuando intentan explicar la atracción del hierro por el imán, interpretan que ésta ocurre debido a una distribución de cargas.

Asimismo, los efectos de la interacción entre un imán y un cuerpo cargado o el de una corriente eléctrica sobre una brújula, por ejemplo, son fenómenos explicados por los alumnos en forma independiente del estado de reposo o movimiento de las cargas.

Respecto de las interacciones visibles de los imanes sobre toda sustancia metálica encuentran explicaciones que consisten en una asociación del metal con los polos del imán, sin otra argumentación, lo que demuestra, para los autores, el desconocimiento de los tipos de materiales. También observan explicaciones sobre el imán en las que se le considera con una propiedad “mágica” de atraer cuerpos. Asimismo, algunos de los jóvenes piensan que existe una transferencia de carga del hierro al imán para que los dos cuerpos estén cargados. Por otro lado, si bien, reconocen el efecto de atracción de una corriente sobre un imán, desconocen la reciprocidad de la interacción.

Como fuentes del campo magnético, pocos estudiantes, reconocen la intensidad de corriente y, menos aún, a las cargas en movimiento, ignorando los efectos del campo magnético sobre una carga eléctrica en movimiento

En este trabajo, los autores encuentran que los estudiantes conocen vagamente experiencias sobre fenómenos electromagnéticos como el de Oersted, y experiencias sobre inducción electromagnética como la de mover un imán cerca de un circuito o un electroimán y, si bien, los alumnos reconocen la Tierra como un imán, desconocen la ubicación de los polos magnéticos, admitiendo que “*en el norte geográfico hay un gran imán capaz de atraer la aguja metálica de la brújula*” y “*debajo de la brújula existe un imán orientado por el imán de la Tierra*” (op. cit. pp.40).

Por otro lado, consideran que un electroimán está constituido por un imán cargado al que se le ha arrollado un hilo conductor. No reconocen que el núcleo de hierro cambia su estado de imantación.

Perez (1999) estudia, en forma análoga, *concepciones alternativas sobre electromagnetismo* y plantea una prueba o cuestionario con distintas actividades, administra una entrevista en profundidad y realiza observaciones no participantes, dentro de un proyecto de investigación acción en una perspectiva ausubeliana, con estudiantes de física universitaria general. Advierte que, algunas de las concepciones son similares a las detectadas por Meneses et al. (op. cit.), como la explicación de la

orientación de la brújula en el campo magnético terrestre, indistinción entre fenómenos eléctricos y magnéticos o aquellas vinculadas con la constitución y funcionamiento de un electroimán.

Guisasola et al. (2003a), avanzan en sus estudios sobre el electromagnetismo y diagnostican otro grupo de *concepciones alternativas* sobre el campo magnético estacionario, en relación con la identificación de las fuentes de ese campo, o con el desconocimiento teórico del imán o de una espira de corriente como fuentes de inducción magnética, o la interacción del campo con cargas y corrientes y la diferencia entre campos electroestáticos y magnéticos.

En el grupo de trabajos dedicados a las *representaciones mentales*, por ejemplo, se encuentran aquellos en los que se ha intentado identificar los modelos mentales - según la teoría de Johnson-Laird (1983)- que los alumnos construyen sobre el concepto de *campo electromagnético* al resolver problemas (Greca et al., 1997, 1998b). Evidencian mayor riqueza conceptual aquellos estudiantes que han logrado construir un modelo mental sobre este concepto. Greca et al. (2000) han revisado además, la teoría de representaciones mentales que guía la identificación de las representaciones del campo electromagnético.

Acerca del *electromagnetismo* y otros conceptos claves vinculados, como carga o intensidad de corriente, se evidencia que los mismos revelan la influencia de la instrucción recibida (Borges, 1998).

Borges (1999) reconoce, asimismo, una progresividad en los modelos mentales construidos sobre el electromagnetismo por diversas personas de diferente nivel instructivo, cinco de los cuales corresponden a magnetismo y tres a electromagnetismo. Mediante el análisis de entrevistas encuentra, junto al modelo científico, modelos iniciales para el electromagnetismo, tales como: el magnetismo como: atracción; como nube (o área de influencia); como electricidad y como polarización eléctrica. El primero consiste en el conocimiento fenomenológico de que el imán atrae objetos debido a una propiedad intrínseca. En el segundo, prevalece la idea sobre la proximidad de los objetos atraídos al imán según el alcance del campo magnético; el magnetismo es causado por el orden de la organización interna de los átomos y moléculas. En el modelo de magnetismo como electricidad, la atracción magnética se basa en la interacción entre cargas eléctricas, y se asocian polos magnéticos con cargas eléctricas.

En el cuarto modelo, los fenómenos se explican suponiendo que una separación de cargas eléctricas origina los polos; el campo magnético actúa sobre los átomos y moléculas orientándolos según la dirección del campo; conciben un tipo de polarización según un modelo semejante al caso de los dieléctricos. Por otro lado, en el modelo científico, la interacción directa entre polos es sustituida por la acción del campo; el magnetismo existe para estos sujetos, en un nivel microscópico como resultado del movimiento de cargas eléctricas o debido a la existencia de imanes elementales.

En relación al electromagnetismo, Borges (op. cit.) encuentra que al explicar el funcionamiento de un electroimán, algunas personas utilizan un modelo que consiste en la fusión de la electricidad y magnetismo sin distinción. En otro modelo emergente, se considera que la electricidad se concentra en el núcleo, por lo que éste debe ser un buen conductor y estar en contacto con el bobinado. Finalmente, también se encuentra otro modelo que corresponde al electrodinámico o científico. Éste es caracterizado por la idea de que una corriente eléctrica crea un campo magnético y el electroimán es visto como un imán temporal controlable por la circulación de corriente

Específicamente, sobre Inducción Electromagnética, Guisasola et al.(2005), seleccionan indicadores de aprendizaje sobre bases epistemológicas basados en la identificación de prerrequisitos para la comprensión de la inducción electromagnética como campos y fuerzas eléctricas y magnéticas, y validan un cuestionario en un pequeño grupo donde encuentran en los razonamientos de los alumnos, por ejemplo, la ausencia del uso de la ley de Lorentz para explicar el movimiento de un circuito en un campo magnético.

Recientemente, Almudi et al. (2005) abordan de lleno las problemáticas vinculadas con la comprensión de la inducción electromagnética y destacan, entre otras, confusiones sobre flujo y campo magnético.

En suma, dentro de las problemáticas de tipo cognitivo, algunas se vinculan con la construcción de concepciones distorsionadas sobre el concepto de “campo”, en general del campo electrostático (Oliveira et al., 1999; Viennot et al., 1999; LLancaqueo et al., 2003 a, b) o las debilidades encontradas en los niveles de conceptualización sobre campo eléctrico manifestadas, entre otras, a través de la escasez de invariantes operatorios en estudiantes de nivel medio y superior básico (LLancaqueo et al., op.cit.), o las concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario



que evidencian los estudiantes (Meneses et al., 1995; Guisasola et al., op.cit.) hasta las condiciones de aplicación de la ley de Ampère, así como las dificultades para operar con las expresiones matemáticas que representan campos y fuerzas (Guisasola et al., op. cit., Kofman et al., 2000; Greca et al., 1998).

Entre los trabajos de la investigación sobre *mediadores culturales* en torno a temáticas relacionadas, se destacan aquellos vinculados a la enseñanza asistida por ordenador, como los de Massons et al. (1993), Kofman et al. (op. cit.) o los centrados en el uso de experimentos (Andrés et al., 2006). Así, por ejemplo, aparecen dificultades tanto por las debilidades inherentes al contenido – un exceso de matematización- como por el tipo de operacionalización abordado en el tratamiento didáctico; o la presentación de un conjunto de actividades reproductivas con bajo nivel de reflexión. En forma análoga, se encuentran las derivadas de la bibliografía comúnmente utilizada. Algunos estudios atribuyen estas problemáticas también al tipo de tratamiento que se realiza en la bibliografía de referencia y al uso de recursos informáticos en algunas temáticas de nivel universitario básico ya sea por la estructura interna, el formato, la complejidad. (Kofman, 2000; Kofman et al., op.cit.).

Los *mediadores culturales* pueden, por ende, generar obstáculos para la construcción de los significados sobre temáticas del electromagnetismo.

A modo de conclusión, se puede resumir que la problemática respecto de la construcción de conceptos electromagnéticos se encuentra relacionada con *propuestas didácticas* para el tratamiento de este campo conceptual; dificultades relacionadas con los *mediadores culturales* que se suelen utilizar como así también una multiplicidad de trabajos vinculados con *dificultades de aprendizaje* de estos contenidos, de muy distinta índole. Aunque estrechamente vinculadas en muchos de los casos - si bien hay ensayos como los centrados en la investigación dirigida- las innovaciones didácticas estudiadas en este campo no son suficientes como para dar respuestas plenas a este problema. La influencia entre el aprendizaje y los estilos de enseñanza es ampliamente conocida. Por lo que, es indudable que mediante las estrategias didácticas ensayadas por distintos investigadores, es posible mejorar algunos aspectos del aprendizaje, particularmente, aquellas dificultades sobre las cuáles se focaliza la innovación didáctica como, por ejemplo, aquellos que apuntan a la construcción de modelos mentales. Sin embargo, la

diversidad de propuestas y recursos son insuficientes para satisfacer las necesidades de una problemática compleja resultado de múltiples aspectos como el nivel de abstracción o el tipo de modelos que son empleados para dar cuenta de estos fenómenos. En tal sentido, las habilidades o dificultades encontradas respecto al manejo de campo y flujo, dificultades de representación vectorial, de interpretación, de resolución de problemas, de construcción de modelos, de confusiones epistemológicas y limitaciones ontogenéticas son, entre otras, cuestiones importantes a considerar en cualquier evaluación diagnóstica de alumnos que aborden el aprendizaje de la inducción electromagnética, particularmente, para el diseño y desarrollo de estrategias didácticas que promuevan la construcción de conocimientos acordes con los modelos científicos.

Ahora bien, en el caso de estudiantes de 2º año, resultaría fructífero preguntarse acerca de las posibilidades que estos jóvenes tienen de construir significados (Vergnaud, 1990) que les permitan ser competentes frente a diversas clases de situaciones y que les represente una apropiación gradual de un campo conceptual como el de la Inducción Electromagnética.

Cuando se habla de campo conceptual de la Inducción Electromagnética, se entiende según la concepción de Vergnaud (1990). Es decir, se considera el campo conceptual como el conjunto de tareas o situaciones cuya resolución demanda, por parte de los estudiantes, el uso del concepto “inducción electromagnética” y aquellos con los que se relaciona en forma más estrecha este concepto.

En ese sentido y, desde una perspectiva cognitiva, es acertado y relevante indagar las representaciones que utilizan los alumnos, para expresar los significados que construyen sobre este campo conceptual. Asimismo, conocer los significados elaborados por los estudiantes, en términos de invariantes operacionales, -teoremas y conceptos en acto- como aquellas situaciones que les ayudan a explicitarlos tras el progresivo dominio de este campo conceptual, (Vergnaud, *ibíd.*).

### **1.3. Justificación del estudio**

La investigación sobre la “*inducción electromagnética*” puede abordarse desde diferentes perspectivas. Por ejemplo, se podría estudiar cuáles son las ideas previas de los alumnos sobre dicho fenómeno, cómo pueden diferenciar un campo vectorial del flujo de ese mismo campo, cuáles son los modelos mentales que construyen sobre flujo magnético, etc. Esta tesis se centra en el modo en que los estudiantes se apropian del

campo conceptual de la inducción electromagnética y en la búsqueda del conocimiento en acción que cada estudiante pone en juego al enfrentarse con una tarea. El tema está inmerso en una problemática que incluye la resolución de situaciones vinculadas a dicho fenómeno desde el conocimiento en acto -invariantes operacionales-, representaciones simbólicas, obstáculos y dificultades relacionados con conceptos del electromagnetismo básico, los que se intentarán explicitar a continuación.

#### **1.4. El porqué del estudio del campo conceptual de la Inducción electromagnética**

Tal como se observa en numerosos trabajos de investigación, las dificultades para el aprendizaje de la Física son múltiples. Aún en carreras universitarias se ha investigado que muchas de estas dificultades y obstáculos perduran después de varios años de instrucción transitados en esas carreras. También se ha investigado sobre diferentes estrategias que los docentes intentan aplicar para disminuir las dificultades. Como señalan Guisasaola et al. (2003a), el estudio del electromagnetismo resulta sumamente abstracto para los estudiantes, quienes se introducen dentro de un nivel de análisis cada vez más alejado de lo tangible, de lo que pueden percibir e imaginar (campos electromagnéticos, partículas elementales, flujo, etc.). Cada concepto a aprender, incluye a su vez, un conjunto de magnitudes estrechamente relacionadas que lo obligan a manejar más de una variable simultáneamente; situación que, en general, es sumamente compleja para los estudiantes. Además de los obstáculos y dificultades más generales que tienen para estos aprendizajes, se encuentran con otros derivados de la necesidad de construir una trama conceptual que como se ha dicho va mas allá de lo que es cercano y familiar para el alumno o de lo que puede imaginar, por lo que también va a requerir del uso de un sistema representacional organizado que le facilite la comprensión de todos estos conceptos. Por lo que, para representar aquello que no se puede observar en forma directa, debe necesariamente recurrir a modelos más evidentes, basados en representaciones gráficas, simbólicas y analógicas que lo acerquen a ese mundo abstracto y que puedan favorecerle una comprensión y un aprendizaje que luego pueda transferir.

Tanto desde la bibliografía revisada (Meneses et al., op. cit.), Borges (1999), Pérez (op. cit.); Guisasola et al. 2003, 2005); Almudi et al. (2005), como desde el aula, se han encontrado dificultades para:

- reconocer los imanes como fuentes de campo magnético mediante características propias de la interacción magnética;
- diferenciar polos magnéticos de cargas eléctricas;
- conocer que las líneas de campo magnético son cerradas y reconocer la inexistencia de monopolos;
- reconocer que las cargas en movimiento respecto a un observador inercial, producen campo magnético;
- explicar cualitativamente, en particular, el campo magnético de las más simples configuraciones de cargas en movimiento;
- analizar la causalidad de los fenómenos de inducción electromagnética demostrando confusiones entre campo y flujo;
- establecer relaciones cuantitativas entre velocidad de variación de flujo, flujo magnético, campo magnético, etc.;
- comprender el concepto de inducción electromagnética;
- interpretar el sentido de una corriente eléctrica inducida;
- dar explicaciones sobre la conservación de la energía a partir de la Ley de Lenz;
- diferenciar entidades físicas de entidades simbólicas como líneas de campo magnético y flujo.

Estas dificultades, sin embargo, pueden ser reconocidas como parte de las habilidades requeridas para demostrar una adecuada conceptualización del fenómeno. La inducción electromagnética constituye uno de los ejes o conceptos fundamentales para la enseñanza y el aprendizaje de la Física básica en Ingeniería, más aún, cuando se trata de ingeniería electromecánica.

Dado que la investigación en este campo es incipiente se considera de interés poder abordar el estudio desde un punto que permita un avance en la investigación, no desde una mera descripción de las ideas previas o concepciones erróneas de los alumnos, sino intentando acercarse a aquellas representaciones mentales que permiten atribuir significado a los fenómenos, como describir los modos que significan y aproximarse a

aquellos posibles invariantes operacionales y esquemas que los jóvenes puedan haber elaborado respecto del fenómeno de inducción electromagnética

Este concepto está estrechamente vinculado, a un importante conjunto de conceptos (campo magnético, corriente eléctrica, flujo magnético, etc.) y que puede desglosarse, a su vez, en una trama conceptual que incluya diferentes subejos conceptuales: uno vinculado con las interacciones en el sentido de la fuerza de Lorentz, otro con el campo magnético en sí mismo (fuentes, imanes, corrientes y dipolos) y otro a las transformaciones experimentadas a partir de las variaciones de flujo magnético; fenómenos atravesados por las leyes de conservación y la cuantificación de las relaciones. Guisasola et al. (2003a), describen el campo magnético como “*los dominios empírico y teórico del concepto*”. Esta visión facilita el establecer una secuencia para el tratamiento didáctico de la temática, resguardando un tratamiento inicial cercano a lo visible y más familiar para incursionar gradualmente en lo más abstracto. Precisamente la opción para su estudio, que es reflejada en la bibliografía de uso cotidiano dentro de este contexto universitario, por ejemplo, Resnick et al. (1982) y Serway (1998) establece esta secuencia para el tratamiento de los contenidos de forma tal que, una vez estudiadas las “interacciones eléctricas y magnéticas” se pueda continuar con el tema de las “fuentes de campo magnético” para finalmente abordar el tratamiento de la “inducción electromagnética” propiamente dicha. De modo que, tanto interacciones como fuentes de campo magnético, son temáticas consideradas como preliminares para el estudio de la inducción electromagnética.

Como se ha señalado, a pesar de las dificultades detectadas para su aprendizaje como, por ejemplo, la relación entre la Ley de Lenz y la conservación de la energía (Sánchez et al., 1999) o las deficiencias en torno al manejo de los campos vectoriales observadas en el aula, la investigación didáctica encontrada sobre este concepto básico como es el de “inducción electromagnética” no resulta suficiente, menos aún, si se trata de aquella vinculada con enfoques cognitivos.

## **1.5. El problema en el contexto académico**

Puesto que en este trabajo se abordará el estudio de este concepto en el marco del electromagnetismo clásico, resulta pertinente preguntarse acerca de cómo el alumno

puede construir conocimiento en forma más acorde con los modelos científicos sobre este concepto, durante el periodo instructivo del ciclo básico de Ingeniería electromecánica.

Este tema es de suma relevancia para futuros ingenieros electromecánicos, ya que en su perfil profesional<sup>2</sup> se destaca explícitamente: que:

*...” en su campo de acción sistemas eléctricos compuestos de plantas generadoras de energía eléctrica, líneas de transmisión...”*

Desde el punto de vista de algunos profesores de la asignatura, el concepto de inducción electromagnética:

*“... es clave en la carrera de ingeniería electromecánica porque es el punto de partida de innumerables aplicaciones tecnológicas. Aquí (en esta región) debería ser comprendido en su totalidad ya que podemos disfrutar de energía hidroeléctrica.*

*..”Faraday estableció las pautas científicas para el desarrollo tecnológico de, por ejemplo, generadores y motores”*

*...”Desde un punto de vista conceptual, la inducción electromagnética **muestra la simetría entre los fenómenos eléctricos y magnéticos**, de modo que el concepto de inducción electromagnética resulta central para establecer la inseparabilidad de ambos fenómenos...”*

Por lo tanto, se trata de indagar los conocimientos y tipos de representaciones que utilizan un grupo concreto de estudiantes para resolver una variedad de situaciones dentro del campo conceptual de la inducción electromagnética, caracterizar aquellos conceptos, ideas y representaciones simbólicas, que ponen en juego a la hora de enfrentar una situación al inicio y al final de un tratamiento didáctico, y las dificultades que encuentran. Para profundizar, dada la relevancia de la temática, se propuso desarrollar esta investigación centrada en el conocimiento de los procesos que siguen

---

<sup>2</sup> Documentos Curriculares Universidad Tecnológica Nacional Ingeniería Electromecánica (Ordenanza 1029/2004 del Consejo Superior , pp. 12)

los alumnos para apropiarse del campo conceptual. De aquí, se desprenden los primeros interrogantes que se desean responder con esta investigación:

- ¿Qué conocimientos y formas de representación utilizan para resolver aquellas tareas vinculadas al campo conceptual de la inducción electromagnética antes y después de una intervención didáctica centrada en la propuesta de “situaciones”?
- ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones que encuentran los alumnos cuando resuelven actividades o situaciones que forman parte de este campo conceptual?
- ¿Cómo influyen en la construcción de conocimientos, -nivel de conceptualización- diversos tipos de tareas, actividades o situaciones que se les presentan durante un proceso instructivo?

De acuerdo con estos interrogantes se ha desarrollado una investigación en el campo conceptual de la inducción electromagnética, buscando comprender cómo construyen conocimiento los alumnos sobre inducción electromagnética, a partir de una intervención docente mediada por estrategias didácticas diferentes; una tradicional y otra basada en situaciones, según Vergnaud.

Se pensó que, **abordar este problema**, en torno al campo conceptual de la inducción electromagnética, permitiría, explorar nuevos caminos para el planteamiento de estrategias didácticas que favorecieran una conceptualización más próxima a la de los modelos científicos. Para ello, se propusieron los objetivos que a continuación se presentan.

## 1.6. Objetivos

El objetivo general de esta investigación es explorar el proceso de construcción del saber de un contenido específico como **el campo conceptual de la inducción electromagnética**, en un nivel de complejidad dado por el ciclo básico de carreras de nivel superior como Ingeniería, a partir de una intervención didáctica.

Los **objetivos específicos** que guían esta investigación en momentos previos y posteriores a la intervención didáctica, son los siguientes:

- Elaborar instrumentos (cuestionarios) configurados con situaciones relativas al fenómeno de la Inducción Electromagnética que, posteriormente, serán utilizados en el aula como diagnóstico inicial y final de los conocimientos de los alumnos.
- Diseñar un conjunto de materiales didácticos (secuencia de actividades) sobre contenidos del campo conceptual.
- Analizar significados y formas diversas de representación que utilizan los estudiantes cuando resuelven tareas vinculadas al campo conceptual de la inducción electromagnética
- Caracterizar posibles conceptos y teoremas en acción antes y después de realizada una intervención didáctica.
- Describir los niveles de conceptualización, a través de un estudio de caso, en el conocimiento explicitado por los alumnos al enfrentar distintas situaciones del concepto de inducción.
- Analizar la influencia de la intervención didáctica propuesta sobre los significados y representaciones manifestados por los estudiantes.

## **1.7. Estructura de la tesis**

Esta tesis está organizada en siete capítulos. En el primer capítulo se introduce la investigación, se presenta la justificación del estudio, el problema, su fundamentación y los objetivos del trabajo.

En el capítulo **2**, se plantea el marco teórico. En este capítulo se presentan aquellos conceptos claves de la Teoría de Vergnaud y se intenta vincularlos a otros referentes cognitivos fundamentales como Piaget, Vigotsky. Luego se plantea la discusión de algunas investigaciones relacionadas con constructos vinculados con el campo conceptual de la inducción electromagnética, y un breve recorrido a través de las últimas investigaciones realizadas a la luz del marco referencial que se presenta.

En el capítulo **3**, se plantea la investigación propiamente dicha, la metodología y su fundamentación, los instrumentos para la recolección de datos, un breve resumen de la



intervención didáctica, las unidades de análisis y los métodos a los que se recurrió. En este capítulo se incluyen los criterios utilizados en el diseño de los cuestionarios administrados, su validación y el modo en que se estudió la confiabilidad. También se discuten y fundamentan otros recursos utilizados.

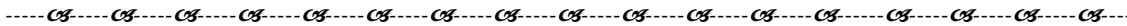
En el capítulo 4, se plantea y fundamenta una estrategia de intervención didáctica alternativa. En este capítulo, se encontrará la estrategia didáctica propiamente dicha, sus fundamentos y un análisis de la distribución de tareas en términos del modelo de gestión de la clase y de la resolución de problemas.

El capítulo 5 tiene, como propósito, presentar los resultados de un estudio preliminar organizado en cuatro estudios. En el primero, “estudio 1”, se examinan tres textos de uso común por los alumnos como bibliografía del curso. A su vez, en el “estudio 2”, se analizan los instrumentos utilizados en la recolección de datos. En los dos siguientes estudios, se exponen resultados generales del grupo clase, indagando el conocimiento inicial de los estudiantes y particularizando algunas miradas del mismo en dos subgrupos después de la intervención didáctica. Por ende el “estudio 3” consiste en un análisis del tipo de respuesta encontrada en los cuestionarios inicial y final y actividades complementarias. A su vez, el “estudio 4”, remite a un estudio cualitativo de las tendencias halladas en las respuestas reflejadas como categorías. De su análisis se infieren algunos posibles conceptos y teoremas en acto del grupo.

Posteriormente, en el capítulo 6, se presenta, como estudio de caso, el “estudio 5”, que podría representar el proceso de apropiación del campo conceptual de doce estudiantes, seis de los cuales experimentaron un estilo de intervención clásico y los restantes transitaron por un proceso de enseñanza y aprendizaje donde se instrumentó una estrategia didáctica alternativa.

En el capítulo 7, a modo de conclusiones parciales, ya que, como expresa el propio Vergnaud (op. cit.), la apropiación de conocimientos es un proceso prolongado en el tiempo, se discuten los resultados y se presentan las conclusiones generales.

Finalmente, se incorporan la Bibliografía y los Anexos.



## **CAPÍTULO 2**

# **MARCO TEÓRICO**





*Un conocimiento es ante todo darle un significado en donde se entran significado, significante y situación. El saber-hacer no puede oponerse al saber, puesto que constituye su criterio y se fundamenta en él. Saber y saber-hacer son dos vertientes indisociables del pensamiento conceptual (Vergnaud, 1990)*

## **Introducción**

En este capítulo, se presenta una descripción de los principales referentes teóricos que han guiado esta investigación, tanto en la fundamentación del problema de estudio como en el análisis e interpretación de los datos recogidos a través de los instrumentos diseñados para observar los procesos de aprendizaje de los estudiantes, mediante el desempeño de tareas propuestas, relativas al campo conceptual de la inducción electromagnética.

De acuerdo a la finalidad y objetivos definidos en este trabajo, se ha estimado pertinente, recurrir a teorías cognitivas actuales como la “Teoría de los Campos Conceptuales” elaborada por Gérard Vergnaud (1990), especialmente adecuada para comprender y explicar, la construcción de conceptos científicos complejos, como sucede con los científicos y técnicos. En los siguientes apartados se exponen los aspectos más destacados de dicha teoría.

Al respecto, cabe destacar que la adquisición de contenidos escolares y el proceso de conceptualización bajo el modelo de desarrollo del individuo, adquieren una relevancia no contemplada hasta el momento por sus predecesores (Castorina et al., 2005). De ahí, la importancia del análisis del proceso de formación de conceptos o “conceptualización”. Vergnaud amplía la idea de concepto, resignifica la noción de esquema e introduce nuevos constructos teóricos como “campo conceptual”, “situación”, “invariante operatorio”, “teoremas y conceptos-en-acto”, “conocimiento-en-acto”. Desde su posicionamiento, induce la revisión no sólo de la didáctica de los contenidos sino también la manera de investigar la construcción de conceptos científicos.

Gérard Vergnaud, Director de investigación del Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) de Francia, discípulo de Piaget, extiende y redirecciona su teoría al tomar como referencia el propio contenido de conocimiento y el análisis conceptual del progresivo dominio de ese conocimiento; asimismo se ocupa del estudio del desarrollo cognitivo del sujeto-en-situación La influencia de Vigotsky en su obra también es clara, en cuanto a la importancia que, por ejemplo, le atribuye al lenguaje y a las formas

simbólicas de representación. La teoría psicogenética de Piaget y el constructivismo socio-histórico de Vigotsky, aportan en este sentido, algunos elementos de interés para este trabajo de investigación.

Por otro lado, se ha considerado que para un tratamiento de las ideas más relevantes de la Teoría de los Campos Conceptuales, es conveniente revisar también algunos conceptos que la estructuran. Por eso, se introducen a continuación, en primer lugar, algunos conceptos de la Teoría del Procesamiento de la Información, que se consideraron fundamentales para las pretensiones de este trabajo, como es el sentido atribuido desde esta perspectiva teórica a las “representaciones”, en particular, las representaciones mentales. Seguidamente, en forma abreviada, se reúnen las ideas principales sobre dos teorías del desarrollo que son referencias claves para Vergnaud, como se anticipara: las teorías de Piaget y de Vigotsky; finalmente, se analizan las ideas más relevantes de la Teoría de los Campos Conceptuales. La síntesis sobre el estado de conocimientos actuales vinculados con los trabajos derivados de la Teoría de los Campos Conceptuales que se encuentran en Física cierran este capítulo dedicado a plantear las referencias principales desde donde se sustenta teóricamente esta investigación.

## **2.1. Representaciones**

La Teoría del Procesamiento de la Información es una de las ramas de la Psicología Cognitiva. Considera, esta teoría, que la mente es un sistema cognitivo que procesa información. Como tal posee una función representacional. Además dispone de mecanismos de aprendizaje que le permite incorporar nueva información y actualizar su memoria en respuesta al ambiente; cambiar su representación del mundo (Pozo, 2001). En tanto, desde esta teoría, las personas poseen un sistema cognitivo representacional, **perciben, piensan y actúan** sobre el mundo en base a las representaciones mentales que tienen sobre él (Greca, 1999, pp.257).

En términos generales, una representación, puede suponerse, como la forma cotidiana que una persona tiene para “volver a presentar” algo, tanto sea imaginario de su mundo interior como del mundo exterior, en su ausencia. En palabras de Eisenck et al. (1994, pp.80), una representación es:

*“una nota o señal o conjunto de símbolos que re- presenta algo para nosotros en ausencia de la cosa. Normalmente, esta cosa, es un aspecto del mundo externo o de nuestra imaginación (o sea de nuestro propio mundo interno).*

Cualquiera que sea el tipo de representación -notaciones, signos, conjunto de símbolos - en todos los casos, como se dijo, habrá un “mundo representante” de un “mundo que es representado”, relacionándose mutuamente para lograr cierto nivel de correspondencia entre ambos mundos (ibid.).

En Psicología y Ciencia Cognitiva se aceptan –controversias de por medio- distintos tipos de organización y almacenamiento de las representaciones, como también variedad de soportes o formatos representacionales, lo que da origen a distintas forma de clasificarlas y caracterizarlas.

Así, por ejemplo, una primera categorización agrupa las representaciones según puedan exteriorizarse a través de símbolos culturales o privativos del mundo interior propio de la mente. Dentro de este ámbito, es posible diferenciar además, algunos sistemas de representación como, por ejemplo, los sistemas de producción, las redes semánticas (Anderson 1983, cit. en Pozo, 1989; Mayer 1983, Moreira 1999a, Greca, 1999), o los esquemas (De Vega, 1984).

### **2.1.1. El formato de las representaciones**

Una de las cuestiones fundamentales para la comprensión del sistema cognitivo pasa por entender las propiedades y estructura del soporte representacional de nuestros pensamientos, es decir, cómo es el contenido de la información que se almacena. Al respecto, en la bibliografía se pueden encontrar diversas formas de caracterizarlas (Pozo, 2001, pp. 101). La tipificación tradicional, presentada por autores como Eisenck et al. (1994), Markman (1999), Johnson-Laird (1990), De Vega (1984), Jackendoff, (1988), Greca (op. cit), Moreira, op.cit.) refiere a representaciones externas e internas.

Las representaciones externas, puede decirse que nacieron con el hombre. Desde el comienzo de la humanidad, el hombre acudió a diversos signos para expresarse. Las pinturas rupestres y, tras un proceso evolutivo, el lenguaje, son un claro ejemplo de lo dicho.

Este “volver a presentar” o “representar” a partir del cual es posible lograr una forma de expresión hacia el mundo fuera de la persona se caracteriza como “representación externa”. Estas representaciones externas, como figuras y palabras, se usan cotidianamente y revisten una importancia especial en la comunicación entre las personas.

Por lo general, el mundo es simbolizado a través de dos tipos principales de representaciones externas. Mapas, menús, cuadros, proyectos, etc., son representaciones externas. Pero también lo son las palabras, o todo tipo de registro escrito que dependa de ellas; incluidas dentro de un grupo especial, se denomina *representaciones lingüísticas*. Otra forma de representación externa es el dibujo. Todo tipo de expresión gráfica, conforma el grupo de las *representaciones pictóricas o diagramáticas* (de diagramas). Esta última manera de representar externamente, agrega información al lenguaje. En una descripción, por ejemplo, la posición espacial puede suministrarse con mayor facilidad, a través de un croquis. En su lugar, la representación lingüística por sí misma, requeriría de una mayor cantidad de sentencias para producir una representación semejante. Eisenck et al. (op.cit), evidencian cómo la información que se obtiene de la descripción lingüística es superada por la descripción realizada a través de un diagrama, mientras que, el “diagrama parece naturalmente captar más sobre el mundo“(pp.181). Se dice, así, que las figuras y diagramas son representaciones analógicas<sup>3</sup>, porque su estructura se asemeja a aquella del mundo.

Las descripciones lingüísticas no tienen esta propiedad analógica porque la relación entre una señal lingüística y lo que ella representa es arbitraria. (Eisenck et al. 1960).

Cada individuo tiene, a su vez, la capacidad de generar cierto tipo de representaciones; representaciones que le son propias y particulares de su mundo ideacional. Estas son representaciones internas o mentales. “*El mundo representante está dentro de la cabeza del individuo*”. A su vez, no es tan claro si el mundo representado está en la mente, fuera de ella o en alguna combinación (Markman, op .cit.), pero se acepta que parte es propia y parte es externo a ella. (Greca, op. cit., pp.265)<sup>4</sup>. Las representaciones simbólicas, como se dijo, serían explícitas, estarían presentes en la memoria, pero no serían accesibles a la conciencia; no podrían “*convertirse en estados mentales*”. La conexión entre las unidades de información simbólicas, *podría generar representaciones abstractas, estables y en cierto grado independiente del contexto. La*

---

3 análoga: se tiene la misma estructura aunque haya diferencias en otros aspectos.

<sup>4</sup> Las representaciones distribuidas también incluyen símbolos sólo que en un nivel mas detallado.

mayor parte de las tareas cognitivas se analizan y explican en este nivel, (Pozo 2001, pp.101)

Por otro lado, desde una perspectiva clásica, **las representaciones simbólicas** se pueden agrupar en **analógicas y proposicionales**. Las primeras serían aquellas más concretas como imágenes visuales, auditivas, modelos mentales, etc.

Si bien se reconoce un fuerte debate respecto de la distinción entre estos dos tipos de representaciones (Moreira, 1996, 1997a; De Vega, 1984.), se asume, por ahora, que las representaciones analógicas *“tienden a ser imágenes que pueden ser visuales, auditivas, olfativas, táctiles o cinéticas. Las Representaciones proposicionales son representaciones semejantes al lenguaje que captan los contenidos ideacionales de la mente, independientemente de la modalidad original en la cual la información fue encontrada”* (Eisenck et al., op. cit. pp.183). Algunas de las características de este tipo de representación, tanto analógicas como proposicionales, son similares a las de las representaciones externas. Por lo que, su referencia, es un buen punto de partida para el estudio de las representaciones internas.

### **2.1.2. Esquemas y Modelos**

Los esquemas representan la información necesaria para guiar la acción en un escenario dado mediante una teoría “prototípica” del significado (Rumelhart, 1984 en Pozo, op. cit. pp.55). Se organizan en forma jerárquica, incluyéndose unos en otros y están más orientados a la acción que a la descripción verbal por lo que tiene un carácter más procedimental que declarativo, si bien, se puede integrar ambos tipos de representaciones. Dado que se recuerda sólo la información que es representada en forma de esquemas, no la información que realmente se presenta, se producen, en muchos casos, distorsiones organizadas (Pozo, *ibid.*)

Esta perspectiva, utilizada durante casi 10 años hasta aproximadamente 1985, en diferentes ámbitos de investigación (solución de problemas, aprendizaje o psicología social), tiene la limitación de representar “el significado”, en tanto, resulta difícil generar *“representaciones verdaderamente semánticas en un sistema de cómputo sintáctico”* (*ibid.*).

Los esquemas resultan eficaces para reconocer situaciones programadas (Johnson –Laird, 1983; Pozo, 1989, 2001). La alternativa a esos esquemas fueron los



modelos mentales que, a diferencia de los esquemas, no son paquetes cerrados de información almacenados, de modo estable y explícito, en la memoria permanente, sino representaciones que se construyen “*ad hoc*” en respuesta a las demandas situacionales de un contexto concreto. Los esquemas serían como “programas enlatados” aunque se activan desde la memoria a largo plazo, los modelos mentales son situacionales, se construyen aquí y ahora, en la memoria de trabajo (Pozo *ibid*, Moreira *op. cit.*)

### **2.1.3. Modelos Mentales**

Un tercer tipo de representación interna es el modelo mental. Es un constructo representacional que, para Johnson Laird (*op. cit.*), puede ser total o parcialmente analógico, y hasta parcialmente proposicional, pero siempre mantiene alguna relación con la imagen.

Johnson –Laird (*op. cit.*), distingue tres tipos de representaciones mentales: imágenes, modelos mentales y proposiciones. En forma semejante a los lenguajes de programación de los utilitarios informáticos –Basic, Pascal etc. –, los modelos mentales y las imágenes son representaciones de alto nivel (Eisenck et al., *op. cit.*).

Las proposiciones son representaciones de cosas que pueden ser expresadas verbalmente y, así, tienen un formato semejante al lenguaje natural. Los modelos mentales incluyen varios grados de estructuras lógicas. Las propiedades esenciales de los modelos mentales, es que son analógicos, específicos y concretos, a diferencia de las proposiciones que, como las descripciones lingüísticas, son indeterminadas; es decir, describen una variedad de posibles estados de cosas.<sup>5</sup> A su vez, las imágenes corresponden a:

*“vistas de los modelos como el resultado de la percepción o de la imaginación, ellas representan las características perceptibles de los objetos del mundo real correspondiente”* (*ibid*)

---

<sup>5</sup> La proposición “el cuaderno sobre el escritorio” podría representar un cuaderno específico que está sobre el escritorio, en una zona o posición específica.

Los **modelos mentales**<sup>6</sup> son *análogos estructurales del mundo*, que se forman por la combinación de abstracciones de conceptos y de objetos o de eventos o a partir de primitivos conceptuales.

*"Un modelo representa un estado de cosas, y consecuentemente su estructura no es arbitraria, tal y como lo es la de una representación proposicional, pero desempeña un papel representacional o analógico directo. Su estructura refleja aspectos relevantes del estado de cosas correspondientes en el mundo."* (Johnson-Laird, op cit., pp. 211)

Aunque estos constructos son diferentes, están relacionados entre sí y son útiles para la persona, para explicar, controlar y predecir diversos sucesos de la realidad.

Los modelos mentales se determinan a través de una serie de inferencias y entendimientos de parte de quien los construye que incluyen sus supuestos acerca del mundo. Son espacial y temporalmente "análogos" a impresiones sensoriales, pero pueden ser vistos desde cualquier ángulo y no se asocian a aspectos específicos de una instancia particular. A su vez, son vistos por la persona, como imágenes y pueden contener representaciones proposicionales.

Se componen de elementos -rasgos- y relaciones que (re) presentan un determinado estado de cosas, estructurados de acuerdo al proceso sobre el que deberán operar. Pueden construirse sobre la base de información, verbal o perceptual, teniendo como característica fundamental la funcionalidad. Las personas construyen, instantáneamente, un modelo según donde se necesita aplicar.

Es importante diferenciar los **modelos conceptuales de los modelos mentales**. Los modelos conceptuales se proyectan como instrumentos para la comprensión o para la enseñanza. Son representaciones precisas, conscientes y completas de sistemas físicos, de sistemas naturales, por ejemplo, contruidos por la comunidad científica. Son representaciones externas individuales o culturales.

Los modelos mentales son internos, no necesariamente precisos, pero deben ser, funcionales. Evolucionan naturalmente por interacción con el sistema. Son más amplios

---

6 Catalán L. Fundamentos Teóricos del aprendizaje. Monografía. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre. Brasil Univ. de Burgos. España

y, según el caso, incluyen, por ejemplo, el código de procedimientos con los cuales operar un objeto/evento que se está representando.

Para Johnson - Laird, las personas utilizan modelos mentales para razonar, ya que en la medida en que estos bloques cognitivos se combinan para adecuarse a la necesidad, se van a verificar las conclusiones a las que se llega al usarlo.

*El núcleo duro de la teoría de Johnson Laird es la **idea de modelo mental**. Si una persona, un aprendiz, **comprende** algo quiere decir que tiene un modelo mental, un modelo de trabajo de esa situación. Los modelos mentales pueden ser perceptuales o ser contruidos a través del discurso o de los conceptos. La percepción es la fuente básica de modelos cinemáticos y dinámicos tridimensionales del mundo. Tales modelos tienen la misma estructura de los objetos o eventos que representan: pero un modelo mental también puede ser contruido a partir de un conjunto de afirmaciones sobre objetos o eventos. La comprensión el discurso, implica la construcción de un modelo mental. (Moreira, 1997a, pp.13)*

Según Moreira, el aprendizaje de un modelo conceptual en un dominio de conocimiento, puede contribuir a formar modelos mentales que permitan a las personas realizar explicaciones y predicciones (ibid., pp.10).

Si se desea **representar el modelo mental** de una persona acerca de un estado de cosas - obtenido generalmente a partir de protocolos verbales-, es necesario tener un modelo conceptual sobre ese estado de cosas y distinguir entre los modelos de mentales del investigador y el de la persona en estudio. Norman (cit. en Moreira op. cit.) sugiere contemplar tres factores: el **sistema de creencias** de la persona, la **observabilidad** o correspondencia entre parámetros y estados físicos observables y los del modelo mental que sean accesibles a las personas; correspondencia que debe mantenerse entre el modelo conceptual del modelo mental y el sistema físico y la **potencia predictiva**. En tanto los modelos mentales han de ser funcionales, la persona debe poder hacer inferencias o utilizar ciertos procedimientos, que le permitan explicar y prever el sistema físico. En la literatura sobre el tema, existen ya un conjunto de experiencias que ponen en evidencia los modelos mentales o algunas de sus propiedades.

Otros sistemas de representación, como los Sistemas de Producción, o cadenas de pares condición –acción, ya mencionados, son unidades de información que responden a modelos computacionales generales. Están constituidos por conjuntos de reglas “si...entonces” (if - than), como por ejemplo:

Si termino a tiempo entonces iré al cine

*Si -condición- entonces -acción-*

Si se produce la condición, entonces se dispara una conducta específica o una modificación del contenido en la memoria de trabajo, situación que, a su vez, puede servir de condición para una nueva acción. O sea, cada vez que aparece la condición en la memoria de trabajo, es comparada con todas las condiciones de las reglas existentes en la memoria de largo plazo hasta encontrar la regla que satisfaga la condición por completo y, así, disparar la acción correspondiente. Por lo que algunas unidades de información, o sistemas de producción, compiten por volverse activos.

Los Sistemas de Producción, reflejan un sistema de control, que tiene por función, disparar procedimientos en la memoria de largo plazo, a partir de contenidos existentes en la memoria de trabajo. A su vez, los procedimientos proyectados en la memoria de largo plazo, controlarán los siguientes pasos a través de sus efectos en la memoria de trabajo.

Entre las limitaciones que presenta este tipo de modelo, se destaca, por un lado, que el proceso de búsqueda del camino adecuado para la resolución de un problema específico, según las posibilidades que ofrecen las reglas, sólo sería posible si el objetivo de la búsqueda está claro. Por otro lado, si no se dispone de reglas quedaría un vacío difícil de superar. No está claro, por ejemplo, cómo este tipo de representación puede explicar los comportamientos que se esgrimen frente a situaciones nuevas.

## **2.2. Acerca del desarrollo en Piaget y Vigotsky**

Piaget y Vygotsky se centran en la interacción entre el individuo - sujeto de aprendizaje-, los procesos mentales y el medio. Sobre esa base, se trata también de teorías acerca del aprendizaje humano (Molina et al., 1995, pp.75). Piaget (1896-1980), dedicó su vida a investigar y comprender la psicogénesis de la inteligencia humana. Su trabajo, desarrollado en Suiza, resulta central para la comprensión de la problemática del aprendizaje. Una visión puramente piagetiana del aprendizaje pone el énfasis en el

*desarrollo cognitivo y el desarrollo de las estructuras mentales del sujeto* (Molina y Prieto, op cit, pp.78).

El sujeto humano es, para Piaget, un sujeto activo que construye sus propias estructuras cognitivas. Si bien, éste **conoce a través del contacto directo** con la realidad, no importa tanto la transformación de esa realidad sino el modo en que el sujeto opera intelectualmente. La psicogénesis de la inteligencia es un proceso "*endógeno, natural y espontáneo*" (Piaget, 1985, pp. 117-190) y la "*inteligencia es una adaptación*" que tiene por función esencial:

*"estructurar el universo como el organismo estructura el medio ambiente inmediato* (Piaget, 1959, pp.10)

Piaget considera que la forma en que el sujeto conoce el mundo que lo rodea, la relación entre el sujeto cognoscente y los objetos de su experiencia es una expresión particular de la relación entre organismo y medio. El conocimiento adquirido por aprendizaje es "asimilado", incorporado a un **esquema**. El **aprendizaje**, en esta teoría, surge como un proceso de adaptación del ser humano a su entorno social. Es un proceso activo del desarrollo ontogénico regulado culturalmente, más que biológicamente.

El **desarrollo cognitivo** consiste en la **construcción progresiva de estructuras** que dotan al sujeto de una progresiva y creciente capacidad de asimilar información respecto de su entorno. Las estructuras cognitivas son estructuras de asimilación, es decir, **instrumentos** mentales que permiten la **asimilación del mundo** por parte del sujeto y, por tanto, su conocimiento. Este conocimiento es el resultado de la **interacción** entre sujeto y objeto.

El progreso del desarrollo mental se produce a través de interacciones entre organismo y medio; mediante un proceso que denominó "equilibración", por el cual, las personas **aprenden** cuando se enfrentan a una situación de desequilibrio cognitivo. Esto ocurre cuando las teorías explicativas sobre la realidad y lo que realmente ocurre en ésta no coinciden, por lo que se necesita encontrar respuestas que permitan restablecer el equilibrio necesario para ajustar las acciones.

Para restablecer el equilibrio, es preciso que se den de modo complementario dos procesos: la asimilación y la acomodación. Ello conlleva las operaciones del pensamiento, donde se privilegia la diferenciación y la adecuación al medio ambiente, mediante el proceso de la acomodación. (Piaget, 1985, pp. 117-190).

Piaget diferencia **desarrollo y aprendizaje**. El **desarrollo condiciona el aprendizaje**; el desarrollo se hace por etapas y es endógeno. Equivaldría a un desarrollo de tipo genotípico. En cambio, el aprendizaje equivaldría, más bien, a un cambio fenotípico (Piaget, op. cit). Pero no todo aprendizaje provoca desarrollo. Para ello, han de transformarse progresivamente las estructuras y esquemas cognitivos. El desarrollo más alto se alcanza cuando se llega al nivel del razonamiento abstracto o formal, que capacita para el aprendizaje científico.

Sin embargo, no siempre el aprendiz procesa la información reestructurando sus esquemas, por ejemplo, **si la información se acumula en forma fragmentaria, en ocasiones hasta puede convertirse en obstáculo para el desarrollo del pensamiento** (Pérez et al., 1995, pp.45).

*Las implicaciones didácticas de esta concepción orientan al docente para que, de un modo general, provoque desequilibrios en el organismo para que se reestructure cognitivamente. En la enseñanza el docente debe activar estos mecanismos adaptativos, cuidando que las actividades sean compatibles con el nivel de desarrollo mental del aprendiz. La oportunidad de hacer, de demostrar ha de estar disponible para el alumno, pero dentro del contexto de argumentación del profesor. (Moreira, 1995 f, pp. 9)*

Para Piaget, el esquema es un instrumento principalmente de **adaptabilidad** siendo fundamental la organización de conocimientos para resolver nuevos problemas y adquirir nuevos conocimientos. Aunque los esquemas necesitan adaptarse en función de la experiencia, se asimilan nuevos datos y el esquema debe acomodarse a la nueva situación. Cuando se reconoce un concepto-clase por ejemplo “casa” la mente busca los esquemas mentales ligados a él como habitaciones, cocina, baño, muebles. Según el momento en que se esté, se hará uso de los más adecuados, si se desea comprar una casa, se evocarán precios, préstamos, distancia al trabajo, agencias inmobiliarias, etc. Cuanto mayor sea el número de otros esquemas, mayor será la probabilidad de afrontar la interacción que se nos presenta.

**Vigotsky** (1896-1930), enfatizó el uso de **instrumentos y signos** como mediadores de la *interacción social*, de la relación dialéctica entre el hombre y la

cultura. Esta interacción es el medio, *el camino para el desarrollo cognitivo*. Supone la internalización de construcciones socio histórica y culturalmente elaboradas.

Llamaba **internalización** a la reconstrucción interna de una actividad externa, sobre la base de operaciones con signos. (Rivière, 1989)

El **aprendizaje**, desde su perspectiva, consistía en la apropiación; la reestructuración y la recreación de la cultura a través de una reelaboración individual y grupal de la cultura del grupo de un sujeto, desde donde transforma la realidad y se transforma el modelo.

Al enfrentar el problema teórico, Vigotsky, centró su análisis en la **actividad**. Para él, la actividad, implicaba un componente de transformación del medio con ayuda de instrumentos. Sostenía que el empleo de útiles y medios representaba para el individuo, simultáneamente, el desarrollo de un sistema de regulación de la conducta, y la unidad esencial de construcción de la conciencia. En tal caso, consideraba necesarias las herramientas ya que le permiten la regulación y transformación del medio externo, sin descartar la regulación de la propia conducta y la conducta de los otros , a través de signos - como el **lenguaje**- , que median la relación del hombre con los demás y consigo mismo.

Si bien, establecía una semejanza entre signos y herramienta debida a la función mediadora de ambos, la diferencia estaba en que orientan la actividad humana en forma distinta *La herramienta orienta la actividad en forma externa*. Es un transmisor de la influencia del contexto social sobre el objeto de la actividad (y debe acarrear cambios en los objetos). El *signo, a su vez, orienta la actividad en forma interna* y no cambia absolutamente nada en el objeto de una operación psicológica. Es un medio de actividad interna que aspira a dominarse a sí mismo. Pero, antes de ser medios de actividad interna, los signos son mediaciones externas, instrumentos brindados por el medio cultural del aprendiz. (Rivière, op. cit. pp.43).

Vigotsky partió de la génesis social del individuo. Propuso que, el sujeto es un resultado de la relación. A su vez, la conciencia es un resultado de los propios signos así como las funciones superiores son un resultado de la comunicación misma. De esta manera, la conciencia y las funciones superiores se enraízan en el contexto que rodea al individuo. Estableció que, las funciones superiores no tienen sólo un origen natural, sino que tienen, ante todo, una historia social. Precisamente, en el desarrollo cultural del niño, realza la Ley de la doble formación (Vigotsky, 1986), explicando que, toda función

aparece dos veces; primero a nivel social y luego a nivel individual (inter e intrapsicológica)

Para él, las funciones superiores son el resultado de la influencia cultural en el aprendizaje y el desarrollo, y sólo podían ser explicadas en sus génesis por su historia, situándolas en el contexto original.

La teoría vigotskiana resalta la importancia de la **instrucción** como método más directo y eficaz para introducir el mundo cultural del adulto, cuyos elementos simbólicos son esenciales para un desarrollo autónomo.

Por tanto, la humanización resulta ser un producto de la educación formal e informal, concebida en términos de interacción entre el sujeto y su entorno social.

*Siempre mantuvo el interés por vincular la psicología científica con la labor educativa y nutrió sus trabajos con experiencias educativas reales. De donde refiere la educación formal como instrumento esencial de "enculturación y humanización". (Rivière op cit pp.18).*

En esta teoría se plantean los conceptos sobre zonas efectivas *de desarrollo* y de *desarrollo próximo* o *potencial*. En la primera zona, el aprendiz puede trabajar solo, sin intervención docente. En cambio, si el que aprende se encuentra en la zona próxima de desarrollo - zona potencial- , necesita de un “mediador” para aprender, que le ayude a lograr autonomía. Se define la Zona de Desarrollo Potencial (ZDP), como la diferencia existente entre el nivel de conocimiento efectivo que tiene una persona, es decir, lo que puede hacer por sí sola, y el nivel que podría alcanzar con la ayuda de otras personas y con los instrumentos adecuados (Vigotsky, 1986, pp. 130).

*La participación de los docentes, adquiere así relevancia, en cuanto son los profesionales que van a ayudar a los alumnos a recorrer ese camino, actuando como mediadores entre ellos y los contenidos que son objeto de aprendizaje (Vergnaud, 1990, en Moreira, 2002).*

Las aportaciones de Vigotsky nos permiten dar un paso más, al entender que el aprendiz se apropia de los **contenidos culturales aceptados socialmente**, y para los cuales necesitan de la mediación y ayuda de otras personas.



En contraste con Piaget, quien prestó especial atención a la génesis del conocimiento, Vigotsky se interesó, más bien, en la génesis de la cultura. (Riviére, 1989, pp.18)

### 2.2.1. La formación de conceptos según Vigotsky

El signo que, permite la formación de conceptos es, para Vigotsky, la palabra. Así expresa:

*“...en la formación de conceptos ese signo es la palabra que en principio tiene el papel de medio en la formación de concepto y posteriormente se torna en su símbolo”* (Vigotsky, 1987, pp.48)

En el caso del desarrollo de **conceptos científicos**, plantea la inevitable intervención educativa en la presentación de los sistemas de conceptos, pero enfatiza a su vez, que

*“si la construcción conceptual disparada por las prácticas escolares - en cierta forma de arriba abajo, de las definiciones a los objetos- no se complementan con un desarrollo adecuado de los conceptos cotidianos-que progresarían de abajo hacia arriba- de los objetos a las definiciones, la enseñanza quedaría en un mero verbalismo”* (Vigotsky, ibid).

En tal sentido, no reconoce una similitud entre el proceso de adquisición de conceptos científicos y el responsable de la construcción cotidiana o espontánea de conceptos.

El proceso de formación ontogénico de conceptos naturales, para Vigotsky,<sup>7</sup> puede describirse sintéticamente, a partir de las siguientes etapas (Greca et al., 2001, pp. 39)

1. un agrupamiento vago y **sincrético** caracterizado por un conjunto de objetos dispares en base a alguna impresión subjetiva de tipo causal; en los que la formación de ciertas “ligaciones objetivas” permitirá la

---

<sup>7</sup> Desarrollo en sociedad de la conciencia y la construcción externa y cooperativa de la representación (Alvarez, et al.,1992)

comprensión entre adultos y niños; “*cúmulos no organizados*” ; carece de significado conceptual (Pozo,1989)

2. un pensamiento “*en complejos*”<sup>8</sup>; donde las agrupaciones se darían por asociaciones reales – concretas y factuales descubiertas por experiencia directa- entre los objetos. Posee ya referencia y significado (ibid.)

Greca et al. (op. cit) señalan que, estas asociaciones, según Vigotsky, carecen de unidad lógica, es decir, que “*cualquier conexión factual presente en un objeto puede llevar a incluirlo dentro de un complejo*” La conexión entre los objetos que forman parte del complejo no es estable y puede variar continuamente.

3. formación de *pseudoconceptos*; eslabón que liga el pensamiento con los complejos y los conceptos y por eso es dual; es un complejo con el germen del concepto. Pozo (op. cit.) señala que, los pseudoconceptos agrupan adecuadamente los objetos, pero a partir de sus rasgos sensoriales inmediatos, sin que el sujeto tenga una idea precisa de cuáles son los rasgos comunes a los objetos. Tiene los mismos referentes que el concepto pero distinto significado.
4. formación de *conceptos “verdaderos”*, los objetos son agrupados a partir de atributos abstractos. Se caracterizan como conjuntos lógicamente coherentes de propiedades Los referentes pueden ser adquiridos por vía asociativa y constituir una “representación generalizada” pero la adquisición de significado o de sentido implica una reestructuración del sistema conceptual, ya sean éstos, conceptos espontáneos o conceptos científicos Pozo (op. cit. pp.205)

En líneas generales, los procesos avanzados, además de demandar mayor control voluntario y consciente de la persona, implican un uso crecientemente descontextualizado de los signos e implicarían cambios globales en la representación (Greca et al., 2001). Como recuerda Wertsch (1988) “*el principio de descontextualización de los instrumentos de mediación reemplazaría el principio darwiniano de evolución. La descontextualización de los instrumentos de mediación es*

---

<sup>8</sup> Vigotsky identifica diversos tipos de complejos; combinación de objetos, de cadenas complejas y complejo difuso (Pozo,1989)

*el proceso mediante el que el significado de los signos se vuelve cada vez menos dependiente del contexto espacio- temporal en el que son utilizados” (Vigotsky, cit. en Baquero, 1996, pp.40).*

Esto implica, por ejemplo, una mayor capacidad de abstracción; y el aprendiz, en este caso, puede representar un fenómeno a través de un modelo formal y recurrir a éste sin necesidad de pasar por experiencias concretas.

El desarrollo de procesos psicológicos superiores a partir de procesos como la internalización, por consiguiente, propiciaría el desarrollo de niveles más profundos de abstracción.

### **2.3. La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud**

**Vergnaud** (1987) interesado en la formación de conceptos matemáticos y el estudio de las estructuras aditivas y multiplicativas, propias del aprendizaje de las Matemáticas por parte de niños, toma elementos de las teorías de Piaget y Vigotsky, pero centra sus postulados en el contenido y en el sujeto en situación. Vergnaud (ibid) se adhiere a la concepción de desarrollo de estos autores pero centra este desarrollo en un proceso progresivo de conceptualización. Asume el papel que juegan las representaciones y los conceptos en la resolución de problemas, así como el rol de la resolución de problemas en la formación de conceptos para introducir su visión teórica de los campos conceptuales.

Esta teoría, es presentada como un conjunto de principios básicos para el estudio, sobre cómo se desarrollan y aprenden las competencias complejas relevantes en disciplinas como la Matemática o aquellas de carácter científico –tecnológicas (Vergnaud, 1990; 1991). Tiene como finalidad proporcionar un encuadre para comprender cómo se forman los conceptos y, a la vez, entender de qué manera se producen rupturas y continuidades entre el conocimiento implícito y el que se manifiesta (Franchi, 1999, pp. 161).

Para este autor, el conocimiento racional es operatorio; incluye el saber procedimental y declarativo que el individuo pone en juego al enfrentar una situación o tarea. Cuando se habla del funcionamiento cognitivo de un sujeto en situación se requiere, por tanto, considerar las variables de la situación, las informaciones ya

disponibles en el repertorio cognitivo del sujeto, las operaciones de pensamiento necesarias para la resolución de la situación, la especificidad de esas variables y de esas operaciones, teniendo en cuenta el contenido que incluye (Franchi, op. cit., pp. 160).

Vergnaud (1987) se refiere al término “**competencias**” de la mano de “concepciones”. Ambos términos, como dos caras de la misma moneda, constituyen herramientas esenciales para la descripción y el análisis de la “*lenta conquista de la complejidad*” (ibíd., pp. 5). Las competencias pueden ser monitoreadas a través de las acciones que se ejecutan en situaciones de resolución de problemas, mientras que las **concepciones**-entendidas como secuencias de enunciados- (Franchi, 1999) **tienen mayor trazabilidad a través de las expresiones simbólicas**, verbales u otras.

*“En cuanto las concepciones son en general expresadas por una secuencia de enunciados... las competencias lo hacen por medio de acciones juzgadas como adecuadas para tratar una situación”*  
(Vergnaud, 1995 cit. en Franchi, op. cit. pp. 158)<sup>9</sup>

Ahora bien, un individuo puede o no poseer las competencias necesarias para resolver una situación. En el primer caso, logrará sin dificultades alcanzar su cometido. En cambio, si no tiene a su disposición un grupo de competencias para resolver la situación, experimentará un proceso de exploración y reflexión que puede llevarlo a alcanzar una solución tanto adecuada como errónea o a abandonar la tarea. En el transcurso de esta experiencia, el sujeto aprende y se desarrolla.

Vergnaud (1990) advierte que la adquisición de competencias propias de un campo conceptual es un proceso lento. Quiere decir que, el dominio de un campo conceptual no se produce en forma instantánea ni puede ser cerrado en un período corto de aprendizaje. Para adquirir el progresivo dominio de ese conjunto de conocimientos, se requiere un trabajo gradual y sistemático sobre distintas clases de situaciones propias del campo conceptual. Historia y diversidad son ideas que sintetizan este pensamiento. Importan la “historia” de las experiencias del aprendiz en relación con el campo conceptual, los conocimientos previos del individuo moldeados por las situaciones que ha encontrado y su dominio progresivo. De otro modo, el conjunto de clases de situaciones posibles que le permiten abarcar las propiedades del concepto, la diversidad

---

<sup>9</sup> La traducción es nuestra.

de situaciones susceptibles de ser enfrentadas, constituye un medio para aproximarse, progresivamente, al campo conceptual.

Vergnaud señala claramente que el concepto de **situación** no es el de situación didáctica, sino el de **tarea**, siendo que toda situación compleja puede ser analizada como una combinación de tareas. El término “**situaciones**” remite así, a cualquier tipo de tarea o actividad ya sea teórica o práctica de las que surgen dentro de las comunidades académico-científicas, así como aquellas que están en la interfase científica tecnológica. La importancia de la situación reside en la objetivación realizable de la misma, su constitución en tanto referencia real del concepto, lo que permite al individuo atribuirle sentido.

En relación con su complejidad, se puede afirmar que toda situación resulta de una combinación de tareas en las que es importante conocer cuáles son la naturaleza y la dificultad de cada una. En tal sentido, no hay que olvidar que si bien la dificultad global de una situación no es la suma de las dificultades de cada una de las partes, el resolver en forma correcta o no alguna de las subtareas, devendrá o repercutirá en un éxito o un fracaso global de la resolución de la situación.

### **2.3.1. ¿Qué son los campos conceptuales?**

Para Vergnaud, un **campo conceptual** es un conjunto no homogéneo de situaciones, que incluye además todo aquello vinculado al conocimiento de dichas situaciones. Como tal resulta un recorte del conocimiento en torno a un concepto o a una red de ellos. En palabras de Vergnaud (1990)

*“el conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, conectados unos con otros, y probablemente, entrelazadas durante el proceso de adquisición”*(Moreira, 2004, pp. 70)

La idea de campo conceptual orienta el pensamiento hacia la idea de concepto, pero como son las situaciones las que dan sentido al concepto, concepto y situación se remiten mutuamente, de la misma manera que situación y esquema. Dentro del dominio de la Física clásica Vergnaud (op. cit.) propone a modo de ejemplo:

*“... La electricidad y los esquemas que organizan la actividad del sujeto en ese dominio. Las situaciones a comprender y a tratar, son diferentes: la iluminación de una pieza, la fijación (instalación) de una lámpara sobre una pila (dos polos, dos cables, existencia de una corriente), la comprensión del circuito eléctrico, de una habitación o de un automóvil, el análisis y la disociación de los conceptos de intensidad, de tensión, de resistencia y de energía para los cálculos de electrónica, etc. (Vergnaud, 1990, pp.10-11)*

Como se observa, según la situación, los esquemas a evocar son diferentes, como así las propiedades del concepto, el que se va extendiendo a partir de la propuesta de diversos casos. Otras situaciones, dentro de este dominio, en relación al concepto de la inducción electromagnética podrían configurarse a partir de los fenómenos que se producen entre un imán y una espira conductora de radio fijo, de radio variable, o el movimiento de espiras de distinto tamaño en un campo magnético. Una espira conductora frente a un solenoide por el que circula alternativamente corriente es un caso que complejiza los anteriores, ampliando el bagaje de propiedades (circulación de corriente, generación de campo magnético, crecimiento o decrecimiento de la variación de flujo magnético en la espira, existencia de corriente inducida etc., el análisis y la diferenciación de los conceptos de campo, flujo y velocidad de variación de flujo, etc.)

La aproximación al campo conceptual mediante una secuencia de situaciones, permite generar una clasificación sobre la base del análisis de las tareas cognitivas y de los procedimientos que pueden ser puestos en juego en cada una de ellas y luego considerarla desde el punto de vista didáctico.

### **2.3.2. ¿Qué es un esquema para Vergnaud?**

Si bien Vergnaud reconoce la gran importancia del concepto de esquema introducido por Piaget, lo resignifica tanto en sus componentes como en su caracterización y lo vincula a las características de las situaciones a las que se aplica, dándole un alcance mucho mayor. Vergnaud (op. cit.) llama esquema a:

*“la organización invariante de la conducta”.* (Vergnaud, 1990, pp. 2)

Un esquema se consigue frente a una misma clase de situaciones por automatización.

*“El funcionamiento cognitivo de un alumno comporta las operaciones que se automatizan progresivamente”* (Vergnaud, 1990, pp. 3)

Cuando el aprendiz se enfrenta a una situación para la cual no posee las competencias para resolverla, comienza un proceso mental de acomodación (Piaget, 1959) y el aprendiz prueba, ensaya diversos esquemas que inclusive pueden estar en contradicción, los divide, recombina y acomoda y descubre nuevos aspectos, hasta que logra incorporar una organización estable frente a una clase de situaciones. Eventualmente, puede llegar a elaborar un nuevo esquema.

Ahora bien, Vergnaud aclara que un esquema no es un estereotipo. O sea, que una vez que el individuo elabora un esquema para una clase de situaciones, al operar, puede llegar a tomar decisiones en forma consciente, para tener en cuenta los valores particulares de una situación concreta y *ajustarse –acomodar- a los* diferentes valores de las variables situacionales.

El concepto de esquema es clave para entender esta teoría, dado que el desarrollo cognitivo es el aprendizaje y la construcción de esquemas. Esta es la estructura dinámica en la que Vergnaud incluye contenidos en forma de invariantes operatorios. O sea, que comprende aquellos “conocimientos-en-acto” que contienen los significados construidos en las interacciones con las situaciones. Los invariantes operatorios, a los que se refiere permiten, por lo tanto, relacionar la teoría con la práctica. Es en el conocimiento en acción donde se incluye lo que Vergnaud llama “**teoremas y conceptos-en-acción**”. A la hora de operar con ellos en una situación, los primeros son creencias, proposiciones que el sujeto supone como verdaderas mientras que los conceptos-en-acción, son aquellos que juzga como pertinentes y relevantes. Los teoremas-en-acto se encuentran en relación dialéctica con los conceptos-en-acto. De los segundos, no se pueden derivar razonamientos o argumentaciones (Greca et al., 2002, pp. 75), pero ambos son indispensables para guiar la acción del individuo. En tal sentido el autor, se refiere a los mismos como:

*“Estos invariantes constituyen los objetos estables del pensamiento, producto de la función simbólica. Poseen ciertas propiedades que posibilitan un cálculo relacional, permitiendo así engendrar reglas de acción y previsiones. El concepto de representación calculable, resume la totalidad e integra los conceptos de función simbólica, invariante y cálculo relacional”* (Vergnaud, 1997, pp. 3)

Si bien los invariantes están implícitos en los esquemas, pueden describirse en términos de objetos, propiedades y relaciones. La descripción en término de reglas es insuficiente dado que las reglas presuponen categorías, objetos y relaciones. Los invariantes son componentes cognitivos esenciales de los esquemas. Son el lazo hacia las concepciones y, por lo tanto, pueden ser expresados por palabras y otras representaciones simbólicas. Mientras que los esquemas son usualmente implícitos, las concepciones pueden ser de alguna manera verbalizadas.

Los esquemas además de los invariantes operatorios, responsables de “pilotear” el reconocimiento de los elementos pertinentes de la situación y la aprehensión de la información sobre la situación a tratar (*teoremas-en-acción y conceptos-en-acción; son los conocimientos que constituyen la base, implícita o explícita, que permite obtener la información pertinente y de la que se puede inferir la meta a alcanzar y las reglas de acción adecuadas*) contienen también otros componentes o ingredientes.

Los ingredientes de los esquemas que plantea Vergnaud contribuyen a mayores especificaciones del concepto y facilitan la comprensión del mismo (1990, pp. 133-170; 1994, pp. 46; 1996a, pp. 113-114; 1996b, pp. 11; 1996c, pp. 201-202-206; 1998, pp. 173). Además de los conocimientos en acto, éstos son: 1) **Metas y anticipaciones** (un esquema se dirige siempre a una clase de situaciones en las cuales el sujeto puede descubrir una posible finalidad de su actividad y, eventualmente, submetas; puede también esperar ciertos efectos o ciertos eventos); 2) **Reglas de acción** del tipo “si... entonces” que constituyen la parte verdaderamente generadora del esquema, aquella que permite la generación y la continuidad de secuencias de acciones del sujeto; son reglas de búsqueda de información y de control de los resultados de acción; 3) **Posibilidades de inferencia** (o razonamientos) que permiten “calcular”, “aquí y ahora”, las reglas y anticipaciones a partir de las informaciones e invariantes operatorios que dispone el sujeto, o sea, toda actividad implicada en los otros tres ingredientes requiere cálculos “aquí e inmediatamente” para esta situación. Como se ha dicho, para Vergnaud los



esquemas se refieren, necesariamente, a **situaciones o clases de situaciones** (Vergnaud, 1993, pp. 2).

Así, de acuerdo a estos “ingredientes” hay distintos niveles o tipos de esquemas, unos muy básicos y otros más complejos.

Vergnaud (1990) presenta distintos ejemplos de esquemas, como el gestual en bebés, o los usados por deportistas y bailarines. Otro ejemplo, planteado por el autor, se vincula al aprendizaje de números en los niños. Menciona el ejemplo de un niño de cinco años que aprende a contar la totalidad de un grupo. Al simular la organización de la actividad de ese niño, describe que el procedimiento que, supuestamente, sigue el niño es contar y apuntar con el dedo de la mano. “*Uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis (apuntando con el dedo)*”. Vergnaud (ibid.) destaca que en esta actividad hay varias categorías gestuales como el gesto del dedo de la mano, el gesto del ojo o de la voz. Complementariamente, destaca la existencia de importantes ideas matemáticas que no son visibles. Así, por ejemplo, la idea de correspondencia biunívoca entre objetos contados, el gesto de mirar, el gesto de la mano, del dedo y el de la palabra., considerados imprescindibles para que un niño pueda contar.

Otro ejemplo, que se encuentra en la bibliografía, es la diferencia entre las formas como una niña de entre cinco y siete años puede resolver un problema de adición.

*“Sean S para la sala y J para el jardín*

*Camino azul.  $S \cup J = S + J$ ;  $S = 4$ ;  $j = 3$ ;  $S(4) + S(3) = 7$*

*Camino rojo: cardinal de la sala: 4. Entonces  $4 + 3(J) = 7$  Cuando ella cuenta todo, sigue el camino azul. Hace la unión y cuenta 7. En cuanto ella sea capaz de decir  $4 + 3$ , ella contara el primer conjunto y hará la suma ese es el camino rojo. Es un teorema matemático que da cuenta de esa competencia. Ese teorema es simple: El cardinal del número de personas que están en casa es igual a la suma de dos cardinales: el cardinal de la sala y el cardinal del jardín sumados*

*Cardinal  $(S \cup J) = \text{card}(S) + \text{card}(J) = 7$ ” (Vergnaud, 1996b, pp. 14)*

Esta operación es identificada como un teorema de equivalencia. Vergnaud aclara que para la niña es equivalente realizar la suma de dos partes, recontar o multiplicar y si bien puede operar no puede explicitar este conocimiento y agrega que esa competencia nueva o sería comprendida, si en la cabeza de la niña no existiera ese conocimiento.

Vergnaud (op. cit.) destaca que los conocimientos-en- acto- aparecen en los esquemas que el sujeto utiliza durante la acción y no necesariamente son explícitos. Eventualmente, estos conocimientos-en-acto, pueden ser expresados externamente y en ese caso aparecer como teoremas. Pero muchas veces, si bien, el sujeto puede ejecutar un conjunto de acciones, no siempre logra expresar lo que se hace o cómo se hace (Anderson, 1983 cit. en Pozo, 2001).

También Vergnaud (1996b, pp. 15), en el contexto algebraico, comenta cómo identificar un teorema en acto:

*“Se tiene el siguiente procedimiento para conocer el valor de la incógnita:*

$$3x + 14 = 35$$

$$3x+14-14=35-14$$

$$3x = 21$$

$$3x/3 = 21/3$$

$$x = 7”$$

Al resolver ecuaciones algebraicas, como la precedente, se observa que, **en la segunda línea, la ecuación disminuye en 14**. En forma subyacente hay un teorema-en-acto que expresa: para cualquier  $x$ , se conserva la misma relación (de igualdad) si se sustrae el mismo número a ambos miembros de la ecuación

Ya sea en aritmética, en álgebra, o en la vida cotidiana, Vergnaud (1982; 1987;1994; 1990) analiza distintas situaciones, a modo de ejemplo y desde las diferentes complejidades disciplinares, en donde reconoce teoremas-en-acto, como también las dificultades que entrañan para el individuo según su edad.

Entre ellas, destaca como Vigotsky, la influencia del lenguaje en la manera de redactar los enunciados, así como el hecho de que algunas situaciones impliquen razonamientos contraintuitivos para el individuo como, por ejemplo, el caso de la medición de una magnitud con valores negativos.

Cuestiones simples, ya expuestas, acerca de la adición de una colección de elementos discretos, el concepto de cardinal, la aditividad, la propiedad conmutativa, la conservación de cantidades discretas, los problemas de transformación directa e inversa

en las estructuras aditivas así como una diversidad de situaciones en el campo de las estructuras multiplicativas, dan cuenta de la variedad de problemas que hacen que el panorama sea tan complejo como se quiera plantear.

En Física, por ejemplo, al resolver un estudiante una situación simple incluida dentro del campo conceptual del electromagnetismo clásico, como **la atracción de un material ferromagnético generada por un imán se puede reconocer un teorema-en-acto en un estudiante** que remite a considerar los polos magnéticos de un imán como cargas. Puntualmente, este joven afirma que el polo positivo del imán atrae la carga negativa

*“la gillette<sup>10</sup> está cargada negativamente y es atraída por el polo positivo del imán.” (A1, R1 US 5-12<sup>11</sup>)*

Para él, lo que atrae o rechaza, es equivalente a carga

Un **esquema** es el vínculo entre la conducta y las representaciones que se configuran a través de las relaciones con las situaciones con las que el sujeto interacciona

Vergnaud (1990) argumenta que los invariantes operatorios no son de un único tipo lógico, por lo que es necesario analizar el status de cada uno (funciones, argumentos, proposiciones, etc.). Los conceptos-en-acto o categorías en acto son representados por medio de propiedades y relaciones y explicitados en forma de funciones proposicionales. Los teoremas-en-acto asumen la forma de proposiciones, y se pueden evaluar como verdaderos o falsos en un cierto dominio. Son tomados como instrumento operatorio en la actividad del sujeto (Franchi, op. cit. pp.171)

*Para funcionar como un instrumento, un concepto no precisa ser tomado como objeto de pensamiento: es suficiente que sea una relación o una propiedad de objetos ya construidos. Él se tornará*

---

<sup>10</sup> Gillette es equivalente a “hoja de afeitar”

<sup>11</sup> A1, R1- US 5-12: Alumno 1, Registro 1 Unidad de significado 5-12

*objeto sólo cuando puede ser tomado como argumento de otra proposición tenida como verdadera (Vergnaud, 1995, pp. 180).*

A su vez, los objetos matemáticos, son de tipo argumento, y pueden ser relaciones, propiedades, proposiciones, funciones proposicionales, etc. Por otro lado, como los conocimientos-en-acto no son explícitos, un **concepto o teorema -en-acto, no son completamente, un concepto o un teorema.** La conceptualización explícita contiene un gran sustrato implícito formado por los invariantes operatorios, sin los cuales, no habría significados. **Conceptos y teoremas** explícitos no constituyen más que la parte visible de la conceptualización; sin la parte escondida formada por los **invariantes operatorios** esa parte visible no sería nada, sería como una casa construida sobre arena. Así, por ejemplo, un **concepto-en-acción** no es un verdadero concepto científico ni un teorema-en-acción es un verdadero teorema a menos que se expliciten. En la ciencia, **conceptos y teoremas** son explícitos y se puede discutir su pertinencia y su veracidad, pero ese no es, necesariamente, el caso de los invariantes operatorios (Vergnaud, 1990, pp.144).

Los esquemas, en definitiva, son importantes no sólo porque son el primer paso para formar el concepto sino porque permiten analizar las competencias. Las **competencias** pueden ser analizadas como combinaciones de esquemas, y aplicadas para diferentes valores de las variables incluidas en algún conjunto de situaciones (no para todos los valores) y generar una variedad de acciones.

### **2.3.3. ¿Son todos los esquemas eficaces y efectivos?**

Vergnaud (1990, pp. 138), afirma que los esquemas a veces son eficaces, pero no siempre efectivos. *Cuando un niño utiliza un esquema ineficiente para cierta situación, la experiencia lo conduce ya sea a cambiar de esquema, ya sea a modificar ese esquema.* Aquí, resalta la idea piagetiana de que los esquemas están en el centro del proceso de adaptación de las estructuras cognitivas, en la asimilación y en la acomodación:

*“esos son los esquemas que son el centro de los procesos de adaptación de las estructuras cognitivas: asimilación y acomodación.” (ibid.)*

Destaca la importancia del análisis de las vacilaciones y de los errores que se observan en los alumnos al resolver problemas nuevos, ya que evocan muchos esquemas en forma sucesiva y hasta simultánea. El alumno dispone de un repertorio de esquemas de los cuales toma aquel o aquellos asociados a una clase de situaciones que le parecen familiares. Este parentesco, a veces, es sólo parcial y eventualmente imaginario. Puede ocurrir también, que el alumno se equivoque al ejecutar, en forma automática, ciertos esquemas. Además, algunos conocimientos pueden no ser construidos adecuadamente, dado que no se sortean y/o acomodan, ciertos conocimientos ya adquiridos, que a modo de obstáculo epistemológico –en sentido amplio-, generan verdaderos núcleos duros resistentes al cambio. La ausencia de una adecuada conceptualización está en el centro de los errores, sistemáticamente, producidos por los alumnos (Franchi, op.cit., p.166; Vergnaud, 1990)

Ahora bien, los esquemas se localizan a nivel de significados. Pero, el ser humano necesita comunicar y representar invariantes. Para ello utiliza todo tipo de símbolos como el lenguaje, el dibujo etc. Así como el humo es indicio de fuego, las representaciones simbólicas son la representación de los invariantes. Sin embargo, a veces también puede haber algún divorcio entre la representación implícita de la situación y la manera explícita como se habla de ella.

En resumen, una totalidad dinámica, como la de un esquema, resulta como una combinación de diferentes elementos, donde se sitúa el dominio conceptual explícito.

#### **2.3.4. ¿Qué entiende Vergnaud por “concepto”?**

Vergnaud trasciende la mera definición de “concepto” para asignarle un valor operativo en cuanto considera que, un concepto es un conjunto de invariantes utilizables en la acción, pero que adquiere sentido a través de los diferentes problemas y situaciones que un individuo debe resolver y se expresa a través de un conjunto de representaciones simbólicas. Interesa, por tanto, lo que él llama “proceso de elaboración pragmática”; es decir, aquellos componentes cognitivos que se ponen en juego (interrelacionan) a la hora de la acción.

Vergnaud, (op cit) no se desentiende del valor de la naturaleza de los problemas o de las respuestas que un concepto nuevo puede aportar cualquiera que sea el problema (ya sea teórico o práctico). Consecuentemente, destaca, de acuerdo con Vigotsky, el rol del

lenguaje y el simbolismo en la conceptualización, pero, sobre todo, enfatiza la forma que la **función adaptativa** del conocimiento toma durante la acción del sujeto.

La referencia más clara en tal sentido es la de “**conocimiento de un sujeto en acción**”. Vergnaud (1987, pp. 14) se pregunta cómo se desarrolla un concepto en la mente de un estudiante a través del aprendizaje, a lo largo del tiempo.

Para estudiar el desarrollo y la formación de conceptos durante el aprendizaje, se requiere considerar en forma simultánea estos tres aspectos de un concepto, que en palabras de Vergnaud (1990):

*“... un concepto es una terna de tres conjuntos:  $C = \{S, I, R\}$ ;*

***S:** el conjunto de las situaciones que dan sentido al concepto (la referencia);*

***I:** el conjunto de invariantes (objetos, propiedades, relaciones, teoremas en acción...) sobre las cuales reposa la operacionalidad de los esquemas (el significado), que pueden ser reconocidos y usados para analizar y dominar estas situaciones;*

***R:** el conjunto de representaciones simbólicas (formas lingüísticas y no lingüísticas) que permiten representar simbólicamente los invariantes ( y por lo tanto situaciones, razonamientos y procedimientos para su tratamiento (el significante)”.*

En esta línea de pensamiento, el conjunto de situaciones – es el *referente* del concepto, el segundo – de invariantes operatorios – es el *significado* del concepto, en cuanto al tercer conjunto – de representaciones simbólicas – es el *significante*.

El componente del triplete que queda por analizar lo constituye la **representación**. Vergnaud utiliza el término **representación** como si fuese un sistema simbólico que significaría algo para el sujeto: un sistema de signos y una sintaxis, u operaciones sobre elementos del sistema.

Por lo tanto, la teoría plantea el **concepto**, como un conjunto de invariantes utilizables en la acción, pero esta definición implica también un conjunto de situaciones que constituyen el referente y un conjunto de esquemas puestos en acción por los sujetos en esas situaciones. De ahí, el triplete  $\{S, R, I\}$  donde en términos psicológicos, S es la realidad e I, R la representación que puede ser considerada como dos aspectos

interactuantes de pensamiento, el significado (I) y el significante (R) (Vergnaud, 1998, pp. 141).

Ahora bien, así como un **concepto se aplica a más de una situación, una situación, usualmente, no puede ser analizada con un sólo concepto. Por lo tanto, es necesario** incluir simultáneamente un grupo de situaciones o tareas a partir de las que se les puede otorgar sentido; un conjunto de invariantes como objetos, propiedades, relaciones y operaciones asociadas a ese concepto, y un grupo de **representaciones simbólicas** que lo pueden expresar como el lenguaje, los gráficos, dibujos, esquemas y otros

Según Vergnaud, no hay en general, correspondencia biunívoca entre **significantes y significados**, ni entre **invariantes y situaciones**; no se puede, entonces, reducir el significado ni a los significantes ni a las situaciones (Vergnaud, 1990, pp.146) y, como fue dicho, un único concepto no se refiere a un sólo tipo de situación, y una única situación no puede ser analizada con un sólo concepto.

Resalta, muy particularmente, la diferencia entre el significado de un concepto y la expresión de su representación:

*“...una distinción entre significado y significante, en el caso de las estructuras aditivas, el significado es el concepto; el concepto cardinal y el concepto de adición. El significante es la representación del concepto, en este caso la representación escrita del número. Las operaciones, incluidas las operaciones materiales de escritura, se desarrollan en el plano del significante pero se apoyan sobre operaciones del pensamiento, estrechamente ligadas al concepto, que no son observables” (Vergnaud y otro, op.cit.).*

En suma, se tiene la noción de concepto desde un referente en cuanto realidad, pero también significado y significante en estrecha relación, enriqueciéndose mutuamente.

En un trabajo más reciente Vergnaud (1998, pp. 173), refiriéndose a teorías y representaciones, expresa que para ser útiles, éstas deben ofrecer al sujeto la posibilidad de realizar inferencias, por ejemplo, que capacitan al sujeto para anticipar resultados

futuros y generar conductas que le permiten llegar a algún efecto positivo o evitar algún efecto negativo.

De lo expuesto, es posible sostener que la definición pragmática de un concepto abarca el conjunto de situaciones que constituyen la referencia de sus diferentes propiedades, el conjunto de los esquemas puestos en juego por los sujetos en estas situaciones y las representaciones simbólicas a través de las cuales expresa los significados.

La idea de **campos conceptuales** lleva a la noción de **concepto** como un triplete (**referente, significado y significante**). De otro modo, **situaciones** y **esquemas** en relación dialéctica, pues son los esquemas evocados por el sujeto los que le permiten atribuirles sentido. El concepto de esquema deriva así, en el concepto de **invariante operatorio**.

### **2.3.5. ¿En qué consiste la tarea educativa?**

La tarea educativa es una mediación hacia el desarrollo de un mayor repertorio de esquemas tanto en diversidad como en complejidad (conocimientos supraordenados). Un concepto se convierte en significativo en el transcurso de progresivas y sistemáticas interacciones con diversas situaciones, hasta que gradualmente conforma un esquema. El contenido de información que se evoca frente a una situación problemática o a partir de una representación simbólica (o significante), se encuentra en el esquema (Vergnaud, en Moreira 2002). Esquema - situación pasan a formar un bloque. Pero también, significantes e invariantes.

La educación debe contribuir a la formación de un amplio y variado repertorio de esquemas cuidando que no se cristalicen en estereotipos. Esos esquemas se han de construir en la ZDP, en alusión a Vigotsky.

Un esquema estereotipado resulta rígido, aunque permite la ejecución automática de un conjunto de acciones y puede resultar funcional. La explicitación y toma de conciencia de la secuencia automatizada puede llevar a su ajuste en caso de ser necesario. La toma de decisiones, a la par, puede constituirse en una forma de regular la ejecución y permitir el monitoreo del modo de resolver la situación en forma consciente y, por eso,



forma parte de la tarea educativa. Lo importante es **propiciar en los estudiantes el desarrollo de sus competencias**.

En este proceso, el papel mediador del profesor es esencial en la medida en que analiza las dificultades de los alumnos, los ayuda a tomar conciencia sobre las mismas, y regula la complejidad de las situaciones que, progresivamente, les presentará para favorecer el enriquecimiento gradual de los propios esquemas. La observación de las acciones del alumno en situaciones de aprendizaje durante un período prolongado, permite detectar la influencia de las distintas situaciones, la manifestación de las diferentes concepciones, la movilización de diversos procedimientos correctos e incorrectos de resolución, el uso de diferentes modos de representación para comunicar las concepciones y procedimientos (Franchi ,1999, p.162).

*...”La tesis subyacente de los campos conceptuales es que la realización de un buen evento didáctico se apoya necesariamente sobre el conocimiento de las dificultades relativas de las tareas cognitivas, de los obstáculos habitualmente encontrados, del repertorio de procedimientos disponibles y de las representaciones posibles.” Vergnaud (1990 en Franchi, op. cit. p.163)*

Como se sabe, las teorías físicas se sustentan sobre la base de modelos físico-matemáticos. Estos modelos se conforman mediante una serie de conceptos abstractos a los que han contribuido sucesivas generaciones dentro de la comunidad científica. Los nuevos conceptos son construidos a partir de los anteriores y los alumnos deben procesar todos los conceptos físicos y matemáticos ya existentes, para lo que dependen del profesor. Para que los conceptos sean comunicados en forma adecuada, han de considerarse los conceptos de orden más elevados, más abstractos y teóricamente supraordenados y aquellos que la persona ya tiene, definidos por el aprendiz después de que haya enfrentado una colección adecuada de casos – situaciones. El estudiante ha de estar listo para ello. Por otro lado, dado que la adquisición de nuevos conceptos requiere del apoyo de los anteriores; es necesario que el docente se asegure de que éstos se encuentran ya formados (y disponibles) en la mente del que aprende.

Respecto de la adquisición de algún tipo de conocimiento, para Vergnaud (1987), es claro que no existe ninguna posibilidad de que este conjunto de conceptos y

procedimientos –indisociables per se - se logren estructurar correcta y completamente sin recurrir a la enseñanza sistematizada (p.4).

### 2.3.6. Investigación y Didáctica

Para estudiar adquisiciones cognitivas dentro de un “Campo Conceptual,” Vergnaud (1997), plantea la necesidad de abordar una problemática rigurosa tanto en el nivel conceptual como en el psicológico. Es decir, se requiere un análisis epistemológico y otro psicológico. Un campo conceptual puede incluir una diversidad pero también desde el plano psicológico, niveles de dificultades diferentes, según la clase de problema.

Las dificultades pueden ser inherentes al propio campo conceptual. No es lo mismo trabajar dentro del campo conceptual “isomorfismo de medidas” que en el de “producto de medidas” donde, por ejemplo, puede ser necesario dividir un volumen. En el caso de la regla de tres simple, el citado autor destaca que la dificultad del problema, en general, depende de los valores numéricos, la relación de proporcionalidad y la naturaleza física de las magnitudes en juego.

Vergnaud et al. (1997, pp. 8) sugieren la posibilidad de realizar estudios experimentales *para medir la dificultad de cada uno de los procedimientos que permiten resolver la misma clase de problemas*. En particular, sugiere analizar los procedimientos de error puesto que muchas veces esos procedimientos consideran aspectos pertinentes de las relaciones que intervienen, pero en forma errónea.

Asimismo Vergnaud et al. (op.cit.) agregan que **los procedimientos utilizados por los** alumnos ponen de manifiesto el funcionamiento de inferencias y de teoremas no explícitos.

Estudiar los procedimientos de solución utilizados, por ejemplo, es el medio más decisivo para acceder a las representaciones conceptuales o preconceptuales de los alumnos. Lo más importante es lo que se significa.

Otro medio de acceso es el estudio de los significantes que el alumno puede utilizar para resolver un problema: dibujos, esquemas, símbolos de toda clase. Esos significantes o representaciones simbólicas, no se encuentran siempre en el razonamiento de cada uno. Existen algunas representaciones que son relativamente espontáneas (el dibujo, por ejemplo) y existen otros sistemas simbólicos de representaciones culturales y relativamente canónicas (tablas, diagramas, gráficos, ecuaciones, etc.).

*Los tres objetos de estudio que distinguimos (clases de problemas, procedimientos, representaciones simbólicas) con frecuencia permiten establecer jerarquías. Pero en general encontramos un orden de complejidad parcial y no un orden total como se presupone cuando se toma como modelo la teoría de estadios del desarrollo cognitivo. Por otra parte, los resultados permiten evaluar la utilidad de los diferentes sistemas simbólicos de representación, mostrando que ciertas representaciones, que son adecuadas para ciertas clases de problemas, no lo son para otras y que la pertinencia de la representación depende de la edad y del nivel del alumno. (Vergnaud et al., op.cit, p.10)*

Cualquier estudio que se realice, por consiguiente, requiere el análisis de los procedimientos y reglas de acción del individuo, porque junto a los procedimientos formales y algorítmicos, existen otros que son eficaces para casos particulares y que consideran algunas de las propiedades de los enunciados. Vergnaud et al. (op.cit.) señalan la necesidad de respetar estos procedimientos, registrarlos y comprenderlos porque en su opinión:

*“...son la clave del obstáculo encontrado por el niño al mismo tiempo que el camino por el que se le puede hacer comprender ciertas dificultades”.*  
(Vergnaud, 1997, p.8)

Estar atento para conocer errores y dificultades es importante para relacionar los procedimientos entre sí y con las diferentes clases de situaciones. Resulta fundamental estudiar las representaciones y considerar que se requiere identificar las reglas que generan una determinada conducta hasta llegar más allá de las representaciones subyacentes del sujeto con la ayuda de explicaciones verbales y otros testimonios.

Por otro lado, el docente debe apoyarse en un sólido estudio de la materia a enseñar. Para el autor, existe **una jerarquía de nociones, de relaciones, de clases y de subclases de problemas** que el estudiante, de acuerdo con su madurez, es capaz de abordar y a las que puede otorgar un sentido. De ahí que, la presentación de diferentes situaciones deba ser seleccionada cuidadosamente para dilucidar los tipos de problemas que el individuo puede comprender y resolver.

### 2.3.7. ¿Cuál es la relación entre situación y contenido?

Como se ha dicho, son las situaciones las que le dan sentido al concepto y muchas de las concepciones vienen de las primeras situaciones que ha enfrentado el sujeto. El análisis conceptual implica el trabajo de examinar con cuidado aquellas situaciones clave para la estructuración de un concepto. Una vez realizado, resulta sorprendente cómo pueden percibirse más claramente los niveles de complejidad.

El sentido de la numeración escrita, por ejemplo, incluye diferentes posibles conjuntos de situaciones:

*“El sentido de la numeración escrita se configura también en el marco de diferentes situaciones y a través de las diversas prácticas que los alumnos tengan oportunidad de desarrollar en torno a ellas (Quaranta, 2003)”*

Así, pueden estructurarse diferentes clases de situaciones de complejidad diversa. Situaciones donde, o bien, se comparan números en contextos cotidianos (comparar precios de diferentes productos, valores de billetes en relación a volúmenes de contenido de diferentes envases), o se establece un orden (edades de diferentes personas, números de casas de una cuadra, facturas de servicio con vencimiento en el mismo mes, etc.). Otra clase podría incluir notaciones numéricas (“cantar” los números en el juego de la lotería, llamar al próximo cliente que será atendido en un negocio, comunicar oralmente a otro la página de un libro en la que halla determinada cuestión etc.). De mayor complejidad, podría incluirse la escritura de números (anotar, fechas, direcciones, puntajes de juegos, etc.). Más complejo aún, trabajar con un conjunto de operaciones con números y explicitar las relaciones aritméticas que subyacen a ellos, etc. (Quaranta, op. cit.)

### 2.3.8. Orientaciones para la investigación didáctica

Respecto de la metodología Vergnaud et al. (1997), propone, tres posibles orientaciones que se organizan sobre la base de:

- 1) *“entrevistas” individuales basadas en la presentación de un conjunto organizado de situaciones.*
- 2) *las experiencias planificadas con variación sistemática de las variables de las tareas presentadas.*
- 3) *las experiencias didácticas planificadas y la observación de sus efectos.*

Las **“entrevistas” individuales deben contener un conjunto de situaciones** pero siempre las tareas presentadas al sujeto le han de resultar nuevas. Esto significa que la apropiación de un concepto se evalúa necesariamente a partir de las tareas propuestas en las que le pedimos al sujeto que produzca respuestas nuevas y no expresiones que sean réplicas cristalizadas de otras explicitadas con anterioridad.

Otro ámbito propicio, lo constituyen las experiencias didácticas pre-planificadas y la observación de sus efectos al aplicarlas a través de la comparación de realizaciones de los alumnos entre un pre-test y un post-test. Además del porcentual de éxitos y de fracasos en este tipo de pruebas, Vergnaud (op.cit) sugiere considerar otros aspectos más finos como la evolución de la distribución de procedimientos utilizados o el empleo que hacen los estudiantes de los sistemas simbólicos de representación.

En lo que respecta al análisis de aspectos cualitativos, destaca como recurso, el registro –en audio o video- de las producciones y de las discusiones que se producen dentro de la clase o con un grupo de alumnos. Sin embargo, advierte que observar las regularidades en el trabajo de los grupos y cursos debe necesariamente ser recurrente en el tiempo durante varios años para otorgar a estos estudios la confiabilidad necesaria que trasciende la mera anécdota.

### 2.3.9. Aportes de investigaciones recientes con base en la TCC de Vergnaud

Las aportaciones de otras investigaciones en Física, desde la teoría de los campos conceptuales, si bien recientes, remiten a aspectos cognitivos que atraviesan la

conceptualización de diversos fenómenos y en esta investigación interesa no sólo la identificación de posibles invariantes operatorios y su representación sino también los procedimientos utilizados para identificar conocimiento más bien de tipo implícito. Al respecto, Escudero et al. (2003, 2006): analizan en términos de invariantes operatorios, algunas dificultades de estudiantes secundarios para resolver problemas y situaciones relacionados con la descripción del movimiento de objetos en traslación, a partir del análisis conversacional. Stipich et al. (2004): analizan el concepto **de interacción** a partir del análisis interpretativo de un test con el fin de comprender algunas representaciones mentales que los estudiantes del nivel polimodal tienen sobre la interacción gravitatoria observando la distancia entre las representaciones de los estudiantes y las de la comunidad científica. Identifica algunos invariantes operacionales a partir de las categorías encontradas. Llancaqueo et al. (2003, a; b): estudian las dificultades en la comprensión de campo eléctrico en términos de invariantes operatorios, en estudiantes de nivel medio y superior analizando las respuestas a un cuestionario semiestructurado. Covaleda et al. (2005), abordan las representaciones sobre sistema y equilibrio, utiliza metodología cualitativa y encuentra diferentes categorías y subcategorías desde las que los estudiantes representan el concepto de sistema sin que se evidencien, por ejemplo, las interacciones como causa de los cambios del sistema.

Por otro lado, Andrés, et al. (2006): contemplan la necesidad de comprender lo teórico desde la acción práctica, concreta, llevada al laboratorio, pudiendo integrar lo conceptual con lo fenomenológico. Elabora una estrategia y al aplicarla analiza el grado de desarrollo conceptual que alcanza un conjunto de alumnos en términos de los invariantes operatorios explicitados en tres momentos del proceso de aprendizaje en los que observa las diferencias que cada estudiante manifiesta en dicho proceso.

A su vez, Pesa et al. (2005), detectan esquemas mentales elaborados por los alumnos en torno a las ondas mecánicas, mediante la administración y análisis de las respuestas a diferentes cuestionarios, y la identificación de conceptos y teoremas-en-acto así como de los modos de trabajo. Los caracterizan según su grado de comprensión, en tres niveles.

Como se ha señalado, una de las preocupaciones de esta investigación está centrada en la identificación de posibles invariantes operatorios. En los estudios mencionados, si bien, se han encontrado diferentes modos de acceder a esta

información, los mismos emergen del análisis del contenido de las respuestas de los estudiantes cuando resuelven diferentes tareas. Por otro lado, consideran como posibles conceptos-en-acto los términos incluidos en las afirmaciones de conocimiento (asociaciones o proposiciones), registradas como teoremas-en-acto, mediante las cuales los estudiantes expresan sus razonamientos.

En suma, la problemática acerca de la construcción de conceptos electromagnéticos se remite a dificultades en la **implementación de estrategias de enseñanza, como así también a estrategias de aprendizaje**, estrechamente vinculadas en muchos de los casos. Si bien, hay ensayos como los centrados en la investigación dirigida, las innovaciones didácticas estudiadas en este campo ponen en juego sólo algunos parámetros de la vasta complejidad de este problema, por lo que resultan escasas para la construcción de una respuesta suficientemente abarcativa.

Las habilidades o dificultades encontradas respecto del manejo de campo y flujo, dificultades de representación vectorial, de interpretación, de resolución de problemas, de construcción de modelos, de confusiones epistemológicas y dificultades derivadas de posibles obstáculos ontogenéticos son, entre otras, cuestiones importantes a considerar en cualquier evaluación diagnóstica de alumnos que aborden el aprendizaje de la inducción electromagnética, como así también para el diseño y desarrollo de estrategias didácticas que promuevan la construcción de conocimientos acordes con los modelos científicos. La bibliografía en uso parece ser también una fuente de dificultades.

En tal sentido, el aporte de Vergnaud respecto al desarrollo del conocimiento operatorio resulta sumamente valioso en la medida en que propicia el enriquecimiento y la construcción de esquemas, mediante la resolución de situaciones que favorecen el desarrollo de competencias. Para ello, como sostienen Fávero et al. (2000), es necesario tener en cuenta situaciones de interacción social, quienes concordando con Franchi (op. cit.) destacan la importancia de que el alumno, en primer lugar, se apropie de la situación. Para ello, necesita poder utilizar un conjunto de procedimientos a partir de la representación que realiza de esa situación; de allí la importancia de discutir y socializar estos procedimientos durante la clase, cuando se desean investigar los “conocimientos en acción” que precisamente son movilizados por la producción de esos procedimientos.

## 2.4. Conclusiones

Las teorías cognitivas actuales, junto con la filosofía de la ciencia, ofrecen a las teorías del aprendizaje de la Física, categorías y herramientas conceptuales para poder abordar el proceso de construcción del pensamiento científico. La teoría de los modelos y representaciones conceptuales, por ejemplo, parten de la fenomenología del conocimiento y del concepto de verdad como adecuación entre la representación y la realidad. Pero considera que esa adecuación no es estática y definitiva, sino que es un proceso dinámico y continuo de acomodación de dichos modelos de acuerdo con las respuestas que ofrecen para la resolución de problemas o la comprensión del mundo.

En tal sentido, Vergnaud, intenta explicar el proceso de formación de conceptos asumiendo que la conceptualización es el eje del desarrollo cognitivo. Por lo mismo resulta ser clave en el desarrollo del pensamiento y como tal, es una teoría específicamente humana.

El desarrollo cognitivo depende de situaciones y conceptualizaciones específicas (Moreira, 2002), lo que implica situaciones de aprendizaje. En comparación, Piaget coloca el acento más bien en las estructuras lógicas y el desarrollo de las operaciones del pensamiento. Vergnaud, lo centra concretamente en la formación de conceptos y con éstos en la elaboración de esquemas a través de la resolución de diversas situaciones que el sujeto debe enfrentar.

Vergnaud, a diferencia de Piaget, más que un sujeto en relación con un objeto, considera a un sujeto en situación que, progresivamente, adquiere a través de sucesivas interacciones con tareas y problemas, el dominio del campo conceptual al que pertenece ese conjunto de situaciones.

Por otro lado, Vigotsky (1995), si bien se preocupaba también por una teoría de la conceptualización, se interesaba principalmente en el papel del lenguaje y las formas simbólicas. El proceso de formación de conceptos que plantea Vergnaud tiene puntos comunes en cierta manera con el proceso de formación de conceptos de Vigotsky. Durante la etapa del pensamiento “*en complejos*” los rasgos se descubren por experiencia directa con los objetos (situaciones) y los agrupamientos se generan por asociación. Se comenzaría así la formación de rasgos prototípicos de algunos invariantes. En el proceso de formación de *pseudoconceptos*, podría decirse que se fortalece la formación de dichos invariantes en forma aún primaria, sólo a nivel



sensorial, dado que aún no se cuenta con la claridad suficiente como para identificar en forma abstracta los rasgos comunes a los objetos. La formación de *conceptos verdaderos constituye ya en forma plena el proceso de conceptualización y con él, el desarrollo de procesos psicológicos superiores.*

La resignificación de la noción de concepto como una terna conformada por tres conjuntos que comprenden un grupo de situaciones, invariantes operatorios y representaciones simbólicas, respectivamente, impacta la visión académica tradicional porque contextualizan tanto la didáctica como la investigación del aprendizaje desde una plataforma alternativa. La operacionalidad de un concepto debe ser experimentada por medio de situaciones de diferentes clases, y el investigador debe analizar una gran diversidad de conductas y de esquemas para comprender en qué consiste, desde el punto de vista cognitivo, tal o cual concepto para un aprendiz.

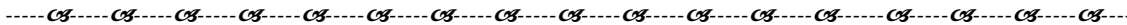
Ahora bien, como señala Moreira (1996), es posible tender un puente entre los significados más recientes sobre representación en la teoría de Vergnaud y la teoría, también reciente, de los **modelos mentales** (Johnson-Laird, 1983, en Moreira, 1996):

*“ Decir que tenemos representaciones computables para gestos y acciones sobre el mundo físico, para comportamientos verbales y para interacciones sociales, y que tales representaciones – que pueden ser correctas o erradas, vagas o precisas, explícitas o (principalmente) implícitas – permiten hacer inferencias es, prácticamente, decir que tales representaciones son modelos mentales”. (Moreira, op. cit.)*

Dado que los modelos mentales pueden ser básicamente proposicionales, o básicamente imaginísticos, o sea, contruidos predominantemente con imágenes (Greca y Moreira, 1997), para Moreira, las proposiciones constituyentes de los modelos mentales pueden ser interpretadas como teoremas-en-acción de Vergnaud. Con el progresivo dominio de un campo conceptual, los teoremas-en-acción (ampliamente implícitos) se van aproximando a los teoremas científicos (proposiciones explícitas). Análogamente, a medida que el sujeto adquiere más conocimientos científicos sus modelos mentales se aproximan (en el sentido que permiten dar significados científicamente aceptados) a los modelos científicos. Conceptos-en-acción son objetos, predicados, o categorías de pensamiento, consideradas pertinentes, relevantes a la

situación, por lo que se presenta una cierta compatibilidad entre las dos teorías que puede ir más allá, abriendo nuevas perspectivas para la comprensión del desarrollo y la conceptualización. Los conceptos-en-acción de Vergnaud también pueden integrar modelos mentales.

De estas teorías se han extraído importantes elementos necesarios para el problema de investigación que en este trabajo se aborda. Lo que se busca es conocer cómo los estudiantes conceptualizan el campo conceptual de los fenómenos vinculados con la inducción electromagnética. Así, desde Vergnaud, la búsqueda y caracterización de los significados constituidos, como también de sus significantes, permite “una aproximación” a los posibles niveles de conceptualización que los estudiantes van alcanzando como reflejo de los posibles esquemas que hayan logrado elaborar al enfrentar y resolver situaciones. La gradualidad de las diversas clases de situaciones que enriquecen el concepto con atributos diferentes, permiten adentrarse en la complejidad de los fenómenos del campo conceptual y acercarse al conocimiento implícito de los estudiantes al tratar de apropiarse de los modelos explicativos construidos por la comunidad científica, así como del lenguaje específico que permite expresar y comunicar los modelos conceptuales construidos por dicha comunidad.



## CAPÍTULO 3

# METODOLOGÍA





## Introducción

Este trabajo de investigación persigue explorar, cómo un grupo de estudiantes de segundo curso de Ingeniería, va adquiriendo un progresivo dominio del campo conceptual de la Inducción Electromagnética. Se intenta, reconocer los invariantes operatorios con los que el alumno enfrenta una determinada clase de situaciones y, a partir de ellos, caracterizar qué conceptos, ideas y representaciones simbólicas, ponen en juego a la hora de resolver una situación; de este modo, es posible intuir los esquemas habilitados por el estudiante. Las situaciones propuestas a los alumnos deben reunir condiciones de diversidad y complejidad creciente, por eso, es necesaria una reflexión crítica sobre su pertinencia, analizando las dificultades y obstáculos que pueden encontrar los estudiantes en sus respuestas.

De otro modo, se trata de indagar cuáles son las ayudas; la mediación pedagógica, que puede favorecer un progresivo dominio del campo conceptual de referencia. En consecuencia, se procura intervenir en el proceso de aprendizaje, de tal forma que, el *estudiante pueda construir su saber dentro de un campo conceptual particular de la Física* y su proceso resulte en una reelaboración de las acciones y los productos al interaccionar con dichas situaciones y problemas.

Este interrogante conlleva la necesidad de especificar aún más la conceptualización como temporal y gradual y, en tanto logro progresivo, mediante sucesivas interacciones con diversas clases de situaciones. La pregunta a la que se refiere puede ser, en consecuencia, planteada implicando caminos didácticos como puente desde el que se intente disminuir la brecha entre los esquemas cognitivos de los alumnos y los modelos científicos. Representa un acercamiento para efectivizar una estrategia didáctica que requiere asimismo de herramientas teórico - conceptuales y que, a su vez, definen un camino metodológico.

En este contexto, se configura un estudio que comporta no solamente la metodología de investigación propiamente dicha, sino que incorpora otras estrategias, que coadyuvan en la construcción de miradas sobre el fenómeno que se estudia.

### 3.1. La investigación como marco metodológico

Desde las primeras exploraciones vinculadas a cohortes anteriores, se inicia la focalización de las dificultades de los alumnos en relación con el aprendizaje de la inducción electromagnética.

Las conversaciones mantenidas con el profesor de la asignatura acerca de posibles acciones didácticas para resolver este problema fueron proporcionando indicios metodológicos organizadores de una estructura gradual y progresiva de la complejidad revestida por el problema. Lo propio sucedió con la consulta a diferentes profesores relacionados con la asignatura en diferentes carreras de Ingeniería para dilucidar cuáles podían ser los posibles aspectos a indagar, lo que contribuyó a focalizar el problema.

Se estimó válida la admisión de un objeto de estudio susceptible de ser abordado desde una lógica tanto cuantitativa como cualitativa para indagar qué conocían y pensaban los estudiantes sobre la Inducción Electromagnética, qué conceptos ponían en juego a la hora de resolver diferentes tareas, cuáles eran sus representaciones iniciales sobre algunas cuestiones puntuales del campo conceptual, cuáles podían ser sus dificultades para construir un esquema más próximo al modelo científico.

Los datos necesarios fueron recolectados en diferentes niveles o dimensiones y se utilizaron preferentemente como técnicas de recolección de datos, cuestionarios (en sentido amplio), entrevistas y un conjunto de actividades incluidas dentro de las guías de trabajos prácticos de aula, o ad-hoc – complementarias- a resolver durante el desarrollo del cursado.

Una primera toma de decisiones implicó el desarrollo de un conjunto de estudios preliminares que incluyó inicialmente la revisión de los textos más utilizados por los alumnos, disponibles en la biblioteca institucional, con la finalidad de conocer cómo es el tratamiento didáctico y científico que realizan los diversos autores sobre este campo conceptual. Al mismo tiempo, se elaboraron dos cuestionarios tendientes a indagar representaciones iniciales y finales con el objeto de detectar posibles conceptos y teoremas-en-acto, sobre tres ejes del campo conceptual: interacciones electromagnéticas modelizadas por la fuerza de Lorentz y fuentes de campo magnético, derivadas de cuestiones como imanes, conductores con corriente. En el tercer eje, se integran las actividades centradas en la inducción electromagnética como la descripción y explicación de la interacción de un imán y una espira conductora coaxial y una

aplicación ciencia –tecnología –sociedad propia de la región, cual es la producción de energía hidroeléctrica.

La administración de estos cuestionarios al grupo clase permitió recolectar las respuestas de los estudiantes y una vez analizadas estudiar además su confiabilidad y validez. Como parte de los diagnósticos, se desarrollaron, en forma paralela, actividades complementarias: ejercicios y problemas de lápiz y papel, con la finalidad de ampliar la información de los alumnos y posibilitar una comparación entre las respuestas de los cuestionarios y las actividades complementarias.

El análisis cualitativo de cada una de las situaciones integrantes del cuestionario, se llevó a cabo, mediante dos estudios. El primero se focalizó en el tipo de respuesta vertida por los estudiantes, permitiendo una primera lectura e interpretación del conocimiento presente en las respuestas. El segundo se centró en la búsqueda de categorías incipientes que pudieran revelar tendencias y discrepancias en las afirmaciones de conocimiento y representaciones utilizadas por los estudiantes y que pudieran reflejar los invariantes operatorios subyacentes.

Al finalizar la etapa de diagnóstico, el curso se dividió espontáneamente, en dos grupos por razones horarias. El primer grupo, conformado por 11 alumnos (Grupo 1: G1) y el segundo (Grupo2: G2), por 20 alumnos.

En base a esta división, se decidió mantener en el primer grupo el estilo habitual de clases y utilizar en el grupo mayoritario una estrategia didáctica diferente a la tradicional, como alternativa a los modelos didácticos aún vigentes en el claustro institucional, procurando fomentar la reelaboración de los significados de los estudiantes por medio de la resolución de diferentes actividades. Se desarrolló un modelo de gestión en el aula en el que, el control del aprendizaje, circulaba entre los actores y en el que se enfatizaba la interacción entre los mismos. Esta estrategia se presentará con más detalle en el próximo capítulo. La intervención didáctica planificada contemplaba la casi totalidad de tres unidades del programa de la asignatura Física II basada en la resolución de un conjunto de situaciones que, se estimaba, podían favorecer una progresiva transformación de los invariantes operatorios y de las representaciones simbólicas que los alumnos utilizaban.

Posteriormente, se administró un cuestionario final o de integración al completar el abordaje de dichas unidades. En forma conjunta, se entrevistó nuevamente a los jóvenes

a partir de la resolución de dos actividades complementarias. Con los resultados de la información recabada hasta el momento, se entrevistó en profundidad a los estudiantes. En instancias del proceso de análisis que se sigue, y desde la perspectiva de una focalización gradual en el objeto de estudio, se evaluó la pertinencia de instrumentar a modo de estudio de caso (Pérez Serrano, 1998), una indagación exhaustiva de un conjunto reducido de alumnos de ambos grupos, para asegurar una incursión profunda en la problemática formulada. Para ello, se conformaron dos subgrupos con alumnos de los grupos 1 y 2 seleccionados intencionalmente y constituidos por 6 estudiantes de 2do año de ingeniería (19-20 años de edad) cada uno, en los que se profundizó el trabajo de indagación incluyendo además el análisis de las respuestas sobre diversas situaciones planteadas durante el proceso de aprendizaje.

Con los datos obtenidos, del análisis del contenido de la resolución del conjunto de situaciones, en este conjunto de alumnos -12 en total-, se indagó con mayor detalle el conocimiento de las representaciones de los estudiantes. Se intentó caracterizar los posibles conceptos y teoremas-en-acto de los jóvenes de cada grupo, al finalizar la etapa instructiva y (describir lo mejor posible), en términos de conocimiento-en-acto, las representaciones simbólicas, conceptos y sus relaciones, antes y después de producida la intervención, para inferir conclusiones provisionarias acerca del grado de conceptualización alcanzado por los alumnos.

La diferencia en los niveles de conceptualización de los alumnos, antes y después de la instrucción, evidenciada mediante los tests/cuestionarios construidos, fue objetivada desde distintos aspectos destacando, según (Borges, 1999; Llancaqueo et al., 2005, 2009):

- Cómo se integraba el nuevo conocimiento con el que traían.
- Hasta qué punto se percibía una organización rica y elaborada del conocimiento puesto en juego, es decir, si se pasaba de la simple mención de elementos aislados y débilmente vinculados a una explicitación de las relaciones entre los elementos interactuantes y sus posibles transformaciones hasta “*una comprensión relacionada con la construcción de estructuras*” (Borges, op. cit., pág.38)
- La estabilidad y coherencia de las afirmaciones de conocimiento.
- El status ontológico del evento u objeto en estudio; es decir, si el alumno podía expresar cómo era el objeto u evento que analizaba –describirlo- pero también si



lograba explicar el comportamiento y la causa del mismo; “el porqué” desde los procesos intrínsecos de los objetos y /o eventos en estudio.

- La variedad y calidad de recursos para expresar e interpretar sus representaciones y su complementariedad; desde lo pictórico, gráfico, lo simbólico, lo lingüístico.

Observar obstáculos, rupturas y continuidades en el proceso de aprendizaje constituyó una fuente relevante de información, en tanto, que posibles insumos para el análisis de los datos.

Para la determinación cuantitativa, se definieron algunas variables numéricas dicotómicas, a partir de la adecuación o no de las respuestas dadas por los sujetos a un grupo de ítems que abarcaban distintos aspectos del campo conceptual a través de distintas clases de situaciones. Este análisis permitió estudiar la consistencia interna de los cuestionarios como primera estrategia en el proceso de investigación.

Desde el plano cualitativo y, a los fines de explorar los posibles invariantes operatorios y las representaciones iniciales y finales de los alumnos, se procedió a realizar un análisis del contenido de las respuestas de los estudiantes (Bardin, 1977, 1996), a cada situación presentada en los mismos. Los datos se triangularon desde la perspectiva aportada por Berteley (2001).

En forma simultánea al análisis de representaciones simbólicas, y patrones emergentes frente a la diversidad de tareas presentadas a los alumnos de ambos grupos, se identificaron aquellas situaciones que más favorecían la construcción de conocimiento cercano a los modelos científicos, como también se estimó en forma global el nivel de conceptualización alcanzado y los obstáculos o dificultades presentes en ambos grupos.

### **3.2. Justificación de la metodología utilizada**

Samaja (1997), afirma que “el método” presenta, una connotación relevante desde la perspectiva de la construcción de creencias /conocimiento por el hombre, dado que se transforma en el medio inobjetable para el logro de acuerdos y la construcción

común de nuevos significados (intersubjetividad). Por esto, la necesidad de plantear por qué se trabajó de la manera en que se hizo.

Al respecto, Vergnaud et al. (1997) sostienen que para investigar las **adquisiciones cognitivas** dentro de un “campo conceptual” es necesario, por un lado, problematizar el campo conceptual en si mismo y, por otro, “*estudiar el nivel del orden psicológico que plantea la adquisición de ese campo conceptual*”. Así, plantean **tres objetos de estudio** como son *las diferentes clases de problemas y sus dificultades relativas*; *los procedimientos y sus dificultades*, y *el punto de vista de los conceptos que intervienen* ya que pueden ser importantes a la hora de decidir el recorte experimental.

*“Los procedimientos de solución son considerados como un medio decisivo para acceder a las representaciones conceptuales o preconceptuales de los alumnos, pero también ponen de manifiesto el funcionamiento de inferencias y teoremas no explícitos” (op. cit., pp.8).*

Otro recurso lo constituyen el estudio de los significantes (o representaciones simbólicas) que, en palabras del autor:

*“..se usan para resolver un problema como dibujos, esquemas, algunos de las cuales son relativamente espontáneas y otras más culturales y acordes con los recursos de las disciplinas, como las tablas, diagramas, gráficos, ecuaciones y otras” ( op. cit., pp.8. ).*

Estos objetos de estudio permiten evaluar la utilidad y adecuación de los diferentes sistemas simbólicos de representación según la tarea y edad del aprendiz (ibid.)

Vergnaud (op. cit.) señala que la apropiación de un concepto se evalúa necesariamente a partir de las tareas propuestas en las que el sujeto debe producir respuestas nuevas, aunque éstas sean nuevas sólo para quien las resuelve. En ese contexto, considera imprescindible observar cómo trabajan los estudiantes; sus procedimientos para indagar si éstos los llevan a resolver en forma adecuada o no la tarea. Así, expresa la necesidad de estar atentos a:

“...la forma (de trabajo) que es utilizada por los aprendices al interpretar y tratar los datos del problema; es decir los procedimientos que lo llevan ya sea al éxito o al fracaso”. (ibid., pp.12)

Para determinar la complejidad conceptual de las diferentes situaciones - las variables de tarea- indica que es importante analizar cómo los alumnos manejan ciertas operaciones. En forma análoga, y como era de esperar, sugiere prestar atención a las variables propias del enunciado de la tarea y a la redacción de las instrucciones. Este análisis ha de realizarse en el marco de las variables conceptuales, contemplando las operaciones de pensamiento necesarias para resolverla correctamente.

Otro ámbito propicio, lo constituyen las experiencias didácticas pre-planificadas y la observación de sus efectos al aplicarlas a través de la comparación de realizaciones de los alumnos entre un pre-test y un post-test. Además del porcentual de éxitos y de fracasos, en estas pruebas, el autor sugiere **considerar otros aspectos** más finos como el uso que hacen los estudiantes de los sistemas simbólicos de representación.

Los datos cualitativos pueden ser recolectados a partir de grabaciones del trabajo de los alumnos y se ha de insistir recurrentemente en el monitoreo, inclusive durante varios años, para otorgar a estos estudios la confiabilidad necesaria que trasciende la mera anécdota.

Al considerar el análisis de este objeto de estudio, es lícito sostener la esterilidad del debate cuantitativo versus el cualitativo de la investigación en enseñanza asumiendo una perspectiva constructiva y compleja (Porlán et al., 1997). Esta cosmovisión afecta tanto la manera de entender la investigación como el método que la guía. De ahí que se plantee que *"las investigaciones didácticas requieren de una síntesis metodológica adecuada entre enfoques cuantitativos y cualitativos y una negociación constructiva entre las hipótesis, las categorías, entendidas como provisionales y los datos"* (Cook et al., 1995; Carr et al., 1988)

En relación con esta idea, Cook et al. (op. cit.) aportan tres razones que refuerzan este punto de vista:

- a) *La confluencia simultánea de diferentes objetivos en una misma investigación*, dado que, con frecuencia se busca información tanto de los procesos como de los productos, de lo que ocurre y de la interpretación que los protagonistas hacen de lo que ocurre, de las categorías de pensamiento declaradas por los sujetos, de las implícitas, etc.
- b) *La complementariedad de los enfoques metodológicos*.
- c) *La corrección mutua de los sesgos metodológicos*, de manera que la triangulación de los datos obtenidos por diversos procedimientos permite un mayor grado de contrastación, confirmación y refutación

Al respecto, Moreira (2000) discute la cuestión de la compatibilidad entre métodos y cita, entre otros, a Firestone (1987) y Eisner (1981) quienes sostienen que, si bien, ambos métodos pueden asociarse a distintos paradigmas, no son “*diametralmente opuestos*”. Gallart (1992) coincide en la complementariedad de enfoques y argumenta la relación entre el tipo de investigación, el objeto de estudio, y los fines. Desde lo dicho, es posible plantear la investigación cualitativa y la investigación cuantitativa como extremos de un continuo que, según el objeto de estudio, requiera de una modalidad u otra o de ambas, en forma complementaria.

### **3.3. El análisis de los textos bibliográficos**

Para individualizar un hecho didáctico y observarlo, es necesario construir experiencias bien analizadas y reflexionadas y, para ello, se impone el análisis del proyecto didáctico (Vergnaud et al., 1997), por ejemplo, el que subyace en cada uno de los textos de uso común por los alumnos en los cursos de Física. Dado este interés, el abordaje inicial de este estudio comienza con la descripción del tratamiento que, en estos textos, se realiza a través de diferentes indicadores, tales como, el lugar que ocupa el tema en el texto; la relevancia que tienen los contenidos según su localización dentro de la bibliografía (capítulo, subtema, apartado, ejemplo, etc.); la continuidad o la ruptura entre los propios contenidos que se releva en la secuencia de su tratamiento ya sea entre los capítulos o en la modalidad de presentación de los temas; el tipo de representaciones utilizadas como el lenguaje natural, gráficos y diagramas, sentencias formales, etc., procedimientos utilizados como modos de expresar los significados explícitamente. También la existencia de ejemplos, que permiten representar “posibles

situaciones” y facilitar la atribución de sentidos a los conceptos tratados (Vergnaud, 1990). En forma análoga, se analiza el tipo de modelo explicativo utilizado en tanto generador de posibles significados durante el proceso de aprendizaje.

Como técnica para el estudio, se emplea el análisis de contenido (Ander Egg, 1995; Concari et al., 1995). Las categorías de análisis se construyen a partir de una exploración previa y se reformulan a la luz de las interpretaciones que surgen a partir de la lectura de los textos universitarios. Para ello, se identifican unidades textuales fragmentando los párrafos, a medida que se desarrollan los diferentes subtemas en cada capítulo. En primer lugar, como sugiere Bardin (1977) una “lectura flotante”, es decir, un análisis previo con el fin de seleccionar cada documento de análisis, formular hipótesis y objetivos y determinar los indicadores sobre los que se apoya la interpretación final. Posteriormente, se estudiaron los ejemplos y ejercicios, tanto prácticos como conceptuales, que permiten evidenciar las competencias hacia las que apunta cada texto.

### **3.4. La investigación sobre representaciones internas**

En este trabajo, se investiga un proceso de conceptualización desde la óptica de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud (1990). En esta teoría, el desarrollo cognitivo es moldeado por lo que los sujetos hacen –sus acciones- al enfrentar situaciones concretas y por las conceptualizaciones que sostienen esas acciones (Vergnaud, op. cit.). Uno de los constructos que subyace atravesando la trama de significados expuestos es, por lo tanto, el conocimiento implícito de los estudiantes y cómo éste es expresado en términos de significados y significantes. Se trata por consiguiente, de indagar la construcción significativa de nuevos esquemas, o sea, cómo el alumno representa y comprende la información, así como los procedimientos - desde el punto de vista de los conceptos que intervienen- seguidos por el estudiante, ya sea para aprender, resolver problemas o dar explicaciones sobre los fenómenos propios del campo conceptual de referencia. Estos esquemas se conforman con conceptos y teoremas-en-acción. Los primeros, son aquellos conceptos considerados relevantes a la hora de la acción. Los segundos, refieren algunas proposiciones -verdaderas o falsas- que relacionan los conceptos-en-acción, denominados teoremas-en-acto, que constituyen y le dan sentido a los conceptos de un campo conceptual. Los

conocimientos-en-acto le permiten al sujeto, la identificación y selección de la información, y con los teoremas-en-acto la persona, produce las inferencias y la selección de reglas de acción para manejar la situación. Por ello, es esencial el estudio de las dificultades encontradas durante la resolución de una situación, ya que esta información pone de manifiesto el conocimiento-en-acto de la persona que aprende. Este es un objeto de estudio para el cual una metodología cualitativa es la más apropiada, en cuanto permite indagar con mayor detalle aquellos componentes que constituyen el conocimiento implícito, por lo que la misma será el marco metodológico fundante, si bien, además, contará con aportes cuantitativos.

Investigar representaciones internas –significados-, en particular, caracterizar invariantes operatorios no es sencillo, porque el acceso a los mismos no es directo. El acceso a representaciones internas no es simple y sólo se puede conjeturar a partir de lo que éstas reflejan externamente.

Las representaciones, afirmaciones de conocimiento y conceptos que los alumnos explicitan al resolver diversas tareas y situaciones en palabras de Vergnaud (op. cit.) son apenas “la punta del iceberg” de la conceptualización de cada estudiante, que incluye invariantes operatorios y esquemas de los que no se puede hablar sin la ayuda del conocimiento explícito (Vergnaud, 1990)

Algunos ejemplos extraídos de otras investigaciones (Moreira, 1994; Moreira y Greca, 1998a;1998b ; 2001; Borges,1998; LLancaqueo et al.2005) muestran que en los trabajos sobre la investigación del conocimiento implícito –término tomado en sentido amplio- como por ejemplo, representaciones mentales, modelos mentales, esquemas e invariantes operatorios llevadas a cabo desde hace unos pocos años, tenderían a centrarse en metodologías cualitativas, lo que parece más apropiado, dado que, permite lograr una mayor profundidad sobre el tema central que se investiga, en este caso, los invariantes operatorios de los alumnos sobre el campo conceptual de la inducción electromagnética.

Un aspecto fundamental a considerar, además, es que en cualquier tipo de enfoque que se adopte, el objeto de estudio requiere un proceso de construcción. Este proceso tiene como pilar subyacente la objetivación. Ésta, ayuda a romper los discursos

prescriptivos que “*pretenden demarcar qué es y qué no es investigación científica y en el plano de la docencia cómo se debe enseñar*” (Ortega, 2001).

Objetivar es incorporar la “*reflexividad en los procesos de investigación*”, Achilli (2001), supone ejercer la duda y la crítica. Buscar en lo oculto de lo que se revela. Ello implica, según Bourdieu et al. (1995), romper con el sentido común. Significa romper con el “*asedio, la presión y las representaciones preconstruidas*”. De allí que, lejos de configurar categorías de análisis preliminares, resulta imprescindible estar atento a lo que surge, a lo que emerge de la situación social, del análisis de las producciones de los actores, de sus artefactos culturales.

Dentro de la metodología cualitativa, en la que se enmarca el estudio de las representaciones internas, podemos encontrar también, un amplio espectro de instrumentos utilizados para recabar datos. Por ejemplo, “entrevistas” en las que se exploran la forma en que los individuos resuelven problemas y se consulta sobre los pasos que han seguido en el proceso de interpretación de un determinado fenómeno.

Para investigar la evolución de modelos mentales<sup>12</sup>, por ejemplo, Tarciso Borges (1998) hace uso de entrevistas semiestructuradas para tratar de entender cuál es el significado que tienen para sus usuarios los sistemas investigados. Según el área de investigación, puede incluir *descripciones genéricas, de propósitos, de los sistemas o de las previsiones y explicaciones acerca de su funcionamiento*, es decir, se intenta responder a cuestiones vinculadas con la descripción y explicación del sistema /objeto estudiado y su comportamientos (Rouse et al., 1986).

También se han utilizado entrevistas de lápiz y papel no estructuradas y registros y comentarios de los alumnos (Greca et al., 1998 a). Como podemos observar y lo expresa Moreira (op.cit.), las investigaciones sobre modelos mentales hacen uso de protocolos verbales, documentos pictóricos, resolución de problemas, etc. que fueron obtenidos a partir de entrevistas de diversa índole o de tareas instruccionales.

Los estudios en enseñanza de la Física, con base en la teoría de Vergnaud, que se encuentran en la bibliografía, dan cuenta de ciertas estrategias como proponer a los alumnos la resolución de problemas y cuestiones, bien tipo test, cuestionario o a partir

---

<sup>12</sup> Modelos mentales : representaciones mentales que son análogos estructurales del mundo ( Johnson-Laird ,1983)

de tareas instruccionales (Escudero et al., 2006; Stipcich, et al. 2004; LLancaqueo et al, 2005).

En la mayoría de los casos se procura que las respuestas tiendan a que la persona busque en su base de conocimiento la información relevante para la construcción ya sea de modelos mentales (Moreira, op.cit.) o se recupere de la memoria de largo plazo un esquema preexistente. Así, se obtienen como respuestas, explicaciones y representaciones, que dan cuenta de ese conocimiento.

Para investigar representaciones sobre interacciones gravitatorias, Stipcich et al. (op. cit.) diseñan y analizan las respuestas de un test que contiene diversas cuestiones acerca de las interacciones gravitatorias. Posteriormente, realizan un análisis de datos (segmentación, agrupamiento por categorías, organización por metacategorías, covariación por ocurrencia de las mismas y relaciones). También analizan las ilustraciones de tipo figurativa, simbólica y mixta.

A su vez, Escudero et al. (op. cit.) realizan un análisis conversacional basado en los aspectos gramático- textuales del discurso conversacional para conocer el razonamiento de alumnos de nivel medio en el campo conceptual de la cinemática.

El método de recopilación de datos consiste fundamentalmente en la observación participante, elaboración de registros de trabajos de campo, diarios, reconstrucciones de la memoria de los elementos en ciertas situaciones y la codificación sistemática del material. La evaluación consta de cinco ítems de resolución escrita con dos situaciones problemáticas dentro del campo conceptual de la cinemática. Además seleccionan episodios de las clases, de los enunciados de problemas y sus respectivas soluciones y analizan los diálogos. Finalmente, eligen tres invariantes operatorias para su posterior discusión acerca de su significado, en términos de campos conceptuales involucrados.

Un recurso interesante lo constituye el grabar sesiones de resolución de problemas como lo plantean Soares et al. (2002). Ellos investigan un procedimiento de estudio para la resolución de problemas sobre el contenido de electricidad, que privilegia los intercambios verbales entre un especialista y un novato, en situación de interacción social con alumnos de nivel medio que presentaban dificultades en su desempeño en Física, principalmente, en este tipo de actividades. Mediante la grabación de cinco sesiones de resolución de problemas que fueron transcritas íntegramente, y luego analizadas a la luz de la Teoría de los Campos Conceptuales propuesta por Vergnaud (1990) obtuvieron información que les permitió identificar la conceptualización que



fundamentaba los procedimientos seguidos por los alumnos y la naturaleza de los errores que emergían, además de intervenir instruccionalmente. Una vez realizada la transcripción de las grabaciones, seleccionaron los trechos más significativos de acuerdo con los objetivos previamente definidos en el estudio, en términos de explicación de los componentes del campo incluidos y el tipo de interacción predominante. También analizaron los materiales escritos, producidos por los alumnos en cada sesión.

Covaleda et al. (2005) caracterizan la investigación sobre sistema y equilibrio que realizan, como cualitativa y exploratoria. Para su desarrollo analizan respuestas de un cuestionario conformado por ocho preguntas de naturaleza discursiva de los estudiantes y establecen para cada concepto de “*sistema y equilibrio*” diferentes categorías según la diversidad de significados que ofrecen las respuestas de los estudiantes. Estiman los resultados en forma cuantitativa (distribuciones porcentuales de las preguntas) y cualitativa, y observan cierto nivel de concordancia entre las conclusiones cualitativas y las estimaciones cuantitativas. Utilizan un cuestionario validado en su contenido por un experto en la temática.

De la gama de posibilidades para aplicar en este trabajo, se eligió el uso de cuestionarios, que incluyen diversos temas vinculados con la resolución de situaciones problemáticas sobre distintos fenómenos electromagnéticos que dan cuenta del campo conceptual que es abordado; entrevistas no estructuradas individuales y resolución de tareas -ejercicios y/o problemas - para la recolección de datos. A su vez, el análisis documental o de contenido de las respuestas a los cuestionarios, resultó una técnica adecuada para explorar las construcciones cognitivas de los estudiantes. A continuación, se describen los tipos de registros de datos utilizados en la investigación

### **3.5. La Entrevista**

La entrevista es una técnica en la que una persona (entrevistador) solicita información de otra (entrevistado), para obtener datos sobre un problema determinado (Rodríguez et al., 1996). La entrevista permite diversidad de estilos: existen entrevistas estructuradas y no estructuradas o cualitativas, escritas y orales. La entrevista cualitativa permite obtener información pormenorizada del entrevistado. Resulta útil además en este tipo de estudios, porque el investigador puede interactuar en forma directa para obtener información más precisa sobre las representaciones que el alumno construye.

*“..En completo contraste con la entrevista estructurada, las entrevistas cualitativas son flexibles y dinámicas. Las entrevistas cualitativas han sido descritas como no directivas, no estructuradas, no estandarizadas y abiertas” (Taylor y Bogdan, 1987, p p. 181)*

Cabe destacar que la entrevista cualitativa sirve en situaciones donde se desea profundizar una opinión, un análisis, etc., si bien, es más difícil de codificar, clasificar y analizar que una entrevista estructurada.

En este estudio, la función de la entrevista, consistió en obtener información detallada acerca de la conceptualización de los alumnos sobre el campo conceptual en estudio, comprender mejor la manera de razonar de los jóvenes sobre estas temáticas y tratar de describir lo mejor posible significantes y significados.

En el tipo de entrevista utilizada -cualitativa, no estructurada y profunda-, si bien, se estableció una lista de temas para cada caso con el fin de focalizar la interacción con el estudiante y evitar el desvío del propósito original de la conversación, se respetó el ritmo natural emergente. De este modo, se procuró crear en el estudiante un sentimiento de confianza y favorecer que se explayara en forma espontánea sobre las distintas tareas presentadas y los diversos aspectos de su conocimiento.

*“en una entrevista en profundidad, se busca aprehender los significados que los alumnos atribuyen y que se expresen utilizando sus propios términos” (Rodríguez et al., op. cit., p. 171.).*

A modo de ejemplo, se presenta un fragmento de la transcripción de una sesión de enseñanza- aprendizaje de dos alumnos sobre electricidad de un estudio realizado por Soares et al. (op. cit.), con el objeto de estudiar las explicaciones de los alumnos mientras construyen su aprendizaje, en la que se reflejan su manera de razonar, sus argumentos, los conceptos que utilizan para dar significado al contenido que intentan aprender y la forma en que el entrevistador interviene. Se agrega la traducción de un fragmento de la misma.

<i>Ejemplo</i>	<i>Traducción</i>
<p><i>“E1:O que define a intensidade da corrente que vai pra um lado e pro outro?”</i></p> <p><i>S1:O que define a intensidade da corrente?</i></p> <p><i>E1:O que define assim. Não pense em definição, daquele jeito que você vê nos livros. Eu estou perguntando assim: o que faz com que a corrente tenha um valor maior pra um lado do que pro outro. Ela não divide na metade, nesse caso. O que faz com que ela divida em valores diferentes?</i></p> <p><i>S1: Eu acho que é a resistência</i></p> <p><i>E1: O valor da resistência?</i></p> <p><i>S1: Sim.</i></p> <p><i>E1: Pra onde você acha que tem corrente maior e menor? Onde está a maior e a menor aqui? Essa resistência aqui é de 2? Essa aqui é de 4? .</i></p> <p><i>S1: Isso eu lembro... Eu percebia isso muito por aquela fórmula <math>V = Ri</math>. Se a gente tem uma <math>d d p</math> de 12V por exemplo, isso aqui...</i></p> <p><i>E1: S1: <math>d d p</math> onde?</i></p> <p><i>Aqui, nessa fonte. Então se a gente tem uma resistência de 4? e essa aqui que a gente está tratando. Então, que corrente seria essa aqui? 3 ampères. Se a gente tiver tratando com a resistência de 2? , que corrente seria essa? de 6 ampères.</i></p> <p><i>S1: Então isso é lógico porque se você tem uma resistência menor vai poder passar mais corrente. Se você tiver uma resistência maior vai poder passar menos corrente.</i></p> <p><i>E1: Tá, então a quantidade maior vai pra onde ela tem menos resistência pra passar</i></p>	<p><i>“E1: ¿Qué es lo que define la intensidad de corriente que va por un lado y por otro?”</i></p> <p><i>S1: ¿qué define la intensidad de corriente?</i></p> <p><i>E1: que la define. No piense en definición que se encuentra en los libros. Estoy preguntando: ¿qué hace que la corriente tenga un valor mayor en un lado que en otro? En este caso, ella no se divide en la mitad. ¿Qué hace que ella se divida en valores diferentes?</i></p> <p><i>S1: hallo que es la resistencia</i></p> <p><i>E1: ¿el valor de la resistencia?</i></p> <p><i>S1: sí</i></p> <p><i>E1. ¿Dónde encuentra que tiene una corriente mayor o menor? ¿Dónde es mayor o menor aquí? ¿Esa resistencia de aquí es de 1? ¿Ésta de aquí es de 4?</i></p> <p><i>S1: eso me parece. Percibía ésto por aquella formula <math>V = Ri</math>. Si la fuente tiene una diferencia de potencial de 12V por ejemplo, esto aquí...</i></p> <p><i>E1: Sí!: <math>ddp</math> donde?</i></p> <p><i>Aquí en esta fuente. Entonces si la gente tiene una resistencia de 4? Es esta aquí que la gente esta tratando. Entonces, que corriente será esa aquí? 3 amperes. Si la gente sigue teniendo una resistencia de 2 ¿Qué corriente sería esa? De 6 amperes.</i></p> <p><i>S1: entonces esto es lógico porque si Ud tiene una resistencia menor va a poder pasar más corriente. Si Ud. tiene una resistencia mayor va a poder pasar menos corriente.</i></p> <p><i>E1: ...entonces la cantidad mayor va para donde ella tenga menos resistencia para pasar ...”</i></p>

Como se observa, el entrevistador interviene de modo tal que el alumno logra comprender finalmente el principio de conservación de la carga en términos de las leyes de Kirchoff. Asimismo, de la transcripción de las respuestas se puede recuperar el razonamiento del estudiante.

### 3.6. Test o Cuestionarios de lápiz y papel

El término “cuestionario” se usa en sentido amplio para designar un conjunto de preguntas y problemas a resolver por el aprendiz y tiene como finalidad explorar las ideas, creencias generales y representaciones acerca del campo conceptual de la inducción que tienen los alumnos. Se considera una técnica más, en el desarrollo del proceso de recolección de datos.

El aspecto más relevante de estos cuestionarios, desde el punto de vista del objeto de estudio es, precisamente, el análisis de las respuestas dadas por los alumnos a distintas situaciones propias del campo conceptual. Estos alumnos, por otro lado, pueden compartir, a posteriori, el análisis de sus respuestas.

El cuestionario es definido por Rodríguez et al. (2000) como una forma de encuesta caracterizada por la ausencia del encuestador, donde los encuestados deben escribir sus respuestas. En estos casos, se considera suficiente una interacción impersonal con el encuestado para recolectar información sobre el problema objeto de estudio. Es una técnica que supone un interrogatorio en el que los temas son establecidos de antemano, y suelen contener entre cinco y veinticinco preguntas abiertas y cerradas. Las cuestiones planteadas, reflejan los presupuestos o modelos de partida utilizados por el investigador. Esta forma de encuesta, está indicada ya que se pretende recolectar información preguntando a un grupo numeroso de sujetos, con economía de tiempo y esfuerzo, manteniendo un formato común en las preguntas que permita luego facilitar su tabulación.

El contenido de un cuestionario puede ser tan variado como los aspectos que mide y pueden contener preguntas abiertas, cerradas o un conjunto de ellas. Las preguntas cerradas contienen categorías o alternativas de respuesta que han sido delimitadas. Pueden ser dicotómicas (dos posibilidades de respuesta) o incluir varias alternativas. En contraposición, las preguntas abiertas no delimitan, en forma previa, las alternativas de respuesta y admiten mayor diversidad y número de categorías. (Hernandez, 2000, pp.280).

Los cuestionarios pueden incluir uno o varios posibles modelos de solución o cualquier combinación de ellos. Por ejemplo, dentro de una pregunta puede haber diversas opciones estructuradas seguidas de una o más opciones secuenciadas en las que se pregunte por qué o se pida la explicación; pueden incluir también un ejemplo de la solución. Las respuestas pueden ser sólo textuales, gráficas, numéricas o mixtas. Lo que debe asegurarse es que los modelos de respuesta den a todos los alumnos la posibilidad

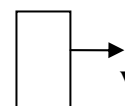
de reflejar razonablemente la propia y proporcionar al investigador los datos que necesita para responder al objeto de estudio (Rodríguez y otros, op.cit., pp. 191). La elección del tipo de preguntas depende del grado en que se puedan anticipar las posibles contestaciones y si se requiere una respuesta más precisa o profundizar una cuestión.

El cuestionario o test, para Lang y Moreira (1996) requiere, como se decía, que la elección del tipo de cuestiones constitutivas, esté estrechamente relacionada con el esquema conceptual de partida del encuestador y con el tipo de información que se pretende recoger. Respecto del formato, puede involucrar solamente texto o una combinación de éste con gráficos, como puede verse en Almudi et. al. (2005, pp.4).

*“A5: A una barra metálica como la de la figura, inmersa en una región donde existe un campo magnético  $B$  estacionario dirigido hacia dentro de la hoja, se le aplica una fuerza inicial instantánea que hace que dicha barra comience a moverse hacia la derecha con una velocidad  $V$ . En estas condiciones:*

*a) ¿Se produce el fenómeno de inducción magnética en dicha barra?*

*b) Si es así ¿Cómo explicarías la aparición de ese fenómeno?*



*Explica razonadamente tu/tus respuesta/as”*

### **3.7.El contenido de los cuestionarios**

Entre los estudios previos al diseño y administración de los cuestionarios, tal como sugiere Vergnaud (op.cit.), se implementó un cuidadoso análisis epistemológico de los contenidos a considerar dentro del campo conceptual de la inducción electromagnética, para seleccionar aquellos que se enmarcan en el recorte del modelo científico o sea el recorte de contenidos dentro del campo conceptual a enseñar.

El esquema conceptual de la Figura 1, muestra los conceptos más relevantes que el investigador supone representan el campo conceptual de la inducción electromagnética. En éste se pueden observar diferentes ejes o dimensiones que contribuyen a perfilar el significado del concepto. Es un recorte del campo conceptual, donde se enfatizan no sólo los efectos responsables de la generación de femi sino también algunos vínculos relevantes entre los conceptos seleccionados.

En lo que podría evaluarse como un primer eje, se encuentran conceptos relativos a las interacciones eléctricas y magnéticas, modelizadas por fuerzas eléctricas y magnéticas.

Coincidiendo con Almudi et al. (2005), este conjunto conceptual orienta hacia los primeros saberes necesarios para comprender la teoría marco sobre la inducción electromagnética.

Así las **interacciones electromagnéticas** modelizadas por la fuerza de Lorentz, son el primer eje conceptual. Lograr identificar este tipo de interacciones, representarlas, simbolizarlas y operar vectorial y geométricamente, es un prerrequisito. En forma análoga, se deben poseer competencias para comprender y modelizar las consecuencias cinemáticas sobre cargas eléctricas ya sea en reposo o en movimiento. .

El segundo eje seleccionado, se refiere a la **naturaleza del campo magnético**. Aspectos relacionados con la identificación de las fuentes de campo magnético como imanes, cargas en movimiento y corrientes, su representación a través de líneas de campo, diferenciación según las fuentes (si se diferencia de las fuentes de campo eléctrico), y la forma de ponderar y estimar las fuerzas que ejerce el campo magnético sobre otras cargas en movimiento.

Un tercer eje lo constituyen los **fenómenos propios de la inducción electromagnética**. Tanto circuitos cerrados en movimiento como variaciones de flujo a través de una espira conductora cerrada, entre otras, son clases de situaciones donde se manifiesta claramente el fenómeno de la inducción electromagnética

Un concepto clave en la modelización conceptual de este fenómeno, es el de “flujo del campo magnético”. No obstante, este concepto no fue incluido dentro de los cuestionarios ya que luego de la administración exploratoria de una versión preliminar a otro grupo de alumnos, se advirtió que el cuestionario se extendía demasiado y que los alumnos, una vez abordados los temas sobre electrostática donde eran tratados contenidos relacionados con la Ley de Gauss, lograban resolver en forma adecuada este ítem, pareciendo comprender este concepto. Sin embargo, este aspecto fue observado a través de diversas actividades específicas durante el proceso de aprendizaje.

Los indicadores seleccionados para cada eje, se plantean más adelante, en el punto 3.11.

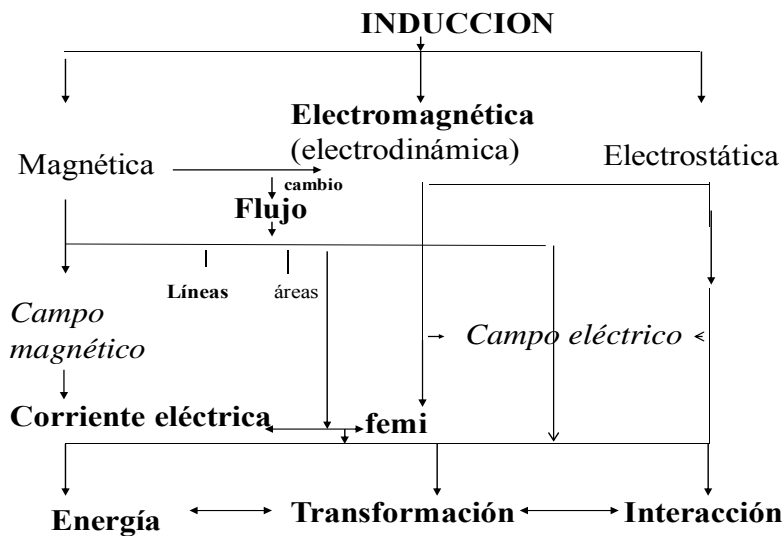


Figura 1. Un esquema conceptual sobre Inducción Electromagnética

### 3.8. Análisis de la información

#### 3.8.1. Dimensión cuantitativa del análisis

##### 3.8.1.1. Validez y Fiabilidad de los instrumentos

Con respecto a la validez de los cuestionarios, Briones (2006) afirma que este constructo se refiere a saber si el investigador mide realmente lo que pretende. En tal sentido sugiere realizar una “validación de jueces expertos” o validación del contenido (Briones, op.cit. pp. 24). Así, los ítems de los cuestionarios fueron revisados por dos doctores en Física, dos ingenieros y una licenciada en Física, profesores de la asignatura en distintas Facultades, a fin de validar los instrumentos. A su vez, coincidieron en señalar las diversas temáticas como aspectos esenciales del campo conceptual de la inducción electromagnética, entre las que se seleccionaron las que conforman el cuestionario. Después de la consulta, las consignas se ajustaron en función de sus aportaciones.

El estudio de la confiabilidad es un requisito para el uso de un test elaborado para realizar un diagnóstico inicial o final o para un cuestionario como instrumento de recolección de datos.

La fiabilidad de un instrumento radica en su propiedad de proporcionar resultados estables en aplicaciones que se hagan en diferentes momentos u oportunidades (Briones, op. cit. pp.25).

Para calcular un índice de confiabilidad, es posible definir algunas variables numéricas dicotómicas, aunque las variables/categorías obtenidas de las respuestas de un cuestionario en estudio sean de tipo cualitativo. Se trata de las respuestas de los sujetos a un grupo de ítems que abarcan distintos aspectos de la temática en los que puede asignarse al sujeto una puntuación de 1 o 0 según la respuesta sea o no correcta. Para la estimación de la fiabilidad, dado el tipo de variable/categoría se emplea (entre otras) la comparación de la varianza observada en la puntuación de los cuestionarios, además de un estudio de la consistencia interna de los instrumentos utilizados; del coeficiente alfa de Cronbach (Briones, op. cit.; Moreira et al., 1993).

Así, aunque la mayor parte de las variables/categorías obtenidas de las respuestas del cuestionario en estudio eran de tipo cualitativo, fue posible definir también algunas variables numéricas, utilizables en el cálculo de un índice de fiabilidad. Por ello, se asignó una puntuación a las respuestas de un grupo de ítems que incluían distintos aspectos del campo conceptual planteados por medio de diversas situaciones, según la respuesta fuera o no correcta.

El coeficiente  $\alpha$  de Cronbach puede ser calculado sobre la base de: a) la varianza de los ítems, o b) la matriz de correlación de los ítems (correlación de Pearson entre todos los ítems, todos contra todos, de a pares). La ventaja de este coeficiente reside en que requiere de una sola administración del instrumento de medición. Puede tomar valores entre 0 y 1, donde 0 significa nula confiabilidad y 1 representa la confiabilidad total. Otro método para estimar la fiabilidad resulta de emplear la comparación de la varianza observada en la puntuación de los cuestionarios.

En este caso, para la estimación de la fiabilidad se empleó la comparación de la varianza observada en la puntuación de los cuestionarios, además de un estudio de la consistencia interna de los instrumentos utilizados; del coeficiente alfa de Cronbach. (Briones, op.cit.; Moreira et al., 1993).

Dado que, a priori, no se puede suponer normalidad en la distribución de los valores de variable aleatoria, definida ésta como la puntuación de la respuesta del alumno en cada situación, en primer lugar, fue necesario estudiarla. Para ello se realizó un test de la



Estadística no paramétrica que, por comparación de las frecuencias observadas y las frecuencias teóricas de la distribución normal (para los mismos valores de variable aleatoria) permite validar o refutar la hipótesis nula de distribución normal de los datos, por construcción de un estadístico para la prueba, el cual tiene distribución Chi cuadrado. El estadístico de la prueba, Q, con distribución Chi cuadrado con  $v=k-1-m$  grados de libertad (siendo k el número de observaciones; m el número de parámetros estimados a partir de los datos).

Para cada situación se calculó este estadístico de la prueba y se planteó el test de hipótesis, para un nivel de confiabilidad  $\alpha=0,05$ .

### **3.8.2. Dimensión cualitativa del análisis**

#### **El análisis de las respuestas**

##### **3.8.2.1. Análisis del contenido –análisis documental (técnica de análisis)**

El análisis de contenido puede definirse como una técnica para estudiar y analizar la comunicación de una manera objetiva y sistemática, Bardin (1996). Puede ser aplicado a cualquier forma de comunicación (libros, poemas, programas multimediales, conversaciones, cargas, respuestas a tareas, etc.)

Se efectúa por medio de la codificación, el proceso en virtud del cual las características relevantes del contenido de un mensaje son transformadas a unidades que permitan su descripción y análisis preciso. En este tipo de análisis es necesario acordar el significado de algunos términos como universo, unidades de análisis, unidades de significado y categorías de análisis. Así, se entiende como “universo” las respuestas escritas u orales de los estudiantes del grupo en estudio, conversaciones, etc. “Unidad de análisis” se considera en este caso, las respuestas escritas u orales de cada estudiante. A su vez, las “unidades de significado o afirmaciones de conocimiento” las constituyen segmentos del contenido de las respuestas que el investigador selecciona de acuerdo con su intencionalidad. Las unidades de significado se insertan, colocan o caracterizan en patrones emergentes, subcategorías y categorías.

Las categorías son los niveles supraordenados donde serán caracterizadas las unidades de análisis. En palabras de Bertely (2001), aquellas definidas como representaciones,

acciones o afirmaciones de conocimiento que forman parte del discurso de los actores, en este caso los estudiantes, pueden ser denominadas como “*categorías empíricas*”. Asimismo, es posible identificar otro conjunto de categorías que hacen referencia a quien interpreta y que emergen de la representación que construye el investigador. A estas categorías, esta autora las designa como “*categorías del intérprete*”. Finalmente, Berteley (op. cit.), denomina categorías teóricas a aquellas categorías producidas por otros autores respecto del objeto de estudio y que, en general, surgen de la revisión bibliográfica. Así, por ejemplo, frente a la tarea de explicar con las propias palabras lo que se entiende por “inducción”, se encuentra para un alumno:

**Tabla 1. Unidad de análisis:** respuesta a las cuestiones planteadas en la situación 1 por el alumno A8

USN°: N° de unidades de significado	Unidades de significado o Afirmaciones de conocimiento (fragmentos empíricos)	Posibles Patrones emergentes
1	<i>La inducción es una fuerza</i>	Inducción como fuerza
2	<i>La inducción puede pasar o transmitirse a otro cuerpo sin tocarlo, puede atraerlo</i>	Inducción como trasmisión o atracción a distancia
3	<i>Es una fuerza capaz de producir agitación en algunas sustancias o cuerpo</i>	Inducción como fuerza

Los posibles patrones emergentes del caso anterior pueden considerarse:

- Inducción como fuerza.
- Inducción como trasmisión a distancia o atracción.

Una posible categoría del intérprete, que abarcaría los anteriores patrones podría ser:

*Inducción entendida como acción sobre otro cuerpo (INDAC)*. Es decir, que en esta categoría se incluirían aquellas explicaciones donde el alumno considera la inducción como una acción y/o fuerza ejercida sobre otro cuerpo.

### 3.8.3. Codificación de Preguntas Abiertas

Una vez conocidas todas las respuestas de los sujetos, se buscan aquellas afirmaciones de conocimiento y expresiones que dan cuenta de la idea esencial de la cuestión con la que se configura y nombra a los patrones generales de respuesta. Después, se asigna un valor numérico a cada patrón, según la frecuencia de unidades de análisis donde se encuentre. Así, un patrón o un conjunto de patrones se constituyen en una categoría de respuesta.

En suma, para cerrar las preguntas abiertas, se selecciona la totalidad de las respuestas a los cuestionarios y se observa la frecuencia con que aparece cada afirmación de conocimiento a cada pregunta. A continuación, se eligen las unidades de significado o afirmaciones de conocimiento que se presentan con mayor frecuencia y se construyen los patrones emergentes. Finalmente, se clasifican las respuestas elegidas según un tema, considerando aspectos que sean excluyentes entre sí. A continuación, se asigna un nombre a cada tema o aspecto y el código a cada patrón emergente de respuesta. Por último, analizan las frecuencias, los patrones se reducen en categorías.

### 3.8.4. Fidedignidad

La triangulación es una técnica de análisis de datos, que es utilizada para otorgar fidedignidad a los datos. Denzin (1970) y Gallart (1992) sostienen la triangulación como una combinación de metodologías utilizadas en el estudio de un mismo fenómeno. Para Kemmis (1983), resulta un control cruzado entre diferentes fuentes de datos, personas, instrumentos, documentos, o la combinación de todos ellos cuyo propósito es comparar y contrastar los datos entre sí desde diferentes puntos de vista. Berteley (op. cit.) entrecruza categorías empíricas, interpretativas y teóricas a los fines de dar fidedignidad a la investigación.

Por lo tanto, en este estudio, una vez realizado el **análisis del contenido**<sup>13</sup> (Bardin, op. cit.) de las producciones escritas de los alumnos, tomando como unidades de análisis la

---

<sup>13</sup> Según Bardin (1996), el análisis de contenido es un instrumento de análisis de las comunicaciones. A diferencia de la lingüística, tiene como objeto la palabra, es decir la práctica de la lengua realizada por los emisores identificables. Tiene en cuenta las significaciones (contenido) y eventualmente su forma y la distribución de estos contenidos en las diferentes formas. El análisis de contenido trata de saber lo que hay detrás de las palabras a las que se dedica.

respuesta de cada alumno a cada ítem de cada problema, (Berteley, 2001), se triangularon las citadas categorías.

### 3.9. El registro analítico

El registro construido, incluye tres niveles del análisis de diferentes documentos, como los de resolución de problemas de lápiz y papel, administrados en distintos momentos del proceso de desarrollo de los contenidos, los cuestionarios de diagnóstico inicial y de integración, los ejercicios concretos propuestos como actividades complementarias, etc.

En el primer nivel, se incluyó parte del contenido de los registros analizados (o ampliados), en los que además se muestran algunos comentarios del investigador inscriptos en la columna de “interpretación/comentarios del investigador” y/o en “notas analíticas”. Así, se hilaron y entramaron los primeros análisis realizados para interpretar los datos: se subrayaron fragmentos de los registros que desde la perspectiva del investigador resultaban llamativos; se formularon preguntas, inferencias, conjeturas y se seleccionaron los probables patrones emergentes a fin de comenzar a identificar y definir —de modo tentativo— las posibles categorías de análisis (Berteley, op. cit.)

El segundo nivel, lo constituyó la conformación de unidades de significado – afirmaciones de conocimiento-, e identificación de conceptos considerados relevantes. (Posibles expresiones de conceptos y teoremas-en-acto)

El tercer nivel se configuró con los patrones emergentes y posterior conformación de categorías, y sus definiciones.

*“Estas tres tareas, aunque conectadas, refieren a momentos interpretativos subsecuentes: primero subrayado de los fragmentos que llamaron la atención del investigador en todos los registros, luego la formulación de preguntas, inferencias factuales y conjeturas, y por último el subrayado de los patrones que más tarde se convirtieron en categorías de análisis” (ibid).*

La relectura de los registros ampliados contribuye a profundizar en cada momento, a la familiarización con la información y muestra los patrones emergentes ya sean convergentes o discrepantes, así como, la detección de situaciones particulares.

En síntesis, en este registro se incluyeron:

- afirmaciones de conocimiento -frases con significado mínimo: respuestas encontradas a las preguntas clave a partir de un acontecimiento específico que se quiere estudiar (Moreira et al., 1983), que en este caso se identifican como categorías empíricas.
- patrones emergentes (se identifican a partir de las primeras interpretaciones)
- categorías cualitativas o del intérprete (se identifican por su recurrencia a partir de los patrones).
- tablas de frecuencias de los distintos patrones emergentes con el objeto de estudiar la evolución durante el aprendizaje y la recurrencia de los mismos.

### **3.10. Características de los cuestionarios diseñados**

Los cuestionarios se diseñaron en función de los objetivos perseguidos en este trabajo. Se procuró conocer los saberes iniciales y el conocimiento construido finalmente por los alumnos al concluir un periodo instructivo sobre el campo conceptual de la inducción electromagnética para, posteriormente, cotejar esta información con una entrevista en profundidad. De esta manera, se intentó lograr un mejor acercamiento a los invariantes operatorios y esquemas de los alumnos en relación al campo conceptual en estudio.

La decisión de utilizar un cuestionario residió, entre otras, en la idea de recolectar información concreta acerca de los tres ejes temáticos mencionados, de un conjunto de alumnos en un periodo corto de tiempo.

Los ítems incluidos son situaciones y tareas –en sentido amplio- a resolver por los jóvenes que incluyen diversos aspectos. El cuestionario inicial se conforma por 12 ítems. El cuestionario final, si bien se desarrolla sobre los mismos ejes, es más extenso

y ligeramente más complejo que el inicial ya que se pretendía evaluar el nivel de conceptualización alcanzado posterior al periodo instructivo.

Las situaciones diseñadas en este trabajo incluyen algunos ítems que fueron tomados de otros tests o experiencias de aula, utilizados y publicados por diversos autores (Mc Dermott et al., 2001). Otros ítems han sido contruidos por la investigadora.

### **3.11. Elaboración de las preguntas o ítems**

Durante el diseño del cuestionario se analizó el tipo de pregunta que podía ser más pertinente de acuerdo con la situación de estudio y los objetivos propuestos, a la luz del marco teórico de referencia.

Se consideró necesario elaborar varias preguntas para comprobar la consistencia de las respuestas ya que una pregunta sola no suele ser suficiente para lograr la información necesaria sobre las cuestiones a observar.

Algunos aspectos tenidos en cuenta en el diseño, tanto del cuestionario diagnóstico inicial como del final, consistieron en procurar que las preguntas fueran claras, adaptadas al tipo de lenguaje utilizado por los alumnos sin descuidar el lenguaje científico y vigilar que las respuestas no fueran inducidas. Se procuró lograr una complejidad gradual: iniciar las actividades con preguntas simples y/o temáticas más familiares, para que el estudiante se concentrara en el cuestionario y, gradualmente, fuera adentrándose en la problemática de la inducción electromagnética.

Además, se ajustó la extensión para evitar la fatiga del estudiante y para que tuviera el tiempo necesario para responder reflexivamente.

Conjuntamente, se trató de equilibrar preguntas abiertas y cerradas como para obtener suficiente información sin complejizar excesivamente la tabulación posterior.

Se procuró formular preguntas relacionadas con la información pertinente al campo conceptual de la inducción electromagnética, y se planificó cada cuestionario de modo que, al menos, algunas de las preguntas que se formularan, permitieran establecer comparaciones con otros estudios realizados sobre el mismo problema.

Una vez lograda una versión preliminar de los cuestionarios, se aplicó a un grupo semejante de estudiantes de otro curso, con el fin de hacer los ajustes necesarios en función de lo observado. En forma conjunta al análisis de las sugerencias de los jueces expertos, se eliminaron aquellos ítems que presentaban dificultad de comprensión y

aquellos que podían plantearse en otras actividades, reduciendo, así, la extensión del mismo.

Los cuestionarios se administraron a un curso de 31 alumnos de 2º año de Ingeniería durante un módulo de clase equivalente a 90 minutos.

### **3.12.1. Diagnóstico Inicial**

Entre los instrumentos utilizados en los trabajos de indagación acerca de lo que el alumno “ya sabe” al iniciar el tratamiento de la temática en clase, se encuentran los siguientes:

- Test o cuestionario de lápiz y papel.
- Actividades complementarias: Resolución de tareas o cuestiones individuales.

### **3.12.2. Diagnóstico Final**

Entre los instrumentos utilizados en los trabajos de indagación al cerrar parcialmente el proceso de enseñanza y aprendizaje se encuentran los siguientes:

- Test o cuestionario de lápiz y papel de integración o final
- Actividades Complementarias: Resolución de tareas o cuestiones individuales
- Entrevista en profundidad

## **3.12. Diseño de Actividades de los Cuestionarios, Actividades Complementarias y la Entrevista**

### **3.12.1. Diseño de los Cuestionarios**

Los cuestionarios diagnósticos fueron diseñados para conocer las representaciones expresadas por afirmaciones de conocimiento y significantes de los alumnos de un curso de Física introductoria, de la cohorte 2005, de la carrera de Ingeniería Electromecánica de una institución universitaria de gestión estatal. Los mismos versaron sobre diversas clases de situaciones del campo conceptual de la

inducción electromagnética vinculadas a temáticas como interacciones electromagnéticas, campo magnético e inducción electromagnética.

Para ello, se tuvieron en cuenta los principales aportes sobre las necesidades e inconvenientes de los alumnos para el aprendizaje de estos temas.

Cuando se trata de realizar un recorte para seleccionar un conjunto de conocimientos, profesores expertos en el dictado de la asignatura e investigadores, acuerdan en términos generales pero suelen presentar algunas diferencias, muchas veces derivadas de la trayectoria formativa o el contexto académico en el cual se desempeñen. De ahí que, se consultara a un grupo de docentes a cargo de esta asignatura en diversas carreras de Ingeniería, algunos de la misma institución y otros de Facultades distintas, para contrastar las respuestas y desbrozar incertidumbres.

Al respecto, estos docentes consideraron, por ejemplo, que para que el alumno logre una mejor comprensión de la inducción electromagnética, necesita además de los requerimientos matemáticos, conceptos vinculados a las interacciones, la naturaleza del campo magnético, del flujo magnético y de los cambios que en el tiempo pueda experimentar una magnitud. Por lo que, el alumno requiere de los conocimientos previos que los profesores consultados señalaron según se transcribe:

*“tener en claro el concepto de **campo vectorial**, y **dos operaciones del mismo: flujo y circulación** (integral curvilínea cerrada). Además del **concepto y estructura del campo magnético**” (Ing. Químico)*

*“conocer conceptos fundamentales: **flujo** (tanto conceptual como operacional) y **campo magnético B**. También el concepto de **variación temporal**, expresado en términos de una derivada primera” (Dra. en Física)*

*“Lo más importante es el **efecto de campo magnético sobre una carga en movimiento...las interacciones.**” (Ing. Electromecánico)”*

En relación con las debilidades y obstáculos, estos profesores reconocen dificultades en torno al concepto de inducción electromagnética como deficiencias matemáticas, flujo, variación de una magnitud en el tiempo como el flujo de un campo vectorial sin que la intensidad del campo vectorial cambie; dificultades para “visualizar” los fenómenos, a saber:



*“Las mayores dificultades se encuentran en ciertas deficiencias matemáticas y en el insuficiente manejo del espacio (producto del tipo de matemática abstracta que se enseña actualmente en nuestra facultad). Les cuesta reconocer las superficies de Flujo y no diferencian claramente una superficie abierta de una cerrada. Les cuesta también entender el concepto de "flujo barrido", o sea, cuando no hay una espira material” (Ingeniero Químico)*

*La dificultad en la conceptualización de la variación de una magnitud en el tiempo (que ya es difícil), y la de dicha magnitud: el flujo magnético. Comprender, por ejemplo, que el flujo varía en el tiempo aun cuando la intensidad del campo sea constante, cuando éste no es uniforme (Dra. en Física)*

*“No se imaginan los fenómenos. No hay representación mental de los fenómenos. No pueden visualizar mentalmente cómo es el fenómeno”. (Ing. Electromec.)*

Según la bibliografía revisada, como ya se señaló en el ítem, los alumnos presentan, entre otras dificultades para comprender conceptos:

- **de electrostática** derivados de confusiones epistemológicas, o del status ontológico de los conceptos como la asignación de entidades físicas a entidades simbólicas (Pocoví, et al., 2000; 2002; Velazco, et al., 1999; Furió, et al., 1997);
- relacionadas con los **referenciales elegidos, o la débil construcción del significado, ocasionadas por el exceso de matematización** de los contenidos o por un exceso de operacionalización en el tratamiento didáctico\_(Kofman, et al., 2000)
- o debido a la presencia de obstáculos que tienen que ver **con competencias generales** para el aprendizaje, como el manejo de múltiples variables en la Ley de inducción de Faraday, por ejemplo (Sánchez et al., 1999) o las derivadas de la resolución de problemas (Souza et al., op. cit.), o de las formas de razonamiento

(Viennot et al., 1999) o debilidades en recursos como el tipo de representaciones simbólicas que se requieren para la adquisición de estos saberes. (Llancaqueo et. al., 2003).

Es conocido también el hecho –generalizado- de las dificultades que emanan del estilo de razonamiento de los alumnos ya que responde a procedimientos del sentido común, linealidad y, podría decirse, a cierto reduccionismo en cuanto tiende a evidenciar una simplificación de las situaciones, por ejemplo, desconociendo algunos de los elementos del objeto de estudio o recortando partes de los procesos de transformación, (Stipcich et al., 2004; Escudero et al., 2003; Campanario et al., 2000). En particular, Meneses et al. (1995), Guisasola et al. (2005), han encontrado que los alumnos presentan dificultades a la hora de reconocer los imanes como fuentes de campo magnético a través de una serie de características propias de la interacción magnética; cómo actúa sobre un conjunto de materiales concretos, que sea dipolar y pueda hacer girar una brújula o que actúa a distancia.

Asimismo, manifiestan problemas para conocer que las líneas de campo magnético son cerradas, cuando aplican el teorema de Gauss; fenómenos que llevan a reconocer la inexistencia de monopolos; reconocer que las cargas en movimiento respecto de un observador inercial, producen campo magnético; explicar cualitativamente en particular el campo magnético de una carga en movimiento, de una corriente en un circuito eléctrico, hilo, espira, solenoide.

Almudi et al. (2005) revelan también que muchos estudiantes presentan confusiones entre campo y flujo a la hora de analizar la causalidad de los fenómenos de inducción electromagnética.

Por lo expresado, como se puede ver en el Anexo I, tanto en el cuestionario diagnóstico como en el final y en las actividades complementarias, que los estudiantes resolvieron a situaciones problemáticas y cuestiones que ponían énfasis en aspectos fundamentales que se relacionan a continuación:

- **A:** situaciones que requieren descripción usando el modelo de fuerza a distancia y que requieren diferenciación según el tipo de fuente. Para el diseño de estas situaciones se adaptaron experiencias clásicas de la bibliografía y de Mc

Dermott et al.(2001) las que se pueden observar en las situaciones 1 y 3d y 3e; relativas a las interacciones del tipo de la Fuerza de Lorentz

- **B:** situaciones que involucran explicaciones sobre la naturaleza del campo magnético, la interacción entre campos magnéticos y sus implicaciones cinemáticas y energéticas se proponen dos situaciones. Las situaciones que contemplan la generación de la femi según el movimiento relativo entre un imán coaxial con una espira conductora; son adaptadas de Mc Dermott et al. (op.cit.)
- **D:** situaciones que contemplan la generación de la femi según la circulación de corriente en un solenoide coaxial con una espira conductora, adaptadas de Mc Dermott et al. (op.cit.);
- **E:** situaciones que contemplen la circulación de una corriente inducida a partir del movimiento de una espira cerrada dentro de diferentes regiones de campo magnético;
- **F:** situaciones que contemplan aplicaciones CTS a partir de las transformaciones energéticas como consecuencia de la inducción electromagnética;
- **G:** situación que requiere una explicación acerca de la inducción electromagnética;
- **H:** situación que requiere explicar que un circuito en movimiento dentro de un campo magnético estacionario sufre una fem inducida y que la fuerza que actúa sobre las cargas es debida al campo magnético, fundamentar el sentido de la corriente inducida e interpretar el sentido de la corriente inducida desde el principio de conservación de la energía.

Así, las situaciones planteadas en el diagnóstico ya sea en el cuestionario inicial como en actividades complementarias se refieren a:

- Definición sincrética de inducción.
- Interacción a distancia entre barra electrizada y esfera de aluminio.
- Interacción por contacto entre barra electrizada y esfera de aluminio.
- Interacción entre metal e imán.
- Interacción entre conductor con corriente e imán.
- Inducción electromagnética: barra deslizante.

Las situaciones planteadas en el cuestionario final o evaluación de integración y actividades complementarias contemplan a su vez:

- El análisis de la femi y la corriente inducida en cinco espiras (una con área diferente) en movimiento en distintas posiciones dentro de un campo magnético saliente.
- Cálculo de la femi en una situación de circuito en U con barra deslizante dentro de un campo magnético.
- Interacción por contacto entre barra electrizada y esfera de aluminio.
- Interacción entre metal e imán.
- Interacción entre conductor con corriente e imán.

Las **tablas 2 y 3** muestran la correspondencia entre los ejes temáticos por situaciones y la distribución de los temas por situación, tanto en los cuestionarios como en las actividades complementarias respectivamente.

**Tabla 2.** Distribución temática de situaciones

<b>Cuestionario Inicial</b>		A	B	C	F	-
<b>Cuestionario Final</b>		A	B	D	E	F
<b>Actividades Complementarias/Entrevistas</b>	Iniciales	F	G	-	-	-
	Finales	G	H	-	-	-

**Tabla 3.** Distribución de situaciones de los cuestionarios según eje temático

<b>Eje temático</b>	<b>Situaciones –cuestiones cuestionario inicial</b>	<b>Situaciones –cuestiones cuestionario final</b>
<b>Interacciones electromagnéticas (fuerzas)</b>	1 3d-3e	1 3d-3e
<b>Campo magnético</b>	2 3a-3b-3c	2 3a-3b-3c
<b>Inducción electromagnética</b>	4 5	4 5 6

### 3.12.1.1. Cuestionario Inicial

Este instrumento (Ver Anexo I) estaba configurado por cinco situaciones referidas a los ejes temáticos que se han mostrado en la tabla 3.

En la situación 1, se intenta detectar si el alumno reconoce la interacción como una acción a distancia; si puede esclarecer alguna vinculación con la ley de Coulomb o con el campo eléctrico o si logra diferenciar el fenómeno de conducción del de inducción (Guisasola et. al., op.cit.) Además, se pretende observar si el alumno reconoce la interacción imán – metal; si la identifica como un fenómeno magnético y si la relaciona -y cómo- con los fenómenos eléctricos.

Las preguntas de la situación 2, tienen como propósito indagar de qué manera el alumno logra reconocer la interacción entre campos magnéticos mediante la descripción de una brújula ideal y los efectos que experimenta bajo la acción del campo magnético terrestre. En las preguntas de la situación 3: se intenta observar si reconoce algunas características de los modelos de fuentes de campo magnético, como por ejemplo, el tipo de línea que representa el campo de un imán o de un hilo de corriente, como también explorar si el alumno logra interpretar las interacciones entre un imán y un hilo de corriente. En las situaciones 4 y 5: se trata de recopilar, en forma más precisa, cómo el alumno conceptualiza la ley de Faraday-Lenz; si el alumno logra analizar la presencia de una corriente en la espira según las variaciones de flujo magnético y relacionar la información gráfica con expresiones lingüísticas, así como si reconoce el principio de inducción electromagnética en una aplicación de tipo CTS de características regionales.

Complementariamente, se plantean, a modo de entrevista, dos actividades. En la llamada entrevista 1, la pregunta pretende que los estudiantes escriban en sus propios términos el significado del concepto de inducción electromagnética. En la entrevista 2, se plantea una situación del ámbito cotidiano para elucidar lo que los estudiantes en esta etapa de su conocimiento, logran interpretar sobre las interacciones entre el campo magnético y una carga en movimiento.

### **3.12.1.2. Indicadores seleccionados para el diseño del cuestionario de diagnóstico inicial**

Los indicadores seleccionados para este cuestionario son:

- Describir interacciones electromagnéticas mediante expresiones lingüísticas, geométricas, gráficas y formales según su fuente y la distancia entre las mismas.

- Conocer y explicar interacciones entre campos magnéticos mediante el reconocimiento de las transformaciones cinemáticas y energéticas de los objetos que interactúan.
- Conocer el campo magnético de campos y corrientes identificando fuentes, describiéndolo simbólicamente e interpretando el contenido de las distintas expresiones simbólicas.
- Analizar la presencia de una corriente inducida en la espira conductora según el movimiento de un imán coaxial con la espira, identificando el sentido de corriente y relacionando expresiones gráficas y lingüísticas.
- Conocer aplicaciones CTS de la inducción electromagnética que contextualicen el modelo teórico y les permita a los futuros ingenieros interactuar con su realidad inmediata.

### **3.12.2. Cuestionario de Integración o Final**

En forma análoga al cuestionario inicial, este instrumento (Ver Anexo II) se configuró con cinco situaciones que incluían diversos aspectos del campo conceptual en cuestión, según los ejes temáticos planteados en la tabla 3. A diferencia del cuestionario inicial, la complejidad de la tarea es incrementada gradualmente en los diversos ítems, especialmente en aquellos referidos al eje inducción electromagnética. Por esto, se incorporan algunas situaciones nuevas para que los alumnos resuelvan. Nuevamente, para profundizar el análisis, se incorporan dos actividades, en forma complementaria, y se instrumentan a modo de entrevista.

Las situaciones **1** y **3**, son análogas a las del cuestionario inicial y se intenta averiguar si ha habido una evolución en las respuestas. En la primera, se busca detectar el reconocimiento de la interacción como una acción a distancia, si puede esclarecer alguna vinculación con la ley de Coulomb o con el campo eléctrico o si logra diferenciar el fenómeno de conducción del de inducción (Guisasola et al., op. cit.). Además, se pretende observar si el alumno reconoce la interacción imán – metal; si la identifica como un fenómeno magnético y si la relaciona -y cómo- con los fenómenos eléctricos. A su vez, en las preguntas de la situación 3, se intenta observar si el estudiante reconoce algunas características de los modelos de fuentes de campo magnético como, por ejemplo, el tipo de línea que representa el campo de un imán o de

un hilo de corriente, así como explorar si el alumno logra interpretar las interacciones entre un imán y un hilo de corriente.

Las preguntas de la situación 2, tienen como propósito indagar si el alumno logra interpretar el modelo de materiales ferromagnéticos y relacionarlo con la estructura interna de los imanes.

En forma análoga al cuestionario diagnóstico inicial, en las situaciones 4, 5 y 6, se trata de recopilar, en forma más precisa, cómo el alumno conceptualiza la ley de Faraday-Lenz; si logra analizar la presencia de una corriente en la espira según las variaciones de flujo magnético, interpretar el sentido de circulación de corriente y relacionar la información gráfica con expresiones lingüísticas, reconocer el principio de inducción electromagnética en una aplicación de tipo CTS de uso cotidiano. A su vez, en la llamada actividad complementaria 1, se recurre a una situación que se puede dar dentro del ámbito cotidiano para indagar si el estudiante logra analizar la interacción entre un campo magnético y una carga en movimiento y los recursos que utiliza para ello, en términos de significantes. En la actividad complementaria 2, se plantea el típico ejemplo de circuito cerrado dentro de un campo magnético estacionario. Uno de los lados es una barra conductora deslizante. Se procura elucidar lo que los estudiantes en esta etapa de su conocimiento, logren interpretar de las interacciones entre el campo magnético y cargas en movimiento, la femi y la variación de flujo magnético.

Ambos protocolos pueden consultarse en los Anexos I y II respectivamente.

### **3.12.2.1. Indicadores seleccionados para el diseño del cuestionario de diagnóstico final**

A continuación se presentan los indicadores seleccionados para este instrumento.

- .Describir interacciones electromagnéticas mediante expresiones lingüísticas, geométricas, gráficas y formales según su fuente y la distancia entre las mismas, según las modificaciones del flujo magnético.
- Describir la estructura interna de los materiales ferromagnéticos en términos de dipolos magnéticos

- Conocer el campo magnético de imanes y corrientes identificando fuentes, describiéndolo simbólicamente e interpretando el contenido de las distintas expresiones simbólicas. (a, c).
- Analizar la presencia de una corriente inducida en la espira conductora según la circulación de corriente en un solenoide próximo coaxial con la espira, identificando el sentido de corriente en la espira conductora, interpretando el ritmo de variación del flujo magnético, y relacionando expresiones simbólicas formales, gráficas y lingüísticas.
- Explicar la presencia de una corriente inducida en una espira conductora cerrada en movimiento dentro de diferentes regiones de campo magnético interpretando el sentido de circulación de corriente.
- Conocer aplicaciones CTS de la inducción electromagnética que contextualicen el modelo teórico y les permita a los futuros ingenieros interactuar con su realidad inmediata. analizando la conservación de la energía y la ley de Lenz.

### **3.12.3. Entrevista**

#### **3.12.3.1. Criterios Adoptados**

Como se ha dicho durante el desarrollo de este trabajo, los conocimientos en acto son representaciones internas que las personas construyen mentalmente. Los conceptos y teoremas-en-acto son estados internos, conocimiento “*largamente implícito*” (Vergnaud, 1990, pp.144-145, cit. en Caballero, 2004, pp. 60) del que las personas no tienen muchas veces conciencia y no pueden explicarlos de manera directa, sino que el conocimiento que se obtiene de ellos, lo que aflora, es sólo una manifestación de un sustrato mucho más profundo.

Teniendo en cuenta la necesidad de contar con información concerniente a los significados y significantes que poseen los alumnos y la forma en que se modifican a lo largo del ciclo lectivo y del cursado de la asignatura elegida para este estudio, se seleccionaron las tareas que los estudiantes deberían realizar, bajo la modalidad de una entrevista, teniendo en cuenta dificultades de interpretación en el análisis de los cuestionarios y trabajos prácticos, errores y omisiones en las respuestas a fin de poder



obtener datos complementarios sobre las explicaciones por ellos ofrecidas y sobre los invariantes operatorios que subyacen a dichas explicaciones.

Algunas de las cuestiones pretendían confirmar sospechas sobre las interpretaciones de los estudiantes, inferencias del investigador; otras traer a la luz aspectos propios del pensamiento implícito sobre el campo conceptual que aún no habían aflorado.

Para cada entrevista se elaboró un guión sumamente flexible, adaptado a cada alumno, con objeto de tener organizada la búsqueda, en función de lo detectado en los análisis previos de los cuestionarios y actividades complementaria, pero como es natural, el propio desarrollo de las entrevistas sugirió reconducir las cuestiones hacia determinados focos de interés emergentes durante este proceso como, por ejemplo, la descripción de los procedimientos en algunos casos sobre los cuales se construyó el conocimiento operativo del campo conceptual en estudio (el cómo).

En forma análoga, en otros casos, se presentó al estudiante un problema y se le pidió que lo resolviera y explicara según su propio punto de vista, buscando lograr un consenso sobre la construcción de estos modos de operar, es decir, intentar conocer el fundamento de las explicaciones aportadas.

Cabe destacar que, a partir de la permanencia en el aula del entrevistador y debido a las múltiples interacciones transitadas, entrevistador y entrevistados se conocían mutuamente lo que contribuyó a aumentar un clima de libertad como para orientar las temáticas hacia los puntos centrales que se indagaban; inclusive, pidiendo deliberadamente, repeticiones de los argumentos esgrimidos frente a una tarea a resolver o reiteraciones sobre lo dicho, para aclarar ciertos aspectos, o comprobar la estabilidad de sus opiniones.

Las entrevistas fueron interpretadas y analizadas haciendo uso del análisis documental o de contenido ya explicado.

### **3.12.3.2. Tipo de Conocimiento a evidenciar**

Las temáticas planteadas atraviesan el campo conceptual de la inducción electromagnética, interacciones entre cargas eléctricas y campos magnéticos, transformación del flujo magnético y conservación de la energía incluyendo los modos simbólicos de representar el modelo científico clásico, desde el que abordan estos fenómenos incluyendo recursos matemáticos, geométricos, icónicos.

### **3.12.3.3. Selección de los Entrevistados**

Tal como se comentara al inicio del apartado 3.12, se diseñaron dos cuestionarios para conocer los saberes iniciales y finales del grupo de alumnos en estudio que se aplicó a 31 alumnos en el año 2005. A partir de estos cuestionarios y de otras tareas observadas durante el proceso, se procedió a seleccionar aspectos de las producciones de los alumnos que requerían aclaraciones así como también formular cuestiones para profundizar o completar la información recogida de cada alumno. Así, se planificó una entrevista no estructurada que, si bien, se administró a la totalidad de los alumnos que habían completado el cuestionario final se analizó en detalle, sólo para 12 casos, seleccionados en forma intencional, 6 correspondientes al grupo bajo enseñanza tradicional y seis al grupo que construyó sus saberes a través de una estrategia didáctica de innovación. Estas entrevistas fueron útiles para cotejar con la información recabada en el monitoreo de las respuestas de los alumnos durante la intervención didáctica, además de sondear, en profundidad, los significados y significantes construidos por los alumnos.

### **3.12.3.4. Realización de las Entrevistas**

Al finalizar la evaluación de integración se explicó a los alumnos la necesidad de realizar entrevistas personales, con el fin de asegurar, lo mejor posible, el registro de sus conocimientos y maneras de pensar respecto a estos temas y propiciar, en el futuro, el desarrollo de estrategias didácticas que contribuyeran a mejorar el aprendizaje de nuevos alumnos. También resultaba una oportunidad para complementar lo que habían olvidado y hasta mejorar alguna respuesta.

Cada entrevista fue realizada en espacios de la institución (aula, oficina del profesor). Los estudiantes dispusieron de lápiz y papel para expresar lo que precisara escritura. Algunas de estas expresiones se toman en cuenta a modo de representación externa cuando se han considerado relevantes. Todas las entrevistas fueron audiograbadas a la vez que se realizaban algunas anotaciones de los principales aspectos enunciados, escritos y/o dibujados por los alumnos, en respuestas o explicaciones dadas a las actividades planteadas por el entrevistador.

También fueron recopilados los dibujos, fórmulas, etc. realizadas por cada estudiante durante la entrevista.

Si bien se estimó, en un primer momento, que las entrevistas podían tener una duración de alrededor de 60 minutos, en la práctica, este período se redujo, en término medio a 30 minutos. En ningún caso superó la hora de trabajo.

### **3.13. Estrategia Didáctica**

A fin de propiciar aprendizajes explícitamente establecidos dentro de un espacio curricular, en el marco de un curso de Física de estudiantes de Ingeniería, se propuso una estrategia didáctica innovadora dentro del campo conceptual de la inducción electromagnética. Si bien, la estrategia didáctica implementada es descrita con mayor profundidad, en el capítulo 4, se considera oportuno adelantar su presentación mediante una síntesis de la misma, así como, de algunos de los criterios subyacentes.

Al pensar en el diseño de una estrategia didáctica desde la perspectiva de la Teoría de los Campos Conceptuales, se han de considerar algunas cuestiones fundamentales. Por un lado, el tema del conocimiento entendido como un campo conceptual que, según Vergnaud (op.cit.), incluye una diversidad de situaciones. Estas situaciones se pueden agrupar en clases, de acuerdo a las propiedades de los conceptos necesarios para su solución (Andrés et al., 2006). Por otro lado, se ha prestado atención al aprendizaje, asumiendo que éste se produce cuando el aprendiz enfrenta un conjunto de situaciones que progresivamente va dominando. Esta apropiación es gradual y le permite construir, paso a paso, cada concepto, construyendo significados en términos de invariantes operatorios mediados por significantes, o sea, por las representaciones requeridas para expresar estos significados y darles sentido. En suma, se procura que los estudiantes construyan esquemas, lo que supone un proceso largo, complejo y muchas veces inestable (Vergnaud, 1990).

El primer aspecto implica un análisis detallado del contenido a analizar como también la selección de un conjunto de situaciones ordenadas, según su complejidad, a resolver por los estudiantes. Ahora bien, aquí aparece el tercer aspecto a considerar ya que los estudiantes enfrentan cada situación con los esquemas que tengan. Cuando logran una buena conceptualización de ese campo, las resolverán en forma inmediata y, si no, entrarán en una fase de reflexión y duda (Vergnaud, ibid.) utilizando esquemas contradictorios o combinando nuevos hasta que, progresivamente, logren construir un esquema más o menos estable, (Moreira, 2002). Por eso, para jerarquizar las situaciones

hay que estar atento a las dificultades que presentan los estudiantes y al conocimiento-en-acción- invariantes operatorios- que activan al enfrentarlas. Estos tres aspectos estructuran los criterios orientadores para el diseño de las actividades didácticas.

Cuando de mediación pedagógica se trata, no puede obviarse la mirada vigostkiana, en cuanto los procesos de enseñanza y aprendizaje están regidos por la Ley de doble formación en tanto a la par de la actividad cognitiva individual; la interacción con el grupo de pares como con el docente y otros mediadores culturales como la bibliografía, la consulta a páginas web, entre otros, contribuyen a precisar, modificar y enriquecer los invariantes operatorios.

Las clases se desarrollaron de la manera habitual en ambos grupos hasta la finalización de los contenidos de las cinco primeras unidades del programa conformadas por los contenidos de Electrostática y Corriente Continua.

Al mismo tiempo se elaboraron los cuestionarios diagnósticos inicial y final. Una vez administrado y procesado el primer cuestionario se diseñaron las actividades didácticas para la primera unidad de Magnetismo. Simultáneamente al monitoreo de su implementación y del aprendizaje de los alumnos, se comenzó el diseño de las unidades restantes. Después de la resolución del último cuestionario se entrevistó a los alumnos seleccionados a fin de conocer con mayor precisión los posibles invariantes operatorios que ellos poseían, describir sus representaciones y analizar el nivel de conceptualización alcanzado.

### **3.13.1. Los Contenidos**

La **intervención didáctica** incluyó las tres unidades del programa de la asignatura<sup>14</sup> Física II referentes al contenido de Magnetismo y que se indican a continuación:

Bloque: **Magnetismo**

Unidad temática 4. *Efectos del campo magnético sobre cargas en movimiento*

Unidad temática 5. *Campo magnético generado por una corriente estacionaria*

Unidad temática 6. *Fenómenos de Inducción electromagnética*

A continuación se presentan los descriptores especificados en el programa (pp. 3)

---

<sup>14</sup> La numeración de las unidades temáticas corresponden al programa institucional

“Efectos del campo magnético sobre cargas en movimiento.

*El campo magnético. Fuerza sobre una carga eléctrica móvil. Definición de B. Flujo de inducción magnética. Unidades. Movimiento de una partícula cargada en un campo magnético. Aplicaciones: determinación de  $q/m$ , espectrógrafo de masas, ciclotrón. Fuerza magnética sobre una corriente. Momento mecánico sobre una espira. Dipolo magnético. Momento magnético. Propiedades magnéticas de la materia.*

Campo magnético generado por una corriente estacionaria.

*Campo magnético creado por un elemento de corriente. Campo de un conductor rectilíneo. Ley de Biot y Savart. Circulación del vector campo magnético. Ley de Ampère en el vacío. Fuerza entre conductores paralelos. Campo magnético de una espira circular. Aplicaciones. Solenoide.*

Fenómenos de Inducción electromagnética

*Experimentos de Faraday. Fuerza electromotriz inducida debida al movimiento y a un campo magnético variable en el tiempo. Ley de Faraday. Campo eléctrico inducido por un campo magnético variable. Fuerza electromotriz inducida en un cuadro en rotación. Inducción mutua y autoinducción. Energía almacenada en el campo magnético de una bobina”.*

### **3.13.2. El modelo didáctico alternativo**

Desde el punto de vista del diseño, incluye además el análisis de la triada alumno-medio/contexto-contenido y se procura que sea flexible, adaptable según las dificultades y necesidades del alumno y se plantea a modo de hipótesis de acción. Desde el punto de vista curricular, considera las finalidades de la asignatura dentro de la carrera, el programa como se ha dicho y la factibilidad de la propuesta teniendo en cuenta no sólo la cátedra sino también la infraestructura institucional.

El modelo didáctico empleado se denomina –**IDDEAR**. En este modelo, la gestión de las actividades del alumno incluye distintas fases como se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Fases del Modelo IDDEAR**

<b>Fase</b>	<b>Actividad</b>
<b>Fase1:</b>	Interacción con la (o las) situaciones que conforman el abordaje de un tema Se enfrenta la/s situación/nes y reflexiona (IO) Se activan conocimientos previos.
<b>Fase 2</b>	Discute con sus pares (DP)
<b>Fase 3:</b>	Defiende sus ideas (Defensa o Contrastación plenaria) (CP)
<b>Fase 4</b>	Escucha los aportes de otros grupos y los del profesor y revisa sus ideas (Conceptualización: C)
<b>Fase 5:</b>	Aplica los modelos tratados y resuelve ejercicios : A /T ( Aplicación o Transferencia en forma individual y grupal)
<b>Fase 6:</b>	Revisión metacognitiva (RM)

Para el campo conceptual de la inducción electromagnética, teniendo en cuenta el programa de la asignatura, se seleccionaron tres ejes temáticos centrados en: interacciones electromagnéticas, fuentes y variaciones de flujo magnético, desde los cuales se plantearon diversas situaciones. Dichas temáticas surgieron de tres vertientes:

- a- Entrevista a docentes universitarios de Física básica y profesional en carreras de Ingeniería.
- b- Revisión de la bibliografía más empleada en los cursos de Física
- c- Un análisis minucioso de los contenidos realizados por el investigador

La viabilidad del modelo fue observándose durante su implementación.

### **3.13.3. Guías de Actividades**

Las guías de actividades presentan diferentes situaciones, algunas son individuales y otras grupales. Estas últimas fueron resueltas en grupos pequeños de 4-5 alumnos por grupo, conformados espontáneamente. Las respuestas que los estudiantes dan a algunas de ellas, resultan de interés para este trabajo. Algunas corresponden a situaciones preliminares que ponen de manifiesto lo que el alumno ya sabe sobre la temática que va a abordar. Otras a modo de sensores, dan cuenta del estado de conceptualización en algún momento del proceso de aprendizaje que los jóvenes transitan.

En la primera guía, se plantea una discusión vinculada a la estructura de la materia y los dipolos magnéticos y, a continuación, se aborda el tratamiento de los efectos magnéticos; fuerza magnética y torque o momento en términos del momento magnético. Cada temática se reflexiona, en forma individual, por los alumnos y luego fue trabajada en el pequeño grupo. Se concluye con una presentación plenaria del conocimiento construido por el grupo y una discusión posterior con el profesor.

En la segunda guía, se aborda el problema de las “fuentes” de campo magnético. Al inicio de la misma los estudiantes, en la situación 8, debieron responder a una serie de cuestiones sobre el campo magnético de un hilo de corriente. En la situación 10, a su vez, registraron sus respuestas en forma individual a una situación donde se plantea la fuerza magnética entre hilos conductores de corriente paralelos entre sí. Esta situación se tomó de Mc Dermott et al. (op. cit.)

Posteriormente, los jóvenes debieron resolver un problema – situación 11- donde plantearon una estrategia de resolución en forma explícita, colocada intencionalmente, dadas las dificultades observadas para plantear experimentos, o elaborar un diseño de investigación para el laboratorio, etc. (Hodson, 1994). Hay que recordar que en esta institución no se cuenta con laboratorio de Física.

La situación 12 – adaptada de Olivares (1995), plantea a los alumnos con una tarea interpretativa, donde deben redactar un texto que evidencie las características de las fuentes de campos magnéticos a partir de un esquema.

Finalmente, en el plenario, dan cuenta del estado de conceptualización del subgrupo al que los alumnos pertenecen.

En la tercera guía, se aborda de lleno el tema de la inducción electromagnética. Inicialmente, deben resolver una situación preliminar, donde los estudiantes hipotetizan acerca de la interacción entre un solenoide con corriente y una espira conductora coaxial en las proximidades del mismo. Como antes, se trata de identificar en qué medida el alumno logra interpretar la Ley de Faraday-Lenz y es competente para aplicarla en la resolución de esta tarea. En forma simultánea, implica un trabajo que lleva a los alumnos a tomar contacto con sus representaciones ya elaboradas; con lo que ya saben y a tratar de explicitarlo. En la situación 15, los estudiantes deben argumentar acerca del fenómeno de la inducción electromagnética.

### 3.13.4. Características de la población en estudio

La muestra fue elegida intencionalmente, en un curso de 2º año de Ingeniería Electromecánica. Se recolectó la información de treinta y un alumnos, constituidos en dos grupos: uno, con 11 estudiantes (G1) y otro conformado por 20 estudiantes (G2). El primer grupo cursó la asignatura siguiendo una metodología tradicional, mientras que, los alumnos del segundo grupo, cursaron la asignatura con un enfoque didáctico alternativo. Los datos recolectados se obtuvieron de las respuestas a cuestionarios, actividades complementarias y entrevistas finales.

Entre las características académicas del contexto donde se ha realizado la investigación, cabe destacar que en la Facultad de la Universidad del Cuyo, se imparten las siguientes titulaciones de Ingeniería:

- Electromecánica
- Industrial
- En Construcciones
- Civil

La institución está situada fuera del radio céntrico de la ciudad de San Rafael, en la provincia de Mendoza, Argentina. Constituye un establecimiento con número de alumnos interesante (alrededor de 700) para el contexto y las carreras, en la que asisten estudiantes de condición social muy variada. No posee laboratorio de Física y, si bien, dispone de ordenadores, la infraestructura es limitada.

El grupo del curso estudiado corresponde al ciclo lectivo 2005.

En general, los jóvenes –si bien con algunos altibajos- estaban predispuestos a trabajar en el aula y más aún en el marco de la investigación. Puede afirmarse que se logró una buena relación tanto profesor - alumnos como investigador - alumnos. Esto favoreció que la recolección de datos se desarrollara en un clima de armonía, respeto y disponibilidad por parte de los alumnos.

La elección de la institución se realizó teniendo en cuenta las siguientes razones:

- Mayor demanda de conocimiento en electromagnetismo debido al perfil profesional



- Única carrera en la ciudad que genera profesionales con perfil más afín a la temática abordada
- Ningún inconveniente con las autoridades institucionales, respetando horarios y programa reglamentario.

### **3.13.5. Referidas a los alumnos**

Los alumnos tenían edades entre 20-21 años, de sexo masculino y más de la mitad del curso provenían de escuelas técnicas de la zona con orientación electromecánica.

Para el estudio cualitativo en profundidad, como se dijo, se seleccionaron 6 alumnos de este grupo que fueron considerados como casos típicos de sus grupos en razón de la escuela de procedencia y la apreciación cualitativa realizada por el investigador.

Así, para el grupo 1, que tuvo clases tradicionales, 5 de los alumnos eran técnicos y 1 alumno era egresado de una escuela con orientación en ciencias naturales. Los criterios adoptados para este grupo, teniendo en cuenta además de la proporción de alumnos técnicos, fue precisamente explorar la construcción de conocimiento de alumnos que se suponía habían estudiado previamente esta temática. En forma análoga, explorar las representaciones construidas por uno de los alumnos no técnico, de buen desempeño.

Para el grupo 2, se seleccionaron 4 alumnos egresados de una escuela técnica con orientación mecánica, electromecánica y electricista, 1 alumno procedente de una escuela con orientación comercial y 1 alumno de una escuela con orientación agroquímica. Del conjunto de técnicos, 2 de los alumnos seleccionados, fueron estimados con muy buen desempeño. A su vez, otros 2 alumnos con desempeño medio y los otros 2 alumnos con gran dedicación escolar.

### **3.13.6. Referidas al docente del aula**

La elección del docente no presentó inconveniente ya que desde el inicio se mostró dispuesto a colaborar con la innovación. Se trató del Profesor Titular efectivo de la asignatura con 30 años de antigüedad, de profesión ingeniero y sin formación docente ni experiencia en investigación quien voluntariamente aceptó participar en la investigación, dado su deseo de mejorar el aprendizaje de los alumnos. La vinculación

con este profesor fue construida a través de una relación laboral de muchos años en un clima de respeto y amistad.

### **3.14. Análisis de la información**

El análisis de los resultados, se organizó en cinco estudios. El primero consistió en el análisis de la bibliografía de uso común por parte de los alumnos, disponible en la biblioteca institucional. El segundo, de corte cuantitativo consistió en el estudio de la confiabilidad y validez de los instrumentos utilizados para los diagnósticos inicial y final de los alumnos. Los restantes son fuertemente cualitativos. En este contexto, al realizar el análisis de la información se destaca que el mismo estuvo centrado en el discurso que emerge de lo que el alumno piensa y expresa cuando se enfrenta a una tarea concreta y que habilita al investigador a buscar la comprensión de sus representaciones. Esta comprensión surge del descubrimiento de las cualidades y significaciones atribuidas por el alumno a los diversos conceptos y procedimientos propios del campo conceptual de la inducción, a partir de diversas situaciones problemáticas (Vergnaud, op. cit.). Cada una de las descripciones fueron leídas repetidas veces tratando de desentrañar los **significados** atribuidos por el alumno.

En un momento posterior se identificaron las afirmaciones de conocimiento o también “**unidades de significado**”, que son expresión de las representaciones externas (proposicionales, pictóricas, y simbólicas) presentes en este tipo de discurso, y que fueron significativas para el investigador. Luego se prosiguió con la búsqueda, en este discurso que podría llamarse “alternativo”, de aquellas expresiones que pudieran transparentar las “creencias” o “teorías del alumno” (Vergnaud, op.cit.) reflejadas en las unidades de significado, ya que éstas podían elucidar los conceptos y teoremas-en-acto (ibid.). En este proceso los educandos no siempre son conscientes de sus representaciones, por lo que fue necesario realizar un análisis de cada caso individual. Cada **unidad de análisis**, por lo tanto, estuvo constituida por la respuesta de cada alumno a cada actividad, tarea por tarea. Por ello, las unidades de análisis fueron individuales y cada unidad la constituyó la respuesta de cada alumno. A su vez, las unidades de significado, son aquellos segmentos o frases de las respuestas que, a juicio del investigador, resultaron relevantes para el estudio. Posteriormente, se indagaron las convergencias y discrepancias en la evolución del discurso del alumno, así como,

aquellos elementos que pudieran resultar “notorios” desde el diagnóstico inicial al final del alumno y posterior entrevista en profundidad, administrada al cierre del proceso.

### **3.15. Tabulación de los instrumentos de recolección de datos**

Para obtener datos que permitieran analizar y evaluar el nivel de conceptualización del concepto de inducción electromagnética se procedió a la elaboración de dos instrumentos – cuestionarios-, para la realización de esta investigación. Para ello, se diseñó una serie de situaciones como problemas de lápiz y papel. Cada cuestionario incluye situaciones de diversos formatos con preguntas abiertas y cerradas, con el fin de inferir, a partir de las respuestas de los estudiantes, el conocimiento utilizado por los jóvenes y generar un acercamiento a los posibles esquemas y representaciones simbólicas que utilizan al resolver estas actividades.

Los instrumentos (Anexos I y II) como se dijo, incluyen los siguientes núcleos temáticos:

1-interacciones electromagnéticas I y II<sup>15</sup> (I: clasificaciones y representaciones generales; II reconocimiento en un nivel mas complejo)

2-campo magnético.

3-inducción electromagnética.

Los criterios empleados para la asignación de puntaje pueden consultarse en el Anexo III.

Los valores de los coeficientes de fiabilidad se analizaron de acuerdo a los criterios antes enunciados y se presentan con mayor detalle en el capítulo 5.

### **3.16. Análisis Cualitativos de respuestas**

#### **3.16.1. Tipos de respuesta**

---

<sup>15</sup> Sólo para el grupo 2

En un primer momento, las respuestas se clasificaron de acuerdo con su grado de proximidad al modelo científico. Así, se establecieron cuatro tipos de respuesta para cada grupo: Tipo 1: Respuesta correcta con argumentación correcta (RC), Tipo 2: Respuesta correcta sin argumentación o con argumentación incompleta (AI), Tipo 3: Respuestas incorrectas (RI), Tipo 4: No responde o responde en forma reproductiva (reproduce el enunciado) (NR).

### **3.16.2. Categorías**

Las categorías encontradas en el conjunto de estudios preliminares surgieron como tendencias generales relevantes de las afirmaciones de los alumnos. La categorización de las respuestas permitió apreciar las diversas y variadas interpretaciones y significados asignados por los estudiantes a alguno de los conceptos que conforman el campo conceptual de la inducción electromagnética. Las afirmaciones de conocimiento podrían reflejar las características de los teoremas-en-acto de los alumnos. Este estudio permitió orientar un análisis más preciso y detallado que se encuentra en el estudio de caso desarrollado en el capítulo 6, donde la investigación gana en profundidad y en el que se especifican, además, las representaciones simbólicas e identifican posibles conceptos y teoremas-en-acción.

### **3.16.3 Triangulación**

El proceso de triangulación expuesto, brinda fidedignidad al análisis de los datos realizados y facilita la confrontación con los obtenidos a partir de los distintos registros. De esta manera, se intenta detectar convergencias y discrepancias en cada subgrupo, así como continuidades y rupturas en los procesos de cada aprendiz. Esto último se refiere tanto a argumentaciones como al uso de distintos tipos de significantes y su decodificación en relación con las tareas que deben enfrentar.

## **3.17. Niveles de conceptualización**

Un análisis más pormenorizado de las respuestas, teniendo en cuenta los indicadores formulados para cada cuestionario, así como el grado de organización

conceptual y las representaciones simbólicas utilizadas, permitió establecer estimativamente niveles de conceptualización –más bien globales- alcanzados por los alumnos (Borges, op. cit.; LLancaqueo et al., op.cit.). Al respecto, hay que destacar que, dado que se consideran tres ejes de contenidos en el recorte del campo conceptual, como constituyentes del mismo, los niveles de conceptualización considerados, son el resultado de una apreciación global del diagnóstico realizado. A continuación, se describen estos niveles para los cuestionarios inicial y final.

### **Cuestionarios Inicial y Final**

**Nivel Alto: *Apropiación del campo conceptual.*** El estudiante posee competencias para resolver distintas clases de situaciones del campo conceptual vinculadas a los ejes temáticos seleccionados en forma coherente con el modelo científico aceptado, clasifica en forma adecuada las interacciones electromagnéticas, logra representarlas a través de vectores, puede operar vectorialmente con ellas y las describe gráfica y lingüísticamente. En forma análoga, con los contenidos del segundo eje. Logra identificar claramente las fuentes de campo magnético, como corrientes, imanes y dipolos magnéticos, representa este campo magnético a través de líneas de fuerza continuas y puede analizar las interacciones entre campos magnéticos y sus consecuencias cinemáticas. Por otro lado, se maneja en forma adecuada la notación simbólica inherente al modelo científico. Con respecto al tercer eje, logra resolver situaciones vinculadas con la inducción electromagnética, analizando la conservación de la energía y la ley de Lenz y resuelve situaciones sobre aplicaciones CTS.

**En el Nivel Medio: *Apropiación parcial del campo conceptual.*** Se incluyen aquellos alumnos que presentan algunas dificultades ya sea en los significados como en la manera de expresarlos. Estos alumnos presentan algunas limitaciones en diferentes aspectos del campo conceptual.

Son alumnos que, si bien, reconocen las interacciones, no pueden fundamentarlas científicamente o presentan dificultades en el uso o la interpretación de representaciones simbólicas.

Algunos alumnos, pueden presentar dificultades para reconocer la estructura interna de los imanes y se remiten a aspectos más superficiales. Existen casos en que no pueden

decodificar las distintas expresiones gráficas, icónicas, geométricas o lingüísticas de los significantes.

Con respecto a la clase de situaciones vinculadas a la inducción electromagnética, confunden variación de flujo con variación de campo magnético.

**En el Nivel Bajo: *Apropiación incipiente del campo conceptual.*** Los alumnos se encuentran en un estado incipiente de apropiación del campo conceptual. Aún tienen dificultades para operar con las magnitudes más relevantes o no logran decodificar y traducir la información expresada en términos verbales o lingüísticos, icónicos, gráficos, geométricos o formales. Si bien hay cierto nivel de organización, estos niveles no son estables o no están conectados, por lo que, se puede hablar de una comprensión relativa. No se alcanza a inferir el uso de conocimientos-en-acción del concepto, al buscar la solución de un problema

**En el nivel NA: *No apropiación del campo conceptual.*** Los estudiantes no poseen invariantes operatorios. Se encuentran, en este nivel, los alumnos que no responden, aquellos que sus respuestas son irrelevantes, no pertinentes, y los que reproducen el enunciado de las actividades.

En términos más operativos, frente a una clase particular de situaciones, el individuo:

1. Manifiesta una organización rica en cuanto a las relaciones inferencias y argumentaciones o realiza una simple mención de elementos aislados.
2. Describe el objeto/evento de estudio y explica los comportamientos y sus causas desde los procesos internos (micro).
3. Las afirmaciones de conocimiento son estables frente a una clase de situaciones y, con ellas, los significados construidos.
4. Utiliza, en forma adecuada, diferentes tipos de representaciones lingüísticas y simbólicas.
5. Relaciona los diferentes modos de representar la información.
6. Modifica las afirmaciones de conocimiento en forma pertinente (mayor aproximación al modelo aceptado por la comunidad científica)

## 7. Presenta posibles obstáculos ontogenéticos y epistemológicos.

Al tratar de diseñar una escala que permita ponderar el logro de estas habilidades se tiene en cuenta la concepción que sostiene Vergnaud sobre “concepto” en cuanto a que, por un lado, se han de mirar distintos tipos de situaciones y, en cada una, considerar, simultáneamente, tanto los significados como los significantes. Así, para el nivel más alto de conceptualización se supone que el individuo ha de manifestar, al menos, los ítems antes enunciados en el abanico de situaciones seleccionadas para abarcar el recorte del conocimiento que se observa.

### **3.18. Instrumentos de recolección de datos**

A modo de **recapitulación**, se resume que, los datos necesarios para obtener los resultados en esta investigación, se recolectaron a partir de:

- Textos usados por los alumnos
- Cuestionario diagnóstico inicial.
- Resolución de actividades o tareas complementarias iniciales.
- Cuestionario diagnóstico final (integración).
- Resolución de actividades o tareas complementarias finales.
- Entrevistas en profundidad, seleccionadas a juicio del investigador, con la intención de profundizar en el conocimiento explicitado por los alumnos. Se realizaron a partir de los cuestionarios diagnósticos descriptos y de la resolución de alguna de las tareas desarrolladas durante el proceso de aprendizaje. Se procura validar los posibles teoremas-en-acto identificados.

### **3.19. Análisis de Datos**

En cuanto al análisis de los datos obtenidos en los instrumentos citados, el mismo se produjo mediante:

#### **Análisis cuantitativo de los resultados de los cuestionarios**

- Estudio de validez y confiabilidad (consistencia interna de los cuestionarios)

#### **Análisis cualitativo**

- Análisis e interpretación de:
  - el contenido de los capítulos de los textos usados por los alumnos correspondientes a las temáticas abordadas
  - las respuestas de los cuestionarios,
  - los resultados de la resolución de tareas complementarias, -entrevistas

**Triangulación** (Berteley, 2001)

### **3.20. Como cierre**

Al tratar de resolver las diversas situaciones problemáticas, los estudiantes ponen en juego conceptos y teoremas que consideran relevantes y verdaderos. Los alumnos poseen invariantes operatorios y representaciones simbólicas y, algunos de éstos, guardan distancia del modelo científico; dado que, existen situaciones para las cuales no son competentes; no pueden resolverlas o, en palabras de Vergnaud (op. cit.), no poseen una adecuada conceptualización que les permita resolver, en forma inmediata, las distintas clases de situaciones del campo conceptual con las que se enfrentan.

A modo de intervención didáctica se procuró seleccionar un conjunto de situaciones problemáticas- tareas diversas de complejidad gradual- que permitieran no sólo obtener información del nivel de apropiación del campo conceptual sino su uso a modo de estrategia didáctica alternativa, durante la construcción del conocimiento sobre inducción electromagnética. Los invariantes operatorios y representaciones de los alumnos podrían ser transformados progresivamente para acercarse al modelo científico. Es posible obtener información sobre estas transformaciones al intentar observar las características de los invariantes operatorios a partir del estudio de los conceptos que los alumnos utilizan a la hora de resolver diversas actividades y tareas así como considerando las representaciones simbólicas con las que expresan sus significados y el análisis de las afirmaciones de conocimiento que manifiestan como reflejo de sus teoremas-en-acto.





## CAPÍTULO 4

# ESTRATEGIA DIDÁCTICA





*La educación es el conjunto de experiencias que incluye al menos elementos como: profesor, aprendiz, contenidos, contexto y evaluación, Novak, (1992)*

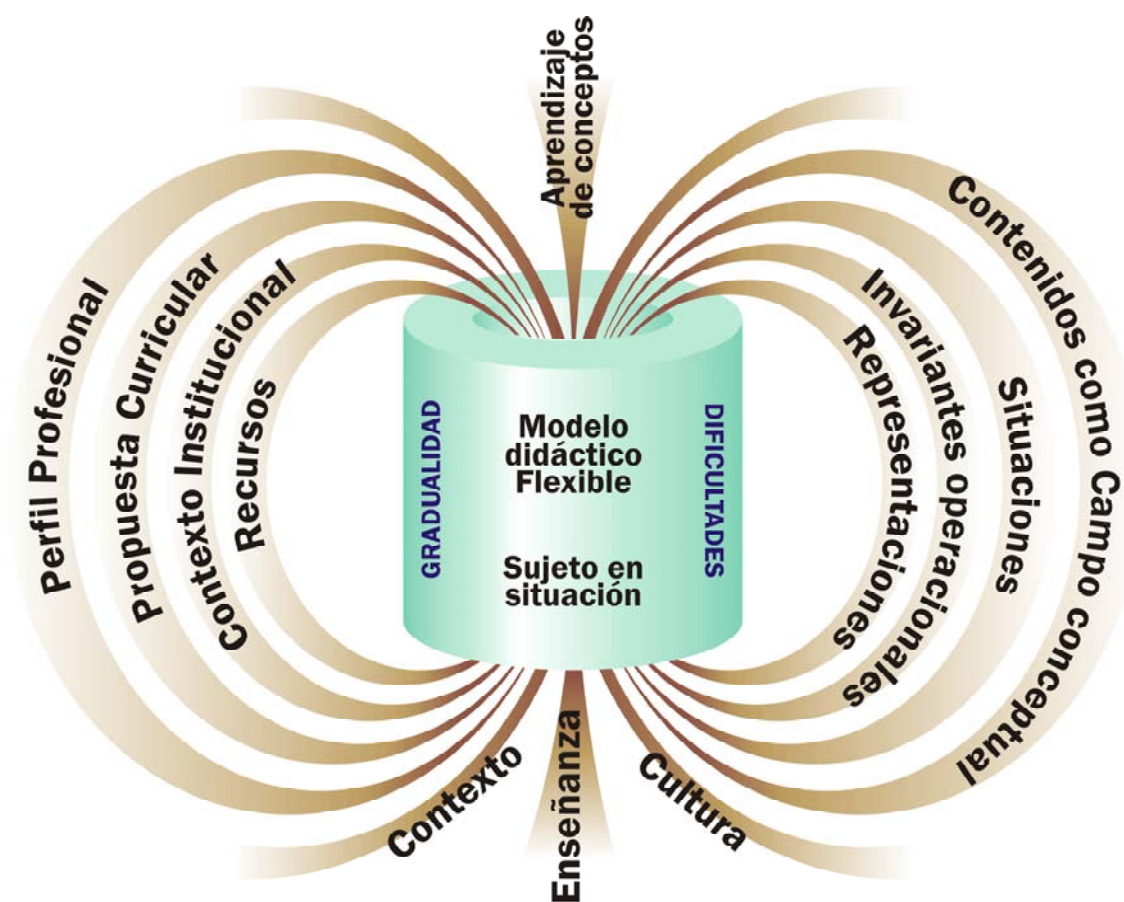
## **Introducción**

En el capítulo 3, dedicado a “Metodología”, se propuso una estrategia didáctica innovadora en relación con la enseñanza del campo conceptual de la inducción electromagnética. Con la misma, se pretende propiciar aprendizajes explícitamente establecidos dentro del espacio curricular destinado a Física II para estudiantes de Ingeniería.

La investigación sobre propuestas metodológicas ha tenido, en el ámbito de la Didáctica de la Física, una particular relevancia. Saura Llamas et al. (2000), destacan, por ejemplo, en la década de los '90, dentro del área de la electricidad y magnetismo, más de ocho trabajos publicados en lengua hispana. En general, los estudios se centran en la indagación y análisis de los conocimientos iniciales, propuestas de corte constructivista, donde la resolución de problemas surge como eje central en las propuestas ensayadas. Asimismo, destacan la transformación que experimenta la evaluación de dichas propuestas no sólo por las variables seleccionadas, sino por las estrategias de monitoreo utilizadas.

Cuando se emprende el diseño de una estrategia didáctica, no se pueden soslayar una multiplicidad de aspectos. Parafraseando a Pro Bueno (1999), al abordar esta tarea, se integran los conocimientos científicos y didácticos, la experiencia práctica y las concepciones ideológicas. Dada la complejidad del problema, se hace necesario, por lo tanto, admitir la diversidad de miradas que se requieren para delimitarlo. Por eso, es necesario plantear un conjunto de categorías didácticas que sean susceptibles de encuadrarse en esa complejidad, pero que, a la vez, contribuyan a focalizar el problema. Pensar en un abordaje epistemológico, supone una selección de contenidos que necesariamente han de ser planteados desde un enfoque curricular. Desde otra perspectiva, atiende a una demanda específica en el perfil curricular de la carrera, dentro de un contexto institucional. Lo anterior se conecta con las concepciones acerca de cómo el alumno aprende o cómo se seleccionan contenidos, bajo supuestos, claramente establecidos en este trabajo en los capítulos precedentes. Una representación de esta complejidad se ha intentado configurar en la figura 2. Como puede observarse, en esta

figura el eje central lo constituye el proceso de enseñanza y aprendizaje, el que apunta a la construcción de esquemas y se entrelaza con la complejidad que atraviesa el hecho didáctico.



**Figura 2.** Una representación posible de la complejidad epistémico-didáctica

Desde la perspectiva de la Teoría de los Campos Conceptuales, se hace necesario considerar ciertas cuestiones puntuales. Por un lado, el tema **del conocimiento** entendido como campo conceptual, que como Vergnaud afirma, incluye una diversidad de **situaciones**. Estas situaciones se pueden agrupar en conjuntos o clases, según las propiedades de los conceptos requeridos para su solución (Andres, 2005). Esto conlleva un delicado análisis epistemológico que plantea un recorte, lo más coherente posible, con el conocimiento aceptado y construido por la comunidad científica, el demandado por el perfil de la carrera, la concepción curricular a la que se adhiere y las representaciones emergentes del marco conceptual, desde el cual se plantea este trabajo. Desde el análisis del papel de este campo conceptual en la enseñanza, es ineludible el estudio de los programas de la carrera, así como los textos de uso común por los alumnos. En forma análoga, se precisa indagar los problemas y

ejercicios relacionados con el campo conceptual (ver Anexos I y II). Por otro, lado la toma de decisiones didácticas, implica un posicionamiento teórico que sostenga los aspectos referidos a cómo **el alumno aprende**. En este sentido, se presupone que el aprendizaje se produce cuando el aprendiz hace frente a un conjunto de situaciones que progresivamente va dominando; las actividades propuestas tienen este enfoque, en el que se contempla la idea de **gradualidad** con la de apropiación del campo conceptual. Se supone un alumno que construye lentamente, paso a paso, cada concepto. De modo tal que, el estudiante elabora significados en términos de invariantes operatorios mediados por significantes, o sea, por las representaciones requeridas para expresar estos significados, dentro de una clase de situaciones que les da sentido. En forma análoga, emergen las concepciones pedagógicas, que se reflejan en el “cómo se enseña”. Retomando las ideas planteadas en el Cap. 2, si se procura que los estudiantes construyan esquemas, se ha de esperar un proceso largo, complejo y muchas veces inestable (Vergnaud, 1990), lo que implica un **tratamiento recurrente**, mediado pedagógicamente, implicando un proceso de reestructuración cognitiva y que, progresivamente, los oriente a la construcción y consolidación de esquemas con los cuales interaccionar ante cada conjunto de situaciones.

Desde una visión epistemológica, no se podrían soslayar los problemas históricos que han dado lugar a la construcción de este campo conceptual o el rol que tiene actualmente en Física y su posible articulación con otras disciplinas. Sin embargo, las demandas institucionales, como se verá, tienden a orientarse hacia un posicionamiento más pragmático.

En suma, el primer aspecto implica un análisis detallado del contenido a analizar que se derive en un recorte del mismo y la selección de un conjunto de situaciones secuenciadas según su complejidad, a resolver por los estudiantes. Asimismo, no puede dejar de programarse, una vez realizado el recorte conceptual, la manera de ordenar, dentro de un tiempo acotado dado por el plan de estudios, tanto las actividades planteadas en términos de situaciones como los modos de intervención de los diferentes mediadores como pequeño grupo, grupo clase, docente.

En este capítulo se presenta, en primer lugar, un somero análisis de las principales tendencias actuales en enseñanza de las ciencias con la intención de dar marco al modelo didáctico que más adelante se propone. Posteriormente, y con la misma

intencionalidad, se presentan dos análisis de las guías de actividades que estructuran la estrategia didáctica.

#### 4.1. Modelos y Estrategias

Campanario et al. (2000) reconocen ciertas “tendencias” didácticas en la enseñanza de las ciencias, que se vinculan al “cómo” se organiza el tratamiento de los contenidos. Además del aprendizaje de las ciencias como proceso de investigación dirigida (Gil et al., 1999; Guisasaola et al., 2003; Almudi, et al, 2005), señalan diversas modalidades, como por ejemplo, la enseñanza de las ciencias basada en el uso de problemas o casos, algunos estructurados como guías de actividades, otros como estrategias orientadas al cambio conceptual, o al desarrollo de capacidades metacognitivas; planteados o no a modo de hipótesis de acción.

Todas estas tendencias puestas en aula, entrañan también diversas concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje, según las cuales se fortalecen diferentes aspectos, que se reflejan en los formatos que presentan las distintas actividades. A su vez, la secuencia de actividades puede estar organizada según un modelo didáctico que, en líneas generales, representa una parte de la realidad, donde se delimitan mejor sólo algunos aspectos:

*“es una presentación simplificada de la realidad, en un intento por delimitar algunas de sus múltiples dimensiones o variables y orientar estrategias de investigación y actuación en la práctica áulica”* (Escudero, 1981; Gimeno, 1981; Cañal, 1987).

Una adecuada planificación favorece la organización y “regulación” del proceso de construcción del conocimiento lógica y cronológicamente; un orden, un periodo de tiempo y un ritmo que apunte al desarrollo de competencias dentro de un campo conceptual específico. En esta “Interacción epistémico didáctica” (Pro Bueno, op. cit.) por excelencia, se requiere necesariamente una **selección y organización de los contenidos** a tratar, expresables a través de diferentes clases de situaciones incluidas dentro de un campo conceptual específico donde se entran el tiempo y los recursos disponibles y se vinculan **indefectiblemente con las dificultades** que presentan los alumnos tal como señala Vergnaud (1990). En tal sentido, un aspecto a considerar es

que los estudiantes enfrentarán cada situación con los esquemas que posean y podrán resolverla o no según sus competencias. Por tanto, habrá que considerar los objetivos curriculares, y aquellos indicadores que atestiguarán los significados y significantes que el alumno podrá lograr, para alcanzar el nivel esperado, al menos, en este curso.

En relación con lo expresado, la pregunta que sigue es acerca de lo que es necesario contemplar para lograr un modelo didáctico flexible para la enseñanza de este campo conceptual particular.

La bibliografía cuenta con una diversidad de modelos didácticos (Pozo, 1999), algunos orientados a la resolución de problemas que propugnan un cambio conceptual, metodológico y actitudinal. Otros, orientados al cambio conceptual (Guisasola, 1996).

En relación con el tipo de actividades a seleccionar y secuenciar, es crucial preguntarse acerca del modo de favorecer el desarrollo de esquemas y una evolución conceptual, con la intención de promover un proceso de enseñanza coherente con el marco teórico propuesto.

Una mirada vigotskiana, centra el análisis en la mediación pedagógica, en los procesos de enseñanza y aprendizaje, regidos por la Ley de doble formación, en tanto, a la par de la actividad cognitiva individual; los mediadores culturales contribuyen a precisar, modificar y enriquecer los invariantes operatorios; la interacción con el grupo de pares y con el docente así como la bibliografía, la consulta a páginas web, entre otros. Estos aspectos estructuran los criterios orientadores para el diseño de las actividades didácticas.

Finalmente, y no por ello menos relevante, es menester preguntarse sobre “la **gestión** de la clase”. Si las actividades serán grupales, cómo constituir los grupos, cuáles serán las consignas que orientarán el trabajo a desarrollar, cuál será el papel del profesor, del alumno y del grupo en cada momento o fase del modelo, cuál será el grado de intervención docente en cada fase y cuáles serán estas fases.

## **4.2. Análisis preliminar: Selección de contenidos como cruce de diferentes aspectos**

### **4.2.1. Contenidos Curriculares**

El encabezado del plan de la asignatura dentro de la carrera, expresa textualmente:

*“DEPARTAMENTO: Ciencias Básicas*

*ÁREA: Sistemas Dinámicos II*

*ASIGNATURA: Física II*

*ESPECIALIDAD: Ingeniería Electromecánica -Ing. Civil-Jugo Industrial*

*NIVEL: Segundo*

*CARGA HORARIA: 8Hs. Semanales (cuatrimestral)*

*OBJETIVOS:*

- *Lograr egresados con capacidad para el análisis teórico, para la búsqueda experimental de información, y para la modelización de los fenómenos físicos con que se encuentra el ingeniero en el ejercicio de la profesión.*
- *Contribuir a la formación de Ingenieros con capacidad de actualización permanente, rápida comprensión y adecuación a la evolución de la tecnología” (Ord. 68/94 CSU-UTN<sup>16</sup>)*

Sin duda en la información precedente, la formulación de objetivos da cuenta de una diversidad poco específica: más allá de una lectura literal de las expresiones textuales, permite realizar algunas interpretaciones como la efectuada, relacionadas con el desarrollo de ciertas competencias científico - tecnológicas necesarias para el ejercicio profesional. A lo anterior, se suman cuestiones vinculadas con la factibilidad, dado que la intencionalidad expresada en los objetivos, no puede concretarse debido a la falta de recursos de la institución lo que constituye un impedimento para la realización de trabajos prácticos de laboratorio, sumado a la insuficiencia del parque virtual. De este modo, se restringe también, el uso de simulaciones en ordenadores.

Otro aspecto importante a considerar, es el requerimiento explícito respecto a la modelización de los fenómenos físicos con los que el futuro ingeniero puede encontrarse a nivel profesional. Por eso, el conocimiento pleno del campo conceptual de la inducción electromagnética para un ingeniero electromecánico es de fundamental

---

<sup>16</sup> CSU-UTN: Consejo Superior Universitario- Universidad Tecnológica Nacional



importancia. Esta percepción, se ratifica en las afirmaciones vertidas dentro del Documento Estatutario de la carrera Ingeniería Electromecánica (CSU: Consejo Superior Universitario Universidad Tecnológica Nacional -Artículo 2º) que establece el perfil profesional, en los siguientes términos:

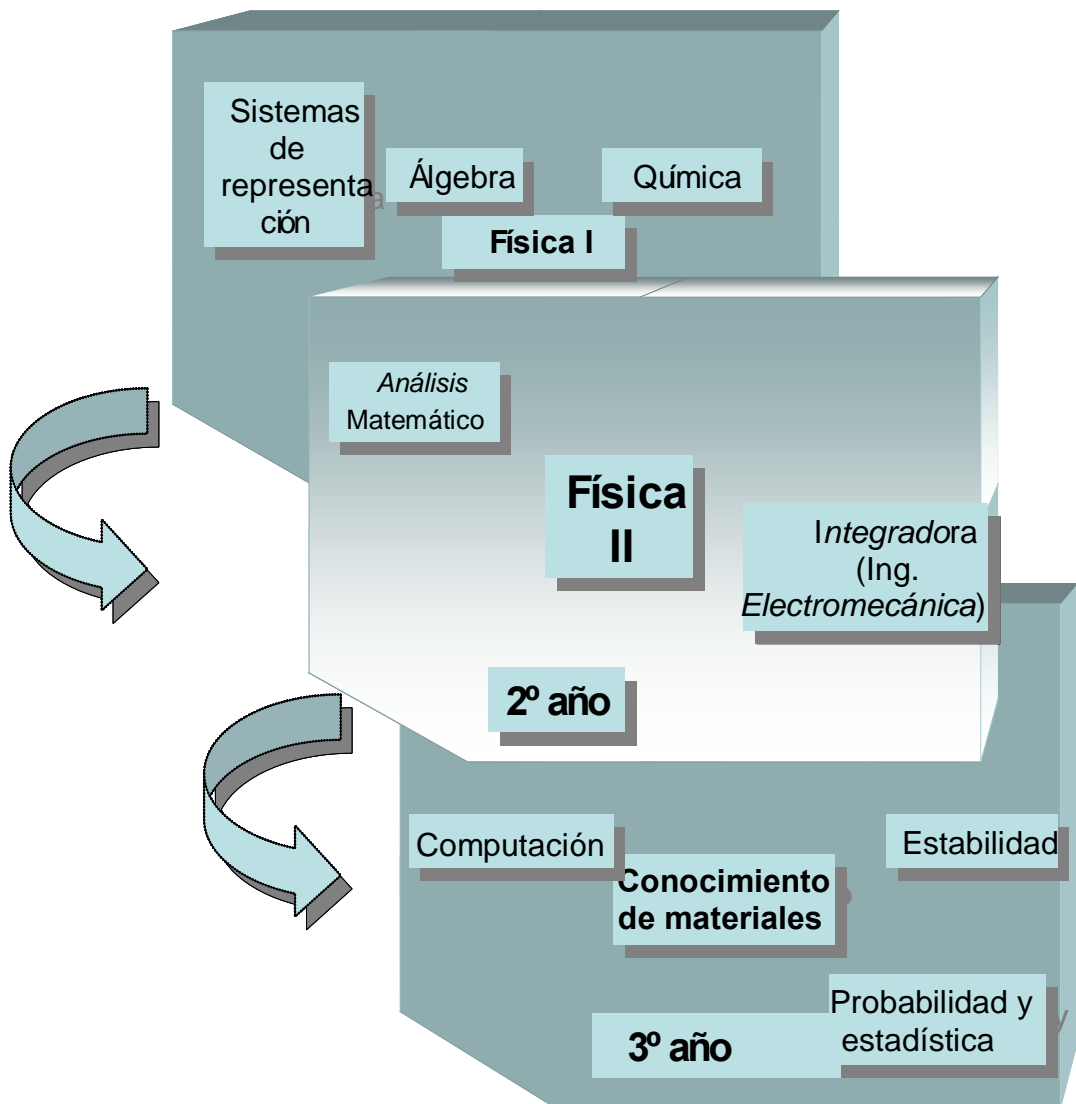
*“...La Universidad debe aportar herramientas que lo conviertan en un profesional con solvencia para afrontar con éxito los problemas surgidos en el ámbito de los sistemas eléctricos, mecánicos, térmicos, hidráulicos e industriales en general. Su formación debe lograrse sin caer en una excesiva especialización, que restrinja su campo de acción, ni tampoco en la "generalización" enciclopedista. Con la aplicación correcta de las herramientas adquiridas, el ingeniero podrá resolver problemas nuevos, de génesis distinta, utilizando su capacidad de discernimiento” .... “debe preparar al Ingeniero para saber "cuándo, cómo y dónde" aplicar sus conocimientos, técnicas y habilidades para generar las soluciones.” (Ord. 68/94 CSU/UTN)*

En el mismo documento se establece, con respecto al área de los conocimientos eléctricos:

*...” tiene en su campo de acción sistemas eléctricos compuestos de plantas generadoras de energía eléctrica, líneas de transmisión, estaciones transformadoras de distribución primaria y secundaria, sus componentes, su automatización y control. Incluye este espectro, conocimientos de diseño, proyecto y explotación, utilizando las herramientas técnicas e informáticas adecuadas. Debe poder aplicar apropiadamente los criterios de selección de aparatos en general que conforman el sistema eléctrico, sin desvirtuar el equilibrio entre calidad técnica, funcionalidad y costos.” (Ord. 68/94 CSU/UTN)*

En relación con la **articulación horizontal** y vertical, en el plan de estudio, es posible observar, la siguiente nube de espacios curriculares. Sólo Análisis Matemático I y Física I se requieren como asignaturas correlativas necesarias para el cursado y aprobación de Física II. Las asignaturas en cursiva –Análisis Matemático e Integradora– se cursan, en forma semejante a Física II, durante el 2º año de la carrera. Los espacios

curriculares como Computación, Conocimiento de Materiales y Probabilidades y Estadística se cursan en el tercer año de la carrera.



**Figura 3a:** Articulación curricular

A partir de la consulta a profesores de la asignatura, en esta Facultad y en otras semejantes, se constata, como ya se ha dicho, que los alumnos, para comprender satisfactoriamente la inducción electromagnética, necesitan:

1. *El alumno necesita tener en claro el concepto de campo vectorial, y dos operaciones del mismo: flujo y circulación (integral curvilínea cerrada). Además del concepto y estructura del campo magnético, y diferencias entre campo conservativo y no conservativo (Ing. Químico).*

2. *Conceptos fundamentales: flujo (tanto conceptual como operacional) y campo magnético B. También el concepto de variación temporal, expresado en términos de una derivada primera (Dr. en Física).*
3. *Deberían manejar además de las herramientas matemáticas, el concepto de campo magnético y la diferencia con el flujo magnético. La conservación de la energía también es fundamental (Ing. Electricista).*

A su vez, Guisasola et al. (2005) destacan, entre otras, la necesidad de reconocer los imanes como fuentes del campo magnético, describir las líneas de campo magnético como líneas cerradas, reconocer que las cargas en movimiento, respecto de un observador inercial, producen campo magnético, saber analizar cuantitativamente el campo magnético creado por una carga móvil, un elemento de corriente, un hilo de corriente, una espira y un solenoide., analizar aplicaciones CTS, conocer los límites de los modelos científicos y utilizar estrategias de trabajo científicas.

Almudi (2005), por otro lado, en relación con la inducción electromagnética agrega:

*“Si se sabe explicar que un campo magnético variable puede producir corriente eléctrica en un circuito situado en sus proximidades y, saber justificar que la fuerza que actúa sobre las cargas que se mueven es debida a un campo eléctrico inducido no conservativo.... un circuito en movimiento dentro de un campo magnético estacionario sufre una fem inducida y que la fuerza que actúa sobre las cargas es debida al campo magnético.... la inducción electromagnética puede producirse por una combinación de los efectos anteriores y que la ley de Faraday es un enunciado que engloba ambos efectos para explicar los fenómenos de inducción...justificar el sentido de la corriente inducida (ley de Lenz) para cualquiera de los casos anteriores”.*

Además, como señala Vergnaud (op. cit.), hay que considerar las dificultades de los alumnos que se señalan a continuación.

#### **4.2.2. Dificultades de los alumnos para el aprendizaje del campo conceptual**

Las fuentes prioritarias de información que se proponen para la consideración de las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de este campo conceptual, se sistematizan a partir de los datos obtenidos en la bibliografía disponible acerca de las dificultades de los alumnos para el aprendizaje del Electromagnetismo clásico y las respuestas de los profesores de la asignatura. Se adjuntan además los resultados obtenidos a partir del Cuestionario diagnóstico inicial aplicado a los alumnos seleccionados del ciclo lectivo 2005. En el capítulo referido a metodología, se han presentado detalladamente las primeras –en tanto fuentes- y se retoman brevemente en el Cuadro 2, en forma conjunta con las derivadas del diagnóstico.

**Cuadro 2.** Dificultades de los alumnos en relación con el campo conceptual de la IE

Datos obtenidos del cuestionario diagnóstico inicial	Datos obtenidos de la bibliografía
<b>Dificultades para identificar fuentes de campo magnético</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campo electromagnético como transformación entre masas</li> <li>• Confusión entre campo eléctrico y magnético (denominación)</li> <li>• Polos análogos a cargas,</li> </ul>	<p>*Dificultades para reconocer la diferencia entre el campo electrostático y el campo magnético estacionario</p> <p>(Galili, 1995; Oliveira et al., 1999; Greca y Moreira, 1998) en Guisasola et al (2005)</p> <p><i>*No identifican correctamente las fuentes de dicho campo , Guisasola et al.( 2003)</i></p> <p><i>...“pero todos ellos coinciden en considerar como fuente del campo magnético las cargas eléctricas en reposo” Guisasola et al.(2003, pp. .283)</i></p>
<b>Dificultades para reconocer interacciones electromagnéticas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confusión de</li> <li>• las fuentes de interacciones al considerar como interacciones magnéticas situaciones vinculadas a fenómenos electrostáticos</li> </ul>	<p>*Confusión entre efectos eléctricos y magnéticos</p>
<b>Dificultades en la comprensión del concepto de inducción electromagnética</b>	
<p>Uso de dos expresiones del término “inducción”, de tipo funcional:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• generación de circulación de corriente (inducida) debido a la variación de un campo magnético</li> <li>• producción de imanes artificiales.</li> </ul> <p>Inducción asociada a tres fenómenos sin distinción: <i>inducción electrostática, la inducción como campo magnético, e inducción electromagnética</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inducción electromagnética como modificación de campo magnético</li> <li>• Confusión entre flujo y campo</li> </ul>	<p><i>*Inducción como traspase de alguna propiedad “pase de alguna cosa” Guisasola et al. (2003)</i></p> <p>Almudi et al.( 2005)</p>

<b>Dificultad en la comprensión acerca de la naturaleza de los imanes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vinculación de los imanes sólo a propiedades visibles como la atracción o repulsión de metales.</li> </ul>	<p><i>*Funcionamiento de un imán</i> (Guisasola et al, 2005)</p> <p><i>*Se reconoce que el imán es fuente del campo magnético, pero no sabe justificarlo de forma coherente con el marco teórico</i> Guisasola et al, (2003)</p> <p><i>*En el ámbito del electromagnetismo, no establecen equivalencia entre una espira de corriente y un imán.</i> Guisasola et al, (2003)</p>
<b>Dificultades para aplicar la Ley de Ampère</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Carencia de vínculos entre cantidad de corriente de un hilo conductor y campo magnético</li> </ul>	<p><i>*Dificultades a la hora de establecer una relación cuantitativa entre el comportamiento del campo magnético a lo largo de una línea cerrada y la cantidad de corriente (fuente de dicho campo) que atraviesa la región limitada por la citada trayectoria</i>". Guisasola et al, (2003); (Kofman et al., 2002)</p>
<b>Dificultades para representar pictórica y simbólicamente la información</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Solo usan representaciones lingüísticas</li> </ul>	<p><i>*...No manejan eficaz y comprensivamente las expresiones matemáticas correspondientes a la fuerza y el campo magnéticos"</i> Guisasola et al.(2003)</p>
<b>Dificultades para comprender aplicaciones CTS de la IE</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>No reconocen, el principio físico de funcionamiento de una central hidroeléctrica situadas en la región</li> </ul>	

### 4.2.3. Ejes temáticos

La selección de contenidos emerge del entrecruzamiento de los anteriores supuestos. Para el campo conceptual de la inducción electromagnética, teniendo en cuenta el programa de la asignatura, fueron seleccionados tres ejes temáticos centrados en: interacciones electromagnéticas, fuentes de campo magnético y variaciones de flujo magnético, desde los cuales se plantearon diversas situaciones. Dichas temáticas surgieron de las siguientes vertientes:

- a- Entrevista a docentes universitarios de Física básica y Ciclo Profesional en carreras de Ingeniería.
- b- Revisión de la bibliografía de uso habitual en los cursos de Física.
- c- Un análisis minucioso de los contenidos realizados por el investigador.
- d- Estudio de las dificultades presentadas inicialmente por los estudiantes y confrontación con la información derivada de otras investigaciones.

Así, se abordaron los siguientes temas del programa de la asignatura:

Efectos del campo magnético sobre cargas en movimiento.

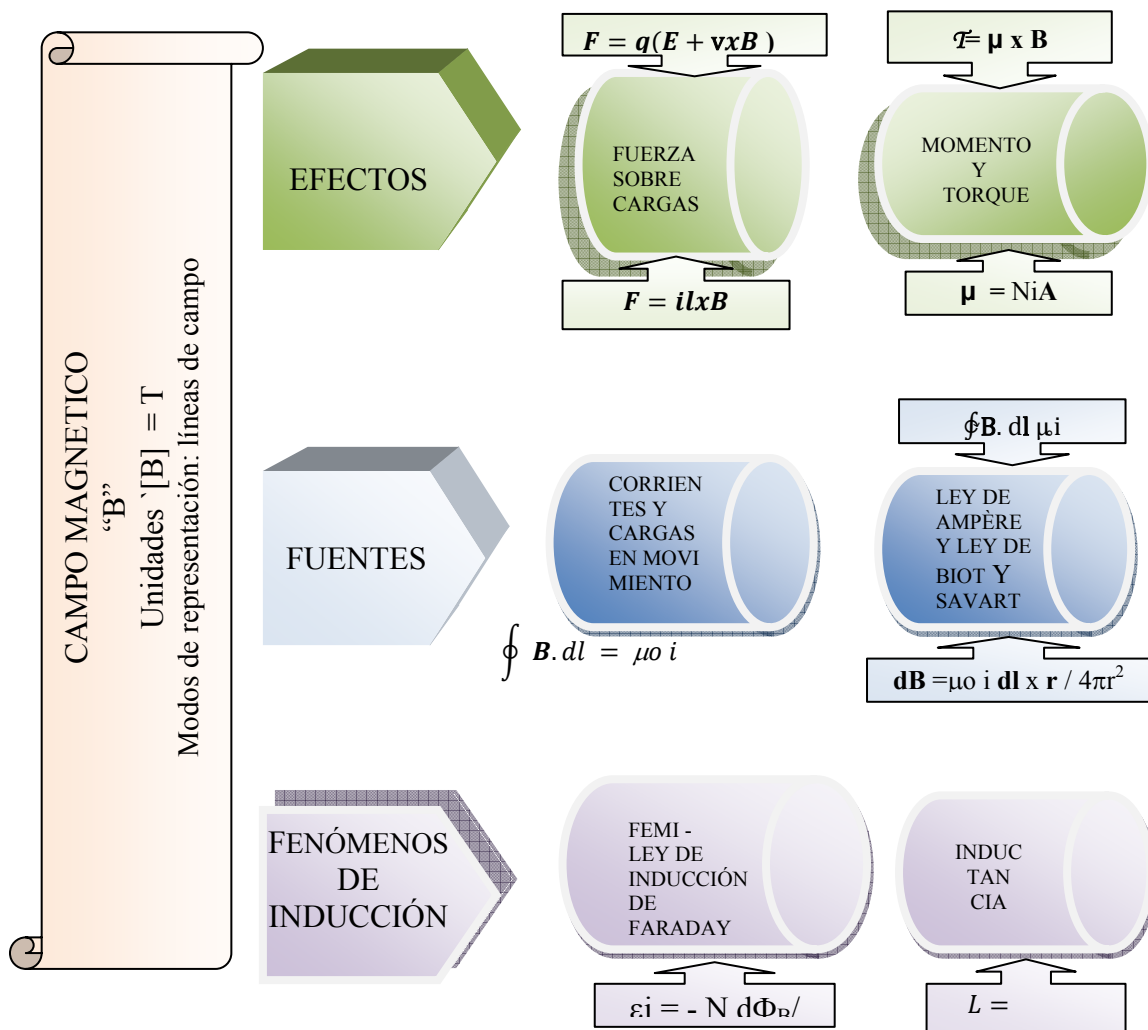
Campo magnético generado por una corriente estacionaria.

Fenómenos de Inducción electromagnética

Por ello y a modo de recorte del campo conceptual, se seleccionaron tres ejes temáticos:

- Interacciones electromagnéticas (Fuerza de Lorentz)
- Fuentes de campo magnético
- Inducción Electromagnética

Una representación de estos tres ejes, puede ser consultada en la Figura 3b.



**Figura 3b.** Representación de los ejes temáticos seleccionados en torno al campo conceptual de la inducción electromagnética

Las decisiones tomadas, para la selección de estos tres ejes, se expresa en forma análoga, en el Capítulo 3, tanto en los párrafos destinados a la selección de indicadores para el cuestionario diagnósticos final (pp.110-111), como en la presentación del tratamiento didáctico efectuado (pp.118).

### **4.3. Desde la mediación pedagógica**

La ley de doble formación (Vigotsky, 1987), supone dos tipos de interacciones durante el aprendizaje, una individual y otra grupal, por lo que se debe considerar momentos “intra” individuales y momentos “inter” o de interacción en el pequeño grupo o con el grupo clase a través de plenarios y/o con el profesor.

Otros mediadores que trascienden la ley de doble formación, los constituyen en forma efectiva, en este caso, las guías de actividades, las NTIC’s, la bibliografía, y algunos elementos para usar en actividades experimentales de bajos recursos.

#### **4.3.1. Instancias didácticas**

Al tratar de representar inicialmente algunos “momentos o instancias” del proceso de construcción del conocimiento, emergen en forma ineludible los siguientes aspectos:

- Presentación de una situación que despierte el interés y active saberes previos.<sup>17</sup>
- Presentación del nuevo conocimiento (asimilación y producción).
- Ubicación en el esquema cognitivo del nuevo conocimiento (reestructuración).
- Nueva presentación en complejidad creciente de los contenidos.
- Recuperación metacognitiva (Driver et al., 1988).

Lo que supone:

- Ordenación y organización de los conocimientos,
- Diseño de actividades mediadas por situaciones (en sentido amplio) y cuestiones
- Elaboración (trabajo con esquemas preexistentes y su modificación)
- Transferencia
- Gestión de la clase.

#### **4.3.2. Gestión de la clase**

---

<sup>17</sup> Según Shollum y Osborne (1991) el interés depende entre otros, de los conocimientos previos, la funcionalidad del nuevo aprendizaje y del status de ese conocimiento en relación al contexto del aprendiz. No quedan dudas de que la IE es reconocida por la comunidad de ingenieros como un concepto muy importante.

Una mirada crítico-analítica del objetivo del trabajo, en tanto instancia de mediación para la apropiación del campo conceptual de la inducción electromagnética por parte de los alumnos, lleva a la necesidad de plantear una situación- problema como estrategia de inicio. Su papel tiene que ver con la posibilidad de que el alumno se reconozca como “detector y operador” del problema. El estudiante recurre a sus esquemas y asume la **responsabilidad de resolverlo**.

Una vez transitada esta instancia, se requiere un espacio para que el alumno **trabaje con sus pares**. En el pequeño grupo, recupera su producción, enfrenta y resuelve otras cuestiones que, posteriormente, somete a **discusión en el grupo clase a modo de contrastación plenaria**.

Estas fases o instancias no son suficientes para que todos los alumnos adquieran los conocimientos. Por eso, después de la discusión plenaria (o durante la misma) el profesor re pregunta o plantea nuevas cuestiones vinculadas a las expuestas por los alumnos. Esta interacción puede ser realizada en forma grupal (grupo clase o pequeño grupo) o individual. Terminado este momento, el profesor expone, si es necesario, alguno de los temas tratados, o a lo sumo, realiza aclaraciones al grupo clase. Ésta, sería una fase de **conceptualización**. En la misma, se trata de homogeneizar los conocimientos de la clase y de precisar los saberes construidos, aquellos que se deben retener y bajo qué forma.

**Una fase de ejercicios**, de final de capítulo, seguida de una **fase de autoevaluación** acompaña y cierra las fases anteriores. En éstas, se trata de que el alumno se familiarice con las nuevas adquisiciones, de hacerlas funcionar en situaciones diferentes para que descubra su campo de aplicación

#### **4.4. El modelo de intervención didáctica**

Desde el punto de vista del diseño de la gestión didáctica, se analiza la triada alumno-medio/contexto-contenido. Se procura que sea flexible y adaptable según las dificultades y necesidades del alumno y se plantea a modo de hipótesis de acción. Desde el punto de vista curricular, se consideran las finalidades de la asignatura dentro de la carrera, el programa y la factibilidad de la propuesta, teniendo en cuenta no sólo la cátedra, sino también la infraestructura institucional.



Desde el punto de vista de la operatividad del alumno (o gestión de sus actividades), el modelo didáctico empleado, **IDDEAR** -, supone distintas fases, que se explicitan en los apartados siguientes.

#### **4.4.1. Operatividad del alumno**

El modelo IDDEAR, es un modelo didáctico complejo que se nutre de diferentes fuentes como el modelo de Brousseau (1993,1994), la Ley de doble formación (Vigotsky, 1987) y contempla orientaciones didácticas sugeridas por Vergnaud et al. (1997).

Supone una fuerte interacción social en cuanto alterna actividades individuales del alumno con tareas para desarrollar con sus pares y con el docente, lo que genera distintas facetas en el accionar tanto del profesor como del alumno. En el cuadro 4, se describen las actividades previstas para que el alumno desarrolle en cada fase.

Así, por ejemplo, como se ha descrito en el apartado 4.3.2, al iniciar el tratamiento de un tema, el alumno debe interactuar en forma individual con una situación específicamente seleccionada para activar sus conocimientos previos, explicitar su conocimiento implícito y propiciar una actividad reflexiva en relación a la insuficiencia de los mismos para resolver la tarea asignada. Las soluciones a las que llegue, serán discutidas con sus pares en la siguiente fase.

En ésta, además de extraer conclusiones en forma grupal deberá resolver con sus pares otro conjunto de tareas relacionadas con la anterior. En la siguiente fase, cada grupo de alumnos debe exponer al grupo clase sus conclusiones para, posteriormente, revisar los significados construidos a partir de las aclaraciones que brinde el profesor como así también contrastar sus concepciones con las de sus pares.

Finalmente resolverá ejercicios y problemas y realizará una revisión metacognitiva de su proceso de aprendizaje y los significados elaborados.

**Cuadro 4.** Fases del Modelo IDDEAR (alumno)

<b>Fase</b>	<b>Actividad</b>
<b>Fase 1:</b>	Interaccionará con la (o las) situaciones que conforman el abordaje de un tema. Enfrentará la/s situación/nes y reflexionará (IS) y se activarán sus conocimientos previos.
<b>Fase 2</b>	Discutirá con sus pares (DP)
<b>Fase 3:</b>	Defenderá sus ideas (Defensa o Contrastación Plenaria) (CP)
<b>Fase 4</b>	Escuchará los aportes de otros grupos y/o los del profesor y revisará sus ideas (Conceptualización: C)
<b>Fase 5:</b>	Aplicará los modelos tratados y resolverá ejercicios : A /T ( Aplicación o Transferencia en forma individual y grupal)
<b>Fase 6:</b>	Realizará una revisión metacognitiva (RM)

Por otro lado, las acciones que el profesor ejecutará en forma flexible, pueden ser interpretadas, en este modelo, mediante lo que se ha denotado como “operatividad del profesor”.

La gestión del docente, atraviesa también diferentes etapas o momentos de acuerdo al tipo de mediación pedagógica que sostiene con el grupo clase o con cada alumno particular. Así, en cada fase desarrollará un tipo de actividad que es concebida en concordancia con el proceso que dinamizado en el aula.

#### **4.4.2. Operatividad del profesor**

En el cuadro 5, se presentan a título orientativo la secuencia de actividades que en este modelo implican la labor docente. En realidad, las actividades del profesor atraviesan todas las fases del modelo, si bien, algunas se ven más acentuadas en algunas fases que en otras.

**Cuadro 5.** Actividades del profesor

<b>Fase</b>	<b>Actividad</b>
<b>Fase preliminar</b>	Analizará contenidos, seleccionará y secuenciará situaciones
<b>Fase 1</b>	Propondrá situaciones
<b>Fase 2 y 3</b>	Acompañará el aprendizaje
<b>Fases 3, 4, 5</b>	Confrontará el conocimiento construido por los alumnos con los modelos científicos
<b>Fases 2,3,4,5</b>	Evaluará (diagnostica, evalúa proceso y resultado)
<b>Fases 2,3,4,5</b>	Observará dificultades de aprendizaje y autorregulará su práctica
<b>Fase 4</b>	Aclarará o expondrá los modelos científicos

#### **4.4.3. Una mirada acerca de la intervención didáctica en el aula**

##### **4.4.3.1. Breve relato de la experiencia realizada**

Las clases se desarrollaron de manera habitual en el grupo clase hasta la finalización de los contenidos de las cinco primeras unidades del programa conformadas por los contenidos de electrostática y corriente continua. Durante este periodo, previo a la implementación de la nueva estrategia didáctica, se observó el estilo de trabajo de los estudiantes en el aula, y se detectó la tendencia de estos jóvenes, a “lanzarse” a la resolución en grupo de las guías de trabajos prácticos, después de escuchar la exposición teórica. Al menos en clase, no dedicaban algún tiempo para la reflexión personal.

Simultáneamente, se elaboraron los cuestionarios diagnósticos inicial y final. Una vez administrado y procesado el primer cuestionario, se diseñaron las actividades didácticas para la primera unidad de Magnetismo. El grupo clase se dividió en dos por razones horarias. Así, se conformó un grupo G1 con diez alumnos y otro G2 con veinte alumnos.

Conjuntamente con el profesor a cargo de la asignatura, se decidió implementar para los contenidos sobre magnetismo y electromagnetismo, la estrategia didáctica alternativa en el grupo mayoritario.

Al mismo tiempo, durante el monitoreo de su implementación y del aprendizaje de los alumnos, se comenzó el diseño de las unidades restantes, con la atención centrada en la reacción de los alumnos ante la presentación de cada situación. Una vez lograda la elaboración de las guías de actividades y, dado que éstas consistían en su gran mayoría en ejercicios y problemas, se analizaron las mismas, desde la perspectiva de Perales (2000) respecto a la Resolución de Problemas y con el propósito de dilucidar un posible balance, por ejemplo, entre cuestiones algorítmicas-heurísticas o abiertas-cerradas, en la distribución de tareas que estas guías presentaban. A posteriori de la resolución del último cuestionario, se entrevistó a los alumnos seleccionados a fin de conocer con mayor precisión los posibles invariantes operatorios disponibles, la descripción de sus representaciones y del abordaje dialéctico del proceso de inferencia alcanzado en torno al análisis de los niveles de conceptualización.

#### 4.4.4. Actividades propuestas por ejes temáticos

En el cuadro 6 se presenta la distribución de actividades que cada guía de clase reúne; una por eje temático. Asimismo, se indican las fases del modelo de gestión didáctica que cada tarea supone. Como puede verse, las actividades se han planteado en torno a la resolución de distintas situaciones problema.

**Cuadro 6.** Análisis de Actividades

Actividad / tarea	Fases	Centra da en	Actividad /tarea Guía	Fases	Centra da en	Actividad/tarea Guía 3	Fase	Centra da en
<b>Guía 1. Efectos</b> Situación preliminar: C1: video sobre magnetismo	1	A	<b>Situación 8:</b> estudio preliminar: C1: hipótesis provisionarias sobre campo magnético para	1	A	<b>Situación 14:</b> Estudio preliminar – (Inducción electromagnética)	1	A
	1	GA	C2a: video sobre campo magnético	1	GC			
líneas de campo magnético	1	A		1	A	C1: líneas de campo magnético en un solenoide conectado	1	A
<b>Situación 1</b> C1: modelización del campo magnético de un hilo de corriente	1	A	C2: discusión grupal sobre los estándares anteriores	2	GA	C2 a: Hipótesis provisionarias sobre flujo del campo magnético	2	GA
	1	A	contrastación plenaria: explicaciones del profesor	3	GA/D	explicitación provisoria de definición formal de flujo magnético	2	GA
<b>Situación 2</b> C1: análisis de la estructura interna de materiales ferromagnéticos	1	A	<b>Situación 9:</b> C1: comparar modelización	5-6	A	discusión de hipótesis provisionarias Planificación de experimentos tentativos	2	GA
	1	A	C2: "profundizar análisis" situaciones límite	6	A/GA	Discusión entre pares sobre S14	2	GA
C2: estructura interna de los materiales con los cuales se fabrican los imanes.	1	A	C3: representación gráfica	6	A	contrastación plenaria: discusión dirigida S15	3	GC y D
C3: identificación del imán más pequeño	1	A	<b>Situación 10:</b> (diagnóstico avanzado) fuerza entre conductores de corriente	5	A/D	explicaciones del profesor	4	D
	1	A		5	A/D	C3: flujo variable: distintas opciones animación	2	GA

C4: establecimiento de relaciones entre el campo magnético de una espira con el momento magnético del electrón.	1	A	2	GA	discusión entre pares	discusión dirigida sobre modos de variación de flujo de un campo vectorial	2	GA	discusión entre pares sobre las variaciones de flujo	2	GA
C5: ¿cómo fabricar un imán? : Interacción entre campo magnético externo y materiales ferromagnéticos	2	GA	3	GC	discusión entre pares	discusión dirigida	3-4	GC/D	discusión dirigida sobre modos de variación de flujo de un campo vectorial	3-4	GC/D
Situación 3: Sobre materiales magnéticos C1: Clasificación de materiales C2: Descripción de la interacción C3 análisis de la interacción	1	A	1	A	discusión entre pares	discusión dirigida	5-6	A/GA	discusión dirigida sobre modos de variación de flujo de un campo vectorial	5-6	A/GA
Situación 4: Comparación de Interacciones c1: clasificar materiales según el tipo de interacción	1	A	1	A	discusión entre pares	discusión dirigida	6	A	discusión dirigida sobre modos de variación de flujo de un campo vectorial	6	D/A

C1: Realización de experiencias con esfera telgopor	1	A	KPSI	6	A	Situación 17: a) exploración: ¿cuál es el efecto de acercar o alejar una espira a un cable con corriente? <sup>18</sup>	1-2	A
							C2: Observación y explicación sobre la respuesta de una esfera si se le acerca un imán.	1
C3: explicación sobre lo que sucede si se acerca el otro polo del imán.	2	A	Situación 18: <sup>20</sup> C1: corriente inducida en una espira en campo magnético	3-2	GA/A			
				C4: explicación acerca de si existe carga neta en los polos del imán	1	A	C2: espira en el campo magnético de un solenoide	2-3
Situación 5: Interacciones eléctricas y magnéticas "clip suspendido dentro de un vaso de aluminio"	1	A	C3: corriente y movimiento de una espira					4

18 Adaptado de Esquembre et al. (2004)

19 Idem 18

20 Adaptado Mc Dermott, L., Shaffer y el Physics Education Group. 2001. Tutoriales para Física Introductoria Prentice Hall.

A: Alumno; GC: Grupo clase GA: Grupo de alumnos RG: Reestructuración grupal D: Docente AA: Autorregulación Alumno RM: Revisión Metacognitiva PE Presentación de Experiencia

C1: Formulación de hipótesis acerca del efecto de la varilla cargada sobre el clip cuando se acerca	1	A	<b>Situación 19:</b> corriente inducida en el proceso de rotación de una espira conductora en un campo magnético uniforme en una $\Delta t$	1-2	A/GA
C2: Formulación de hipótesis acerca del efecto de la varilla cargada sobre el clip fuera del vaso cuando "se acerca"	1	A	discusión grupal y elaboración de síntesis Organización conceptual jerárquica	3-4	GC/D/RG
C3: formulación de hipótesis acerca del efecto de un imán sobre el clip dentro del vaso	1	A	<b>Situación 20</b> fuerza sobre una carga y fem del movimiento	1-2	A
C4: Comparación de interacciones eléctricas y magnéticas	1	A	<b>Situación 21</b> cambio de modelo para el análisis de las situaciones anteriores	4-2-4	GA/D
Discusión entre pares: análisis, comprobación, síntesis.	2	GA	intervención docente: autoinducción e inducción mutua –clase expositiva	4	D/A
			aplicaciones: a) generador y transformador b) resolución de ejercicios de lápiz y papel	3-5	GA



Contratación plenaria	<b>3</b>	<b>GC</b>			KPSI	<b>6</b>	<b>A</b>
Explicación del profesor	<b>4</b>	<b>D/GC</b>			Integración	<b>5</b>	<b>A</b>
<b>Situación 6:</b> interacciones entre cargas y corrientes en campos magnéticos.	<b>1</b>	<b>A</b>			Entrevistas	<b>5-6</b>	<b>D/A</b>
C1a: deflexión magnética (anticipación)	<b>1</b>	<b>A</b>					
C1b: contrastación con bibliografía	<b>2-3</b>	<b>A</b>					
Ca: relación entre fuerza magnética y energía	<b>3-4</b>	<b>GA/D</b>					

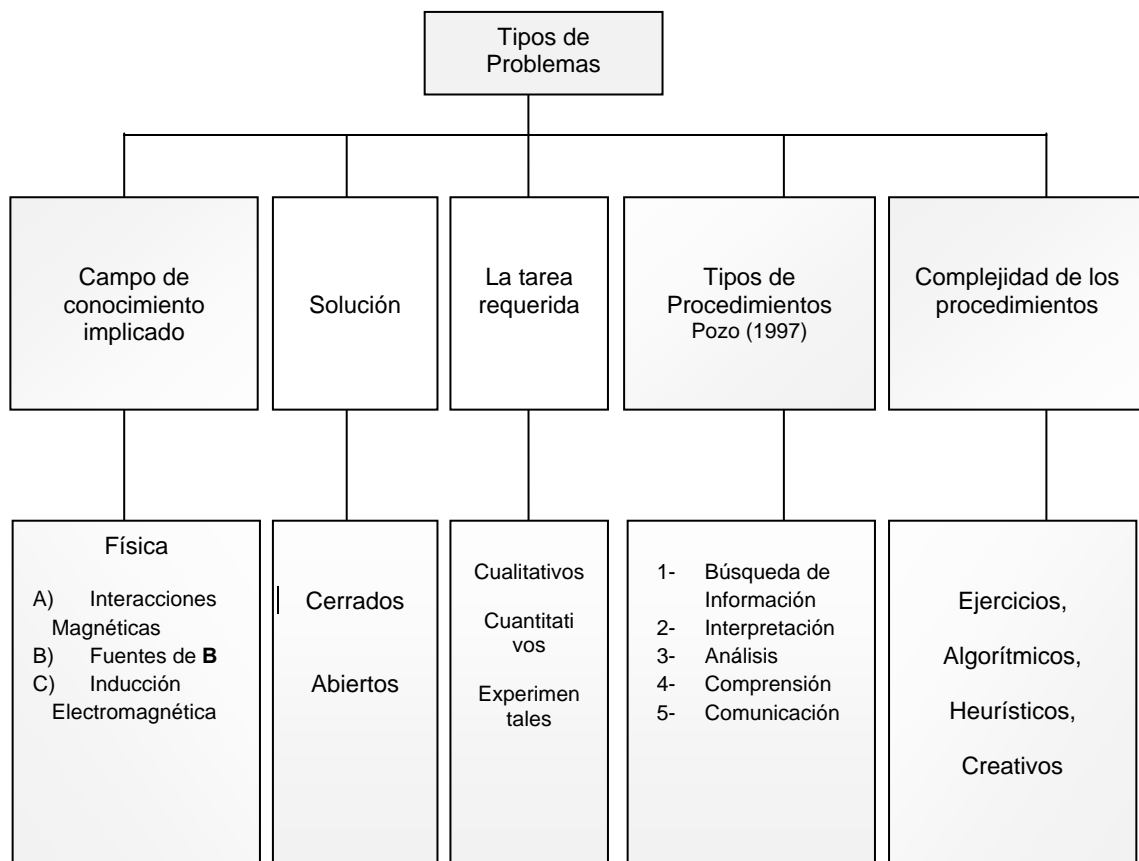
C4: espectrómetro de masas	<b>5</b>	<b>A</b>
C5: análisis de conductor con corriente; trazado de líneas de campo	<b>1</b>	<b>A</b>
discusión entre pares	<b>2</b>	<b>GA</b>
contratación plenaria	<b>3</b>	<b>GA</b>
explicación del profesor	<b>4</b>	<b>D</b>
<u>Situación 7</u> : rotaciones	<b>1</b>	<b>A</b>
rotación de una espira	<b>1-2</b>	<b>A/GA</b>
C2: momento torsor	<b>1-2-3</b>	<b>A/GA</b>
C3: Galvanómetro	<b>5-6</b>	<b>GA</b>
C4: interacción hilo de corriente	<b>1</b>	<b>A</b>
Discusión grupal	<b>2</b>	<b>GA</b>

contratación plenario	<b>3</b>	<b>GC</b>	
explicaciones del profesor	<b>4</b>	<b>D/GC</b>	
resolución de ejercicios	<b>5</b>	<b>A/GA</b>	
conclusiones	<b>6</b>	<b>A</b>	
Revisión metacognitiva		<b>A</b>	

#### 4.4.5. Aspectos estudiados acerca de la resolución de problemas

Dada la diversidad de publicaciones que pueden elegirse en relación con este tema (Cabral, 2003), se optó por realizar una adaptación de la clasificación de Perales et al. (2000, pp.293) puesto que la síntesis que presenta incluye gran parte de los aspectos estudiados por distintos autores. Esta clasificación puede observarse en la figura 4.

Posteriormente se presenta la distribución de actividades según esta clasificación.



**Figura 4.** Tipos de problemas

En el Cuadro 7 se resumen los tipos de problemas detectados en la secuencia didáctica.

**Cuadro 7.** Análisis de las Guías de Actividades según los tipos de problemas que incluyen

PROBLEMAS		Interacciones (39)	Fuentes	IE
TIPO DE SOLUCIÓN	Abierta	23	7	28
	Cerrada	12	6	33
TAREA	Cualitativo	32	14	34
	Cuantitativo	1	2	13
	Experimental	8	1	1
PROCEDIMIENTO	1	19	5	14
	2	16	8	25
	3	26	9	28
	4	12	7	11
	5	3	6	22
COMPLEJIDAD DEL PROCEDIMIENTO SEGUIDO	Ejercicio	2	3	6
	Algoritmo		4	1
	Heurístico	28	8	34
	Crativo	8		3

A modo de referencia se presentan las siguientes aclaraciones respecto a las clasificaciones realizadas según el tipo de problema.

**Problemas de solución cerrada** que admiten un único tipo de solución.

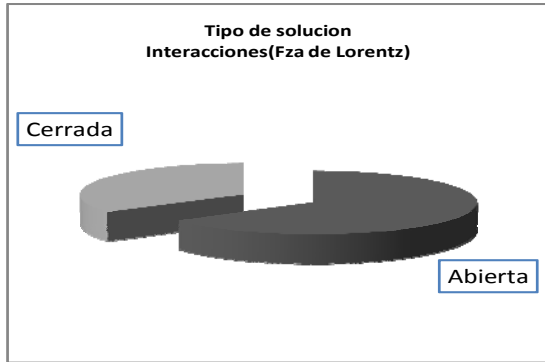
**Ejercicios:** problemas de tipo cuantitativo. Su resolución requiere sólo de una operación matemática. Consisten, por ejemplo, en la sustitución de los datos de las variables de una ecuación matemática.

**Problemas algorítmicos:** Para obtener la solución buscada, demandan una serie de etapas prefijadas cuyo seguimiento garantiza el resultado esperado.

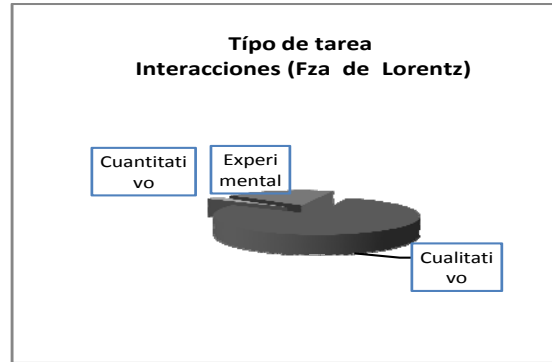
**Problemas heurísticos:** para su resolución se ha de poner en juego un procedimiento que requiere del uso de una estrategia con un mayor grado de complejidad (ej. búsqueda y organización de la información, de planteamiento y contraste de hipótesis, de la verificación de los cálculos realizados, etc., “*que en cualquier caso no garantiza el logro de un resultado*” (Perales et al., 2000, pp.290)

Asimismo, las distribuciones del tipo de problema por eje temático, pueden identificarse en los gráficos, que se muestran en las figuras 5 a 16.

**Primer eje: Interacciones (Fuerza de Lorentz)**

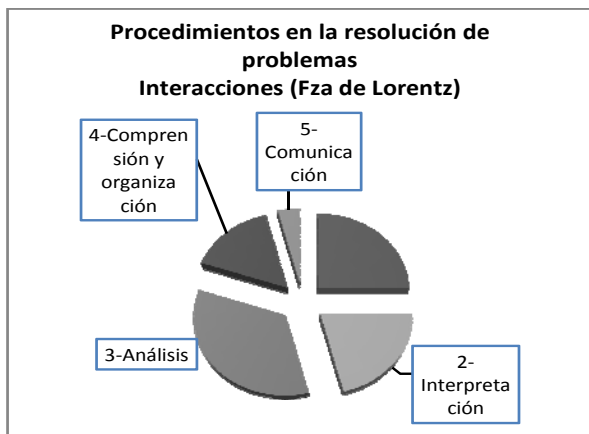


**Figura 5.** Tipo de solución

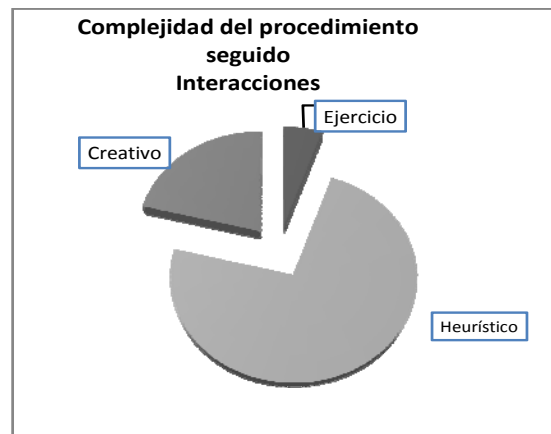


**Figura 6.** Tipo de tarea

Las situaciones que se presentan en el eje “interacciones” responden en un mayor número a la búsqueda de soluciones abiertas. En este eje las tareas presentadas son en su gran mayoría de tipo cualitativas.



**Figura 7.** Tipos de procedimientos requeridos

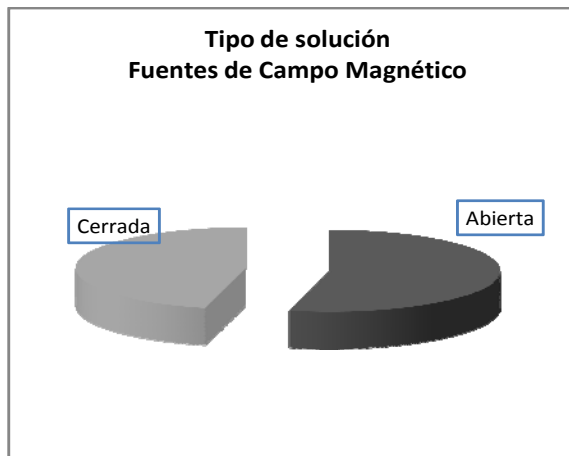


**Figura 8.** Complejidad de los procedimientos

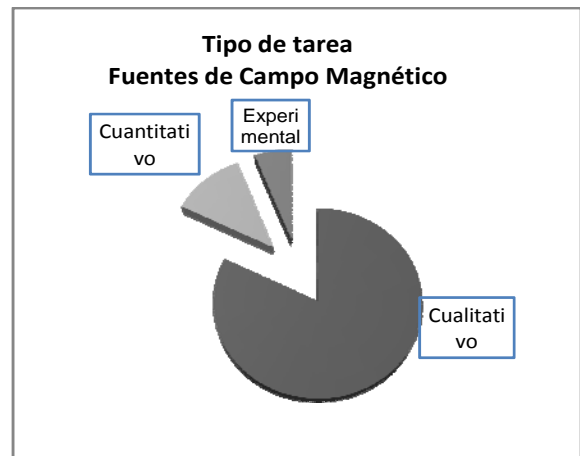
Respecto al eje “interacciones”, se puede ver que los procedimientos demandados- aproximadamente en forma balanceada- son análisis, adquisición, interpretación, comprensión y organización de la información.

La complejidad de los procedimientos a seguir en la mayoría de las situaciones remite a aquellos de tipo heurístico, luego le siguen los de tipo creativo.

**Segundo eje: Fuentes de Campo Magnético**

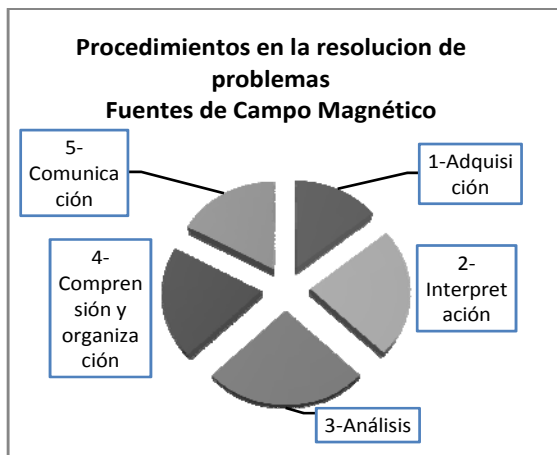


**Figura 9.** Distribución de actividades abiertas y cerradas

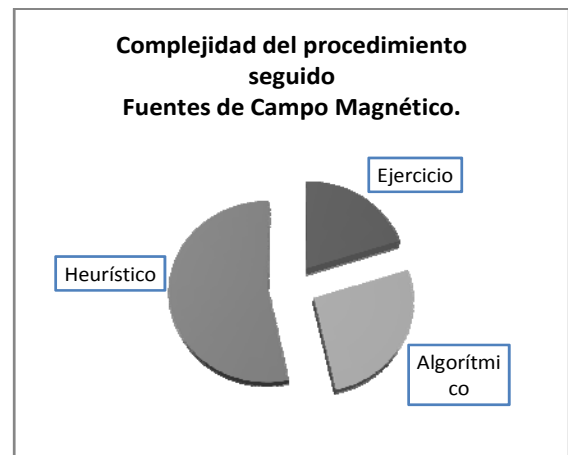


**Figura 10.** Tipo de tarea

Seis de las soluciones requeridas en las situaciones que se presentan en el eje “fuentes de campo magnético” son de tipo cerrada y siete de tipo abierta. La mayor cantidad de tareas solicitadas en este eje son cualitativas.



**Figura 11.** Tipos de procedimientos requeridos

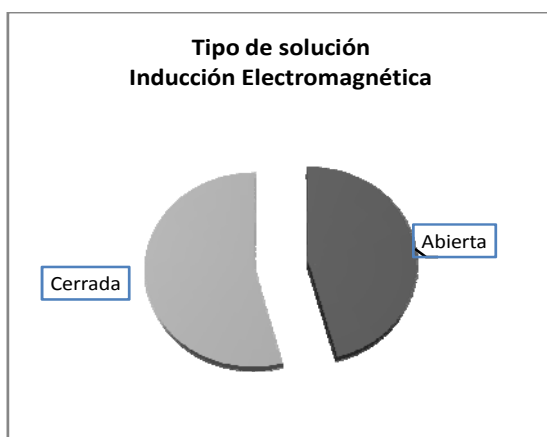


**Figura 12.** Complejidad de los procedimientos

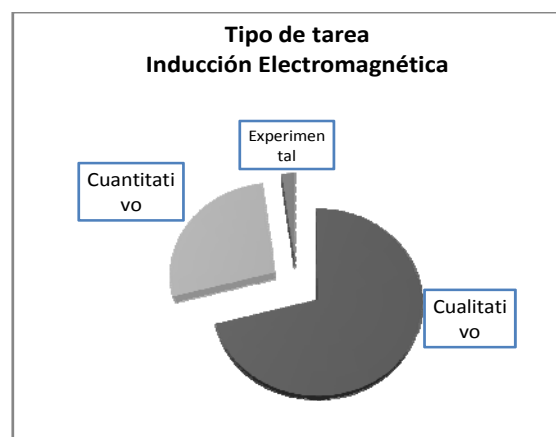
Los procedimientos demandados para la resolución de problemas en el eje “fuentes de campo magnético” son análisis, interpretación, comprensión y organización, comunicación y adquisición de la información.

La complejidad de los procedimientos a seguir en la mayoría de las situaciones referidas a este eje, se vincula, con aquellos de tipo heurístico. Luego le siguen las de tipo algorítmico.

**Tercer eje: Inducción electromagnética**



**Figura 13.** Distribución de actividades abiertas y cerradas

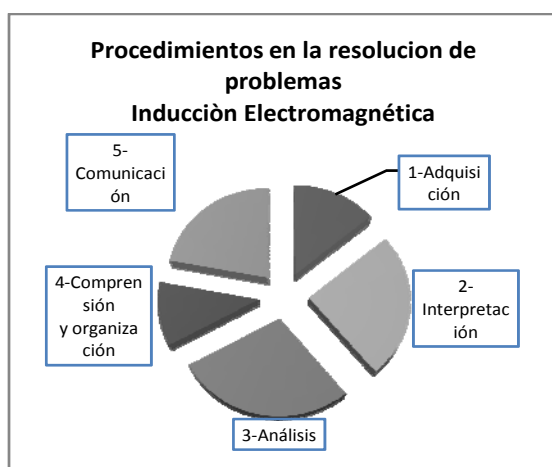


**Figura 14.** Tipo de tarea

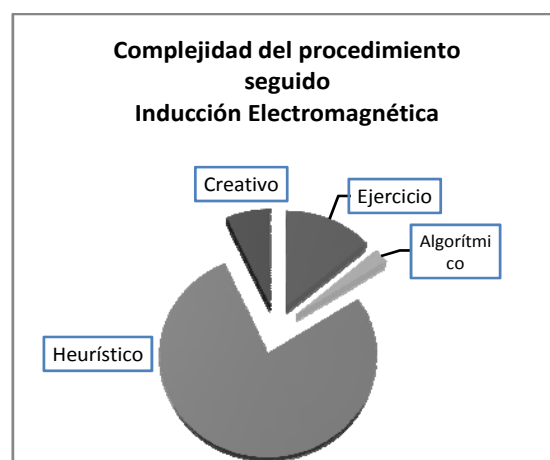
Del total de soluciones posibles en el eje “Inducción electromagnética”, 33 son



cerradas y 28 abiertas. La mayor cantidad de tareas planteadas en este eje son de tipo cualitativo, siguiéndole las de tipo cuantitativo.



**Figura 15.** Tipos de procedimientos requeridos



**Figura 16.** Complejidad de los procedimientos

Los procedimientos requeridos para el eje “Inducción electromagnética” remiten al análisis, interpretación, comunicación, adquisición y comprensión y organización de la información. La complejidad de los procedimientos a seguir en la mayoría de las situaciones corresponden a aquellas de tipo heurístico. Luego le siguen las del tipo “ejercicio” y en menor cantidad las de tipo “creativo y algorítmico.”

#### **4.5. Apreciaciones provisionales: “*cierre e inicio de intervenciones a indagar*”**

Algunas reflexiones en torno al trabajo desarrollado, conllevan la urgencia de continuar explorando la relación con la construcción de conocimiento de los alumnos acerca del campo conceptual abordado.

Si bien, el tipo de actividades requeridas resultó accesible para los alumnos y el énfasis de la estrategia se colocó en la comprensión, algunas de las debilidades detectadas remiten, por ejemplo, al tiempo insumido por los plenarios. Así, para el segundo y tercer eje, estas actividades se desarrollaron en horarios extraclase. Se observó que la atención de los estudiantes decaía, fuertemente, después de la exposición y discusión de las producciones del tercer o cuarto grupo de alumnos. Por otro lado, estos estudiantes no estaban familiarizados con actividades de autoevaluación. Este tipo de estrategia no es

habitual en la institución. Por lo tanto, ningún alumno respondió en forma espontánea a estas tareas. No lo consideraron relevante. Durante la entrevista en profundidad, se les solicitó, en forma personal, que la cumplimentaran y fue entonces cuando lo hicieron. Ello constituye un desafío a corto y mediano plazo que el investigador intenta objetivar en el campo de la didáctica con el apoyo de otros recursos. Un nuevo camino se vislumbra como inicio de este reto pedagógico.



## *CAPÍTULO 5*

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS I**

#### *ESTUDIOS PRELIMINARES*





## Introducción

Este trabajo de investigación está concebido como un proceso descriptivo–inductivo, atendiendo la apropiación del campo conceptual de la inducción electromagnética por parte de un grupo de estudiantes, en un nivel de complejidad dado por el ciclo básico de carreras de nivel superior como Ingeniería. Dadas las características del mismo, los estudios son esencialmente de carácter interpretativo, y siguen un proceso de focalización progresiva. Si bien, se ha instrumentado un estudio cuantitativo previo, habitualmente utilizado en la bibliografía revisada, cuyo propósito es, por un lado, asegurar la consistencia interna y validez de los cuestionarios utilizados y, por otro, de servir de orientación preliminar para el análisis cualitativo posterior.

Por ello, en este capítulo, se presentan cuatro estudios preliminares. En primer lugar, se realiza una revisión bibliográfica de los textos más utilizados por los alumnos en este contexto universitario para conocer el tratamiento bibliográfico de la temática; averiguar cómo se conceptualiza el fenómeno en cada texto, cuál es la relevancia que se le otorga dentro de las temáticas tratadas; el tipo de representaciones utilizadas, cuáles son los modelos explicativos y cómo se presenta la manifestación de los fenómenos, entre otras. El interés reside en la posibilidad que este estudio brinda, para analizar posteriormente de qué manera su uso puede influenciar el progresivo dominio del campo conceptual por parte de los estudiantes y prever el diseño de situaciones problemáticas complementarias que fortalezcan, no sólo la construcción de significados, sino también de las distintas representaciones simbólicas que los expresan.

El segundo estudio, tuvo como finalidad, examinar los instrumentos utilizados para diagnosticar los conocimientos de un grupo de estudiantes, referidos al campo conceptual citado, en forma cuantitativa, antes y después de una intervención didáctica diferente en cada grupo: una bajo un cursado tradicional de Física, y otra luego de la aplicación de una estrategia didáctica alternativa a partir de situaciones problemáticas y a la luz de la Teoría de Vergnaud (1990).

Posteriormente, en el tercer estudio, se procura analizar el desarrollo del conocimiento en los alumnos del grupo total participante en la investigación y de cada subgrupo (G1 y G2) del conjunto de alumnos en estudio, a partir de la clasificación del

tipo de respuesta de los estudiantes a diferentes tareas, ejercicios y/o cuestiones propuestas al iniciar y finalizar el proceso de aprendizaje. Este estudio se realiza considerando primero el tipo de respuestas dadas en el cuestionario inicial, desde donde es posible concluir cómo los alumnos conceptualizan estos temas al iniciar el periodo instructivo, en tanto, respuestas adecuadas o parcialmente adecuadas de los alumnos. Además, es posible realizar algunas inferencias iniciales sobre las dificultades o posibles obstáculos que puedan interferir con la construcción de conocimiento científico. En forma análoga, se aborda el análisis del tipo de respuestas de los alumnos, encontradas en el cuestionario final. Estos estudios se complementan con un análisis de las situaciones resueltas en relación al tipo de respuesta, con la intención de identificar aquellas que puedan favorecer un acercamiento a las representaciones de los significados que elaboran los alumnos y al modo en que los significan.

En el cuarto estudio, se analizan en forma cualitativa, las respuestas dadas por los estudiantes del grupo clase, a estos cuestionarios. Se identifican patrones emergentes y, a partir de los mismos, se detectan tendencias y se construyen categorías. Dichas categorías, así como los patrones y afirmaciones que agrupan, pueden ser interpretadas como posibles teoremas en acto de los alumnos.

Los resultados encontrados resultan auspiciosos en relación con la estrategia didáctica empleada, en tanto es posible observar una mejora potencial de la resolución de algunas clases de situaciones del campo conceptual, desde un punto de vista cognitivo, como por las dificultades y obstáculos que los estudiantes sostienen. Estos cuatro estudios preliminares, se exponen detalladamente, en los apartados que siguen.

## **5.1. Estudios Preliminares**

### **5.1.1. Estudio 1: Análisis de los textos usados por los alumnos**

Los libros de texto son los recursos didácticos más utilizados en el aprendizaje de las ciencias; incluyen información exhaustiva sobre conocimiento científico presentado en diferentes formatos y contienen una propuesta didáctica explícita o

implícita (Campanario, 1993; Jiménez, 2000) y una visión epistemológica subyacente. El análisis de ciertos aspectos claves del tratamiento bibliográfico puede orientar sobre el modo en el que se plantean los temas, en cada texto. Por ello la importancia de revisar la bibliografía más utilizada por los alumnos durante el proceso de aprendizaje. En este trabajo se aborda el tema de la inducción electromagnética, de difícil comprensión, en general, para los alumnos. Por otro lado, como se ha señalado en el capítulo 1, apartado 1.2, el uso de mediadores culturales pueden obstaculizar o favorecer la construcción de significados.

En el caso de fenómenos magnéticos, algunos de los autores citados, señalan carencias en el tratamiento que pueden llevar al lector a construir significados erróneos. Por eso, en este caso particular resulta de interés conocer cómo es el tratamiento didáctico y científico que realizan diversos autores sobre este campo conceptual; analizar ciertas dimensiones como, por ejemplo, la secuencia temática planteada, la ausencia o presencia explícita de las distintas formas de representar simbólicamente la relación entre las diversas variables del modelo que se presenta y su decodificación. Algunos de estos aspectos, pueden resultar un obstáculo para la construcción de significados por parte de los estudiantes. La tarea de los profesores es la de suministrar situaciones de aprendizaje desempeñándose como mediadores entre el contenido y el alumno, con la finalidad de que éste desarrolle nuevos esquemas y una mayor capacidad de enfrentar situaciones cada vez más complejas (ibid). En este contexto, resulta pertinente analizar entre otros, qué tipo de representaciones se favorece y cuáles son los significados que se promueven. Por consiguiente, esta revisión tiene como objetivo realizar una descripción inicial del tratamiento de la temática; averiguar cómo se conceptualiza el fenómeno, cuál es la relevancia que se otorga dentro de las temáticas tratadas; el tipo de representaciones utilizadas, cuáles son los modelos explicativos y cómo se presenta la manifestación de los fenómenos, entre otras.

Los textos seleccionados para ello son, los libros de física pertenecientes al nivel universitario más utilizados por los alumnos en un contexto específico. El interés reside en la posibilidad que este estudio brinda para analizar, posteriormente, de qué manera su uso puede influir en el progresivo dominio del campo conceptual por parte de los estudiantes y prever el diseño de situaciones problemáticas complementarias que fortalezcan no solo la construcción de significado sino también de las distintas representaciones simbólicas que los expresan. Sobre las bases de las consideraciones

señaladas, el tratamiento del contenido se analiza mediante la técnica de “análisis de contenido” Bardin (op. cit.); Concari et al.( op. cit.), y se seleccionan para ello diferentes categorías y subcategorías La presencia y frecuencia de las mismas en los distintos capítulos de los textos analizados y un comentario analítico sobre cada una de ellas se presentan seguidamente y las conclusiones se organizan en torno a tres ejes temáticos del campo conceptual: interacciones en términos de la fuerza de Lorentz, fuentes de campo magnético e inducción electromagnética; ejes coincidentes con las tres unidades del programa de la asignatura y que fueran abordados en la estrategia didáctica alternativa, como puede verse en el capítulo 3 , apartado 3.13.1:

Los libros de Física más utilizados por los alumnos del contexto académico en estudio y de uso común dentro del nivel superior básico que se exploran son los que figuran en el cuadro8. Estos textos son aquellos a los que los alumnos acceden dado que se encuentran en la biblioteca de la institución.

**Cuadro 8.** Bibliografía consultada

<p><u>Libro1:</u> <i>Física Parte 2.</i>  <u>Autores:</u> David Halliday, Robert Resnick.  <u>Edición:</u> s/d  <u>Editorial:</u> Compañía Editorial Continental.  <u>País donde se imprimió:</u> México.  <u>Año de impresión:</u> 1982.</p>	<p><u>Libro 2:</u> <i>Física Tomo II.</i>  <u>Autores:</u> Raymond A. Serway.  <u>Edición:</u> Cuarta  <u>Editorial:</u> Mc Graw Hill.  <u>País donde se imprimió:</u> Colombia.  <u>Año de impresión:</u> 1998.</p>	<p><u>Libro 3:</u> <i>Física Universitaria Volumen 2I.</i>  <u>Autores:</u> Sears, Zemansky, Young, Freedman.  <u>Edición:</u> Novena.  <u>Editorial:</u> Addison Wesley Longman.  <u>País donde se imprimió:</u> México.  <u>Año de impresión:</u> 1999.</p>
---	--	---

#### **5.1.1.1. Tratamiento del contenido Inducción Electromagnética**

A fin de dar cuenta del tipo de abordaje de esta temática, se elaboraron las siguientes categorías y subcategorías, las que se codificaron con números romanos y arábigos respectivamente. A continuación se presentan dichas especificaciones:

#### Especificación de categorías para la Inducción Electromagnética

##### **I. Lugar que ocupa el tratamiento del tema:**



1. Como tema del capítulo.
2. Como subtema del capítulo.
3. Como ejemplos y notas complementarias.

## **II. Conceptualización del fenómeno:**

1. Interacción entre sistemas: Modelo Newtoniano, (Almudi et al., 2005).
2. Variación de flujo magnético. Campo Magnéticos, (ibid).
3. Aplicaciones prácticas (CTS) (ibid).
4. Como contraposición de pilas: Modelo Newtoniano. (ibid). Como generación de corriente. Campo magnético (ibid).
5. No se explicita

## **III. Modelos explicativos empleados:**

1. Conservación de energía: Modelo Newtoniano, (Almudi et al., 2005).
2. Acción-reacción: Modelo Newtoniano (ibid).
3. Fenómeno de circuito de corriente continua: Modelo de Campo Magnético, (ibid).
4. Interacciones electromagnéticas- Fuerza sobre carga: Modelo Newtoniano (ibid).
5. Interacciones campo magnético Modelo de Campo magnético, (ibid).
6. No se explicita

## **IV. Manifestación del fenómeno:**

*Como:*

1. Efecto motor- traslacional
2. Efecto motor-rotacional: Modelo Campo Magnético, (Almudi, et al., 2005)
3. Efecto conservativo: Modelo newtoniano, (ibid).
4. Efecto generador de corriente: Modelo de Campo Magnético, (ibid).
5. Efecto generador de campo magnético: Modelo Newtoniano y Modelo Campo Magnético, (ibid).
6. Efecto generador de flujo magnético: Modelo Campo Magnético, (ibid).

**V. Explicitación de leyes empíricas en sistemas:**

1. No se explicita
2. Casos: fem. en movimiento, inducción mutua, inductancia, generadores

**VI. Límites de validez de las leyes empíricas:**

1. Si se explicita
2. No se explicita

**VII. Representaciones:**

1. Representación de los vectores relevantes que intervienen
2. Diagramas de cuerpo libre
3. Representaciones pictóricas
4. Representaciones simbólicas formales
5. Representaciones discretas (sumatorias)
6. Representaciones Continuas (integrales)
7. Gráficas funcionales

**VIII. Metodología de análisis:**

Competencias que apuntan a desarrollar en:

Vida cotidiana (CTS)

Perfil profesional

**5.1.2. Análisis de resultados**

Los resultados del análisis de los contenidos de cada uno de los libros seleccionados, se presentan en las tablas 4, 5 y 6 de acuerdo a las categorías definidas en el punto anterior (5.1.1.1) donde el número indicado, en cada tema, se refiere al capítulo del libro o apartado dentro del mismo.

Así en la Tabla 4 pueden identificarse las categorías correspondientes a “Física Parte II”

**Tabla 4.** Análisis de categorías. Física Parte 2

FÍSICA PARTE 2. David Halliday, Robert Resnick. Compañía Editorial Continental. México.1982.									
Capítulo	Apartado	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
33 El campo magnético.	33-1- El campo magnético	1	1	4	4-5	1	2	2	1
	33-4 - La torca sobre una espira de corriente	2	1	3	2	1	2	1-2-3-5	2
34 La ley de Ampère	34-1- La ley de Ampère.	2	1	4	4-5	2	2	1-2-3-5	2
	34-4- Dos conductores paralelos	2	1	4	1	1	2	1-2-3	2
35 Ley de inducción de Faraday	35-1-Los experimentos de Faraday	1	1-5	4	4	1	2	1-2	1-2
	35-2-Ley de inducción de Faraday.	1	2	1-2	4-6	2	2	3-5	2
	35-3- La ley de Lenz.	2	1-2-5	1-4	3-6	2	1	1	1-2
	35-4- Un estudio cuantitativo de la inducción	2	1-2	1-4	3-6	1	2	1-2-3-5-6	2
	35-5-Campos magnéticos que varían en el tiempo	2	1-2	4	4	1	2	1-2-3-5-6	2

Por otro lado, en la Tabla 5, se registran las categorías encontradas en “Física Tomo II”:

**Tabla 5.** Análisis de categorías. Física Tomo II

FÍSICA TOMO II. Raymond A. Serway. Cuarta edición. Mc Graw Hill. Colombia. 1998.									
Capítulo	Apartado	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
29:Campos Magnéticos	1 Campos magnéticos	1	1	5	-	1	2	1-2-3	2
29: Campos magnéticos	2 Fuerza magnética sobre un conductor que conduce corriente.	2	1	4	-	1	2	1-2-3-5	2
30: Fuentes de campo magnético	1 La Ley de Biot-Savart	2	1	4	5	2	1	1-3-5	2
30: Fuentes de campo magnético	2 La fuerza magnética entre dos conductores paralelos.	2	1	2-4	-	2	1	1-3	1-2
30: Fuentes de campo magnético	3 La Ley de Ampère	2	1	4	5	1	2	1-2-3-5-6	2
30: Fuentes de campo magnético	6 Flujo magnético.	2	1	6	6	2	1	1-2-3-5	2
30: Fuentes de campo magnético	9 El magnetismo en la materia. Ferromagnetismo.	2	1	1-5	6	1	2	1-2-6	2
31: Ley de Faraday.	1 Ley de inducción de Faraday.	1	1-2	2-4	4	2	1	1-2-3-4-5-6-7	1-2
31: Ley de Faraday.	2 Fem de movimiento.	2	1-2	1	4	1	2	1-2-3-4-5	2
31: Ley de Faraday.	3 Ley de Lenz.	2	1-2	1-4	6	2	2	1-2-3-4-7	2
31: Ley de Faraday.	4 Fem inducida y campo eléctrico.	2	2-5	4	4	2	1	1-2-3-4-5-6	2
31: Ley de Faraday.	5 Generadores y motores.	2	2-5	4	1-2-4	1	2	1-2-3-4-5-7	2

Finalmente, en la Tabla 6 se presentan las correspondientes a Física Universitaria, volumen 2”:

**Tabla 6.** Análisis de categorías. Física Universitaria

<b>FÍSICA UNIVERSITARIA, VOLUMEN 2. Sears, Zemansky, Young, Freedman. Novena edición. Addison Wesley Longman. México.1999.</b>									
<b>Capítulo</b>	<b>Apartado</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>
22: Cargas eléctricas y campo eléctrico	4 Conductores, aislantes y cargas inducidas	2	1	2	-	1	2	1-2-3	1
28: Campo magnético y fuerzas magnéticas	2 Magnetismo.	2	1	5	-	1	2	1-2-3	1-2
28: Campo magnético y fuerzas magnéticas	3 Campo magnético	1	1-5	4	4-5	1	2	1-2-3-4	2
28: Campo magnético y fuerzas magnéticas	4 Líneas de campo magnético y flujo magnético.	2	2	5	6	1	2	1-2-3-4-6	1
28: Campo magnético y fuerzas magnéticas	5 Movimiento de partículas cargadas en un campo magnético.	2	1	2	2	1	2	1-2-3-4	2
28: Campo magnético y fuerzas magnéticas	7 Fuerza magnética sobre un conductor por el que circula corriente.	2	1	5	1-2	1	2	1-2-3	1-2
28: Campo magnético y fuerzas magnéticas	9 El motor de corriente continua.	2	1-3	3-4	1-2	1	2	1-3	2
29: Fuentes de campo magnético	2 Campo magnético de una carga en movimiento.	2	6	5	5	1	2	1-2-4	2
30: Inducción electromagnética.	30-2 Experimentos de inducción.	1	5	4	4-6	1	2	1-2-3	2
30: Inducción electromagnética	3 Ley de Faraday	2	2	6	4	1	2	1-2-4-6-7	2
30: Inducción electromagnética	4 Ley de Lenz	2	2	6	4	1	2	1-2	2
30: Inducción electromagnética	6 Campos eléctricos inducidos.	2	2-5	6	4	1	2	1-2-4-6	2

### 5.1.3. Análisis general de los libros de texto

En las tablas 7, 8 y 9 se expone la síntesis de las categorías y la frecuencia del código o subcategoría que presenta cada libro.

**Tabla 7.** Análisis de Frecuencias. Física Parte 2

FÍSICA PARTE 2. Halliday et al.(1982)								
Cód\Cat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	3	8	3	1	6	1	7	3
2	6	4	1	1	3	8	7	8
3	0	0	1	2	-	-	6	-
4	-	0	7	5	-	-	0	-
5	-	2	0	2	-	-	5	-
6	-	-	0	3	-	-	2	-
7	-	-	-	-	-	-	0	-

**Tabla 8.** Análisis de Frecuencias. Física Tomo II

FÍSICA TOMO II. Serway (1998)								
Cód\Cat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	2	10	3	1	6	5	12	1
2	10	5	2	1	6	7	10	12
3	0	0	0	0	-	-	11	-
4	-	0	8	4	-	-	5	-
5	-	2	2	2	-	-	8	-
6	-	-	1	3	-	-	4	-
7	-	-	-	-	-	-	3	-

**Tabla 9.** Análisis de Frecuencias. Física Universitaria

FÍSICA UNIVERSITARIA, Vol. 2. Sears et al. (1999).								
Cód\Cat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	2	6	0	2	12	0	12	4
2	10	4	1	3	0	12	11	10
3	0	1	1	0	-	-	8	-
4	-	0	3	5	-	-	6	-
5	-	3	4	2	-	-	0	-
6	-	-	3	2	-	-	3	-
7	-	-	-	-	-	-	1	-

Desarrollo de cada categoría:

#### I. Lugar que ocupa el tratamiento del tema

En general, en los libros de textos analizados, el fenómeno de “inducción electromagnética” aparece como tema fundamental y sumamente relacionado con los

contenidos de los capítulos precedentes y con los que posteriormente se abordan. En ninguna ocasión el tema es presentado como ejemplo o en notas complementarias apartados del capítulo; lo que habla de su relevancia y de la continuidad temática que propicia cada texto.

## **II. Conceptualización del fenómeno**

Los autores plantean de manera más frecuente el campo conceptual como una *serie de interacciones entre sistemas* – una visión newtoniana- (Resnick y Halliday, 1982; Serway, 1998 y Sears et al., 1999). No obstante, en algunos casos también lo consideran como *variación de flujo magnético o generación de corriente* – Modelo de Campo Magnético- (Resnick y Halliday, op. cit.; Serway, op. cit. y Sears et al., op. cit.); y hasta emplean ambos modelos en forma simultánea. Las opciones 3 y 4 no fueron encontradas en la bibliografía aunque en algunos fragmentos aparecieron rasgos de éstas. Sin embargo, la fundamentación del fenómeno es explicitada desde las visiones que presentan las opciones 1, 2 y 5.

## **III. Modelos explicativos empleados**

En la mayoría de los capítulos de los tres libros se encontró que el modelo que permite dilucidar el tema en estudio, es el de las “interacciones electromagnéticas”. En Física Parte 2 (Resnick y Halliday, 1982) y en Física Universitaria Parte 2 (Sears et al., 1999) el concepto en estudio aparece sólo en un tema, como un fenómeno causado por un circuito de corriente continua; en el otro libro de texto analizado, este modelo no se refleja en ningún momento en Serway, tomo 2, 1992).

## **IV. Manifestación del fenómeno**

Los autores establecen, en su mayoría, que la inducción electromagnética se manifiesta como un “efecto generador de corriente continua”. Sin embargo, también se observó que en menor proporción los capítulos explican la inducción como un “efecto generador de flujo magnético”. Entre ambos puntos se puede llegar a apreciar una tendencia a utilizar como base de las explicaciones, el modelo de campo magnético. Como ejemplo de lo anterior mencionado, encontramos en uno de los textos:

*“... en una central hidroeléctrica el agua que cae directamente de sobre los álabes de una turbina produce el movimiento rotatorio;(...). Cuando el lazo gira, el flujo magnético a través de él cambia con el tiempo, induciendo una fem y una corriente en un circuito externo.” (Serway, pág. 919)*

## **V y VI. Explicitación de leyes empíricas en sistemas y límites de validez**

En términos generales, no se presentan en forma explícita aquellas leyes empíricas aplicables al estudio de los sistemas concretos que incluyen el concepto abordado.

Este aspecto del fenómeno aparece con mayor frecuencia, sin embargo, en el libro de texto Serway, R. *Física*, Tomo II, ,1992. Por ejemplo, en el Capítulo 30: Fuentes de campo magnético sección 30-2: La fuerza magnética entre dos conductores paralelos; el desarrollo del tema es fundamentado mediante la tercera ley de Newton.

Por otro lado, el análisis de los límites de validez permite establecer diferencias entre las muestras, ya que en Resnick, R. y Halliday, D. Vol II, 1982 , sólo en el capítulo 35: Ley de inducción de Faraday, dentro de la sección 35-3 La ley de Lenz, se establecen los límites de validez:

*“La ley de Lenz se refiere a las corrientes inducidas, lo cual significa que se aplica sólo a circuitos conductores cerrados.” (Resnick, R. y Halliday, D. Vol II, 1982, pág. 228)*

En contraposición, en Serway, R. *Física*, Tomo II, 1992, las condiciones referidas a las leyes empíricas son presentadas en forma reiterada. Su explicitación es más frecuente en este texto, que en el estudiado anteriormente. Por ejemplo después de desarrollar la Ley de Biot-Savart, se expresa:

*“Es importante observar que la ley de Biot-Savart proporciona el campo magnético en un punto sólo para un pequeño elemento del conductor.” (Serway, R. Física, Tomo II, 1992, pág.867)*



En la categoría V, como ya se ha dicho, se observó la explicitación o no de las leyes empíricas. Así, en el capítulo 30: Fuentes de Campo Magnético, 30-2, al analizar la fuerza magnética entre dos conductores paralelos se nombraba la tercera ley de Newton. Al examinar los límites de validez, se notó que en el texto se enunciaba como limitación lo siguiente:

*“Aunque la fuerza total sobre el alambre 1 es igual y opuesta a la fuerza total sobre el alambre 2, la tercera ley de Newton no se aplica cuando dos pequeños elementos de alambres que no están opuestos uno del otro se consideran aislados.” (ibid, pág.870)*

En cambio, no se observó que en los capítulos de Sears, F., Zemansky, M., Young, H., y Freedman, R. *Física Universitaria*, Vol. II, 1999, las leyes empíricas fueran explicitadas claramente, como tampoco fueron especificados los límites de su validez.

Al cuantificar los datos obtenidos en esta categoría (Tablas 7, 8 y 9) se encontró que en escasas situaciones los textos aluden o expresan los límites de validez de las leyes a las que se refieren.

## **VII. Representaciones**

Los tipos de representaciones que más aparecen en los textos son las siguientes:

- Representación de los vectores relevantes que intervienen.
- Diagramas de cuerpo libre.
- Representaciones pictóricas.
- Representaciones matemáticas discretas (sumatorias).

Es fundamental que se representen los vectores relevantes que intervienen en el fenómeno, y los textos reflejan esta importancia, porque, en su mayoría, se encuentra presente la categoría n° 1.

Las representaciones simbólicas formales, en muchos casos no son explicitadas, sino que el tema es desarrollado mediante explicaciones lingüísticas. Sin embargo, en Física

Tomo II (Serway, 1998), el tema es sintetizado mediante representaciones simbólicas formales que incluyen las variables y magnitudes propias del modelo científico.

Respecto a cómo son presentados los principios y leyes, se observó que en pocas ocasiones éstos se plantean por medio de representaciones continuas, integrales; las leyes se trabajan, en general, con representaciones discretas. Esta manera de expresar la representación matemática del modelo puede entorpecer el desarrollo de competencias que requieren del manejo de diversas representaciones matemáticas; herramientas necesarias para resolver cualquier situación problemática del campo conceptual y más allá de éste.

Sólo en Física Tomo II (Serway, 1998) se establecen relaciones de los temas de estudio mediante gráficas funcionales. La relevancia de este aspecto reside en que permite la vinculación de variables y la visualización de relaciones funcionales. Podría favorecer el desarrollo de habilidades interpretativas (Almudí, et al., 2005).

Si se realiza una visión global de los libros de texto, el de Física Tomo II (Serway, op. cit.) presenta mayor amplitud de representaciones en relación a las diversas formas que existen para expresar un mismo enunciado; lo que le permite al aprendiz desarrollar una visión generalizada y flexible del tipo de representaciones que pueden elaborarse, propiciando, posteriormente, el trabajo de situaciones problema con diversas variables.

En la Física Universitaria (Sears et al., 1999) las representaciones apuntan a explicitar los vectores que intervienen en el objeto de estudio y en presentar diagramas de cuerpo libre. En muy pocos capítulos aparecen representaciones continuas (integrales) y no existen representaciones de tipo discretas (sumatoria). Sólo un tema presenta gráficas funcionales.

Como cierre de esta sección, no puede obviarse el destacar en estos textos la convivencia fundamentalmente de dos modelos científicos que atraviesan todo el campo conceptual; el modelo mecanicista y el modelo de campo magnético (Almudi et al., op. cit.), con un fuerte sesgo hacia el primero.

### **VIII. Metodología de análisis.**

En la mayoría de los capítulos se observaron ejemplos y ejercicios que apuntan al desarrollo de competencias para la vida profesional. Ésto implica que los autores han

tenido en cuenta, en algunos puntos, el proceso que debe realizar un estudiante de una carrera de nivel superior; abordando los conocimientos científicos específicos, las competencias desarrolladas y los caminos estratégicos que se propician ante la resolución de situaciones problemáticas, con el objetivo de que sea favorable trasladarlo al campo laboral de cada profesional.

#### **5.1.4. Conclusiones del Estudio 1**

En suma, respondiendo al objetivo planteado en un comienzo, y en función de lo desarrollado durante esta revisión, se concluye en relación al campo conceptual y considerando tres ejes temáticos fundamentales, como son, las interacciones en términos de la Fuerza de Lorentz, las fuentes de campo magnético y la inducción electromagnética, que la temática abordada en la bibliografía, es planteada mediante representaciones de los vectores relevantes que intervienen en cada fenómeno, diagramas de cuerpo libre, representaciones pictóricas y simbólicas formales aunque con diferencias. A continuación, se analiza con respecto a cada uno de los ejes referidos: *Eje 1: Interacciones (Fuerza de Lorentz).*

En los tres libros, el tema aparece dentro del capítulo que desarrolla el Campo Magnético. Presentan una explicación del fenómeno que se observa cuando una carga en movimiento se encuentra dentro de un campo magnético; esto permite establecer una relación entre el campo magnético y el campo eléctrico. El concepto se presenta como interacción entre sistemas y esta interacción es de tipo electromagnética. A su vez:

LIBRO 1: Física Parte 2. (Resnick y Halliday, 1982)

El tema se encuentra dentro de la sección 33-2: Definición de Campo magnético, y presenta las características de campo magnético. Se concluye con las expresiones simbólicas de la Fuerza de Lorentz. En la sección: 33-3: La fuerza magnética en una corriente, se explica qué sucede cuando existe un conjunto de cargas en movimiento. Posteriormente, se presentan ejemplos de alambres, espiras y torcas dentro de un campo magnético.

LIBRO N° 2: Física Tomo II. (Serway, 1998)

El tema es tratado específicamente, en un apartado, sección 29-5: Aplicaciones del movimiento de partículas cargadas en un campo magnético. La Fuerza de Lorentz se

utiliza como fundamentación teórica de diferentes aplicaciones (selector de velocidades, espectrómetro de masas y ciclotrón).

El uso de representaciones gráficas de las funciones que modelizan los distintos comportamientos de las variables apoya el desarrollo conceptual y lo diferencia de los demás textos.

LIBRO N° 3: Física Universitaria. (Sears et al., 1999)

El fenómeno en estudio es incluido en la descripción que se realiza de campo magnético dentro de la sección 28-3: Campo magnético. Como conclusión de las características de campo magnético, se presenta la ecuación de Lorente. En ningún momento del capítulo es mencionada como tal.

En este texto, se presentan los conceptos de líneas de campo magnético y flujo magnético, antes de introducir las aplicaciones que tiene el movimiento de cargas dentro de un campo magnético. El capítulo concluye con ejemplos de la fuerza sobre un conductor de corriente, una espira de corriente y el motor eléctrico.

*Eje 2: Fuentes de campo magnético (cargas en movimiento)*

LIBRO N° 1: Física Parte 2. (Resnick y Halliday, 1982)

En este libro se dedica un capítulo específico para el desarrollo de estos temas: el capítulo 30: Fuentes de Campo Magnético. Es importante señalar que en el capítulo precedente los autores han abordado la descripción de las interacciones magnéticas. En este capítulo el origen del campo magnético se aborda mediante el estudio de las cargas en movimiento.

Como punto de partida se realiza una descripción de la ley de Biot-Savart que luego es aplicada en diversos ejemplos (campo magnético alrededor de un conductor, debido a un segmento de alambre, etc.).

El tratamiento de la temática se basa en la presentación de situaciones sobre interacciones entre un conductor con corriente y el campo que produce:

*“...lo que sugiere (a) que las corrientes generan campos magnéticos y (b) que los campos magnéticos ejercen fuerzas sobre la corriente.” (Resnick y Halliday, Capítulo 34, pp.201, 202)*

Posteriormente, se explica la ley de Ampère y su aplicación es demostrada en diversos ejemplos. El uso de gráficas funcionales apoya el desarrollo del tema.

LIBRO N° 2: Física Tomo II. (Serway, 1998)

A diferencia del libro anterior, la temática es desarrollada dentro del capítulo 34; no se plantea la Ley de Ampère puntualmente como un tema específico, sino que éste contenido se aborda a partir de su exposición en forma lingüística. A continuación, son estudiados los efectos del campo magnético en la vecindad de un alambre, y así se describe el campo magnético que producen un solenoide y dos conductores paralelos. Al finalizar el capítulo se desarrolla la ley de Biot-Savart. El tema es introducido mediante su comparación con las leyes de Gauss y Ampère señalando que la ley de Ampère, puede utilizarse para calcular los campos magnéticos sólo si la simetría de la distribución de corriente es suficientemente grande para evaluar la integral de línea. Las limitaciones de ambas leyes frente a problemas prácticos, son señaladas y constituyen la razón del desarrollo de “otras leyes”. Ésta es la perspectiva desde la que se comienza a desarrollar la ley de Biot-Savart. Según lo analizado, la temática se aborda desde el campo magnético que genera un conductor de corriente y el efecto que producen los campos magnéticos sobre las corrientes:

*“Es conveniente que usted reconozca que el campo magnético descrito en esos cálculos es el campo creado por un conductor que transporta corriente...”* (Serway, Capítulo 30, pp.867)

LIBRO N° 3: Física Universitaria. (Sears et al., 1999)

Como en el primer libro analizado, esta temática es desarrollada en el capítulo 29: “Fuentes de Campo Magnético”. En la introducción se plantean una serie de preguntas que son las que desencadenan el posterior desarrollo del tema:

*“¿Cómo se producen los campos magnéticos? ¿Es cierto que una carga eléctrica produce un campo magnético?”* (ibid.)

Las respuestas son fundamentadas inicialmente con el tratamiento del campo magnético de una carga en movimiento, para luego generalizar este análisis mediante el cálculo del campo producido por un conductor de “cualquier” forma.

Cuando se comienza a trabajar con elementos de corriente se presenta la ley de Biot-Savart. Las siguientes secciones son aplicaciones de esta ley a diferentes conductores.

Antes de finalizar el capítulo se presenta la ley de Ampère, que es introducida mediante un paralelismo con la ley de Gauss del campo eléctrico:

*“Para problemas de campo eléctrico encontramos que en situaciones en las que hay distribuciones de carga con alta simetría, a menudo era más fácil utilizar la ley de Gauss para encontrar  $E$ . Existe una ley parecida que nos permite encontrar con más facilidad los campos **magnéticos** producidos por distribuciones de **corrientes** muy simétricas...”.* (Sears, Capítulo 29, pp. 915)

Lo dicho previamente, permite concluir que el fenómeno se manifiesta a través de la generación de campos magnéticos. Los campos magnéticos son calculados mediante las leyes expuestas y el uso de gráficas funcionales apoyan el tratamiento temático.

### *Eje 3: Inducción electromagnética*

LIBRO N° 1: Física Parte 2. (Resnick y Halliday, 1982)

Esta temática es desarrollada dentro del capítulo 35: “La Ley de inducción de Faraday”; 35-1: “Los experimentos de Faraday”, que son descriptos inicialmente. Luego se presenta la definición del tema de estudio, según la visión de los autores, quienes refieren estos fenómenos en forma recurrente, a un experimento práctico entre una bobina y un imán. La sección 35-2: La ley de inducción de Faraday, expresa lo que Faraday considera:

*(...)” el factor importante en los experimentos que se acaban de describir es el cambio del flujo magnético”.* (pp. 226)

LIBRO N° 2: Física Tomo II. (Serway, 1998)

La explicación de la “Inducción electromagnética” es incluida en el capítulo 31: “Ley de Faraday”, dentro del subtema “Ley de Inducción de Faraday”. Este autor, introduce el tema de la siguiente manera:

*“Empezamos describiendo dos sencillos experimentos que demuestran que puede producirse una corriente mediante un campo magnético variable. (...) (pp. 906)*

Luego diferentes ejemplos son explicitados para cerrar la temática mediante una síntesis:

*(...) Faraday concluyó que una corriente eléctrica puede producirse variando un campo magnético. Una corriente no puede producirse mediante un campo magnético estable. El tema concluye, especificando puntualmente las variables que permiten inducir una fem.*

LIBRO N° 3: Física Universitaria. (Sears et al., 1999)

En este texto el tema se encuentra en un capítulo con el nombre de “Inducción Electromagnética”. El argumento es introducido como un fenómeno encargado de llevar a cabo las conversiones de energías de los aparatos eléctricos utilizados en la industria y en el hogar. En forma textual se señala:

*“¿Pero cómo se lleva a cabo esta conversión de energía? ¿Cuál es la física que está detrás de la producción de casi todas nuestras energías eléctricas?” (pp. 941)*

Respecto a la *Inducción Electromagnética*: En los libros N° 1 y N° 2, el tema se define en torno a La ley de Faraday; a partir del experimento que complementa el movimiento relativo entre el imán y la bobina, conectada, esta última, a un galvanómetro; el que indica las variaciones que se producen mediante el desplazamiento de alguno de los cuerpos. Luego de explicar el procedimiento del experimento se llega a la conclusión que lo que indica el galvanómetro es la corriente que se ha inducido a causa de este movimiento. En ambos libros (N° 1 y N° 2), se continúa desarrollando el tema, pero ya desde una perspectiva más profunda y teórica, focalizada en la ley de Faraday, describiendo la *inducción* como un *producto de la variación del flujo magnético*. A su vez, en el libro N° 3, el tema se introduce articulando la teoría y los instrumentos eléctricos que se utilizan en forma cotidiana, lo que propicia la relación entre los

contenidos físicos y su aplicación a la realidad. Por otro lado, en los libros N° 1 y 2, se describe inicialmente el fenómeno, a partir de experimentos y luego se plantea su causalidad en términos de la variación del flujo magnético. A diferencia de ello, el texto N° 3, lo plantea desde un comienzo y luego desarrolla la ley de Faraday. Cabe destacar que en los tres libros de textos se desarrolla claramente la ley de Faraday, lo que no permite confusión alguna en el momento de explicar qué causas producen el fenómeno de inducción, si bien, los formatos que se utilizan son diferentes lo que puede favorecer u obstaculizar la elaboración de significados y la construcción de sus representaciones.

En cuanto al tipo de ejercicios, ejemplos y problemas que presentan los textos, se observa que, en general, se inclinan por la realización de actividades que propician el desarrollo de competencias metodológicas como: buscar, seleccionar y utilizar los recursos disponibles y usar habilidades propias del pensamiento lógico-formal para obtener conclusiones a partir de datos. También existen propuestas que requieren de competencias científico-técnicas, como es el caso del manejo del lenguaje científico específico de cada disciplina con el fin de obtener información a partir de diagramas, ecuaciones, gráficos, etc. En menor medida, se encuentran actividades relacionadas con el desarrollo de competencias vinculadas a la resolución de problemas y, en particular, al desarrollo de estrategias. Desde un punto de vista didáctico, y si bien más allá del recurso, depende de cómo el profesor lo utilice, dentro de las limitaciones de este trabajo, es de recomendar que en la redacción de textos de este tipo, se expliciten con mayor claridad las condiciones de trabajo o límites de validez de los modelos científicos que se presentan. En forma análoga se insiste en la decodificación de las distintas representaciones simbólicas que los expresan.

## **5.2. Estudio 2: Análisis de los cuestionarios de lápiz y papel**

Como se expuso en el capítulo 3, referido a metodología, en este tipo de estudios se utilizan tests o cuestionarios, encuestas o pruebas de lápiz y papel para indagar lo que el alumno ya sabe, o para diagnosticar (en sentido amplio) lo que el alumno aprendió. En este trabajo, se presenta el análisis de dos tipos de cuestionarios:



**a) Cuestionario Inicial** cuyo propósito era el de relevar los conocimientos iniciales sobre contenidos del campo conceptual a tratar y a partir de las respuestas obtenidas explorar los posibles significados y significantes iniciales que los alumnos utilizaban al resolver las tareas. Consta de situaciones problemáticas con ítems de resolución cuantitativa y cualitativa de justificación de repuestas.

**b) Cuestionario de Integración o final** mediante el que se buscaba detectar los aprendizajes de contenidos propios del campo conceptual logrados al finalizar el periodo de instrucción. En forma análoga al cuestionario inicial, el análisis de las respuestas permitió explorar los posibles invariantes operatorios y la expresión de las representaciones con que los significaban. Consta de situaciones problemáticas con ítems de resolución cuantitativa y cualitativa de justificación de repuestas, que fueron utilizados en bibliografía diversa e investigaciones referidas al análisis de estrategias didácticas, como algunas propuestas por el investigador.

En ambos, se consideraron tres núcleos temáticos que conformaron tres subtests, cada uno de ellos construido por diversos ítems, con su correspondiente puntaje, que generó, a su vez, un puntaje total particular para cada alumno. La división del test se realizó sobre la base de que la respuesta a cada ítem es, desde el punto de vista teórico, el indicador del constructo a ser medido y de esta manera, cada subtest considera un aspecto determinado propio del campo conceptual.

Los núcleos o ejes temáticos de cada cuestionario, denominados 1, 2 y 3, estuvieron destinados respectivamente a:

- interacciones electromagnéticas I y II (I: clasificaciones y representaciones generales; II reconocimiento en un nivel más complejo)
- campo magnético.
- inducción electromagnética.

### **5.2.1. Análisis de datos**

Puesto que el enfoque de la investigación es predominantemente cualitativo, el análisis de los diversos documentos (respuestas de los alumnos a los ítems de los

cuestionarios escritos) comprendió un doble proceso de análisis cualitativo y cuantitativo. Desde esta mirada, los índices cuantitativos para la fiabilidad, como “alfa de Cronbach”, “Fisher”, etc. son estudiados inicialmente y, a continuación, se sustituyen por un criterio de “fidedignidad” (Briones,2006; Taylor y Bogdan, op. cit.) consistente en la descripción minuciosa de las respuestas de los alumnos a dichos cuestionarios de que permiten una lectura lo más fidedigna posible de la interpretación de dichos resultados y la triangulación de las categorías sociales o empíricas, interpretativas y teóricas (Berteley, 2001).

### **Fiabilidad y validez de los instrumentos**

Aunque la mayor parte de las variables/categorías obtenidas de las respuestas del cuestionario era de tipo cualitativo, se definieron también algunas variables numéricas dicotómicas, utilizables en el cálculo de un índice de fiabilidad. El resto de las respuestas se analizó en forma recurrente.

Las variables analizadas cuantitativamente resultaron de las respuestas de los sujetos a un grupo de ítems que abarcaban distintos aspectos del campo conceptual a través de distintas situaciones en las que se asignó a cada estudiante, una puntuación de 1 ó 0, según la respuesta fuera o no correcta. Los criterios empleados para la asignación de puntaje fueron planteados en el capítulo 3, donde se expone la metodología.

Para la estimación de la fiabilidad, se empleó la comparación de la varianza observada en la puntuación de los cuestionarios, además de un estudio de la consistencia interna de los instrumentos utilizados y del coeficiente alfa de Cronbach. (Briones, op.cit., Moreira et al., 1993)

### **Análisis de la Normalidad de las distribuciones**

En primer lugar fue constatada la normalidad en la distribución de los valores de variable aleatoria (definida ésta como la puntuación de la respuesta del alumno en cada situación), para poder luego acceder a un test de hipótesis de comparación de medias que requieren de la distribución T de Student.

Para ello se realizó un test de la Estadística no paramétrica, por medio de la comparación de las frecuencias observadas ( $o_i$ ) y las frecuencias teóricas ( $e_i$ ) de la

distribución normal (para los mismos valores de variable aleatoria) para validar o refutar la hipótesis nula de distribución normal de los datos, por construcción de un estadístico para la prueba El estadístico de la prueba, Q, presenta distribución Chi cuadrado con  $v=k-1-m$  grados de libertad (siendo k el número de observaciones; m el número de parámetros estimados a partir de los datos).

$$Q = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Para cada situación se calculó este estadístico y se planteó el test de hipótesis, para un nivel de confiabilidad  $\alpha=0,05$ , con

$H_0: \chi^2=0$	$H_0: \chi^2=0$
$H_1: \chi^2>0$	$H_1: \chi^2<0$

### Fiabilidad

Para comparar variabilidad de respuestas entre cada par de situaciones, se realizó una prueba de Fisher, a partir del estadístico Q. Se calcularon los valores del estadístico para cada par de pruebas, en los diagnósticos iniciales y finales de cada grupo, y tomando el valor crítico F (obtenido por tabla), se compararon los valores calculados con los críticos, para analizar si, los mismos, se encontraban dentro de la región de aceptación. .

### Prueba Alfa: Determinación de la consistencia interna.

Se utilizó el  **$\alpha$  de Cronbach** para comparación entre las varianzas de los subtests y la varianza total

$$\alpha = \frac{I}{I-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right]$$

Donde I es el número de ítems

Los criterios establecidos para el análisis del coeficiente de Alpha de Cronbach (Ruiz, 1998; Hernández, 1998, cit. en Estanga, C. 2002)<sup>21</sup> son los siguientes:

#### *Criterios para Valores de Alpha*

El coeficiente de fiabilidad representa la fracción de variabilidad observada entre los individuos que es verdadera, no atribuible a los errores de medida. Para Lang Silveira (1993), el valor mínimo aceptable del coeficiente de fiabilidad, en los casos de puntajes generados por instrumentos para comparar grupos a través de diferencias de medias, se toma 0,7 como valor mínimo aceptable; otros autores (Estanga, 2002) establecen como rangos:

**Cuadro 9.** Rangos de confiabilidad para  $\alpha$

De -1 a 0	No es confiable
De 0.01 a 0.49	Baja confiabilidad
De 0.50 a 0.75	Moderada confiabilidad
De 0.76 a 0.89	Fuerte confiabilidad
De 0.90 a 1.00	Alta confiabilidad

## **5.2.2. Fiabilidad y Validez de los Instrumentos**

### **Normalidad y validación de Cuestionarios Iniciales y Finales**

Las distribuciones de ambos instrumentos resultan normales en tanto los valores de chi cuadrado calculados para cada subtest se encuadran por debajo del valor crítico. Con relación al análisis de varianza entre los subtests tomados de a pares, los valores Fisher calculados están por debajo de los teóricos o críticos por lo que se inferiría homogeneidad de varianzas.

### **Normalidad y validación de los Cuestionarios Inicial y Final**

Las distribuciones para ambos instrumentos resultan normales en tanto los valores de chi cuadrado calculados para cada subtest se encuadran por debajo del valor crítico

**Cuadro 10.** Valores  $\psi^2$  para cada subtest

	<b>Subtest 1</b>	<b>Subtest 2</b>	<b>Subtest 3</b>	<b>Subtest 4</b>

<sup>21</sup> <http://www.monografias.com/trabajos15/docencia/docencia3.shtml>

Ejes temáticos				
<b>Cuestionario Inicial</b>	2,3214E-30	6,70973E-23	5,49E-61	3,47597E-28
valor chi crítico de tabla n= 4 grados de libertad y $\alpha =0.05$		9,488	-----	----
<b>Cuestionario final</b>	2,97625E-13	1,58402E-13	4,22427E-73	6,29723E-14
valor chi crítico de tabla n= 3 grados de libertad y $\alpha =0.05$		7,81	-----	----

Con relación al análisis de varianza entre pares de subtests, los valores Fisher calculados están por debajo de los teóricos o críticos por lo que se inferiría homogeneidad de varianzas.

### Prueba Fisher para estudiar fiabilidad del diagnóstico inicial

**Cuadro 11.** Comparación de varianza entre pares de situaciones Grupo Clase

sub1-2	0,59211416	sub2-3	0,248149	sub3-4	0,387267227
sub1-3	0,51433778	sub2-4	0,752043		
sub1-4	0,82343397				

*Valor crítico* para un nivel de confianza 0,05 y 3 grados de libertad: 7,81.

*Justificación:* las varianzas son homogéneas en tanto los valores de la prueba Fisher calculados son inferiores al valor crítico.

### Prueba Fisher para estudiar fiabilidad del Cuestionario Final

**Cuadro 12.** Comparación de varianza entre pares de situaciones Grupo Clase

sub1-2	0,33358736	sub2-3	0,000200164	sub3-4	0,040850015
sub1-3	2,47676E-05	sub2-4	0,020062519		
sub1-4	0,002726781				

*Valor crítico* para un nivel de confianza 0,05 y 3 grados de libertad: Fc: 7,81

*Justificación:* las varianzas son homogéneas en tanto los valores de la prueba Fisher calculados son inferiores al valor crítico.

### **Prueba alfa de de cuestionarios iniciales y finales**

La prueba de consistencia interna arroja valores para el coeficiente alfa, según lo que se indica en el cuadro 13:

**Cuadro 13.** Prueba alfa

<b>Diagnóstico Inicial</b>	<b>0,92</b>	<b>Alta confiabilidad</b>
<b>Diagnostico Final</b>	<b>0,92</b>	<b>Alta confiabilidad</b>

Como se observa, ambos cuestionarios resultan *consistentes* para los dos momentos del proceso.

### **5.2.3. Conclusiones del Estudio 2:**

En suma, a partir del estudio de la validez y confiabilidad de los instrumentos a ser considerados como elementos diagnósticos del grupo de estudiantes (grupo clase), se encuentra que los mismos pueden ser reconocidos, en general, como válidos y confiables, dentro de la incertidumbre que este tipo de afirmaciones genera, dado el objeto de estudio, el número de alumnos y la dependencia de los resultados con los criterios de tabulación y evaluación de las respuestas, de carácter totalmente subjetivo. Los valores para el subtest 4 del cuestionario inicial, podrían presentar ciertas dificultades, debido a las diferencias en las varianzas con el subtest 1. Aún así el coeficiente alfa es suficientemente alto, por lo que lejos de descartar el subtest 4. Su comprensión se analizará desde de las respuestas obtenidas.

### **5.3. Estudio 3: Análisis del Tipo de Respuesta**

La clasificación del tipo de respuestas que dan los estudiantes a cada una de las cinco situaciones planteadas en los cuestionarios inicial y final o de integración, incluidas las actividades complementarias, facilita el acceso a un primer diagnóstico del conocimiento de los estudiantes, al inicio y al final del tratamiento instruccional.

### 5.3.1. Tipos de respuestas

En un primer momento, las respuestas se clasificaron de acuerdo a su grado de proximidad con el modelo científico. Considerando otros trabajos revisados en la bibliografía (Periago Oliver et al., 2005) se establecieron cuatro tipos de respuestas para cada grupo:

*Tipo1:* Respuestas correctas con argumentación adecuada.

*Tipo2:* Respuestas correctas sin argumentación, con argumentación incompleta o que adolecen de algún tipo de representación (simbólica, pictórica, lingüística-verbal, geométrica, etc.)

*Tipo3:* Respuestas incorrectas

*Tipo 4:* No responde o responde en forma reproductiva (reproduce el enunciado)

#### I) Diagnóstico Inicial

La Tabla 10a, muestra el número de alumnos por situación de cada grupo, de acuerdo a su respuesta para el **cuestionario inicial y actividades complementarias**:

**Tabla 10a.** (N = 30) Tipos de respuestas encontradas en el Cuestionario Inicial –grupo clase

Rpta.	s1a	s1b	s1c	s2a	s2b	s3a	s3b	s3c	s3d	s3e	s4a	s4b	s4c	s5	AC1	AC2
1	4	3	1	2	0	0	3	1	0	0	4	3	3	1	1	1
2	12	6	8	11	5	9	7	9	2	4	4	5	4	13	12	10
3	9	15	16	1	9	7	2	4	8	7	8	4	6	1	13	6
4	5	6	5	16	16	14	18	16	20	19	14	18	17	15	4	13

Las representaciones gráficas que se presentan a continuación, en el Gráfico 1 muestran la distribución inicial por tipo de respuesta, según cada situación. En ellas se han condensado las respuestas incorrectas o no respondidas para resaltar las dificultades referidas a la conceptualización, que presenta cada situación.

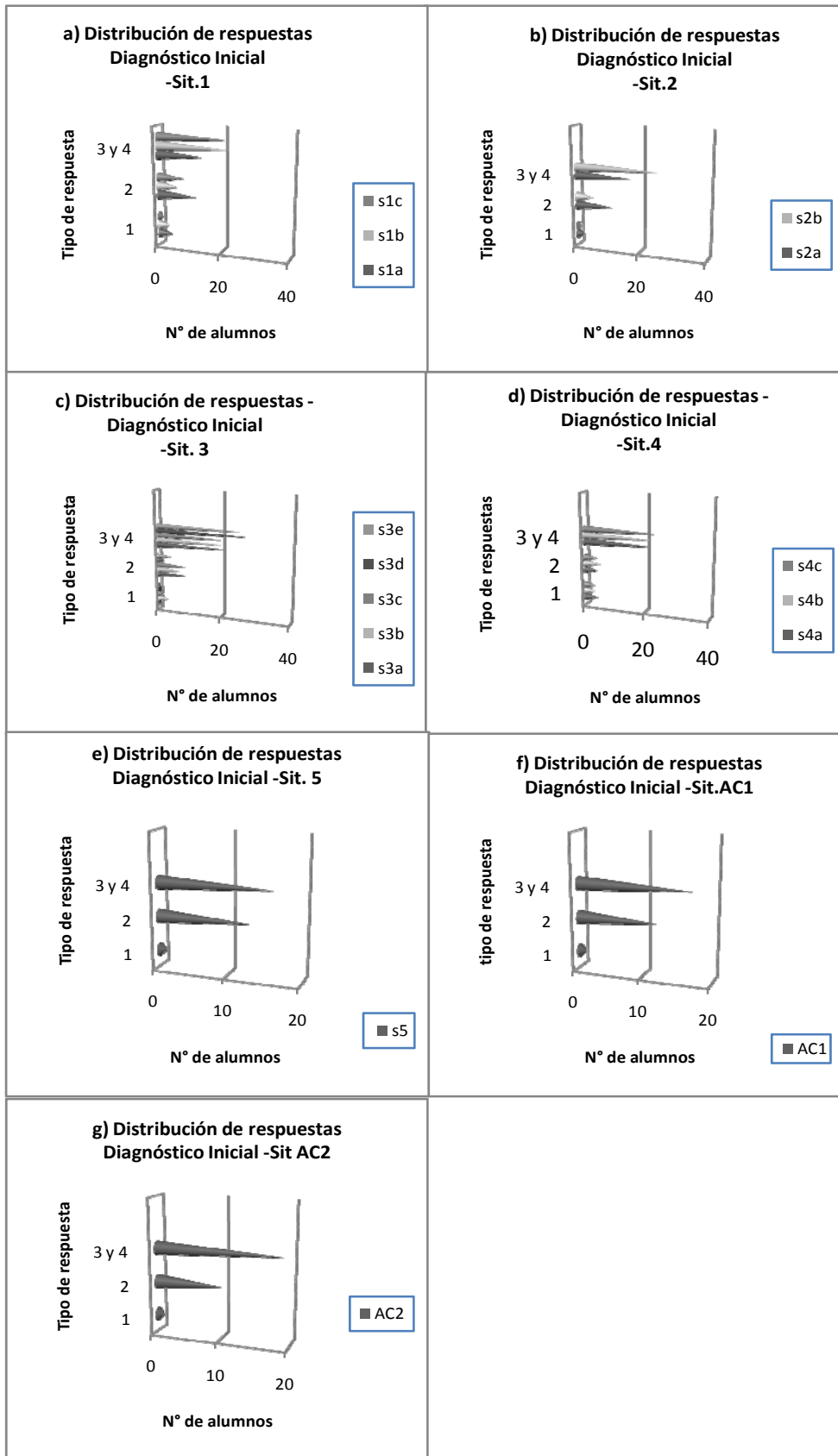
En el Gráfico 1, resultan de especial interés aquellas situaciones donde se detectan errores o aparente desconocimiento de la temática. Se puede observar que la mayoría de las situaciones incluidas en el cuestionario diagnóstico inicial, así como las actividades complementarias solicitadas al inicio del proceso de aprendizaje, presentan dificultades

para los alumnos del grupo clase, en tanto las respuestas son incorrectas o simplemente no se responden.

Igualmente son interesantes aquellas en las que la proporción de respuestas incompletas es notable, dado que, entre otros, uno de los problemas que presenta se relaciona con las dificultades para expresar las respuestas en un formato expresivo diferente al lingüístico. Así, por ejemplo, en el eje “interacciones”, la situación 1a y la actividad complementaria 1 (Anexo I), pueden dar indicios acerca de dificultades interpretativas. Análogamente en el eje “fuentes de campo magnético” la situación 2a; o en el eje “inducción electromagnética” la situación 5 y la actividad complementaria 2. Ésto, no significa que en el resto de las situaciones también se presenten estas dificultades. El argumento se centra en la proporción de alumnos que responden estas preguntas en forma adecuada aunque incompleta, dado que el criterio utilizado para su clasificación refiere a los modos de “significar” (expresiones lingüísticas, simbólicas, pictóricas y gráficas) que presentan los jóvenes y el grado de decodificación que se observa entre estos formatos expresivos.

En suma, como se observa en la **Tabla 10a** en el **diagnóstico inicial**, en general, no se registran respuestas correctas y completas con una fundamentación –incluidas representaciones simbólicas- acordes al modelo científico. La distribución de respuestas se concentra en aquellas que son incorrectas o no respondidas. Se encuentran sin embargo, algunas respuestas correctas, por ejemplo, para las interacciones electrostáticas y magnéticas o las interacciones entre una espira y un imán móvil. En la mayoría de las situaciones más complejas planteadas, el número de alumnos que no responden es mayor. Cuando se les pide que “*expliquen con sus palabras qué entienden por inducción*”, 5 alumnos responden en forma incompleta y 8 con errores serios. Las respuestas encontradas en la situación 5 (Anexo I), son más bien descriptivas. Cabe destacar que la mayoría no logra al menos describir cómo funciona una central hidroeléctrica, aún cuando son de uso regional y muchos de esos alumnos, en el nivel medio, han realizado visitas a dichas centrales. En este grupo 22, alumnos son egresados de escuelas técnicas con orientación electricista y el resto con orientación electromecánica. Sólo hay 6 alumnos no técnicos.





**Gráfico 1.** Tipo de respuesta diagnóstico inicial (Grupo Clase)

## II) Diagnóstico final

De manera similar, se presentan los resultados de las pruebas correspondientes al diagnóstico final. La Tabla 10b, muestra el número de alumnos por situación para el grupo G1, de acuerdo a su respuesta para el **cuestionario final y actividades complementarias**. A su vez en la Tabla 10c, se presentan el número de alumnos por situación para el grupo G2, de acuerdo a su respuesta para el mismo **cuestionario y actividades**.

### Cuestionario Final o de Integración y Actividades Complementarias

#### Tipos de respuestas por grupo

**Tabla 10b.** Tipos de respuestas diagnóstico final G1

N	S1				S2			S3						S4			S5			S6	AC1	AC2
	a	b	C	d	a	b	c	31a)	31b)	31c)	31d)	31e)	31f)	4a)	4b)	4c)	a	b	c			
1	3	2	2	1	0	0	0	1	1	3	1	0	0	1	3	3	0	0	1	0	0	0
2	6	8	6	7	4	3	5	3	4	2	1	2	3	6	5	4	4	4	3	1	3	6
3	2	1	1	1	2	3	2	4	3	4	4	2	0	3	2	2	0	1	1	0	0	0
4	0	0	2	2	5	5	4	3	3	2	5	7	8	1	1	2	7	6	6	10	8	5

**Tabla 10c.** Tipos de respuestas diagnóstico final G2

N	S1				S2			S3						S4			S5			S6	AC1	AC2
	a	b	c	D	a	b	c	31a)	31b)	31c)	31d)	31e)	31f)	4a)	4b)	4c)	a	b	c			
1	2	3	1	0	4	4	0	4	7	6	3	4	2	4	4	3	8	12	12	8	3	2
2	10	10	9	7	8	6	9	9	11	7	9	5	4	14	14	13	8	4	7	7	7	9
3	5	5	8	10	6	4	3	5	2	6	4	7	2	2	2	2	3	4	1	3	5	4
4	3	2	2	3	2	6	8	2	0	1	4	4	12	0	0	2	1	0	0	2	4	5

Las representaciones gráficas que se presentan en el Gráfico 2, muestran la distribución por tipo de respuesta para el Grupo 1, según cada situación, encontradas en el diagnóstico final y actividades complementarias. En este caso no se han condensado las respuestas incorrectas o no respondidas para discriminar mejor aquellas situaciones

donde emergen efectivamente dificultades ya sea porque no se responden o porque se responden en forma incorrecta o incompleta.

En forma análoga, en el Gráfico 3, se muestran las representaciones gráficas de la distribución por tipo de respuesta para el Grupo 2, según cada situación.

Con relación a cómo aparecen las respuestas en cada uno de los ejes de contenido seleccionados, se encuentran las siguientes características para el Grupo G1:

### **Grupo G1**

*Eje: Interacciones (Fuerza de Lorentz)*

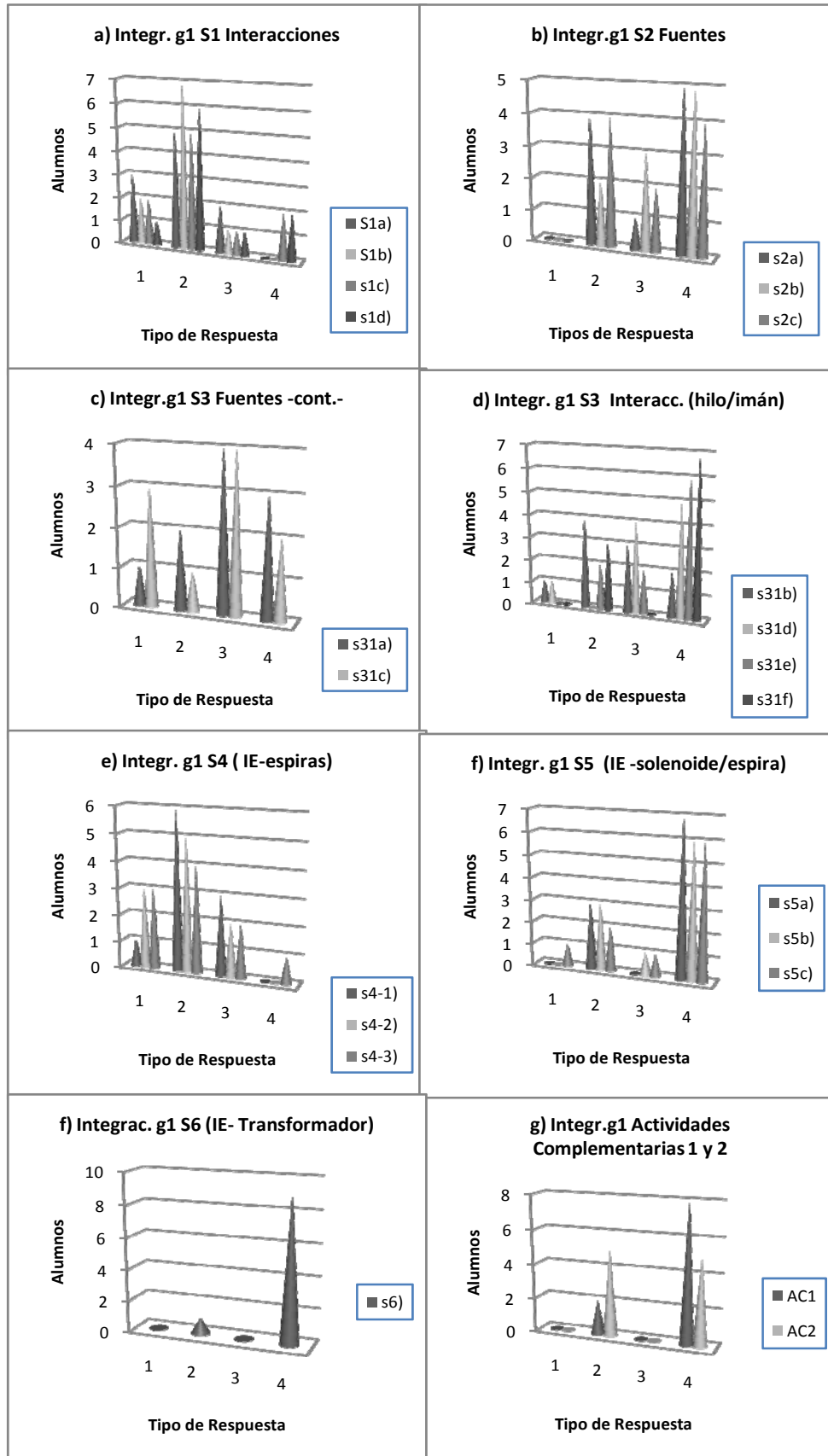
A pesar de ser la situación **1** sumamente sencilla, y solicitada después de la instrucción, sólo 3 alumnos del grupo, responden, por ejemplo, la cuestión “1a” clasificando adecuadamente el tipo de interacción en términos de la fuerza de Lorentz, utilizando representaciones simbólicas - vectoriales y formales, pertinentes. Respecto a la situación **3**, de nivel de complejidad más elevado, la tasa de respuestas correctas disminuye. Esto se observa también en las situaciones complementarias como puede verse en la tabla 10b.

*Eje: Fuentes de campo magnético*

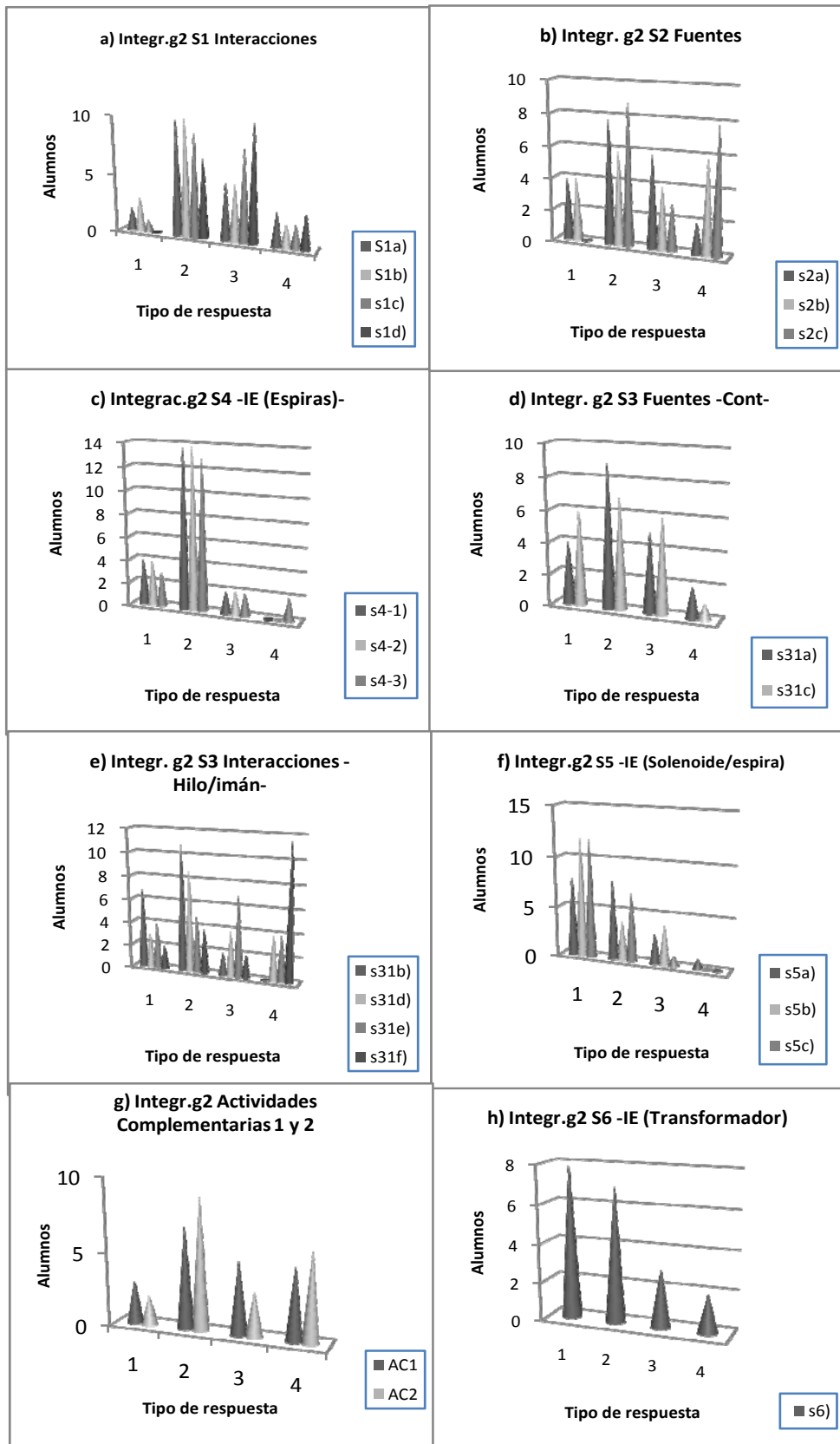
Como se observa en las situaciones **2, 3a y 3b** (Anexo II), muy pocos alumnos reconocen las fuentes de campo magnético, su naturaleza y los modos de representar el campo magnético para cada caso.

*Eje: Inducción electromagnética*

Si bien para resolver algunas cuestiones de la situación **4** varios alumnos parecen ser competentes, dado que logran resolver en forma adecuada estas tareas, la gran mayoría se encuentra en un estado que podría llamarse como de “incipiente apropiación”. Este estado de cosas se torna más evidente cuando se analizan las respuestas a las situaciones **5 y 6**, dado que la gran mayoría de los alumnos **no** logran responderlas.



**Gráfico 2.** Tipo de respuestas post instrucción por eje temático G1



**Gráfico 3:** Tipo de respuestas post instrucción por eje temático G2

Por otro lado para el Grupo G2, se encuentran como características más representativas:

## **Grupo G2**

### *Eje: Interacciones*

Las respuestas a las situaciones correspondientes a este eje parecen mejorar un poco respecto del grupo 1 (G1). Se observa que muy pocos alumnos no responden **la situación 1**. Aún así, se detecta un número elevado de alumnos (25%-35%)<sup>22</sup> que presenta respuestas no adecuadas con respecto al modelo científico. La mayoría de las respuestas, sin embargo, se concentran en el segundo tipo, lo que hablaría de una conceptualización en estado de “progresiva apropiación” Vergnaud (1990).

### *Eje: Fuentes de campo magnético*

La tendencia es análoga al eje interacciones, sin embargo, un análisis detallado de los conceptos utilizados que se presenta más adelante, muestra el cambio paulatino en el lenguaje de los alumnos hacia conceptos más relevantes y pertinentes con explicaciones que tienen que ver con la estructura interna de la materia y el reconocimiento de cargas en movimiento como generadoras de campos magnéticos. Una de las dificultades que aún persisten se observa en las representaciones discontinuas de las líneas de campo magnético, por ejemplo, en los imanes.

### *Eje: Inducción electromagnética*

Las respuestas de los estudiantes tienden a concentrarse en aquellas del segundo tipo; o sea responden en forma correcta pero la fundamentación es incompleta. Podría decirse, en función de este resultado, que la situación 4 es la que reviste mayor complejidad para ellos. Pocos son los alumnos que jerarquizan adecuadamente las femi que se generan en la situación donde se plantean las cinco espiras en movimiento dentro de un campo magnético. Sin embargo, los resultados se invierten en las siguientes situaciones por lo que es posible interpretar que **se aproximan alentadoramente a mejorar su dominio del campo conceptual**.

---

<sup>22</sup> Se plantea un intervalo debido a que se consideran las distintas cuestiones de la situación.

Como se ha expresado, este estudio permite una primera aproximación acerca de cómo los alumnos del grupo clase abordan el período instructivo, prácticamente con muy pocos conocimientos y grandes dificultades para representar y operar con las magnitudes, mediante las cuales es posible modelizar estos fenómenos. En la tabla 10c) puede observarse la proporción de situaciones no respondidas.

Asimismo, es posible elaborar una hipótesis provisoria respecto al estado de conocimientos de los grupos 1 y 2 (G1 y G2), finalizado el periodo instructivo. En el grupo 2 (G2), si bien persisten dificultades en relación al conocimiento de este campo conceptual, parece que sus integrantes, en general, tenderían a haber logrado mejores niveles conceptuales, como puede observarse tanto en las categorías construidas como en el estudio del tipo de respuesta, (Ver Tablas 10c y 11). El análisis de respuestas del grupo 1 (G1), por otro lado, revela en una primera lectura la debilidad de los modelos construidos (Ver Tablas 10b y 11).

### **5.3.2. De las situaciones**

El espectro de situaciones que se presenta a los alumnos y que deben resolver, ofrece una posibilidad de aproximación a los significados y significantes elaborados por ellos hasta el momento de la recolección de datos. Una interpretación del tipo de respuesta factibiliza el hallazgo o identificación de posibles indicadores para seleccionar situaciones. Hay que destacar, sin embargo, las improntas que surgen de la composición de cada grupo de alumnos, el proceso instructivo seguido y más allá de estas particularidades, las propias de cada estudiante:

- a) Situaciones que han sido respondidas en mayor proporción pueden estar indicando que los estudiantes deciden resolverlas. De alguna manera, son familiares para ellos, más allá, de las competencias que posean para responderlas.
- b) Aquellas situaciones que no han sido respondidas evidencian que los jóvenes ni siquiera arriesgan el ensayo de algún tipo de resolución.
- c) Situaciones con respuestas incorrectas permiten observar algunos posibles obstáculos epistemológicos.
- d) Situaciones con respuestas incompletas, muestran ciertas debilidades en la conceptualización que presentan los jóvenes; aquellas referidas a operaciones

matemáticas, manejo de vectores, argumentaciones parciales o incompletas, representaciones pictóricas confusas o discordantes con las expresiones verbales, etc.

- e) Situaciones cuya distribución del tipo de respuestas son diferentes, antes y después del proceso instructivo, lleva a prestar atención a la resolución individual de los estudiantes más allá de la cantidad de alumnos con las que se distribuyan las respuestas en cada caso.

A continuación se describe cómo aparecen las respuestas a estas situaciones, en cada grupo:

### **Grupo G1**

Las respuestas a la situación 1, se concentran en el segundo tipo; es decir, las argumentaciones son incompletas y, en muchos casos, adolecen de una simbolización pertinente. Más de la mitad de los alumnos presentan este tipo de respuestas. A su vez, la situación 2, no es respondida por casi la mitad de los alumnos. Podría interpretarse que tienden a manifestar dificultades –inclusive desconocimiento- vinculadas a la modelización de los materiales ferromagnéticos. Con respecto a las respuestas asociadas con el segundo eje- fuentes de campo magnético- presentadas en la situación 3 – ítems a y c- casi la mitad responde en forma incorrecta, pero entre un 20% y un 30% no responden. Podría estar indicando, según propia interpretación, dificultades desde el punto de vista de la conceptualización relacionada con este eje.

Una situación más intensa en el sentido de ausencia de respuestas o errores presentes en las mismas, ocurre con el resto de los ítems. A su vez, la situación 4, es respondida en forma incompleta por la mayoría de los alumnos. Entre un 20%- 30% además responde con errores. Podría revelar la pobreza de los modelos construidos sobre la inducción electromagnética hasta el momento. Ésto se suma, por un lado, a que un 70% de los alumnos no responden la situación 5 (interacción solenoide-espira conductora) y, por otro, un 90% no responde la situación 6.

Respecto a las Actividades Complementarias el 80 % de los alumnos no responden la primera (interacción entre cargas en movimiento y campo magnético) mientras que la mitad hace lo propio con la segunda.



## Grupo G2

Para la situación 1, las respuestas tienden a ser incompletas. En la situación 2, ocurre algo similar pero hay una proporción importante de alumnos que no responden (10-30) %. Este dato podría indicar la presencia de debilidades en un grupo de alumnos, para la interpretación del modelo de Ampère para los materiales ferromagnéticos. En la situación 3, las respuestas a los ítems sobre las fuentes de campo magnético, son similares al caso anterior pero se detecta además, entre un 25%-30% de respuestas con errores. La mayoría de los alumnos responde esta situación. Por el contrario, entre un 20%-60% de alumnos no responden los ítems correspondientes a la interacción hilo de corriente-imán. Podría estar revelando debilidades en la conceptualización de las interacciones electromagnéticas, en términos de fuerzas y torques mecánicos. La situación 3 es respondida, mayoritariamente, en forma incompleta. Las dificultades que se presentan en las respuestas pueden indicar dificultades en la conceptualización de la inducción electromagnética. Tal vez, por el tipo de actividad, puedan derivarse de problemas vinculados con la metodología con que los jóvenes modelizan la situación.

La situación 5 (interacción solenoide – espira) es respondida adecuadamente en forma mayoritaria. En forma semejante ocurre con la situación 6. Si se compara con las respuestas de su análoga en el diagnóstico inicial, se observa un franco avance en la apropiación de conocimiento.

A su vez, las *actividades complementarias*, en general, tienden a ser respondidas en forma incompleta. Los errores que presentan podrían tomarse como un indicador de posibles obstáculos epistemológicos y ontogenéticos, particularmente aquellos derivados de la representación y operaciones con entidades vectoriales.

Estas afirmaciones son sólo hipotéticas por la diversidad de eventos que se entran en cada hecho pedagógico. Así, por ejemplo, también pueden revelar, entre otras, dificultades de orden didáctico.

Como era de esperar, cada situación “detona” aspectos diferentes en ambos grupos, por lo que resulta muy difícil sistematizar estos resultados.

En resumen, las dificultades encontradas en el cuestionario diagnóstico **inicial**, son globales pero se concentran en los subtests correspondientes a interacciones e inducción electromagnética. La ausencia de respuestas a las situaciones como las que se presentan en la tabla 10a la proporción de respuestas incorrectas e incompletas estarían

indicando que los alumnos inicialmente no poseen disponibilidad de conocimientos previos en su estructura cognitiva para abordar y resolver las tareas propuestas. Esta información es relevante para el diseño del tratamiento didáctico y la mediación pedagógica que este grupo requería para que los estudiantes puedan construir significados concordantes con los modelos científicos pero además, aprender a expresarlos mejor (Vergnaud, op. cit.).

Las respuestas se concentran en el “tipo 4”; es decir, la categoría o tipo “no responde”, en cuanto a que la mayoría de los alumnos no responde la cuestión solicitada o simplemente reproduce el enunciado. A esto, se suma el que las representaciones simbólicas -gráficas- son escasas y deficientes, a pesar de que dentro del grupo en estudio, como se dijo, hay una importante proporción de alumnos egresados de escuelas técnicas.

Por otro lado, se detecta que algunas de las dificultades se sostienen a posteriori de la instrucción y que surgen como respuestas en el cuestionario diagnóstico final. Sin embargo, es relevante destacar que estas dificultades aparecen en menor proporción. En particular, el subtest referido a inducción electromagnética parece, desde estos estudios, presentar una notable diferencia respecto al diagnóstico inicial, en cuanto a posibles niveles de conceptualización.

Respecto al impacto de las estrategias didácticas, alcanza a las temáticas relacionadas con la inducción electromagnética, el campo magnético y la primera parte del subtest interacciones electromagnéticas. A continuación, se presenta un análisis de las categorías, patrones emergentes y posibles conceptos y teoremas en acto de cada grupo. Se plantea, en el próximo capítulo, un estudio más detallado para un subgrupo de alumnos de cada conjunto de estudiantes.

#### **5.4. Estudio 4. Tendencias generales en el conocimiento de los alumnos**

En este estudio, se analiza el contenido de las respuestas dadas por los alumnos a las cinco situaciones presentadas en cada cuestionario y actividades complementarias con el propósito de detectar tendencias generales en las afirmaciones de conocimiento, conceptos y representaciones que sean indicadores del posible conocimiento-en-acto de

los estudiantes y faciliten un acercamiento progresivo al conocimiento operativo de los alumnos.

#### **5.4. 1. Categorías y patrones emergentes**

Se identifican, a juicio de la investigadora, y de acuerdo a los criterios expuestos en el capítulo 3, las categorías de análisis surgidas de las respuestas a los cuestionarios diagnóstico y final o de integración, y actividades complementarias en los términos que se describen a continuación:

Como se anticipara, en un segundo momento del proceso de análisis, se elaboraron distintas categorías de acuerdo a la diversidad de significados expresados en las respuestas de los estudiantes. Para ello, se identificaron **afirmaciones de conocimiento** -expresiones de lo que el alumno piensa, mediadas por frases y expresiones de sus representaciones, con significado físico correcto o incorrecto y que resultaron de interés para el investigador. Estas afirmaciones de conocimiento o “**unidades de significado**” **permiten focalizar el análisis en** la detección de posibles conceptos y teoremas-en-acto (Vergnaud, op. cit.). Los posibles conceptos-en-acto se asocian así, a aquellos que los alumnos explicitan al resolver cada situación.

Con las unidades de significado detectadas, se identificaron aquellos patrones emergentes (Berteley, op. cit.) con los que, a posteriori, se conformaron diversas categorías de tipo interpretativo, para comprender cuales eran los significados manifestados por el grupo de estudiantes. En cada respuesta se identificaron, además, los distintos tipos de representaciones con las que los jóvenes tendían a expresar estos significados.

Los patrones emergentes, fueron recolectados de una diversidad importante de afirmaciones de conocimiento obtenidas en las respuestas de los estudiantes a cada una de las cinco situaciones planteadas y en las actividades complementarias. Cada patrón emergente, como se dijo en el capítulo 3 –apartados 3.9 y 3.14-, fue revisado en forma recurrente y compactado, en aquellos casos que se consideró pertinente, a juicio del investigador, en nuevas categorías inclusoras o supra categorías-.

Cabe reiterar que, en las tendencias detectadas para cada grupo de alumnos, expresadas como categorías y/o patrones emergentes, se identifican posibles conocimientos implícitos que, supuestamente, han utilizado los estudiantes para responder a las

actividades propuestas. A continuación, se presentan por eje temático, estas categorías, los patrones emergentes en cada una y los aspectos o dimensiones que incluye cada uno. Seguidamente, se ilustran algunos de los posibles conceptos y teoremas-en-acto identificados con algunos ejemplos a modo indicativo, entre los que se han incluido aquellas respuestas consideradas como errores epistemológicos. Cabe destacar que, de aquí en adelante, los ejemplos de los distintos alumnos del primer grupo “G1” son referidos con una “A” y un número que identifica cada alumno del primer grupo. A su vez, en forma semejante, los del segundo grupo “G2” se denotan con una E y un número. Así (A1, G1) significa Alumno 1, Grupo 1.-

### Diagnóstico Inicial

En el eje **Interacciones**, aparecen respuestas que tienden a concentrarse en una categoría considerada como

**1-IAD: Interacción como fuerza - acción a distancia.** Esta categoría coincidente con el patrón emergente incluyen respuestas que explican el fenómeno en base a:

Dimensión o Aspecto
<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Interacción de tipo electrost./magnetostática como atracción –orientación a distancia</i></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Interacción magnética como par, orientación, velocidad/ cambio color/ distorsión</i></li> </ul>

Es posible interpretar el conocimiento explicitado en patrones emergentes y categorías como expresión del conocimiento-en-acto que los alumnos ponen en juego al resolver las diversas situaciones y cuestiones. Así, a partir de los patrones y categorías detectados se encuentra lo siguiente:

#### Posibles **conceptos-en-acto**

- Fuerza, electrones, cargas positivas, cargas negativas, carga neta, momento magnético, momento magnético cero, partículas, remanencia magnética, fuerza, fuerza de atracción, campo magnético.

Entre los posibles **teoremas-en-acto** se identifican:

1. La interacción entre la barra cargada y una esfera de metal es debida a la diferencia de carga.
2. La interacción entre la barra cargada y la esfera de metal se debe a una fuerza a distancia.
3. La magnetización es debida a la orientación de los momentos magnéticos.
4. Un imán “posee” un campo. El campo es generado por una remanencia magnética que orienta las partículas en un sentido y ejerce una fuerza de atracción.

Estas afirmaciones, sin embargo, no representan expresiones mayoritarias del grupo sino parte del conocimiento previo de algunos de los alumnos del grupo –muy pocos- que enfrentaron y respondieron las situaciones, como se observa en la tabla 10a.

Se presentan a continuación algunos **ejemplos**:

*“La barra electrizada atrae a la esfera de aluminio por las cargas que éstas tienen, es decir la esfera contiene **cargas positivas** y la barra cargas negativas, **se atraen** y el tipo de interacción es a distancia, por ejemplo la regla con un pedazo de papel, el cual la frotamos y la acercamos al papel y éstas se atraen” (A2, G1)*

*“En este caso (esfera de aluminio atraída por barra cargada) la fuerza de acción a distancia es generada por una barra electrizada electrostáticamente, frotándola de manera que los **electrones** fueran cedidos al paño, y en consecuencia queda con una carga neta positiva, atrae a una esfera conductora con una **fuerza** proporcional a la **carga neta** de la barra, y al **campo** generado por ésta” (E19, G2)*

*“La gillette inicialmente esta **desmagnetizada** lo cual significa que los **momentos magnéticos** están **desalineados**, teniendo un **momento magnético neto** cero. Al acercar un imán, el **campo magnético** del mismo*

*orienta* estos momentos magnéticos en dirección del campo magnético.....”  
(A5, G1)

“En este caso la fuerza de acción a distancia es generada por un imán que posee un campo, generado por una **remanencia magnética**, u **orientación de partículas en un sentido**, este campo orienta las partículas de cualquier metal, de propiedades magnéticas... y produce una **fuerza de atracción**”  
(E19, G2)

Otra idea vinculada al tema “interacciones” es aquella que las presenta como “*transferencia de carga entre cuerpos en contacto*”. Sin embargo, esta afirmación no llega a convertirse en un patrón, dadas las imprecisiones que se detectan en la mayoría de las respuestas en tanto prevalece la suposición de una interacción eléctrica/magnética o electromagnética por contacto o, en su defecto, se corresponden con una “inducción por contacto”.

Con respecto al eje **fuentes de campo magnético**, aparece una categoría que se designa como **imanes atractores y funcionales “IAF”**. En ella se observan como patrones aquellas afirmaciones donde se considera al imán como material que puede atraer o repeler materiales metálicos con aplicaciones CTS. Así se encuentra:

<b>Dimensión o Aspecto</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Imán como material natural con una propiedad visib atraer o repeler materiales metálicos</i></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Imán como material con aplicaciones CTS</i></li></ul>

Algunos ejemplos de respuestas indicativas consideradas dentro de esta categoría, son:

...”es un mineral que se encuentra en la naturaleza con la propiedad de atraer o repeler otros materiales generalmente metálicos y al fenómeno que acontece se lo llama magnetismo se lo utiliza en la industria” (A2, G1)

(...al orientarse la aguja hay rotación por lo que) “*varía el campo magnético de la brújula*” (Esta idea se identifica como un posible error epistemológico)

Otra categoría que se detecta en relación con este eje y que coincide con el patrón emergente, es aquella en la que se reconoce al **imán como fuente de campo magnético “IB”**

En ella, se encuentra que las respuestas dadas por los estudiantes dejan ver, en forma análoga al eje anterior, cuáles han sido los conocimientos implícitos empleados. Entre otros, se destacan:

**Conceptos-en-acto** emergentes:

- Campo magnético del hilo, campo magnético del imán; remanencia magnética

Respecto a posibles **teoremas-en-acto**:

1. La causa de la interacción electromagnética se debe a que el imán produce un campo magnético
2. El imán es atraído a una barra con carga positiva y negativa en los extremos
3. La atracción tiene lugar por el polo norte
4. La atracción fuerte es debida a una inducción intensa
5. Todos los metales son buenos conductores. Los imanes atraen buenos conductores.

Como se observa, la tercera afirmación muestra una idea donde priva la ausencia de reciprocidad en la interacción y la última afirmación reitera la confusión manifiesta entre fenómenos eléctricos y magnéticos que surge en los posibles teoremas 1 y 2.

Así, por ejemplo, en la “situación 3” que expresa: *”Si se coloca un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula una corriente y que atraviesa en forma perpendicular al plano sobre el cual se apoya el imán,”* se encuentra en las respuestas, que entre el imán y el cable se produce una interacción electromagnética:

*”...porque el imán produce el campo magnético” (E18, G2)*

(El imán no ejerce una fuerza de atracción sobre el cable), “*dado que el campo magnético del hilo interactúa con el campo magnético del imán...*” (A5, G1)

“(la interacción es) *generada por un imán que posee un campo, generado por una remanencia magnética, u orientación de partículas en un sentido*” (E19, G2)

“*..Similar caso (al de la barra cargada y la esfera metálica) pero entre un imán y una gillette el cual la gillette es atraída por el polo N. Esta inducción es muy alta, o de gran tamaño...La Gillette aparentemente es muy buen conductor*” (A2, G1) (Esta idea también se identifica como un error epistemológico)

En relación al eje “Inducción electromagnética”, se encuentra una categoría de explicaciones “IEB”, que suponen la inducción electromagnética centrada en el campo magnético, en su variación o en la transferencia de propiedades. En esta categoría se incluyen dos patrones emergentes:

**a) Inducción Electromagnética centrada en el campo magnético**

Dimensión o Aspecto
• <i>inducción como campo magnético</i>
• <i>corriente inducida opuesta a la variación de campo magnético</i>
• <i>corriente inducida como variación de campo magnético</i>

Otro patrón emergente de esta categoría es aquel tipo de respuestas que tiende a considerar:

**b) Inducción Electromagnética como “transferencia de propiedades”**

Nuevamente parte del conocimiento implícito puede ser descripto por:



Posibles **conceptos-en-acto**:

Campo magnético, fuerza electromotriz, electrones, corriente, campo magnético, conductor, corriente, fuerza, cuerpo, movimiento.

Posibles **teoremas-en-acto**:

El campo magnético induce una fuerza electromotriz en el cable que provoca un movimiento de electrones...” (*Por lo tanto es el campo magnético el que provoca un movimiento de los electrones*)

1. *En la espira se induce una corriente que se opone al crecimiento del campo magnético.*
2. El campo generado por un conductor induce en el otro conductor una fem
3. Si la corriente (del primer conductor) es variable, (la fem) provoca una circulación de corriente en el otro conductor.
4. **Inducción** es una **fuerza** que se **puede transmitir** a otro **cuerpo** sin tocarlo

El siguiente ejemplo ilustra lo expresado:

*“El campo magnético induce una fuerza electromotriz en el cable lo que provoca un movimiento de electrones.”(A4, G1; situación 3)*

Otra alusión a lo dicho emerge en las respuestas a la cuestión que plantea: *“si un imán fijo comienza a acercarse a una espira de cobre, al llegar se detiene y luego de un tiempo comienza a alejarse, justo después que el imán inicie su movimiento, una corriente circulará por la espira”* (situación 4a). Algunos alumnos afirman que:

*“En la espira se induce una corriente que se opone al crecimiento del campo magnético...” (A5, G1)*

*“..El campo generado por el conductor 1 induce en el otro conductor una fem que provoca una circulación de corriente en el otro conductor, siempre que la corriente sea variable” (E 18, G2)*

Por otro lado, en la actividad complementaria AC1 se detectan respuestas como:

*Inducción es una fuerza, la cual es capaz de pasársela o transmitir a otro cuerpo sin tocarlo...” (A2, G1)*

(Inducción)...*para mi punto de vista significa que algo, por ejemplo un cuerpo, induce y/o obliga a otro a realizar algún movimiento (E18, G2)*

En resumen, como puede observarse al inicio del tratamiento del tema, referido a **Inducción Electromagnética**, los alumnos tienden a presentar una idea distante del modelo científico, donde emerge el campo magnético como concepto central del fenómeno, en lugar de plantear la velocidad de variación del flujo del campo vectorial .

Otro aspecto a considerar es la idea a la que tienden sobre la inducción electrostática que en algunos casos la consideran como una transferencia de carga, mostrando una probable confusión entre los fenómenos de inducción y conducción.

**Los obstáculos** generales del campo conceptual detectados, Brousseau (1986), pueden ser resumidos como aquellos de tipo epistemológico como, por ejemplo, el considerar el campo electromagnético como transformación entre masas, o vinculado a los imanes; el hecho de tomar **los polos análogos a cargas**.

Asimismo, entre las **dificultades** observadas se destacan el confundir las fuentes de interacciones al considerar como interacciones magnéticas aquellas situaciones vinculadas a fenómenos electrostáticos; las interacciones ocasionadas sólo por uno de los cuerpos – carencia de reciprocidad de la interacción- o como se dijo, la inducción electromagnética como modificación de campo magnético.

También pueden señalarse aquellos aspectos relacionados con cuestiones de tipo **ontológico**<sup>23</sup> como, por ejemplo, vincular los imanes sólo a **propiedades visibles** como la atracción o repulsión de metales, pensamiento también detectado por los autores mencionados.

En estas afirmaciones subyacen ideas que seguramente se han codificado al interactuar a través de la experiencia con dichos materiales en su vida cotidiana.

Cabe destacar que muy pocas representaciones son expresadas en otro formato que no sea el de tipo lingüístico. Las **representaciones gráficas**, en su gran mayoría, son deficientes o incompletas, como puede verse en los ejemplos que se presentan en el próximo capítulo 6. Si bien algunas incluyen representaciones simbólicas, éstas no son adecuadas. En general, las respuestas se expresan en un único modo de representación –

---

<sup>23</sup> Vinculados al nivel madurativo ; desarrollo del pensamiento superior; operaciones formales.

el lingüístico-. Se observan dificultades para operar e interpretar las magnitudes más relevantes. No logran decodificar y traducir la información expresada en términos verbales o lingüísticos, icónicos, gráficos, geométricos o formales.

#### **5.4. 2. Identificación de posibles niveles de conceptualización iniciales**

Respecto al conocimiento en acto inicial las confusiones entre fenómenos eléctricos y magnéticos pueden orientar acerca de algunas ideas –teoremas en acto- que los alumnos pueden estar sosteniendo. Por ejemplo el hecho de considerar *los polos magnéticos como cargas eléctricas*.

Otro aspecto relevante se refiere a la idea que los alumnos parecen sostener respecto de lo que significa “interacción”. En relación con las interacciones eléctricas, aparece reiteradamente la idea de “por contacto” cuando se muestran dos objetos “que se tocan”. Asimismo, llama la atención lo desdibujada que aparece la idea de “campo” en estos casos, si bien, los alumnos ya han cursado el período instruccional correspondiente a las temáticas sobre electrostática. No parece ocurrir lo mismo en principio, con la fuerza magnética, en tanto la expresión “campo magnético” parece atravesar la mayoría de las afirmaciones, particularmente, en las situaciones del diagnóstico final.

En las afirmaciones de conocimiento, reflejo de posibles teoremas-en-acto, en general, se observan ciertas regularidades en algunos alumnos, particularmente, en las dimensiones vinculadas con la inducción electromagnética que permitiría inferir que asociar la inducción electromagnética al campo magnético es una tendencia común. Algunos alumnos egresados de escuelas técnicas, en forma sistemática, al enfrentar las situaciones 4 y 5, alternan dos expresiones vinculadas al término inducción, como la generación de circulación de corriente (inducida) debido a la variación de un campo magnético y la producción de imanes artificiales; “*se induce un campo magnético*” (A4). Así, dentro de las afirmaciones de conocimiento manifestadas por los estudiantes, la inducción es asociada en forma aleatoria, a tres fenómenos: la inducción electrostática, la inducción como campo magnético y la inducción electromagnética. Estas expresiones son evocadas en forma análoga sin distinción. No obstante, por el análisis realizado, no podría afirmarse sobre la existencia, en estos estudiantes, de algún tipo de estructura que

podiera inferirse como una “*organización invariante de la conducta*” (Vergnaud, op. cit.) al enfrentar las diversas tareas planteadas.

Teniendo en cuenta los indicadores formulados para el cuestionario inicial presentados en el capítulo 3, apartado 3.12.1.2, y dado que para discernir sobre un nivel de conceptualización del campo conceptual, se requieren analizar al menos las clases de situaciones correspondientes a cada eje, este paso del estudio se plantea sólo respecto a un nivel de dominio global del campo conceptual.; es decir referido a los tres ejes en general dado la tendencia observada en el tipo de respuesta encontrada frente a las situaciones planteadas (ver tabla 10a). En este contexto, y considerando el análisis realizado, se puede inferir que sólo unos pocos estudiantes (alrededor de un 30%) de este grupo se encontraría en el “nivel bajo” de conceptualización. Esto significa que presentan una apropiación incipiente del campo conceptual. Pareciera que sus representaciones mentales pudieran presentar algún tipo de organización, pero en la mayoría de los casos, no se muestran signos relevantes de interconexiones estables. Los conocimientos que utilizan los jóvenes al resolver las distintas situaciones, los llevan a respuestas acertadas que luego no pueden fundamentar, o si lo hacen, las argumentaciones que plantean son sumamente incompletas. Logran describir parcialmente interacciones electromagnéticas o entre campos magnéticos. El análisis de una corriente inducida es incompleto como así también la descripción que tienden a realizar de los principios físicos de funcionamiento de una central hidroeléctrica local. También tienen dificultades para operar con las magnitudes más relevantes o no logran decodificar la información expresada y como se ha señalado, las representaciones son esencialmente de tipo lingüística. No pueden acceder a su conocimiento implícito, aunque algún tipo de representación –en términos de significados- posean. Tal vez, haya habido sólo un aprendizaje por asociación (Pozo, 1997) y el modelo mental que utilizan (Moreira, 2002) si es que logran construirlo, sea muy pobre e incompleto.

A su vez, más de la mitad del grupo se encuentra en el nivel “NA”; es decir no manifiestan apropiación del campo conceptual; no poseen invariantes operatorios que les permitan resolver o enfrentar las situaciones planteadas; no se detecta algún tipo de construcción que pueda ser signo de algún grado de conceptualización y los jóvenes a lo sumo reproducen los enunciados, por lo que podría afirmarse que los pocos

significados que podrían haber construido son insuficientes para enfrentar y resolver algún tipo de situación.

A continuación se presenta un análisis de los resultados del cuestionario **de integración o final** para cada grupo

## b) Cuestionario Final

Las categorías encontradas en las respuestas de los alumnos de cada grupo, a partir de la diversidad de afirmaciones de conocimiento o unidades de significado, analizadas a partir de las cuestiones planteadas en el cuestionario final o de integración, emergen principalmente en el grupo mayoritario. Esta tendencia puede confirmarse en la Tabla 11, en la que se presenta la distribución de categorías según los grupos. Sólo algunas dimensiones de cada una se observan en el Grupo 1 (G1).

En el eje **“interacciones”**, se encontró una categoría que se identificó como **“IFL”**. Esta **categoría** contiene explicaciones que suponen la **Interacciones Electromagnéticas como Fuerza de Lorentz**, ya sea eléctrica, magnética y/o electromagnética.

Esta categoría incluye cuatro **patrones emergentes**:

a) **“IF”**: **Interacción como fuerza, clasificada como electrostática o magnética (sin explicaciones)**

Dimensión o Aspecto
• <i>Interacción electrostática</i>
• <i>Interacción magnética</i>
• <i>Interacción electromagnética</i>
• <i>Interacción como fuerza</i>

b) **“IAD”**: **Acciones de atracción-orientación a distancia**

Dimensión o Aspecto
• <i>Interacción como fuerza a distancia</i>
• <i>Interacción como atracción –orientación a distancia</i>

c) “IMOV”: Interacción electromagnética como causa de movimiento

Dimensión o Aspecto
<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Interacción magnética como cupla, orientación, velocidad</i></li></ul>

d) “IEMQB”: Interacción electromagnética entre cargas en movimiento y campo magnético

Dimensión o Aspecto
<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Interacción entre cargas en movimiento y campo magnético</i></li></ul>

Del primer patrón se puede inferir que los jóvenes, en general, identifican el tipo de fuerza. En el segundo, se observa la tendencia a reconocer la interacción como fuerza de atracción o de orientación a distancia. A su vez en el tercero, se reconoce la interacción magnética como “par” cuya consecuencia es la orientación o la velocidad; la causa del movimiento. En el cuarto, con niveles de precisión diferentes, los alumnos reconocen la interacción magnética como una fuerza que depende de la velocidad de la carga y además responde a un producto vectorial.

Entre el posible **conocimiento en acto** que es factible inferir de las respuestas analizadas, en forma semejante a lo realizado a partir de los patrones emergentes y categorías en el diagnóstico inicial, se pueden identificar:

Como posibles **conceptos-en-acto**:

- Polo sur, momentos, campo magnético, orientación, partículas, metal, polo sur, polo norte, fuerza de atracción, polos iguales, polos distintos, trayectoria, velocidad.

A su vez, de las afirmaciones de conocimiento, emergen algunos **posibles teoremas-en-acto** como:

Posibles teoremas en acto<sup>24</sup>:

1. Si se acerca el polo sur (al hilo de corriente) el imán empieza a girar.

---

<sup>24</sup> Los espacios entre frases indican que cada afirmación ha sido interpretada de ejemplos diferentes.

2. (el imán gira) hasta que los momentos se alinean y luego se queda quieto.
3. El imán tiene momentos magnéticos que se alinean.
4. El imán produce un campo magnético.
5. El campo magnético produce una orientación en las partículas del metal.
6. El metal tiene partículas que tienen polo sur.
7. En el metal las partículas se disponen de tal forma que el polo sur de las mismas apunta al polo norte del imán, ejemplo “la gillette”..
8. (Si el polo sur apunta al norte), entonces existe una fuerza de atracción (hacia el metal).
9. (La fuerza de atracción) mueve la gillette suspendida.
10. Polos iguales se repelen y polos distintos se atraen.

A continuación se presentan a modo ilustrativo algunos ejemplos de estos patrones:

*“Interacción a distancia... el imán por propiedades magnéticas atrae a la gillette sacándola de la posición vertical” (A2, G1)*

*“El tipo de interacción que se da es a distancia y es electromagnética ya que interactúa una corriente con el campo magnético del imán.”(E6, G2)*

*“Si acerco el **polo sur** lo que pasa es que el imán al acercarse empieza a girar hasta que los **momentos** se alinean y luego se queda quieto.”(A1, G1)*

*... “el imán produce un **campo magnético**, el cual produce una **orientación** en las **partículas del metal**, en la gillette las partículas se disponen de tal forma que el **polo sur** de las mismas apunta al **polo norte** del imán, por esto existe una **fuerza de atracción** que mueve la gillette suspendida. (RP) Recordemos que **polos iguales** se repelen y **polos distintos** se atraen” ... (A8, G1)*

*“El cable produce un **campo magnético** a su alrededor, el **vector campo** es tangencial, el **campo magnético del imán** tiende a alinearse con el del **conductor** y por su **energía cinética** sigue girando (E8, G2)*

“Se representa una TV de costado donde se ven los **haces de electrones**. Si en un caso se le acerca un imán, la imagen se desplaza según sea la **posición o cara del imán** que esté en contacto con la **pantalla**, si la cara norte se acerca a la pantalla, la imagen se desplaza hacia abajo y viceversa” (E8, G2)

“La imagen se distorsiona dado que el campo magnético del imán interactúa con las cargas en movimiento produciendo una fuerza magnética”... “Acercar un imán a la pantalla de un televisor o un tubo de rayos catódicos produce que las **partículas cargadas** que se mueven dentro del tubo, se desvíen a causa de una fuerza conservativa que el campo magnético del imán ejerce sobre la **partícula cargada en movimiento**. La **imagen** se desplaza hacia arriba si el imán se mueve hacia la derecha. Esta **fuerza** no realiza **trabajo** sobre la partícula ya que la fuerza es perpendicular al plano formado por la velocidad y el campo magnético.

$$F=q.V.B$$

$$F=qVxB^{25}$$

Si la **velocidad** de la **partícula** (que se puede expresar como vector) tiene **componentes paralelas y perpendiculares al campo** la partícula se desplazará en una **trayectoria elipsoidal**. Si el **vector velocidad** es perpendicular al **campo magnético** describirá una **trayectoria circular**“(E19, G2)

En relación al eje **Fuentes de Campo magnético**, se propone una **categoría** que identifica los imanes como referencia de **fuerza de campo magnético** “**IFB**”. En esta categoría se identifican **dos patrones emergentes**:

a) “**IMFDOB**”: Explicaciones que presentan a los imanes como materiales ferromagnéticos con dominios orientados, como fuentes de campo magnético, que pueden interactuar con otros imanes. Las dimensiones que incluye pueden observarse en el siguiente cuadro:

---

<sup>25</sup> El carácter vectorial de las magnitudes se indican en negrita.



<b>Dimensión o Aspecto</b>
• <i>Interacción entre imán y campo magnético</i>
• <i>Imán artificial por orientación de los dominios (imán como orientación de dominios en materiales ferromagnéticos)</i>
• <i>Imán con líneas de campo magnético</i>
• <i>Imán como fuente de campo magnético</i>

b) “**IPARA**”: Imán como material con polos, con una propiedad visible de atraer o repeler materiales metálicos y aplicaciones CTS<sup>26</sup>

<b>Dimensión o Aspecto</b>
• <i>Imán experiencial</i>

En estos patrones emergen como posibles **conceptos-en-acto**:

- Campo magnético, líneas de fuerza, espacio, dominios, dirección, cargas, signo.

Asimismo, en las respuestas se detectan como posibles **teoremas-en-acto**, las siguientes ideas:

1. Si existe un campo magnético se encuentran líneas de fuerza.
2. Las líneas de fuerza deben cerrarse en algún lugar del espacio.
3. Un material ferromagnético posee dominios.
4. Los dominios se representan con flechas.
5. Si se coloca un material ferromagnético entre los polos de un imán, la orientación de las flechas cambia porque los dominios son fácilmente orientados.
6. Un campo magnético orienta los dominios en su dirección.

Algunos ejemplos que ilustran lo expresado, para el patrón IMFDOB:

---

<sup>26</sup> CTS: Ciencia-Tecnología-Sociedad

..”Que debía existir un **campo magnético** en el cual se encuentran las **líneas de fuerza** las cuales deben cerrarse en algún **lugar** en el **espacio** (A4, G1)

..”La orientación de las flechas al ser colocado el material ferromagnético entre los polos de un imán cambia.” porque los **dominios** son fácilmente orientados... cuando se ven en presencia de un **campo magnético**, el campo magnético los orienta en su **dirección**...” (E13,G2)

A su vez, para el patrón IPARA se registran respuestas como:

“Los imanes se utilizan para atraer o repeler cargas de igual o distinto signo” (A3, G1)- (Esta respuesta se identifica como un error epistemológico)

Respecto al eje “**Inducción Electromagnética**”, aparecen dos categorías. La primera es “**IEMFOII**”, que incluye explicaciones que suponen la Inducción electromagnética como fem o corriente inducida. Como patrones emergentes o aspectos de esta categoría, aparecen:

- a) “**IEFEMI**”: **Inducción electromagnética como fem inducida**, como consecuencia de una variación de flujo magnético a través de una espira:

Dimensión o Aspecto
• Femi como consecuencia de una variación de flujo magnético a través de una espira
• Femi como polarización

- b) “**IECI**”: **Inducción electromagnética como corriente inducida**

Dimensión o Aspecto
1. En un circuito cerrado como consecuencia de una femi
2. Como variación de flujo
3. Corriente a causa de la inducción magnética
4. Corriente como disipación de energía (ley de Joule)

Algunos posibles conceptos en acto reflejados en esta categoría:

- Campo magnético, flujo, fem (inducida), corriente (inducida), líneas de campo, polarización, energía.

Por otro lado los posibles **teoremas-en-acto** emergentes:

1. Las líneas de campo del solenoide que atraviesan a la espira le inducen una fem
2. La fem (inducida) induce una corriente.
3. Al variar este campo magnético el flujo en el bobinado secundario cambia en el tiempo por lo que se induce una fem en él.
4. Si no hay variación de flujo, no se induce ninguna fem.

A continuación, se presentan algunos ejemplos, a modo indicativo. Entre los ejemplos incluidos en esta categoría, aparecen respuestas como:

*“Al variar este **campo magnético** el **flujo** en el **bobinado secundario** cambia en el **tiempo** por lo que se induce una **fem** en él” (E13, G2)*

*“...No habrá variación de **flujo**, no se induce ninguna **fem**” (E8, G2)*

Por otro lado, en la situación 5a) que expresa: *“Imagine que un solenoide está fijo y el interruptor del circuito está abierto, lo que ocurrirá en una espira conductora coaxial con el solenoide, justo después de cerrar el interruptor, es que una corriente circulará por el solenoide y otra por la espira”*, como causa de este efecto se encuentra:

*“...Debido a que las **líneas de campo** del **solenoide** que atraviesan la **espira** le inducen una **fem** y por ende esta induce una **corriente**” (E30, G2)*

A su vez como respuesta a la situación 5b) en la que se plantea que *“un largo tiempo después de cerrado el interruptor en el circuito que alimenta el solenoide sólo habrá corriente en el solenoide, en una espira conductora coaxial”* se encuentra que debido a esta razón:

*“No habrá variación de **flujo**, no se induce ninguna **fem**, no habrá circulación de **corriente**.” (E8, G2.)*

Otra categoría hallada es “**IEB**”, la que corresponde a un patrón homónimo, donde la inducción electromagnética se centra en el campo magnético:

Algunos de los posibles **conceptos-en-acto** emergentes:

- Corriente alterna, fem, campo magnético, inducción mutua, corriente entrante

A su vez, entre los posibles **teoremas-en-acto** se detectan las siguientes ideas:

1. Los (circuitos de) corriente alterna, (se alimentan) con fem (alterna).
2. La fem (alterna) genera corriente.
3. La corriente genera un campo magnético.
4. La inducción mutua permite contrarrestar la corriente entrante.

Ejemplos de **IEB**, patrón en el que la inducción electromagnética se centra en el campo magnético:

*“Inducción: se induce una corriente por causa de un campo magnético”  
(E19, G2)*

En el que se presenta a continuación, se pensaría que podría haber un razonamiento incompleto, aunque se destaca una vez más, que el campo magnético es el agente o la causa de “la inducción”

*“Si la **corriente** es alterna, la **fem** genera corriente y esta corriente genera un **campo magnético** por **inducción mutua** se contrarresta la corriente entrante” (E30, G2)*

### 5.4. 3. Distribución de patrones por grupo

En la Tabla 11 (pp.221), se muestra la distribución de categorías y dimensiones por grupo. Como se observa, existe una distribución no homogénea de las dimensiones recolectadas en cada grupo, evidenciándose una mayor riqueza en el segundo grupo. Por ejemplo, en el tercer eje, es notable el surgimiento de patrones vinculados a la variación de flujo o relacionados con la conservación de la energía; aspectos que son obviados por los alumnos del primer grupo.

Las cuatro categorías registradas - IFL, IFB, IEMFOII e IEB-, así como los patrones emergentes expresados condensan las tendencias generales detectadas en el análisis de las respuestas de los alumnos, que se comentan seguidamente, según Grupos (G1 y G2)

### **Grupo G1**

Como se puede observar en el primer grupo (G1) los aspectos más destacados refieren a descripciones más tangibles, más cercanas a la esfera de experiencias cotidianas aunque con algunas connotaciones que lo diferencian del conocimiento inicialmente diagnosticado. Así, por ejemplo, en general, en el eje “**interacciones**” pueden diferenciar aquellas electrostáticas y magnéticas e identificar aquellas interacciones que se manifiestan al menos visualmente “a distancia”; por atracción,  $\theta$  rotación u orientación. También tienden a reconocer el efecto del campo magnético sobre cargas en movimiento. Por otro lado, los imanes son reconocidos como “**fuentes de campo magnético**”. Con respecto al eje “**inducción electromagnética**”, se sostiene la asociación entre campo magnético e inducción electromagnética, aunque, por otro lado, la fuerza electromotriz inducida es atribuida a la variación de flujo magnético a través de una espira.

### **Grupo G2**

En las respuestas del segundo grupo (G2), “**interacciones**” , si bien se manifiestan características análogas al primer grupo, se observa también la incorporación del modelo de “fuerza” y de “fuerza a distancia” y aparecen como aspectos relevante para estos estudiantes, las interacciones entre imanes y campo magnéticos. En el eje “**fuentes de campo magnético**” no solo aparecen con mayor recurrencia aquellos aspectos microscópicos vinculados a los materiales ferromagnéticos sino también aquellas características funcionales de los imanes. Asimismo, son identificadas “las líneas de campo magnético de los imanes” como aspecto propio de la naturaleza de estos materiales. En el eje “**inducción electromagnética**” dos patrones muy semejantes concentran las respuestas de los estudiantes asociando este fenómeno con la fuerza electromotriz inducida como con la corriente inducida. El espectro de dimensiones o

aspectos que se registran manifiesta la potencialidad de la conceptualización que este grupo de alumnos va alcanzando entre los que emerge la “energía” como nota singular de las respuestas

**Tabla 11** Distribución grupal de categorías y dimensiones-Diagnóstico final

Categorías diagnóstico final		Dimensiones	G1	G2
<b>IFL</b> Interacciones como Fuerza de Lorentz	<b>IF</b> Interacción clasificada como fuerza sin mas explicaciones	Interacción electrostática	x	x
		Interacción magnética	x	x
		Interacción electromagnética	-	x
		Interacción como fuerza	-	x
	<b>IAD</b> Interacción a distancia	Interacción como fuerza a distancia	-	x
		Interacción como atracción-orientación a distancia	x	x
	<b>IMOV</b> Interacción electromagnética como causa de movimiento	Interacción magnética como cupla, orientación, velocidad, causa de movimiento	-	x
	<b>IEMQB</b> Interacción entre cargas en movimiento y campo magnético	Interacción entre cargas en movimiento y campo magnético	x	x
		Imán artificial por orientación de los dominios (en materiales ferromagnéticos)	-	x
		Imán con líneas de campo magnético	-	x
		Imán como fuente de campo magnético	x	x
	<b>IPARA</b> Imán como material con polos, con propiedades visibles de atracción o repulsión de metales y aplicaciones	Imán experiencial	-	x
	<b>IEMFOII</b> Inducción electromagnética como fem o corriente inducida	<b>IEFEMI</b> Inducción Electromagnética como Femi	Femi como consecuencia de una variación de flujo magnético a través de una espira	x
Femi como polarización			-	x
<b>IECI</b> Inducción Electromagnética como Corriente Inducida		En un circuito cerrado como consecuencia de una femi	-	x
		(Inducción)como variación de flujo	-	x
		Corriente inducida a causa de la inducción magnética	-	x
Corriente como disipación de energía (Ley de Joule)	-	x		
<b>IEB</b> Inducción Electromagnética centrada en el campo magnético	Inducción electromagnética como campo magnético	x	-	

## **Del conocimiento en acto**

Del análisis de patrones y categorías se observa que los significados construidos por ambos grupos muestran una mayor cercanía al modelo científico. Aunque en los mismos prevalecen imprecisiones, particularmente, en el primer grupo, la “población conceptual” manifestada- posibles conceptos en acto- en el segundo grupo ha crecido notablemente. En forma dialéctica la manera en que son relacionados, mostrarían una diversidad de teoremas-en-acto que permiten vislumbrar la construcción de nuevos esquemas que ayudan a los estudiantes resolver distintas situaciones, acaso con un nivel de conceptualización más alto.

### **5.4.3.1. De las representaciones finales – su expresión- y niveles de conceptualización**

Las representaciones simbólicas que esgrimen, particularmente, los alumnos del segundo grupo, se evidencian tanto en aquellas formales, en las operaciones matemáticas de las mismas, como en las pictóricas y que complementan la expresión de los significados construidos.

Como hipótesis provisional, se puede sostener que durante el período instructivo los alumnos adquieren algunas habilidades. Sin embargo, resulta conveniente considerar la diversidad de aspectos a ponderar y, así, para-ofrecer una idea más clara, se realiza en forma pormenorizada e individual el análisis de un subgrupo de alumnos de ambos grupos. Este estudio será presentado en el próximo capítulo 6.

## **5.4. Conclusiones del Estudio 4**

Del diagnóstico inicial, se destaca fundamentalmente la ausencia generalizada de invariantes operatorios, frente a las situaciones planteadas, a lo que se suma la carencia de habilidades para representar simbólicamente cualquier tipo de significado que, aisladamente, pueda residir en la estructura cognitiva de los alumnos. Sólo fue posible recopilar algunas expresiones individuales que reflejan probablemente alguna “huella” construida como fruto de algún tipo de interacción con estos fenómenos físicos durante la intervención didáctica. Como se señalara, sólo unos pocos estudiantes (alrededor del

30%) se encontraría en el “nivel bajo” de conceptualización; presentan una apropiación incipiente del campo conceptual. Por otro lado, más de la mitad de alumnos pueden considerarse dentro del nivel NA (No apropiación del campo conceptual).

Del diagnóstico final, en líneas generales, puede decirse, que es posible identificar una mayor variedad de afirmaciones de conocimiento, particularmente, en el segundo grupo; algunas más próximas que otras al modelo científico del campo conceptual. Así, en relación al núcleo temático “**interacciones**” se observa, como dificultad, que los jóvenes no alcanzan a diferenciar entre una fuerza de contacto y una fuerza a distancia.

Sólo en el caso electrostático los estudiantes identifican el “contacto” como un modo de conducción eléctrica. Priva por otro lado **una visión mecanicista** de las interacciones electromagnéticas, donde la idea de fuerza es origen de transformaciones fundamentalmente vinculadas al movimiento. Es llamativo encontrar, por otro lado, que algunos alumnos al representar una interacción por medio de una fuerza, sólo dibujan una flecha, como se destaca en la respuesta de un alumno del grupo G1.

**3 d)** El imán ejerce una fuerza de atracción sobre el cable con corriente “*El campo magnético del hilo interactúa con el campo magnético del imán produciéndose la fuerza  $F$  mostrada con rojo en el dibujo.*” (C: la fuerza es dibujada sólo en uno de los cuerpos) (A5, G1)

En otro orden, emergen explicaciones que evidencian **confusión entre fenómenos magnéticos y eléctricos**, asociando cargas a polos, como por ejemplo, la siguiente respuesta:

**1 b)** Interacción entre la hoja de afeitar y el imán, se explica “*Porque al tener cargas opuestas la gillette y el imán se atraen, creo que es porque existe un campo.*” (A1, G1)

Con respecto al eje “**fuentes de campo magnético**”, si bien, la corriente es reconocida como tal, emerge en forma reiterada el término “imán” como representación típica de una fuente de campo magnético, a partir de la orientación de los dominios de un material ferromagnético, centrando la idea sobre la generación de un campo magnético, como consecuencia de cargas en movimiento.



Con respecto al eje “**inducción electromagnética**” surgen explicaciones que consideran este fenómeno, ya sea como fem o corriente inducida, ligadas a la variación de flujo magnético. También aparecen aspectos con menor potencialidad explicativa, que podrían estar elicitando estados conceptuales más incipientes, como el considerar la corriente inducida como consecuencia de una femi en un circuito cerrado o como fuente de campo magnético. Un tercer aspecto a destacar es que, algunos alumnos del segundo grupo consideran la inducción electromagnética como una “polarización”. Un análisis más profundo de la situación 4) o de “las cinco espiras” (ver Anexo II) permite detectar que el estado de “polarización” al que los estudiantes se refieren consiste en una separación de cargas como consecuencia de la acción de la fuerza magnética en los lados de una espira metálica en movimiento, dentro de un campo magnético uniforme, que según estos estudiantes, origina una femi en ambos lados de la espira y que si éstas se encuentran en oposición, anulan la circulación de corriente. Prevalecen también, algunos alumnos que sostienen la inducción electromagnética asociada al campo magnético.

## 5.5. Posibles Obstáculos epistemológicos

Mediante este análisis, en el eje **interacciones**, por ejemplo, se ha detectado, en la situación 1, que algunos alumnos continúan clasificando la interacción electrostática como de “*contacto*”, porque los cuerpos efectivamente se encuentran en contacto y parecen no haber atendido al modelo conceptual presentado, ya sea en los textos como en las actividades de clase. Entre los **obstáculos epistemológicos** se detecta una vez más la confusión, entre el modelo eléctrico y el magnético de un alumno cuando considera “**polos como cargas**”.

Respecto a **las fuentes de campo magnético**, sostienen ideas relativas a la existencia de “dominios” sin tener en claro a qué se refiere y cómo se vincula con el movimiento de cargas, razón probable por la cual dibujan las líneas de campo magnético de un imán en forma discontinua.

En la situación 4 –**inducción electromagnética**–, uno de los posibles obstáculos presentes, como ya se dijo en el apartado 5.4, consiste en sostener la idea de campo magnético como causa de la aparición de una femi. Otro error se vincula probablemente a carencias en habilidades matemáticas como para operar –modelizar– el cambio de

flujo magnético. Así, muchos alumnos se dejan llevar por su primera impresión, dado que una de las espiras tiene un área mayor que el resto, pero no perciben el cambio de las líneas de campo magnético que la atraviesan al desplazarse dentro del mismo. La formulación matemática les permitiría romper con el sentido común, como lo demuestran los alumnos que efectivamente lo logran.

## 5.6. Resumen de resultados

En este capítulo se tenía como propósito preparar las bases para un estudio en profundidad que será presentado a continuación en el siguiente capítulo 6.

En el primer estudio, como se dijo, en tanto, la progresiva apropiación de un campo conceptual, Vergnaud (1990), supone, que el estudiante, reelabore sus descripciones y representaciones al interactuar con diversas situaciones y problemas, éstas pueden ser mediadas desde la bibliografía consultada en la que se incluye información en diferentes formatos bajo una propuesta didáctica subyacente. La descripción del tratamiento del campo conceptual de la inducción electromagnética en los distintos textos de Física de nivel universitario básico más usados por los alumnos de un determinado contexto académico, permitió descubrir la relevancia que la temática presenta dentro del contexto de cada libro. Sin embargo, la modalidad de presentación de los contenidos puede influir fuertemente la construcción de significados en cuanto tendencia mecanicista se refiere o en el insuficiente énfasis de las condiciones de validez de los modelos. Por otro lado, el tipo de representaciones utilizadas (gráfica, simbólica, pictórica, geométrica, etc.) favorece, en algunos de los textos más que en otros, la posibilidad de decodificar la información presentada. La existencia de ejemplos vinculables a las situaciones planteadas, no son suficientemente sistematizados como para que el estudiante pueda organizar mentalmente los distintos aspectos que presenta un concepto.

Respecto al segundo estudio, que consistía en el análisis **de la confiabilidad y validez** de los cuestionarios- diagnóstico a utilizar en la investigación, indicó que los mismos resultaron ser válidos y confiables para el grupo clase. El diagnóstico inicial presentó un coeficiente alto de confiabilidad alfa de valor  $\alpha = 0.92$ , mientras que en el cuestionario diagnóstico final, fue de  $\alpha = 0.92$ .

En el tercer estudio, se analizaron los tipos de respuestas de los estudiantes encontradas en el diagnóstico inicial y final. El primero se llevó a cabo en el grupo clase mientras que el segundo se desarrolló en dos subgrupos del mismo.

Se observó que las dificultades encontradas en el cuestionario **diagnóstico inicial**, son globales pero se concentran en los subtests correspondientes a interacciones e inducción electromagnética. La ausencia de respuestas a las situaciones como las que se presentan en la tabla 10ª, la proporción de respuestas incorrectas e incompletas estaría indicando que los alumnos inicialmente no poseen una estructura de significados como para enfrentarlas. En el diagnóstico inicial, la mayoría de los alumnos, no responden las cuestiones o contestan reproduciendo el enunciado. Si a éstos se agregan los alumnos que responden en forma incorrecta, una primera inferencia es que los alumnos, en general, no pueden resolver estas situaciones, particularmente, las situaciones 1, 2, 3 y 4, en cuanto no han construido los significados suficientes para resolverlas. Un porcentual alto se encuentra en la clase “respuestas incompletas”. Es este el caso de los alumnos que no logran expresar sus representaciones en forma adecuada de otro modo que no sea lingüístico-verbal o discursivo, o sus argumentaciones no son suficientes como para dar cuenta del modelo científico subyacente.

En otro orden, se detectó que algunas de las dificultades se sostienen a **posteriori de la instrucción** y que surgen como respuestas en el cuestionario diagnóstico final o de integración y actividades complementarias. Sin embargo, es relevante destacar que estas dificultades emergen en menor proporción. En particular, el subtest referido a Inducción Electromagnética parece, desde estos estudios, presentar una notable diferencia respecto al diagnóstico inicial, en cuanto a la riqueza y diversidad del conocimiento en acto reflejado y su proximidad con aquellos del modelo científico, lo que posibilitaría argumentar sobre una mejora en los niveles de conceptualización y sería indicador del impacto de las estrategias didácticas relacionadas con la inducción electromagnética, fuentes del campo magnético y la primera parte del subtest interacciones electromagnéticas.

Estas impresiones se confirman en el **cuarto estudio**, en el que se exploraron las tendencias generales en el conocimiento inicial de los estudiantes así como las manifestadas a posteriori de la instrucción.

Así, en el diagnóstico Inicial, aparecieron un conjunto de categorías construidas débilmente a partir de las limitadas respuestas obtenidas: IAD, IB, IEB. Como se dijo, simbolizan más bien, aspectos individuales del conocimiento de algunos alumnos. Las debilidades encontradas a la hora de representar los significados subyacentes es clara evidencia de ausencia de conceptualización del campo conceptual en la mayoría de los alumnos y algunas señales registradas como un nivel “NA” de conceptualización de los alumnos.

Entre los posibles obstáculos más relevantes con los que el alumno se puede encontrar a la hora de enfrentar nuevas situaciones, están las confusiones derivadas de las dificultades para diferenciar fenómenos vinculados a masa, carga y polo magnético, respectivamente. Así como también aquellas que suponen considerar la “inducción como fuerza o como transferencia de carga” o la “inducción electromagnética como campo magnético” o como “su modificación”. Por otro lado, se detecta la tendencia a recurrir a representaciones más familiares y cotidianas de las propiedades de los imanes.

Respecto al **diagnóstico final**, la distribución de alumnos en cada categoría construida como síntesis de los patrones emergentes permite argumentar sobre una posible mejora en los niveles de conceptualización observables en el segundo grupo. Así, para los ejes analizados, se identificaron cuatro categorías. Los patrones emergentes: IF, IAD, IMOV IQB IMFDOB, IPARA, IEFEMI, IECI, IEB correspondientes a cada categoría como se muestra en la Tabla 11, son la expresión más cercana al registro empírico y evidencia del reconocimiento de los distintos aspectos del concepto. Muestran que, por un lado, una mayor cantidad de alumnos del segundo grupo identifican una diversidad más rica de “dimensiones” para cada concepto; por otro lado, las representaciones simbólicas utilizadas tienden a ser más precisas y complejas en este segundo grupo lo que manifestaría el logro de una mejor conceptualización.

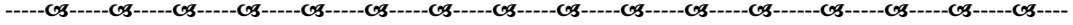
En relación con el eje Interacciones, aparece una categoría IFL que incluye cuatro patrones emergentes, de los cuales el grupo G1 tiende a reconocer o identificar la interacción entre diversos elementos planteados en las situaciones del cuestionario de integración o final solo las magnetostática, electrostáticas y la propiedad de ejercer atracción o repulsión a “a distancia”. El espectro de posibilidades, expresado en la

Tabla 11, es distribuido entre los alumnos del segundo grupo, particularmente aquellos aspectos más complejos.

Por otro lado, alumnos del grupo G2, tienden a reconocer la microestructura de los imanes dentro de la categoría que incluye aquellas explicaciones que señalan los imanes como referencia de fuente de campo magnético como también las posibles aplicaciones dentro del contexto ciencia-tecnología-sociedad.

Respecto a la categoría que incluye eexplicaciones que relacionan la inducción electromagnética –como femi o como corriente inducida- el grupo G2 se distribuye en los seis aspectos reconocidos para este concepto y que fueran agrupados en dos patrones que contemplan ya sea la inducción electromagnética como fem inducida o como corriente inducida. El grupo G1, si bien en forma análoga al grupo G2, tiende a reconocer la femi inducida como consecuencia de una variación de flujo magnética a través de una espira, manifiesta sostener en forma equivalente este fenómeno, como consecuencia del campo magnético.

El conocimiento operativo reflejado en estas categorías y patrones, hablan de un acercamiento a la construcción gradual de significados más próximos al modelo científico; con mayor incidencia en el grupo G2 por lo que podría pensarse en una mejor conceptualización.



## **CAPITULO 6**

# **ANÁLISIS DE RESULTADOS II**





## **Introducción**

En este capítulo, como se anticipara, se presenta el Estudio 5. Es un análisis detallado de las respuestas de 12 alumnos, 6 del primer grupo y 6 del segundo. En éste, se entra de lleno en un estudio profundo del nivel de conceptualización. Para ello se describen en detalle los aspectos más relevantes de las respuestas dadas por estos estudiantes y se identifican los conceptos utilizados por los alumnos al resolver diversas tareas que bien pueden vincularse a los “conceptos en acto” descritos por Vergnaud (1990). Se incluyen las representaciones lingüísticas, pictóricas y simbólicas que a juicio del investigador resultaron de interés. En forma simultánea, este trabajo de los estudiantes se coteja con las respuestas dadas por los mismos a una entrevista en profundidad, administrada en forma individual, al finalizar el tratamiento temático con el fin de ahondar en la conceptualización lograda por cada estudiante. En cada caso se delinea el nivel de conceptualización tentativo alcanzado por los alumnos de ambos grupos, en relación con los diagnósticos realizados.

Finalmente, se presenta un resumen de las tendencias en las respuestas a cada situación encontradas en ambos grupos.

De esta manera, mediante un proceso de focalización progresiva, se intenta explorar cómo influye el empleo de una estrategia didáctica alternativa en la apropiación del campo conceptual de la inducción electromagnética.

## **Estudio 5**

En este estudio se profundizan doce casos; seis del primer grupo y seis del segundo grupo.

### **6.1. Estudio 5. Subgrupo 1**

A continuación, se presenta el análisis, en profundidad, sobre los niveles de conceptualización en el Subgrupo 1.

#### **6.1.1. Descripción del contexto de clase**



El tipo de enseñanza recibida por los seis alumnos del Subgrupo 1 corresponde al que podría designarse como de “tipo tradicional”. Para los alumnos no es diferente a la que habitualmente se les imparte. Durante el “dictado” de Física II, el profesor de la cátedra, presenta los contenidos a través de su exposición oral, utilizando sólo como recurso el pizarrón. Los alumnos, a su vez, escuchan, toman nota y resuelven, posteriormente, en forma grupal unas guías de ejercicios y problemas del tipo de los de final de capítulo de textos de Física. El número de clases teóricas y prácticas que se alternan respectivamente según el desarrollo del programa, son tres por semana. Dado que la institución no cuenta con laboratorio de Física, los estudiantes no realizan ningún tipo de tarea experimental. Tampoco tienen acceso a recursos informáticos suficientes como para utilizar NTIC’s.

### **6.1.2. Representaciones, posible conocimiento en acto y niveles de conceptualización**

#### **Estudiante A1**

Es un alumno recursante. Proviene de una escuela técnica de la cual egresó cinco años antes de recursar esta asignatura. Ha aprobado primer año de la carrera de Ingeniería y se encuentra cursando el 2º año sin haber aprobado aún ninguna de las asignaturas de este nivel. Afirma que el texto básico en sus estudios ha sido la Física de Serway Vol. II.

Inicialmente A1, explica la inducción como la propiedad de **transferir cargas a distancia**. Sería como un fenómeno de “conducción” a distancia. En forma análoga asocia este concepto a la capacidad de atracción que posee una barra electrizada. Así, se expresa en estos términos.

*“la inducción es una transferencia de carga eléctrica (electrones) entre dos materiales sin que estén en contacto”*

*“la barra electrizada atrae a la esfera por inducción” (R1USI 14)*

Es decir, coexisten dos maneras de significar el concepto: como “conducción y como interacción a distancia”.

A1, parece identificar los **imanes a través de las tradicionales propiedades visibles como la atracción o repulsión de materiales**. Sin embargo, adiciona a esta propiedad, la interacción con un campo magnético producido por una corriente.

A1, al analizar la situación 4 del cuestionario diagnóstico (Ver anexo I) en la que se propone la interacción imán coaxial con espira conductora, plantea la generación de corriente inducida, a través de la existencia o no de un campo magnético. Podría ser un obstáculo de tipo epistemológico, muy común en los alumnos, en tanto la idea de flujo magnético aparece desdibujada. Por lo que, para este alumno, la inducción dependería del campo magnético y no del flujo magnético.

*“cuando el interruptor se abre también circula corriente por la espira, en un pequeño intervalo de tiempo en el cual el campo está cambiando” (R1 USII 21)*

Al resolver el problema, centra la interacción en la espira ignorando el imán. El campo magnético del solenoide no aparece en forma explícita. ¿Será una dificultad para controlar más de una variable en forma simultánea vinculada al nivel de desarrollo del pensamiento (formal)?

Cuando se le pregunta acerca de la interacción entre campo magnético de un imán y el flujo de cargas de un televisor –Actividad Complementaria 1- su respuesta se centra en el efecto de cambio de color debido a la magnetización que produce el imán:

*Cambia el color de la pantalla porque se produce una imantación (R1 USI 15)*

En cuanto a la respuesta numérica del problema, se observa algo así como una transición del concepto de variación de campo al de variación de flujo, sin embargo hay discrepancias entre los distintos formatos. ¿Será que A1 tiene dificultades para la interpretación / decodificación de la información? En relación con las representaciones que presenta el estudiante A1, son de tipos gráficas y simbólicas formales.

En el **cuestionario de integración**, A1 centra el tratamiento del problema de las cinco espiras en la femi. Un concepto a nuestro juicio, operable. Considera a la corriente inducida como una consecuencia del movimiento relativo entre espira y campo

magnético. Para asignar sentido a la corriente inducida recurre a la Ley de Faraday Lenz en los siguientes términos:

*“tengo que usar la Ley de Faraday y de Lenz para calcular el sentido de la corriente inducida en la espira”.* (R1 USII 29)

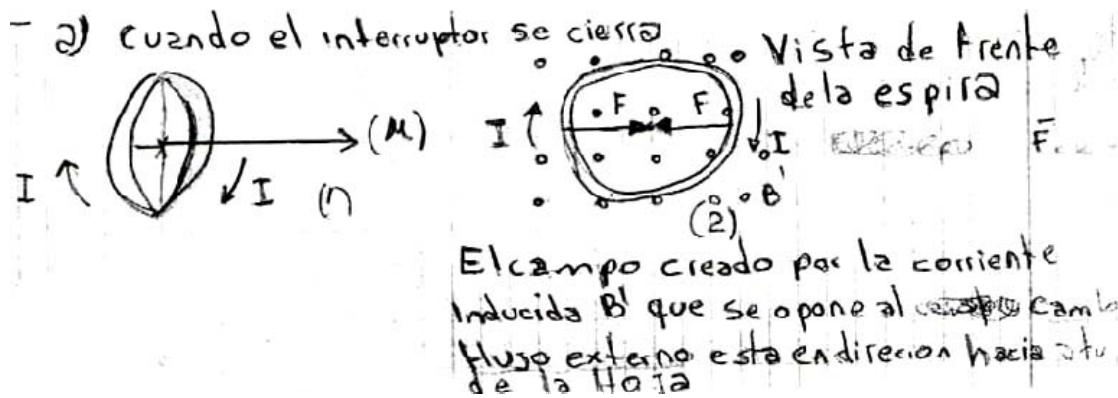
Parece tender al modelo científico cuando relaciona la femi como variación temporal del flujo de las líneas de campo a través del área de una superficie.

Incluye el principio de conservación de la energía, en razón de la *“polaridad de la femi que se establece en cada lado de la espira”* en forma análoga al de la barra deslizante.

¿Acaso un razonamiento por semejanza? Típico de los **procedimientos del sentido común** ¿Acaso es un obstáculo de tipo ontogenéticos? (Pozo, 1997) y supone la existencia de flujos opuestos para explicar la no variación del flujo en la espira. Asigna sin embargo, femi a las espiras 2 y 3 donde no hay variación efectiva de flujo. ¿Acaso es un obstáculo epistemológico?

Reconoce una espira de corriente como fuente de campo magnético y al imán como fuente permanente de campo magnético. Las interacciones son identificadas a través de efectos visibles como la atracción entre cuerpos y aún la interacción entre campos. Al respecto cabe destacar que confunde las fuentes de los campos que analiza en cada situación.

Dentro de sus creencias se incluye la inducción como generación de corriente. ¿Cuál es la representación de A1 sobre la interacción entre una bobina conductora y un campo magnético? En la Figura 17 es posible apreciar las representaciones que A1 explicita con relación a la variación de flujo magnético; se pueden observar las claras contradicciones que A1, aún presenta. El campo magnético representado por B', según A1, es el creado por la corriente inducida I.



**Figura 17.** Variación de flujo magnético a través de una espira conductora (A1)

En suma, el grado de apropiación del campo conceptual de este estudiante podría responder a un **nivel de conceptualización bajo**, dado que presenta dificultades para representar y operar las magnitudes más relevantes propias del campo conceptual. Asimismo, su comprensión sobre los fenómenos es relativa, dada la no pertinencia de las relaciones que se revelan en las afirmaciones de conocimiento detectadas en las respuestas a las situaciones planteadas. En ellas se observan posibles obstáculos epistemológicos y ontogenéticos.

### **Estudiante A2**

Es técnico mecánico. Su título proviene de una carrera técnica secundaria de seis años. Tiene 21 años y es de un distrito rural aledaño. Tiene como promedio en la carrera 7 (siete). Considera que “está bien hasta el momento” en la carrera. Ha aprobado Física I con 4 (cuatro). Manifiesta sus mayores dificultades durante el aprendizaje de esa asignatura “ *fueron los problemas, desarrollar preguntas, y los ejercicios de múltiple opción*”. No ha trabajado nunca con mapas conceptuales, ni ha identificado o relacionado conceptos. Su forma de estudiar es: “ *leer, ver las cosas más importantes, pero... nunca razonando*”.

En el diagnóstico inicial, evoca sus conocimientos “almacenados” y asocia la inducción a una fuerza, que puede transmitirse entre metales e imanes. Esta propiedad para él, produce algún tipo de agitación (movimiento... ¿alteración?) en los cuerpos. La intensidad de esta propiedad para A2, depende de la calidad del conductor.

Aparentemente reconoce la existencia de un campo, pero no discrimina cuál es. Interpreta la interacción presentada entre una esfera de aluminio y la barra cargada a partir de lo que podría ser una interacción magnética.

*“El aluminio no es, me parece, un gran conductor pero, igual es atraído por la barra. Parece que hay un campo magnético que se está induciendo en los cuerpos pero no es muy grande la fuerza o el efecto.” (R2 USI3)*

El hecho de que la interacción sea a distancia o por contacto para A2, reside en la calidad del conductor. A su vez, la causa del “contacto” entre un metal y una barra cargada- atracción - es atribuida a la polaridad.

*...” éste aparentemente es el mismo ejemplo que el anterior, pero el campo magnético es tan fuerte que atrae al otro cuerpo que son opuestos en polaridad y quedan unidos”. (Ibíd.)*

A2, no resuelve en forma completa las situaciones y cuestiones. Sin embargo, es posible recolectar algunas ideas que expresa como, por ejemplo, que la corriente eléctrica es:

*“un pasaje de electrones que fluyen continuamente...”*

*“los electrones realizan un circuito en el cual se desplazan los electrones hacia el ánodo en un circuito cerrado atribuido a una fuerza eléctrica de alimentación (R2US I 19-23)*

A2, muestra una idea de polo magnético como acumulación de cargas. Un imán es descrito por sus efectos de atracción o repulsión, en un nivel muy simple. Sin embargo la causa de la interacción reside en la

*“carga que posean los cuerpos atraídos o rechazados” (R2US I 24-26)*

Todas las expresiones de las representaciones de A2, son lingüísticas y no responde el resto del cuestionario diagnóstico inicial.

El rendimiento de A2, hasta promediar el cursado tiene altibajos. No logra aprobar la primera evaluación parcial pero la recupera posteriormente, mostrando una evolución en el manejo vectorial – formal – conceptual a través de ejercicios de lápiz y papel, con cuestiones vinculadas a la electrostática, que incluyen el cálculo del campo eléctrico de

un cilindro conductor cargado, donde apenas esboza un croquis y se remite a reproducir el cálculo del campo externo sin ningún tipo de argumento que le permita incorporar la idea de flujo vectorial.

Cuando resuelve la situación problema del cálculo de la femi durante la “interacción entre un solenoide por el que circula corriente una y espira coaxial de radio variable”, planteado en el proceso de aprendizaje de la asignatura durante el tratamiento de la ley de Faraday, reconoce los conceptos concretos asociados a los elementos que interaccionan entre sí como la espira y el solenoide. En forma análoga ocurre con la corriente. Asimismo, parece entender la interacción magnética entre ambos elementos y relaciona la corriente inducida con el campo magnético del solenoide.

En las representaciones gráficas coloca como concepto relevante el área, pero vinculada sólo al momento magnético. Asocia la polaridad del solenoide a la de un imán. En este momento de su proceso, el vocabulario de A2 parece que se ha ampliado. La profundidad de la conceptualización se observa en las ideas que expresa. Afirma que la situación física que se **produce entre la espira y la bobina se basa en el campo magnético que ambas producen**. Sin embargo, como se dijo, no repara en el concepto de flujo magnético, ni en su variación. Expresa que ambos campos deben ser opuestos y, en el caso de la espira, debe ser variable para que exista inducción. Para ello la espira debe rotar o cambiar de ángulo. No se observa en el análisis que realiza, la intervención del área de la espira como tampoco integra en sus conclusiones las posibilidades de variación de la corriente en el solenoide a pesar de haberlas relacionado gráficamente en el ítem anterior. Las representaciones simbólicas y gráficas que utiliza para la corriente inducida, momento magnético y fuerza ejercida sobre la espira se corresponden con el modelo científico

Casi a fin de cursado, A2 parece estar muy **seguro de que la inducción es producida por un campo magnético y que también produce corriente**. Para él, el hecho de que exista una femi es condición para que exista un flujo. La intensidad de esa femi dependerá de cómo “*se altere*” la espira en el campo magnético.

¿Supondrá por alteración, un movimiento dentro del campo? ¿Pensará en el área de la espira? ¿Qué es lo que entiende por femi? Estas preguntas luego, reformuladas en la entrevista, permiten una aproximación a su pensamiento (R2 III T 20-24)

Turno	Prof./Investigador	Alumno
20	Afirmas...	<i>Al.- que induzco corriente en otro objeto por ejemplo. Este campo magnético que yo puedo obtener, a través de la inducción que haya una <u>intensidad de corriente</u>.</i>
21	P1.- (La respuesta escrita) dice, “inducción producida por un campo magnético. Inducción produce corriente”. ¿Qué quieres decir inducción producida por un campo magnético?	<i>Al.- que por medio del campo magnético puede originar una inducción en una espira, por ejemplo. ..</i>
22	P.- Tu respuesta escrita dice “ <b>fem inducida emite un flujo</b> ” ¿qué quisiste decir?	<i>Al.- eh... que al haber una diferencia de potencial va a haber un flujo.</i>
23	<b>P.- ¿un flujo de qué?</b>	<i>Al.- un flujo de electrones</i>
24	P- ¿de electrones? Ah, ¿una corriente quisiste decir?	<i>sí</i>

A2, parece volver al conocimiento asimilado y “cambia” el significado de flujo. En lugar de remitir a flujo del campo magnético, piensa en un flujo de electrones.

A2, aparentemente, diferencia la inducción electromagnética de la eléctrica pero opina que en un dieléctrico (la femi) se polariza el material y si esta femi es producida por medio de una diferencia de potencial interacciona; si la inducción se debe a una diferencia de potencial, produce campo eléctrico. Así, por ejemplo, encontramos en el diálogo de (R2 III T25-30):

Turno	Prof. / Investigador	Alumno
25	¿Qué quisiste decir? con “esta fem inducida en un dieléctrico.... Polarización”	<i>A.- que si tengo una <u>placa positiva</u> y otra negativa, al colocarle un dieléctrico producía una polarización.</i>
26	P.- ¿dentro del dieléctrico? ¿Y la fem inducida qué tiene que ver?	<i>Al.- claro me imaginé la fem inducida por medio de una diferencia de potencial</i>
27	P-¿Es lo que has querido decir?	<i>Al.- Claro. Entre las paredes digamos de un dieléctrico..Existe.....</i>

28	P.- ¿acaso...una diferencia de potencial? P.- ¿qué quieres decir?...Si tenemos una diferencia de potencial ¿cómo la vinculas con el campo eléctrico?	Al.- ¿eh?
29	P.- Por ejemplo, cuando tienes el material dieléctrico entre las placas de un condensador ¿qué le ocurre?...¿Dónde hay un campo eléctrico?	Al.- Se polariza el dieléctrico
30	P.- ¿Qué tiene que ver con este caso que tienes acá?	A.- Ahí hay un campo eléctrico

Por otro lado, A2, sostiene que las interacciones electrostáticas “deberían” ser siempre de contacto siempre y cuando las fuerzas sean suficientemente intensas. Así, se expresa:

*“...Cosa que no siempre ocurre porque las fuerzas de atracción no son suficientemente intensas” (RI US3-4)*

Aparece nuevamente, en sus argumentaciones, la debilidad de la fuerza como “causa” de que la interacción sea por contacto o a distancia ( tal como en el diagnóstico)

Podría decirse que si bien, A2 presenta una variedad de conocimientos en acto, el tipo de relaciones que establece aún es inadecuado en algunos casos o insuficiente en otros, si bien, utiliza en forma adecuada los diferentes modos de representar la información. Su **nivel de conceptualización** se encuentra **en transición** hacia el nivel **medio**. Esta inferencia es corroborada como se ha visto en la entrevista final, donde además es posible observar la tarea de mediación requerida para que A2 no sólo explicita sus conocimientos sino reestructure algunas de sus ideas, manifestando posibles teoremas-en-acto.

### **Estudiante A3**

Es técnico electromecánico; vive en un distrito cercano, por lo que diariamente debe viajar para concurrir a clase. Habitualmente lo hace en bicicleta. Ayuda a su padre en la finca. El promedio de su carrera es 8 (ocho) hasta el momento. No tiene pendiente ninguna materia y las ha aprobado por promoción directa, sin examen final, lo que habla de su tesón.



A3, menciona haber estudiado electromagnetismo, en el colegio secundario. Cuando se le pregunta acerca de la inducción, inmediatamente, la vincula a lo que él designa como “*inducción magnética*”. Argumenta, en forma contundente, sobre qué la produce y cómo se produce, expresando varias afirmaciones de conocimiento que pueden ser signo de sus invariantes operatorios. Recurre a una rica variedad de conceptos que considera relevantes y que pone en juego a la hora de expresarse, relacionándolos a través de ideas que considera verdaderas:

*“... debía existir un campo magnético en el cual se encuentran las líneas de fuerza las cuales deben cerrarse en algún lugar en el espacio...”*

*..” Para que se produzca una inducción debe existir una fuerza electromotriz que es la diferencia de potencial magnético entre dos puntos...”*

*La inducción se produce al poner una porción del material ferromagnético en un campo magnético, las líneas de fuerza lo ¿atraerán? con una cierta cantidad de líneas de fuerza, por unidad de área.*

*La inducción magnética depende de las características del material mencionado, y de la intensidad del campo magnético.* “(R3 US 1 8-11)

En el cuestionario diagnóstico inicial (Anexo I) al resolver la primera situación, interacción de la barra electrizada con una esfera de aluminio, A3 expresa:

*“En este caso la barra se acerca (electricidad negativamente)... en la esfera se concentraron las cargas positivas del lado de la barra y del otro las cargas negativas”* (R3 US I 4)

En el segundo caso, la interacción entre la hoja de afeitar y el imán, diferencia el imán del acero en cuanto a la invariancia de la propiedad magnética del imán respecto a un material como el acero:

*...” en cambio el acero, en presencia de un campo magnético, orienta sus dipolos de tal manera que se transforma en un imán no permanente....*

*Acero implica un material ferromagnético” (R3 USII 4-6)*

Sin embargo, no llega a explicitar el tipo de interacción como tampoco explica lo que efectivamente sucede. Cuando se trata de una barra electrizada en contacto con una esfera de aluminio, alude a que la esfera, en su zona próxima a la barra acumulará la mayor cantidad de carga posible de signo contrario. Es interesante observar las expresiones que utiliza al explicar la interacción entre el imán y la hoja de afeitar cuando argumenta que “el imán debe borrar líneas magnéticas”

*“La gillette se desplaza hacia el lado del imán, en primer lugar, porque ella es de acero y, en segundo lugar, porque el imán debe borrar las líneas magnéticas las cuales tocan a la gillette, atrayéndola hacia el imán (par de imanes)”(R3 USI 2-3)*

A3, al explicar el principio de generación de corriente hidroeléctrica, en las respuestas a la situación 5 del cuestionario diagnóstico inicial explica:

*“La corriente se produce en centrales eléctricas accionadas por diversos mecanismos como lo pueden ser: turbinas de vapor, turbinas de agua... Encuentra el rotor del generador de electricidad, éste induce un campo magnético en el núcleo metálico en los bobinados del estator, logrando hacer circular corriente eléctrica en ellos, lo cual se distribuirá en una red eléctrica.” (R3 USI 2-3)*

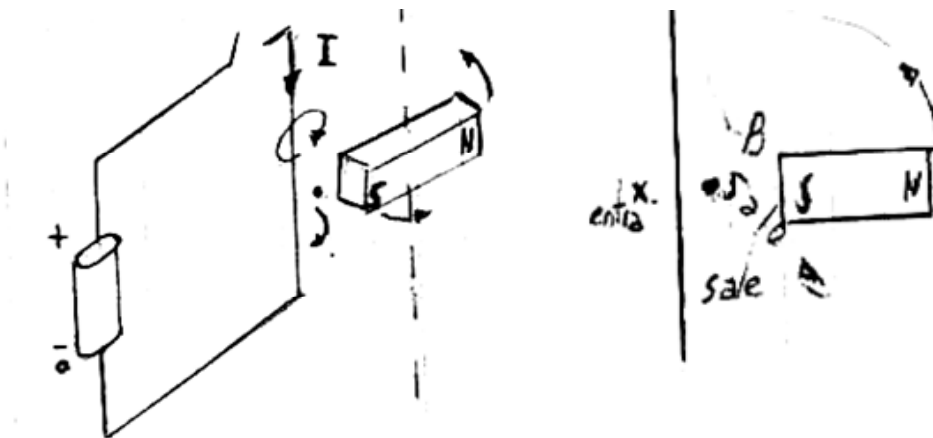
El estudiante **A3**, posee en su estructura cognitiva conceptos que considera relevantes y que selecciona al enfrentar situaciones y tarea dentro del campo conceptual, si bien la diversidad que explicita es insuficiente pero más allá de ello, se observa una pobreza en cuanto el tipo y cantidad de relaciones que establece.

Durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, A3, manifiesta inconvenientes a la hora de interpretar el enunciado de una situación. Tiene dificultades para representar pictóricamente tanto el dibujo de la situación (cable-brújula) como las magnitudes vectoriales intervinientes. Éste es un obstáculo recurrente en varios de los estudiantes de

este grupo, que es detectado al plantear en el pizarrón esta situación. Luego de un par de clases de discusión grupal, se le pide analizar lo que le sucede a un imán si se suspende próximo a un hilo de corriente que forma parte de un circuito (Mc Dermott et al., op. cit.) y A3 afirma que:

*“...para que gire en el sentido de la figura (antihorario) el hilo debería crear un campo tal que se enfrente con el sur del imán y para ello la corriente debería ir “hacia abajo” (ver Figuras 18 y 19)*

Como se observa en la parte derecha de la Figura 19 A3 representa una línea de campo magnético alrededor del hilo de corriente, a través de la codificación convencional (punto para línea saliente de la hoja de papel y cruz para línea entrante), aunque no las denomina. Señala el movimiento de rotación del imán como si experimentara el rechazo del polo norte al conductor. La pregunta es si considera que el conductor de corriente ha creado un polo sur en las proximidades del imán



**Figuras 18 y 19** Interacción hilo de corriente / Imán (A3)

En la misma figura, se puede observar además que A3 asigna efectivamente el polo sur al hilo de corriente en el punto indicado con “S” donde se interpreta que el campo magnético del hilo “sale de la hoja”; contrariamente, dibuja una línea de campo magnético del imán ingresando al polo sur del mismo. ¿Acaso el estudiante A3 se plantea dos convenciones contradictorias? ¿Tal vez en vías de reestructuración? ¿O es un problema de significantes?

A3 parece reconocer las fuentes de campo magnético aunque tenga aún dificultades para describirlas recurriendo a un tipo de expresiones como las simbólicas y pictóricas.

Más adelante, se le pide que resuelva un ejercicio típico de los de fin de capítulo de la bibliografía tradicionalmente utilizada en estos cursos, donde debe aplicar la Ley de Faraday Lenz para calcular la fem máxima inducida y deducir la expresión general de la fem, generada por una espira en rotación dentro de un campo magnético uniforme. A3 logra calcular en forma correcta la fem máxima inducida, pero manifiesta dificultades para derivar la expresión del flujo magnético (regla de la cadena) y expresar la descripción simbólica temporal de la fem. Tampoco logra representar gráficamente dicha función.

En el **cuestionario de integración**, al resolver la primera situación, interacción de la barra electrizada con la esfera de aluminio, A3 parece tener para sí, muy en claro el tipo de interacción y la expresa así:

*“La barra electrizada con carga positiva en el extremo, produce una fuerza y una polarización sobre la esfera de aluminio,.. la atrae porque la distinción entre la carga positiva y la carga negativa de la esfera, es menor que la carga positiva de la barra con la carga positiva de la esfera, esto es debido a que la fuerza es proporcional a  $\frac{1}{d^2}$ ” (R 3 USII 1-3)*

Si bien, su argumentación es más bien descriptiva, reconoce la interacción como una fuerza que depende de la diferencia de signos de las cargas, y esboza un principio o modo de cuantificación, lo que podría representar una modelización incipiente. Pone en juego conceptos como “polarización” “proporcionalidad” y “recíproco de distancia al cuadrado” vinculando estos conceptos mediante dos afirmaciones que podrían considerarse como un teorema en acto:

*“La fuerza depende del signo de la carga y de la distancia al cuadrado”*

Cuando se presentan en contacto la barra y la esfera, A3 señala que:

*“la barra transporta sus cargas a la esfera, por lo tanto la esfera tendrá más cargas positivas que negativas, quedan juntas si el hilo es no conductor” (R3 USII 7-8)*

Al analizar la interacción entre un imán y un metal señala que el acero al estar dentro del campo magnético  $\mathbf{B}$  el imán, orienta sus dipolos transformándose en un imán permanente.

A3, posee cierto conocimiento que pone en juego a la hora de explicar estos casos dentro del eje sobre interacciones mediadas por la fuerza de Lorentz, pero parece que no se han relacionado entre sí – organizado- suficientemente, como para conformar un fuerte esquema que le permita dominar la temática en forma plena y resolver este tipo de situaciones. La expresión de sus representaciones es preferentemente lingüística.

Respecto al subtest 3, es interesante mencionar que sus respuestas son adecuadas y es de destacar el argumento utilizado al justificar el sentido de circulación de corriente inducida en la espira conductora (situación 4), en cuanto señala que:

*“la femi debe tener valor negativo para que responda a la conservación de la energía; esto significa polarizar” (R3 USII 22)*

Al realizar la entrevista con A3, se le pregunta qué conjunto de conceptos seleccionaría para analizar el problema de las cinco espiras, a lo que responde si bien en términos de flujo, con un argumento centrado en el campo magnético y las líneas de campo:

*“Inducción, campo, líneas, para mí es la más adecuada, y creo que faltaría... al cortar las líneas de campo se me produce el flujo... Lo que pasa es que yo lo tomaba del punto de vista que en la secundaria estudiábamos en base al bobinado primario cuando se inducía la fem”*

*.. el barrido me corta las líneas de campo en ese sentido, entonces se opone al movimiento, por ejemplo, cuando tenemos el circuito y esto está conectado así, acá venía una corriente en sentido así para atrás del alambre que contrarreste al campo que produjo esa corriente” (R3 USIII 1-2)*

Las dificultades que aún se perciben en **A3**, como puede verse a lo largo de toda la entrevista, por ejemplo, el manejo vectorial y alguna de las relaciones que establece, posibles teoremas-en-acto, diferentes a las del modelo científico, parecen indicar que es aún bajo su **nivel**-de conceptualización dado que no sólo tiene imprecisiones a la hora de de operar con las magnitudes más relevantes sino que también presenta limitaciones en la decodificación de las mismas. Si bien hay un cierto grado de organización las relaciones no son pertinentes por lo que puede interpretarse como una débil comprensión del modelo científico.

#### **Estudiante A4**

Es técnico electromecánico. Tiene 22 años y tiene parte del primer año de la carrera aprobado. Aún no ha rendido Física I, Algebra y Análisis Matemático.

Al inicio del tratamiento de la temática, al preguntarle acerca de la inducción, manifiesta haber estudiado este tema en el colegio secundario. Explica que la inducción es un fenómeno entre cuerpos alejados entre sí.

*“la inducción es un fenómeno eléctrico que ocurre en un cuerpo, producido por otro sin tener contacto físico alguno entre ellos”.* (R 4USI 37-39)

Al resolver el cuestionario **diagnostico inicial** señala para el primer caso que:

- La interacción que ocurre entre estos materiales es una atracción magneto – eléctrica.
- En la barra electrizada se produce un campo eléctrico – magnético que atraviesa la esfera de aluminio.
- En ésta se genera una orientación de sus cargas, que provoca una atracción entre ambas.

Respecto a la segunda cuestión, plantea una semejanza con el caso anterior excepto por el imán:

*“lo que acontece aquí, es un fenómeno de iguales características, con la diferencia que se utiliza un imán natural y no se necesita una corriente eléctrica para generar un campo electromagnético”. (R 4 US 5-7)*

En relación al tercer caso – barra cargada y esfera metálica en contacto, expresa:

*“En este caso la esfera y la barra se encuentran en contacto conformando una sola masa, y generan un solo campo electromagnético con sus respectivas líneas de campo“ (R 4 US I 8-9)*

A4, al analizar los distintos tipos de interacciones plantea además el comportamiento de los polos como cargas de distinto signo y no diferencia claramente los tipos de interacción. Su respuesta al contacto entre la esfera de aluminio y una barra cargada, queda expresada como:

*“atracción magneto eléctrica entre un cuerpo cargado y otro metálico...el campo magnético orienta las cargas de la esfera de aluminio“... (R4, US I 1-7)*

*“barra electrizada; se produce un campo eléctrico magnético que atraviesa la esfera de aluminio. (R4, US I 2)*

Como se puede observar, sostiene que una barra electrizada es una fuente de campo magnético. Parecería que no distingue claramente las fuentes de los distintos tipos de interacciones como tampoco la estructura interna de los imanes (Zubimendi et al., 2005).

A4 ostenta ciertos conceptos en acto pero sus ideas distan aún del modelo científico. La confusión respecto a las fuentes se manifiesta al afirmar que el *“Imán es una fuente de corriente en un cable” (R4 US I 44)*. El análisis de la siguiente situación lo confirma.

Al resolver la interacción hilo de corriente /imán, en la situación 3, sus referencias respecto de los imanes son más bien concretas, dentro del ámbito perceptual y/o funcional, en términos de sus aplicaciones, como se observa:

*“un imán es el nombre común que se da a la magnetita, la cual es un mineral que se encuentra en la naturaleza con la propiedad de atraer o repeler otros materiales generalmente metálicos y al fenómeno que acontece se lo llama magnetismo. Se lo utiliza en la industria, por ejemplo, para la fabricación de parlantes, audífonos entre muchos otros, por la razón de que es muy útil la propiedad que los caracteriza.” (R4 USI 40-43)*

Cuando intenta explicar la interacción sostiene las siguientes ideas, sin tener en cuenta que por el hilo, que se presenta en la situación, ya circula una corriente:

- El campo magnético provoca una corriente en el cable.
- El campo magnético induce una fem.
- La fem provoca un movimiento de electrones.
- El movimiento de electrones se predice con la regla de la mano derecha.

*“En esta ocasión el imán, provocaría una corriente en el cable, si el campo magnético del mismo imán variase o se acercara o alejara el cable. El campo magnético induce una fuerza electromotriz en el cable, lo que provoca un movimiento de electrones en el mismo que se puede predecir el sentido mediante la ley de la mano derecha” (R4USI 44-45)*

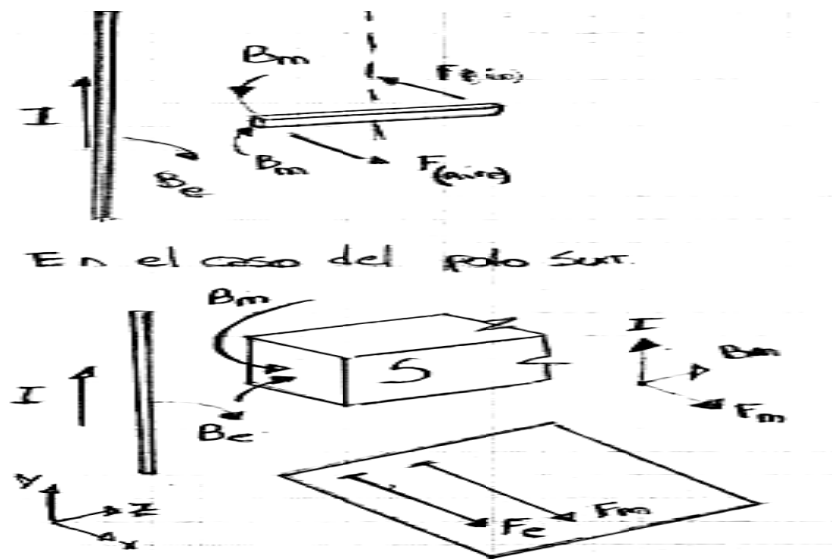
Afirma además, que se produce una femi (fuerza electromotriz inducida) como resultado del acercamiento o alejamiento del imán al cable. Parecería haber analizado previamente la experiencia de movimiento de un imán frente a una bobina, si bien, sus afirmaciones guardan distancia con un modelo operativo que le permita realizar inferencias pertinentes. Sus ideas no son ajenas al campo conceptual sin embargo, es posible que el obstáculo se presente a nivel de “regla de producción”; *si...entonces...* ¿Es posible que pueda delimitar el objeto de estudio? ¿O es que trabaja a ciegas”. Todas las expresiones son lingüísticas.

Al abordar la actividad complementaria, la causa de la fem inducida (circuito de barra deslizante dentro de un campo magnético uniforme), realiza un análisis incompleto sobre el fenómeno de inducción y manifiesta una representación confusa de la femi, no puede discriminar si la femi se debe a la oposición de un campo magnético inducido respecto al del inductor o a la variación de flujo puesto que considera que ambas afirmaciones son verdaderas.



Durante el cursado, al analizar la situación donde se presenta la interacción entre un solenoide y una espira de radio variable, A4 centra la idea de inducción en la variación de líneas de flujo y, si bien, la reconoce cuando el área se incrementa aduce que se produce un flujo opuesto al campo magnético inductor, lo que hablaría de una representación de la inducción como variación de flujo entramada con la necesidad de oponerle al **campo magnético** inductor, no a la variación flujo.

- La espira produce un campo opuesto al solenoide en su interior, debido a la circulación de corriente que se producirá por acción del campo magnético del solenoide.
- La fuerza sobre cada partícula es hacia fuera.
- El campo magnético de la espira presenta una polaridad N-S.



**Figura 20.** Interacción hilo de corriente imán (A4)

En la evaluación de integración, A4 considera los **polos magnéticos como una acumulación de carga**, afirmación que confirma cuando en la entrevista, se le pregunta en forma directa su idea al respecto. Estas afirmaciones mostrarían una representación entremezclada entre cargas eléctricas y polos magnéticos. Parecería que coexisten las dos representaciones

*“el fenómeno de atracción se debe a la diferencia de cargas originando polos de distinto signo, lo que provoca tendencia a juntarse” (R4 USII 1)*

Esta afirmación sostenida desde el inicio, emerge al analizar la interacción entre un imán y un objeto de metal A4, asemeja la situación a la que se produce entre una barra cargada con un objeto de aluminio. A su vez, al tratar de identificar los polos de tres imanes- situación que se le plantea intencionalmente- afirma:

*“como 2 cargas con distinto signo se atraen, también dos polos de distinta polaridad se atraen también” (R4 USI 48)*

A4, parece manifestar una confusión respecto de las fuentes microscópicas de campo magnético, como ya ha sido detectado en otras investigaciones (Zubimendi et al., 2004; Guisasola et al., 2003)

En la situación 3 –interacción hilo de corriente /imán, A4 realiza un análisis utilizando diversos tipos de recursos expresivos. Así, dibuja, plantea relaciones simbólicas formales y geométricas, como puede verse en la Figura 20. Como se observa designa con “**Be**” (campo magnético eléctrico) al campo magnético producido por el hilo de corriente y con “**Bm**” al campo magnético producido por el imán. Al representar las fuerzas magnéticas presenta un diagrama vectorial donde indica la corriente, el campo magnético del imán y la fuerza magnética (sobre el hilo de corriente) Ahora bien ¿qué significa con **Fe**? Supuestamente sería la fuerza sobre el imán ejercida por el hilo de corriente, acaso fuerza producida por la corriente, pero esta inferencia no termina de explicitarla. Tampoco se expresa acerca de cuál es el efecto de esta fuerza sobre el movimiento de rotación del imán.

Más adelante, resuelve en forma correcta la determinación de la femi, solicitada en la situación 4- interacción espira conductora coaxial con un solenoide. En este caso también utiliza distintos modos de expresar su conocimiento. Cuando se le pide, sin embargo, que exprese la femi inducida por una bobina en rotación dentro de un campo magnético, manifiesta dificultad para operar matemáticamente, como se observa en la Figura 21; transcripción literal del registro del alumno:

$$\phi = B.A.\cos\theta \quad \theta = \omega.t$$

$$\xi = -B.A.\frac{d(\cos\omega t)}{dt}$$

$$\xi = \omega.B.A.\text{sen}(\omega t) \text{ cuando } \omega t = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \rightarrow \xi \text{ máxima}$$

**Figura 21.** Cálculo de la femi en un cuadro en rotación dentro de un campo magnético (A4)

En la situación 5 (cinco espiras en movimiento dentro de un campo magnético), selecciona el “flujo” como concepto central para el tratamiento de un problema. Al afirmar que cuando se inserta una espira dentro de un campo (**E** o **B**) eléctrico o magnético aparece una variación de flujo; su afirmación se aproxima al modelo científico, si bien, con cierto grado de imprecisión, en tanto no menciona las condiciones iniciales en las que se encuentra la espira. Establece una jerarquía lineal para los conceptos que considera más relevantes para el tratamiento del problema excepto en las relaciones entre campo magnético- eléctrico; líneas de campo-flujo; interacción-polarización. La jerarquía que establece posiciona el concepto de campo magnético como supraordenado y finaliza su lista, con conceptos como energía y conductores, (parecería una colección de conceptos importantes pero sin un criterio de análisis del orden, o jerarquía presentada). Afirma que la femi se produce como una variación de flujo:

*“según Lenz debe inducirse una fem y una corriente tal que originen un campo magnético opuesto a la variación del flujo que los origina” (R4 USII 35)*

Más adelante al analizar el sentido de corriente, afirma que la femi resulta de la generación de un campo magnético opuesto a la variación de flujo. Se observan también ciertas confusiones, tal vez de lenguaje, cuando se le pide analizar un generador como aplicación concreta de la inducción electromagnética en tanto encuadra la inducción como variación del flujo de un electroimán que atraviesa las espiras de otras bobinas

*“el generador de CA utiliza el principio de inducción magnética al hacer variar imanes o electroimanes (R4 USII 52)*

*“estos imanes varían su flujo el cual atraviesa espiras de otras bobinas”*  
(R4 USII 54)

Otro aspecto a considerar sobre la representación mental que posee respecto del campo conceptual, emerge al comparar un dipolo magnético y un imán. Centra el análisis en el tipo de fuerza sobre las cargas y no reconoce la espira de corriente como fuente de campo magnético, lo que hablaría de una representación incompleta. Al realizar la entrevista, se puede observar en los turnos 2-8 que A4 interpreta la inducción como movimiento de cargas: Así se expresa:

*“No sé....Sí, hay inducción porque existe un flujo de cargas...De igual modo se están moviendo cargas, en este caso también se están moviendo cargas, se han movido cargas, y cuando están en contacto se siguen moviendo porque se induce.”* (R4 US II)

A4 presenta dificultades para operar con vectores pero además sistemáticamente parece cambiar de esquemas “*magnético*” y “*eléctrico*”. Así, los dipolos eléctricos son designados como “*dominios*”, las cargas eléctricas son a veces “*cargas magnéticas*” los momentos eléctricos son “*magnéticos*” (turno 8).

La conceptualización de A4, al considerar la entrevista para comparar sus respuestas, podría decirse que se encuentra en **transición** hacia un **nivel medio**. Si bien, explicita un conjunto de conceptos pertinentes y evidencia algún grado de organización, las relaciones entre ellos no siempre obedecen a las del modelo científico y se observan confusiones de tipo epistemológico y ontológico. Además presenta algunas dificultades para operar formalmente con las magnitudes más relevantes del modelo conceptual.

### **Estudiante A5**

A5 tiene 20 años y procede de una escuela técnica en electricidad especializada en automatización y mantenimiento industrial. Trabaja ocasionalmente en tareas vinculadas a su especialidad por lo que frecuentemente no asiste a clase.

Su lugar de residencia se ubica en zona urbana, y tiene una puntuación media en la carrera 9 (nueve). Tiene pendiente una asignatura del plan de estudios de su carrera y

ha rendido y aprobado quince. Ha usado como bibliografía básica, la Física de: Hewitt, Sears- Young- Zemansky-

Su idea sobre el fenómeno de la “Inducción”, está relacionada con la Inducción electrostática de la que afirma:

*“ ...es un fenómeno por el cual las cargas de un cuerpo se reordenan cuando le aproximamos un cuerpo con un desequilibrio de cargas eléctricas.... Al ser las cargas de distinto signo se atraen”* (R5 USI 17)

En el cuestionario inicial, al resolver el primer caso de la situación 1, afirma en forma coherente a su argumentación anterior

*“al acercar un cuerpo cargado negativamente al cuerpo neutro, el primero induce un reordenamiento de las cargas en el segundo”* (R5 USI 1)

Como explicación plantea:

*“las cargas negativas del cuerpo (a) atraen a las cargas positivas del cuerpo (b), y también repelen a las cargas negativas del cuerpo. (R5 USI2)*

No clasifica el tipo de interacción y se expresa únicamente en forma lingüística.

Al acercar el imán a la hoja de afeitar expresa escuetamente:

*“Los imanes se utilizan para atraer cuerpos metálicos”* (R5 USI 4)

En el tercer caso, destaca que las cargas pueden pasar de un cuerpo al otro y viceversa. En relación con las fuentes de campo magnético, parece haber construido significados claros y estables con respecto a la estructura interna de los imanes. Sus respuestas son breves y precisas:

*Un imán es un cuerpo que tiene dominios orientados, es decir coincide la dirección de rotación de moléculas del imán. (R5 USI 6)*

*Hasta ahora no se ha podido aislar un polo, en todo imán aparecen tanto polo norte como polo sur; si el extremo de un imán es polo norte necesariamente el otro extremo es polo sur. Es lo que indica la brújula Cambia la orientación por lo que dije y la velocidad...supongo que por lo mismo la energía. (R5 US I 7)*

En las respuestas a y c de la situación 3, dibuja líneas de campo magnético discontinuas que salen del polo norte y entran al polo sur, (Guisasola et al. op. cit.) dibuja e identifica en forma correcta las líneas de campo magnético generadas por un hilo de corriente. Cuando se le pregunta respecto a las interacciones entre hilo de corriente e imán, expresa que entre ellos habrá una fuerza sin entrar en mayores detalles

*“el campo magnético del hilo interactúa con el campo magnético del imán produciéndose la fuerza  $F$  mostrada con rojo en el dibujo” (R5 USI 13)*

Responde correctamente, la situación que plantea la interacción entre una espira conductora coaxial con un imán que se aleja y se acerca de la misma. Sin embargo, no describe ni explica cómo se produce energía hidroeléctrica en la región.

Por lo descrito, se puede observar que A5, al inicio, ya posee conceptos y teoremas cercanos a los del modelo científico, que pone en juego a la hora de resolver estas situaciones. Dado que la mayoría de sus expresiones son lingüísticas, no está tan claro si cuenta con otro tipo de significantes.

Durante el desarrollo del curso, y en forma previa a la administración del cuestionario de integración, entre otras, se le plantea que represente y explicita la diferencia entre campo y flujo magnético, a lo que responde:

*“El campo magnético es representado por medio de un vector  $\mathbf{B}$  el cual indica su dirección y sentido aparte de su magnitud. La diferencia que existe con el flujo magnético es que éste se representa por una línea recta o curva, en el que el campo magnético en un punto cualquiera queda representado por la tangente a dicha línea. El espaciamiento de dichas líneas nos da una idea de la magnitud del mismo. Debido a que el campo magnético es único en cada punto estas líneas no se pueden intersectar” (R5 USII 25-26)*

Representa el campo magnético a través de una flecha y acompañada del símbolo “B” y agrega la expresión matemática del flujo::

$$“\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}^{27}”$$

En esta etapa, se puede apreciar la gradual apropiación del campo conceptual. A5 si bien, puede expresar simbólicamente esta magnitud, deja dudas respecto al grado de interpretación de esta relación, debido a que, por un lado, sus afirmaciones lingüísticas resultan incompletas pero además no recurre a la representación gráfica del flujo, lo que permitiría dilucidar si efectivamente tiene competencias para decodificar la expresión simbólica.

En el cuestionario de integración y en relación al eje de interacciones, expresa sólo en forma lingüística, sobre la primera situación, una serie de afirmaciones que parecen sostenerse en forma organizada:

- Si la barra está cargada, tiene carga negativa en exceso.
- Los electrones libres de la esfera se ven repelidos por la carga negativa de la barra.
- La carga se distribuye en la esfera.
- Hay mayor concentración de carga de un signo según la zona de la superficie de la esfera.
- Las concentraciones de carga en la esfera debidas al proceso explicado se denominan carga inducida.
- Se establecen fuerzas de atracción entre la barra y la zona de la esfera de distinto signo más próxima a ella.

*“Al acercar la barra electrizada los electrones libres de las esferas se ven repelidos por la carga negativa en exceso de la barra.*

*Esto hace que los electrones se sitúen sobre la superficie izquierda de la esfera, quedando una concentración de carga en la superficie derecha de signo positivo, a estas concentraciones se las llama carga inducida.*

---

<sup>27</sup> Transcripción textual de la expresión registrada en la hoja del alumno.

*Debido a éste se establecen fuerzas de atracción entre las cargas positivas que se sitúan más próximos con las cargas negativas de la barra electrizada”. (R5 USII 1-3)*

Cuando se representan la barra y la esfera se presentan en contacto, A5 explica que, en este caso, se produce una transferencia de carga de la barra a la esfera. En las siguientes respuestas utiliza nuevamente sólo representaciones lingüísticas. En relación a la interacción metal/imán, A5 incorpora en sus afirmaciones algunos conceptos relevantes como: momentos magnéticos, dipolo magnético, campo magnético. Entre las afirmaciones de conocimiento que bien pueden ser teoremas en acto, se encuentran:

- Si la gillette (metal) está desmagnetizada, los momentos magnéticos están desalineados.
- Si los momentos magnéticos están desalineados tienen un momento magnético neto cero.
- El campo magnético de un imán orienta los momentos magnéticos en la dirección del campo magnético.
- Si los momentos magnéticos se orientan entonces en la gillette se forman dipolos magnéticos.
- Los dipolos magnéticos establecen polos magnéticos.
- La dirección del polo sur a norte señala el momento magnético formado.
- En consecuencia el polo norte del imán atrae el polo sur de la gillette

*“La gillette inicialmente esta desmagnetizada lo cual significa que los momentos magnéticos están desalineados, teniendo un momento magnético neto cero. Al acercar un imán, el campo magnético del mismo orienta estos momentos magnéticos en dirección del campo magnético formándose entonces la gillette un dipolo magnético, éste establece los polos magnéticos de manera que la dirección del polo sur a polo norte señala el momento magnético formado. Debido a esto, se atraen el polo norte del imán con el polo sur de la gillette (dipolo magnético)” (R5 USII 4-6)*

Para el caso del bolígrafo y el papel, argumenta sobre la polarización que se produce en las cargas de las moléculas del papel, debido al exceso de carga de la barra, por lo que



las concentraciones de diferentes cargas en cada cuerpo ocasionarán una fuerza de atracción entre ambos. El concepto de polarización ha sido incorporado y los modelos explicativos que utiliza son coherentes.

En la situación referida al movimiento de las espiras dentro de un campo magnético (situación 5), es interesante destacar que A5, no solo evalúa correctamente las femi a través de cada espira y establece en forma adecuada el sentido de corriente en aquellas que corresponde, sino que también demuestra matemáticamente sus conclusiones, además de ofrecer una explicación coherente con el modelo científico y estable -en razón de la manera que sostiene una y otra vez sus ideas-.. Ejemplos de lo que se interpreta puede observarse en las Figuras, 22, 23 y 24.

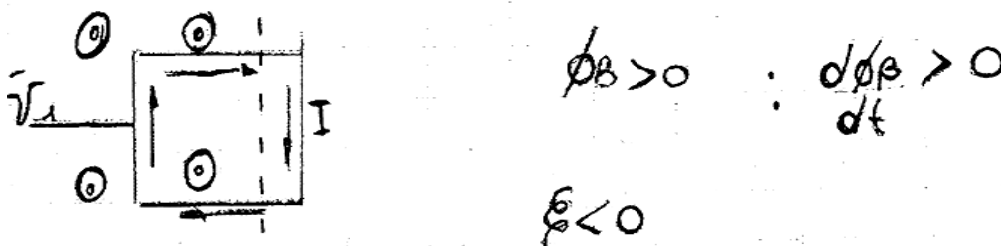


Figura 22. Situación 4a)

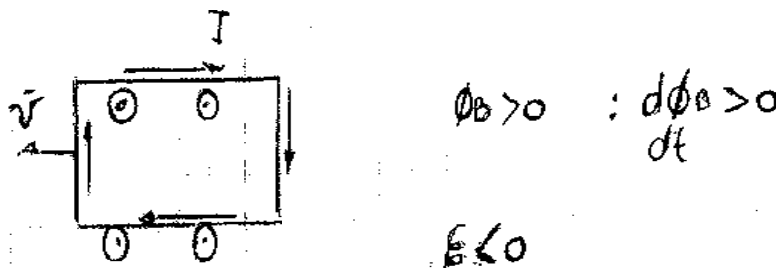


Figura 23. Situación 4 c) (A5)

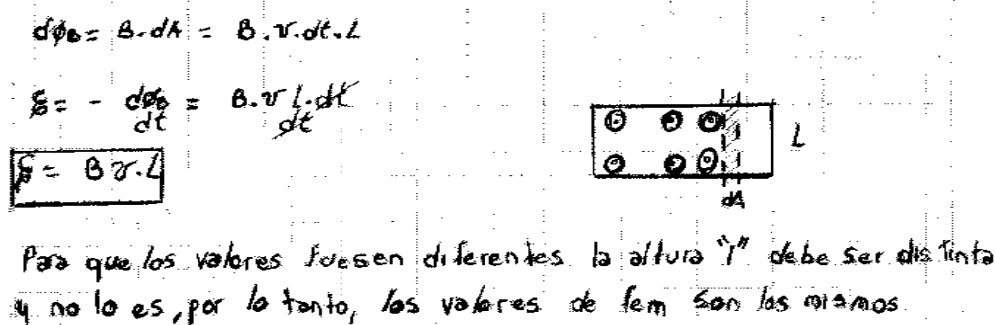
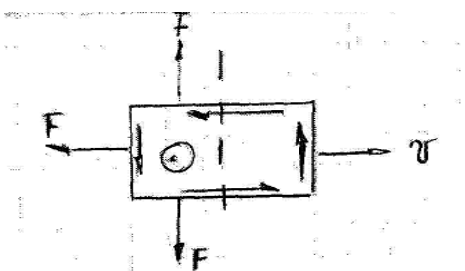


Figura 24. Cálculo de la fem para espira conductora en movimiento dentro de un campo magnético (A5)

Los conceptos y teoremas en acto construidos parecen tener bases más profundas cuando A5 puede analizar la misma situación, en términos de las fuerzas actuantes sobre cada lado de la espira, destacando el efecto de la fuerza opuesta a la dirección de la velocidad dado que se opone al movimiento de la misma y preservando así, el principio de conservación de la energía.

*“El hecho de que la corriente tenga el sentido antihorario hace que aparezcan las fuerzas de la manera representada, considerando entonces que las fuerzas que actúan en la parte superior e inferior se mantengan en equilibrio posibilitando entonces que actúe la fuerza restante de manera que se opone al desplazamiento esto es debido a la ley de Lenz” (R5, USII 10-15)*

A5 se expresa no sólo en forma lingüística sino también en forma pictórica y simbólica, como se observa en la Figura 25.



**Figura 25.** Fuerzas sobre los lados de la espira y conservación de la energía (A5)

Teniendo en cuenta la descripción de los niveles de conceptualización, **A5** se encontraría en un nivel **alto**; puede resolver en forma coherente con el modelo científico distintas clases de situaciones del campo conceptual, clasifica en forma adecuada las distintas interacciones y logra representarlas según los distintos formatos utilizados por la comunidad científica puede operar con las diferentes magnitudes, identifica claramente las fuentes de campo magnético; logra analizar y explicar la presencia de una corriente inducida en una espira y conoce aplicaciones de la inducción electromagnética analizando la conservación de la energía

### **Estudiante A8**

Tiene 19 años. Es egresado de un polimodal de ciencias naturales en una escuela agraria a 100 Km. de la Facultad, en el año 2002. Su puntuación promedio en la carrera

es 8 (ocho). Estudia principalmente en base a los textos de Física Universitaria (volumen 2), Sears-Freedman-Young. Viaja lo estrictamente necesario, por lo que su asistencia a clase es irregular. A8, demuestra acceder con frecuencia a dicha bibliografía.

Cuando se le pregunta respecto a lo que entiende por inducción, la define como una acción a distancia que implica un ordenamiento de cargas sin que el “*numero de cargas se altere o cambie*”:

*“Creo que el concepto de inducción en el electromagnetismo se refiere al ordenamiento de las cargas eléctricas de un cuerpo debido al acercamiento de otro que se encuentra cargado, pero no por contacto...”*

*“Se puede explicar muy bien mediante el uso de un instrumento llamado electroscopio”. (R8, USI 9)*

Luego describe el electroscopio y explica cómo observar la inducción, ayudándose de un dibujo, suponiendo que las cargas positivas se mueven hacia arriba – extremo superior del electroscopio-.

Parece que A8 conoce los primeros temas de la asignatura, particularmente, los aspectos referidos al tema de la inducción electrostática que explica con claridad a través de lo que ocurre en un electroscopio. Sin embargo, al identificar los casos de la situación 1, confunde conducción con inducción. En el cuestionario **diagnostico inicial**, acerca de las interacciones, en el primer caso repite la explicación mencionada. Sin embargo al considerar la barra y la esfera en contacto explica la interacción a partir de la transferencia de carga

*“..a diferencia del anterior se ponen en contacto la barra electrizada con la esfera, produciéndose una transferencia de cargas de un cuerpo a otro por medio de la inducción.” (R8, USI 2)*

Cuando se trata del imán y la “pieza metálica” -hoja de afeitar- , alude a que los polos del imán producen un ordenamiento polar en el metal, al atraerlo:

*“...ordenamiento polar en la gillette, atrayéndola”(R8 , USI 3)*

Con respecto a las fuentes de campo magnético, la descripción más disponible de un imán que posee se relaciona con los polos y la propiedad de atraer metales. Señala que “los imanes son materiales que poseen polos magnéticos definidos” agrega que son muy utilizados como, por ejemplo, en las brújulas, electroimanes, etc. Al preguntarle sobre los imanes insiste en su descripción bipolar:

“... el imán consta de dos polos definidos, la brújula siempre apunta al polo norte“(R8, USI 4-5)

En las aplicaciones CTS (situación 5), puede reconocer sincréticamente la transformación de la energía. A8 no responde el resto de las cuestiones.

Durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, se le plantea una situación que consiste en la interacción entre un solenoide y una espira conductora coaxial de radio variable (Mc Dermott et al., op. cit.). De las múltiples cuestiones que se le preguntan responde en términos de la fuerza sobre la espira:

“si el radio de la espira aumenta, se producirá una corriente inducida ya que el campo que produce el solenoide ejercerá una fuerza sobre la espira que generará un movimiento de carga en ella”..agrega que “ si la espira quedase libre, el momento magnético de la espira tiende a alinearse con el campo magnético...”

Como se observa en la Figura 26, la corriente inducida indicada no respeta la Ley de Lenz y se convierte en un **error epistemológico** ya que contribuye a aumentar el flujo magnético cuando el radio crece.

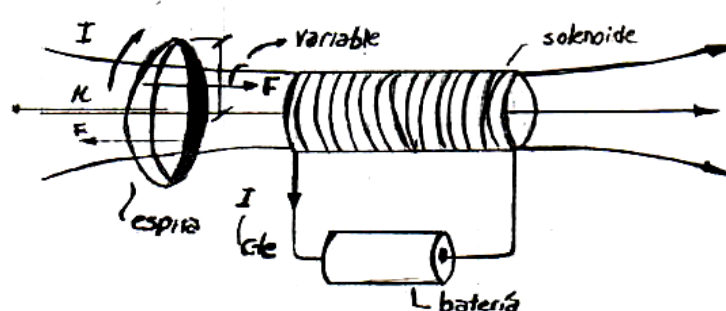


Figura 26. Interacción solenoide /espira de radio variable (A8)

En el cuestionario **diagnóstico final** o de integración, los casos sobre interacciones electrostáticas y magnéticas son bien analizados aunque sólo recurre a representaciones lingüísticas y pictóricas para ilustrar sus afirmaciones.

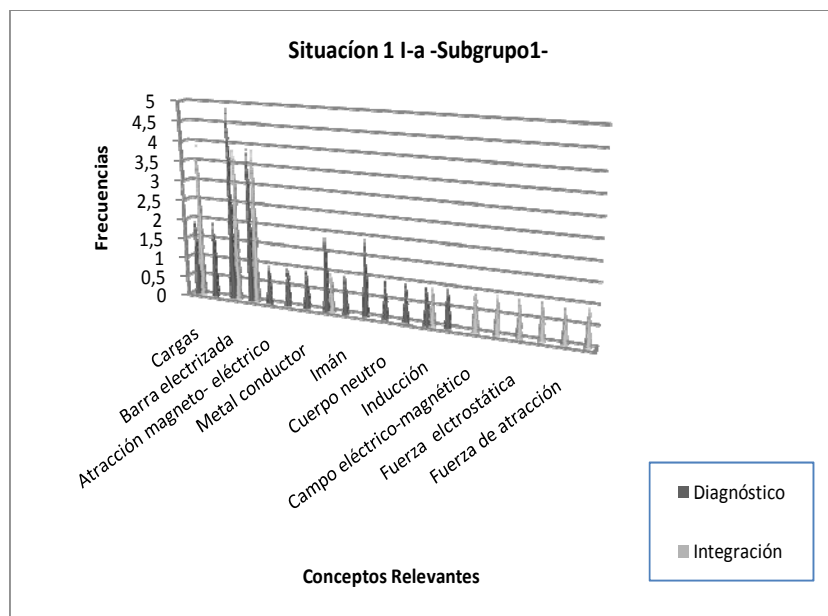
Si bien, asigna el sentido de corriente en forma adecuada en las cinco espiras (situación 5), no analiza correctamente el valor de las femi, si bien, pone en juego conceptos y teoremas concordantes con el modelo científico. Sin embargo, o no interpreta bien la situación o una de las premisas en las que se afirma es falsa.

*Como ya sabemos el flujo depende del área, y en la espira 1 el área que no está atravesada por el campo es mayor, siendo entre 4 y 5 igual. (R8 USII 40-42)*

Podría decirse que A8 se encuentra en un nivel de conceptualización **medio**, dado que presenta aún algunas limitaciones ya sea en algunos de los significados construidos como en la manera de expresarlos. En particular, en lo que se refiere a la modelización simbólica de la inducción electromagnética no logra resolver en forma adecuada alguna de las clases de situaciones que dan cuenta del campo conceptual.

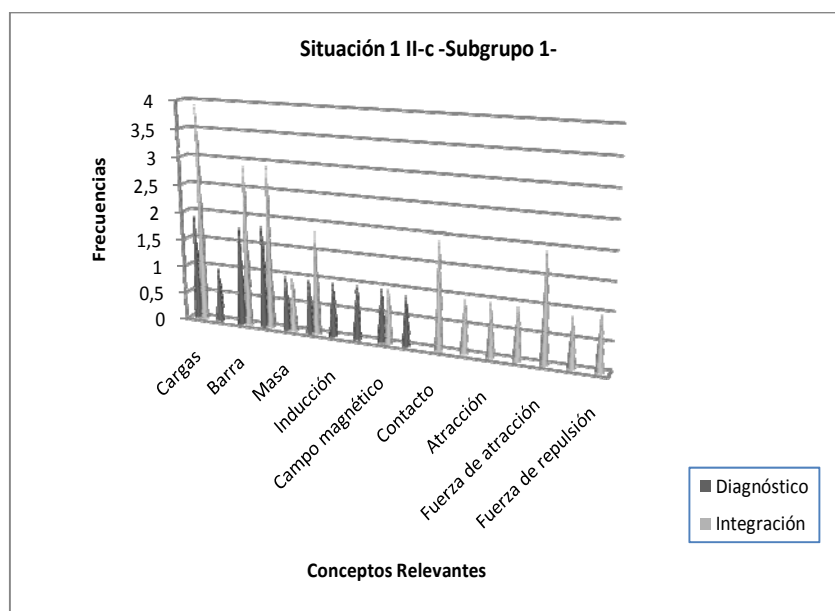
### **6.1.3. Análisis de conceptos del subgrupo 1 antes y después del tratamiento en clase**

Los **conceptos** puestos en juego a la hora de resolver cada situación, son indicadores de posibles conceptos-en-acto que pueden observarse en los registros correspondientes, así como en las Figuras 27 y 28 que se presentan a continuación. En ellas se elicitán los conceptos vertidos por los alumnos en dos cuestiones de la primera situación de los cuestionarios diagnósticos inicial y final. A su vez en las Figuras 29 y 30 se vinculan al eje temático “fuentes de campo magnético”. La última- Figura 31- contiene el análisis de la situación centrada concretamente en el fenómeno de inducción electromagnética. El análisis se realiza con la intención de detectar las posibles transformaciones de la terminología que utilizan los estudiantes antes y después de la instrucción.



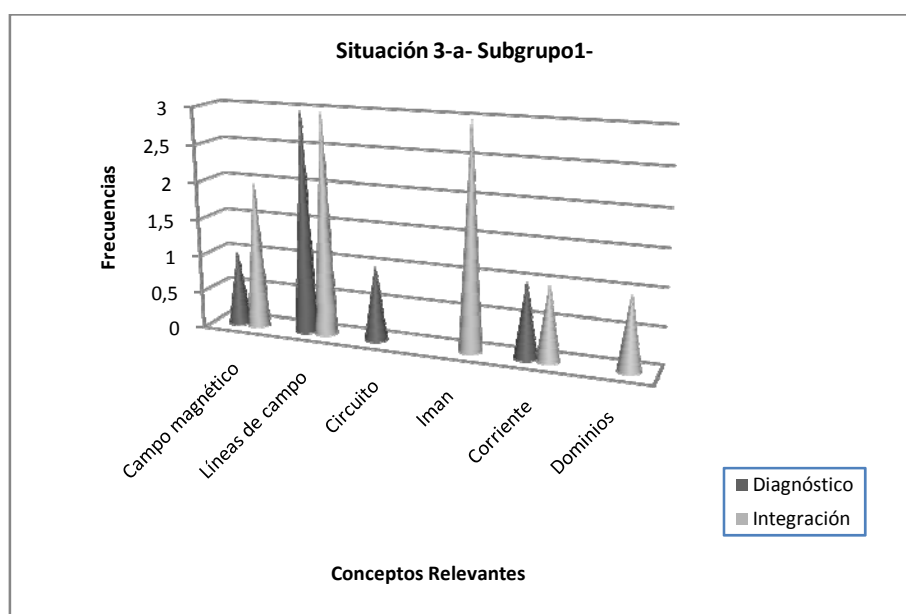
**Figura 27.** Interacción electrostática

Como se observa, algunos conceptos se mantienen, otros, como “carga” son utilizados en la integración por un número mayor de alumnos; algunos son reemplazados y emergen nuevos conceptos respecto al momento inicial como, por ejemplo, “fuerza electrostática”.

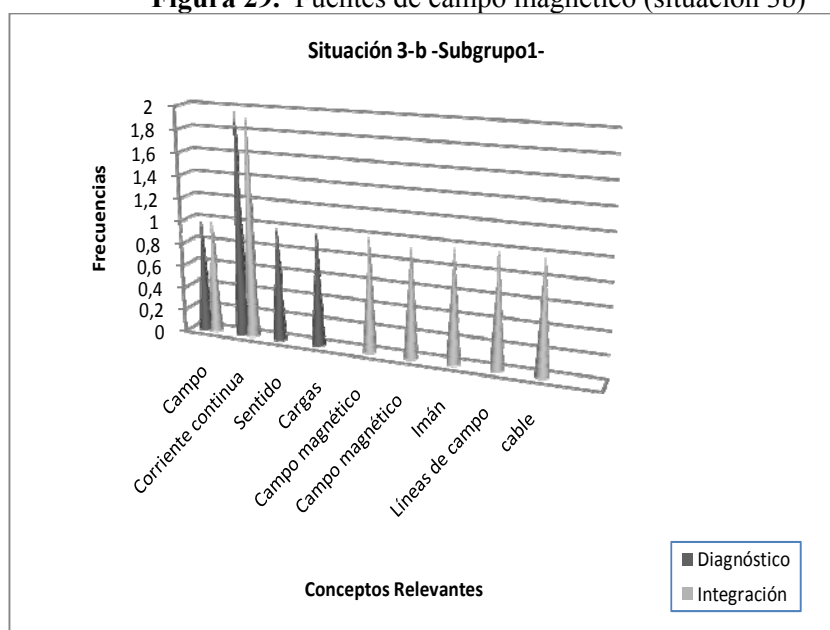


**Figura 28.** Interacción magnética

Nuevamente se observa un cambio en los conceptos emergentes en esta situación donde se presenta una situación con interacciones magnéticas modelizables por la fuerza de Lorentz.

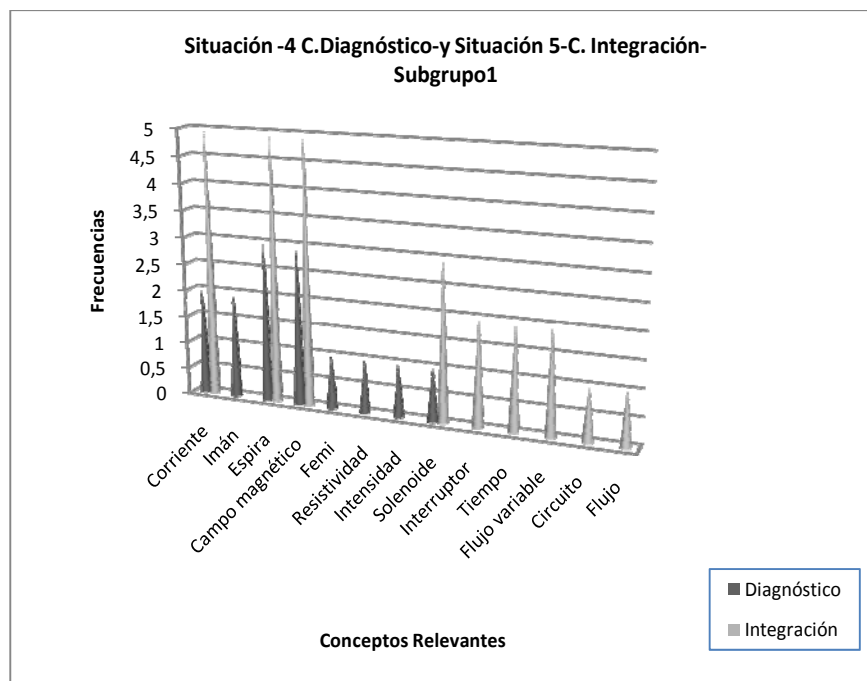


**Figura 29.** Fuentes de campo magnético (situación 3b)



**Figura 30.** Fuentes de campo magnético (situación 3c)

Esta situación corresponde a la interacción entre hilo de corriente e imán. Para describir las fuentes de campo magnéticos los estudiantes manejan conceptos como “líneas de campo” e incorporan otros más próximos al modelo científico.



**Figura 31.** Inducción electromagnética, antes y después del tratamiento en clase.

En la Figura 31 se puede observar un cambio en el tipo de conceptos que despliegan a la hora de resolver estas situaciones, si bien es notable su dispersión en conceptos menos relevantes.

Así, en las Figuras 27 y 28 -distintos tipos de interacciones modelizables por la fuerza de Lorentz- se observa un desplazamiento hacia conceptos más pertinentes desde el punto de vista del modelo aceptado por la comunidad científica. Por ejemplo, en la primera situación, un concepto que desaparece en la instancia de integración es el de “fuerza magnética”. En la tercera y cuarta figura, -Figuras 29 y 30- aparece el reconocimiento de nuevos conceptos también más próximos a la descripción científica de las fuentes de campo magnético.

Sin embargo, como se observa, en la resolución de la última situación, algunos términos iniciales se sostienen. Los alumnos, en general, manifiestan tener algunos significados muy anclados y difíciles de modificar. Por otro lado, la dispersión de las respuestas del cuestionario de integración en torno a conceptos no relevantes, sobre el fenómeno en estudio, podría estar mostrando la necesidad de continuar con la resolución, de diferentes clases de situaciones y tareas que ayuden a elaborar esquemas más compatibles con los del modelo científico. Esto hablaría aún de dificultades para la apropiación del campo conceptual, si bien, con diferencias en cada caso.



#### **6.1.4. Descripción de las representaciones que utilizan los estudiantes del subgrupo 1 para dar significado al concepto de inducción electromagnética<sup>28</sup>**

En el diagnóstico inicial los seis alumnos presentan afirmaciones de conocimiento expresadas como representaciones lingüísticas. A medida que avanza el proceso se incorporan paulatinamente expresiones simbólicas formales, correspondientes a conceptos como campo magnético, campo eléctrico, flujo, vector área, propias del campo conceptual, como se observa en las representaciones gráficas precedentes.

En general, las relaciones entre estos conceptos son presentadas a través de leyes y principios pero de una manera más bien mecánica; algorítmica. En la tabla se muestran las categorías encontradas y, en general, se puede hablar de débiles representaciones explicitadas, como muchos autores consultados mencionan en la revisión del estado del arte. De hecho, en algunos casos, se observan contradicciones entre las mencionadas relaciones y su interpretación, lo que habla de la convivencia de posibles esquemas que compiten entre sí (Vergnaud, 1990).

Las representaciones gráficas que fueron solicitadas en las diferentes tareas, parecen resultar difíciles de resolver, acaso un obstáculo en sus habilidades para expresar pictóricamente los dibujos que se imaginan sobre cada situación, a pesar de que son alumnos técnicos. Pareciera que “el dibujo técnico a mano alzada” es una verdadera dificultad para los alumnos. Otro de los obstáculos que se observa en los alumnos, es la dificultad explícita para operar con representaciones geométricas especialmente de tipo vectorial.

En las Tablas 12 a 37 (apartado 6.3.1) se presentan las tendencias observadas en las respuestas de estos alumnos

## **6.2. Estudio 5. Subgrupo 2**

---

<sup>28</sup> Detalles de las representaciones mencionadas pueden encontrarse en el ítem sobre niveles de conceptualización y en los registros del anexo.

### **6.2.1. Descripción del contexto de clase.**

El tipo de enseñanza recibida por los seis alumnos del Subgrupo 2, consistió en una estrategia didáctica alternativa, diferente de la que habitualmente se aplica. Durante el “dictado” de Física II, como se anticipó en la metodología, se utiliza un modelo de didáctico alternativo, denominado “IDDEAR” donde el profesor de la cátedra gestiona la interacción entre alumnos y docentes, en una forma diferente; media a través de su exposición sólo en ciertas fases del modelo, otorgando más protagonismo al alumno.

Los alumnos, a su vez, resuelven unas guías de actividades que incluyen diversas tareas, ejercicios y problemas, en forma individual y grupal durante seis horas por semana repartidas en tres clases. Dado que la institución no cuenta con laboratorio de física, como en el caso anterior, los jóvenes no realizan ningún tipo de tarea experimental. Sólo han logrado interactuar con experimentos sencillos desarrollados en el aula con recursos provistos por los mismos alumnos o por el investigador. Tampoco tienen acceso a recursos informáticos suficientes como para utilizar NTIC's

### **6.2.2. Representaciones, posible conocimiento en acto y niveles de conceptualización**

#### **Estudiante E18**

Es egresado de la ENET<sup>29</sup>, tiene 20 años y las materias aprobadas son: Química I, Física I, Álgebra I, Geometría Analítica, Sistema de Representación, Representación Gráfica e Informática I. El libro utilizado en el nivel medio, como referente esencial, es del autor Castejón-Santamaría. En la asignatura de Física II, ha utilizado además el texto de Física de Resnick- Halliday, y el de Sears-Zemansky.

La primera situación que se le plantea a E18 en el diagnóstico inicial, se refiere a cuatro situaciones físicas diferentes en las que se pide que identifique y explique el tipo de interacción y grafique las fuerzas actuantes –si las hubiera – en cada caso. En el primer caso en el que se aproxima una barra electrizada a una esfera de aluminio, E18 reconoce una interacción electrostática, explicando que:

---

<sup>29</sup> Escuela Nacional de Educación Técnica.

*“Se atraen debido a que las cargas son de diferentes signos” (R 10 U S I-2)*

No representa gráficamente, según lo solicitado y coloca la palabra “campo” en cada caso. Así, en el primero y en el tercero, expresa “campo electromagnético” y, en el segundo, “campo magnético con imán permanente“. El segundo caso es la interacción entre una hoja de afeitar y un imán. E18 considera una interacción magnética, que expresa en los siguientes términos:

*“Es similar al caso anterior”(R 10 U S I-4)*

En el tercer caso, que es interacción por contacto entre una varilla cargada y una esfera de aluminio, E18 reconoce una interacción a distancia y luego de contacto y explica que:

*“Se quedan pegados un instante hasta que los dos materiales igualan sus cargas. En este hay un pasaje de cargas hasta igualarse”. (R 10 U S I (6-7))*

En el último caso la interacción entre trozos de papel y una birome cargada, expresa que la interacción es a distancia y de contacto y no fundamenta su opción. En la situación 2, se presenta una aguja imantada sobre la superficie del agua contenida en un vaso. La aguja se mantiene en la superficie con la misma orientación aunque se gire el vaso. Se pide a E18 que explique este fenómeno y que nombre las magnitudes que varían, al orientarse la aguja. E18 describe el instrumento destacando la vinculación con los polos magnéticos terrestres.

*“Esto ocurre debido a que la aguja está señalando al norte, o sea, unos de los polos magnéticos de la tierra, y con la otra parte señala al sur” (R10 U S I-9)*

Si bien, E18, explica el fenómeno, no reconoce las magnitudes que varían y explicita una argumentación en términos de entidades y estructuras simples, como por ejemplo, los polos magnéticos.

En la tercera situación, se coloca un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula corriente y que atraviesa en forma perpendicular al plano sobre el cual se apoya el imán. Entre el imán y el cable se produce una interacción electromagnética. Se pide a E18 que dibuje la situación, represente las interacciones producidas y fundamente las afirmaciones que se le plantean.

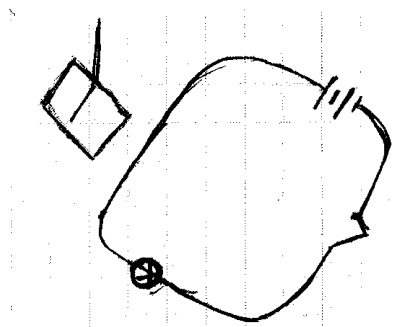
E18 considera que en el imán hay líneas de campo magnético porque éste lo produce. Afirma que:

*“El imán produce el campo magnético”* (R10 U S I-10)

Al cambiar la orientación del imán acercando el polo sur al cable, el sentido de las líneas de campo magnético de la corriente no se invierte debido a que cambia el campo del imán pero si la corriente es continua, no varía.

*“Cambia el campo del imán pero si es corriente continua no varía”* (R10 U S I-11)

La expresión de la representación pictórica, consiste en un imán, un “cable” y una mesa, como se observa en la Figura 32. Este croquis se deriva del enunciado.



**Figura 32.** Interacción hilo de corriente con imán suspendido de un hilo (E18)

E18, afirma que el cable no produce un campo magnético, sino un “campo eléctrico”

*“(la corriente...)... produce un campo eléctrico.”* (R10 U S I-12)

Para este estudiante, el imán no ejerce una fuerza de atracción sobre el conductor que transporta la corriente eléctrica, sino sobre las cargas que circulan.

*“Ejerce fuerza sobre las cargas que circulan” (R10 U S I -13)*

Por otro lado, si se cambia la orientación del imán colocando el polo sur más cerca del cable, E18, afirma que éste no será rechazado, reiterando la expresión anterior. Es posible inferir, que E 18 no presenta una idea clara sobre las interacciones entre estos cuerpos y confunde además las fuentes de campo como señala Guisasola et al (op. cit.). Sin embargo, en forma espontánea, se expresa en relación al campo magnético del hilo de corriente, *“si es corriente continua no varía”*

La situación cuatro, consiste en la interacción entre un imán móvil coaxial con una espira conductora a la que comienza a acercarse. Al llegar a la misma, se detiene y pasado un tiempo comienza a alejarse. Se solicita a E18 que seleccione las opciones que considere adecuadas y fundamente sus decisiones. E18 considera que justo después de que el imán inicie su movimiento, una corriente circulará por la espira porque:

*“Así es como se genera la corriente eléctrica, se mueve un cable conductor a través de un campo magnético.” (R 10U S I- 15)*

Sin embargo, E18 no logra analizar los hechos posteriores. En la situación 5, se le pide a E18 que explique cómo se produce energía hidroeléctrica y que realice un croquis tomando como ejemplo cualquiera de los diques que conoce y que relacione su funcionamiento con los fenómenos electromagnéticos. E18 argumenta centrándose en la transformación de la energía:

*“El agua que proviene del deshielo es acumulada en diques para su uso en riego, por lo que se han construido centrales hidroeléctricas que aprovechan la fuerza del H<sub>2</sub>O para impulsar las turbinas y dando así origen a una energía mecánica que se transforma en energía eléctrica, cuando dicha energía se la ocupa en transmitir movimiento a un generador. El dique da altura al agua lo que indica un incremento de presión en la parte A (ver dibujo) lo que hace que el H<sub>2</sub>O tenga una mayor presión a la entrada de la turbina, que depende del tipo de lugar, características del H<sub>2</sub>O, etc. Se eligen las Caplan, Francis o Michel Banki. Esto se elige para aprovechar mayor aún el recurso del H<sub>2</sub>O.” (R 10U S I (16-18) )*

Ya finalizando este diagnóstico se le plantean a E18 dos actividades complementarias, en una de ellas se le pide que explique lo que entiende por inducción electromagnética. E18 expresa sus argumentaciones en torno a dos cuestiones no suficientemente claras: “movimiento”, y “campo generado por un conductor que induce en otro, una fem”; conceptos relevantes con conexiones insuficientes y/o inadecuadas.

*“Para mi punto de vista significa que algo, por ejemplo un cuerpo, induce y/o obliga a otro a realizar algún movimiento*

*Otro ejemplo sería un conductor que permita la circulación de corriente, genera a su alrededor un campo magnético Si ponemos otro conductor cerca de éste o un imán este puede atraer el imán o repeler al mismo, en el caso del imán se podría relacionar con la generación de corriente*

*El campo generado por el conductor 1 induce en el otro conductor una fem que provoca una circulación de corriente en el otro conductor, siempre que la corriente sea variable” (R10 U S (19-21))*

La última actividad complementaria, del diagnóstico inicial, consiste en explicar lo que ocurre al acercar un imán a la pantalla de un televisor, a lo que E18 responde:

*“Se crea una distorsión de la imagen.” (R10 U S I-22)*

La expresión de su representación pictórica es el dibujo de un televisor, las líneas de campo del imán pero no presenta algún tipo de explicación. En el cuestionario de integración, la primera actividad que se le presenta a E18, es la misma que se trabajó en el diagnóstico. En esta oportunidad, se puede observar que en el primer caso, E18 considera que la interacción es a distancia y la fuerza electromagnética pues explica que:

*“La esfera de aluminio es atraída por la barra electrizada porque las cargas son distintas, por tal motivo se atraen.” (R10 U S II-2)*

En el segundo caso, E18, consideraba que la interacción era magnética, esta vez también reconoce una interacción a distancia.

*“Es de esperar que el polo norte del imán atraiga la hoja de la gillette ya que es de hierro, con lo cual los electrones están en la capa superficial y se repelerían con el polo sur debido a que las cargas son de igual signo.” (R 10 U S I-4 )*

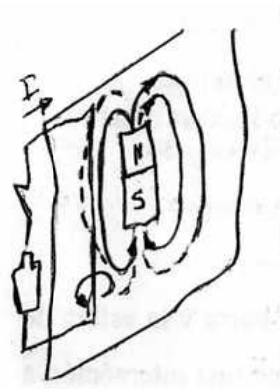
¿Acaso este estudiante plantea un modelo de polo como carga, como lo identificara Borges (1999)? Para E18, en el tercer caso, en el diagnóstico la interacción entre la barra y la esfera de aluminio consideró que era “primero a distancia” y luego “de contacto”. En esta oportunidad reconoce una interacción a distancia y una fuerza electrostática

*“Como en el caso 1, es atraída por la barra electrizada hasta su contacto, en ese instante hay un traspaso de cargas hasta su igualdad básicamente.” (R 10 U S II-6)*

En el último de los casos, E18 retoma la analogía polo-carga al analizar la interacción entre una birome cargada por frotamiento y trozos de papel, pero además atribuye la interacción a la presencia de “energías distintas”:

*“La birome queda con energía y distinta a la del papel, por lo que se atraen... se generan dos polos distintos que luego interaccionan al unirse, sucede lo mismo con el globo en el techo o el globo y el papel.” (R 10 U S II(8-9))*

En la situación 2, E18 admite conocer un material que presenta las configuraciones ilustradas en el cuestionario, sin aclarar cuál. Afirma que las flechas representan la orientación de los “spines” pero no logra fundamentar tal afirmación. Expresa que este material al ser colocado entre los polos de un imán, se orienta. O sea que el cambio de orientación de sus “flechas” es una propiedad que el material posee frente a un campo magnético externo. Como se observa, las líneas de campo magnético que atraviesan el imán son discontinuas.



**Figura 33.** Imán / hilo de corriente (E 18)

*“Porque este material tiene la propiedad de orientarse con un campo magnético externo, puede que luego de sacar el campo queden con esa orientación, o puede que vuelva a su estado prácticamente igual al que tenía” (R10 U S II-11)*

La tercera situación interacción imán – hilo de corriente, es la misma que se vio en el diagnóstico. Como se observa en la Figura 33, la posición del imán no es suficientemente clara, las líneas de campo magnético en el imán son discontinuas, de polo a polo. A su vez, las líneas de campo magnético del hilo de corriente rodean al conductor y respetan la regla de la mano derecha. E18 no señala ningún tipo de interacción entre estos campos magnéticos. E18 ratifica su afirmación respecto a la no alteración (modificación) del sentido de las líneas de campo magnético de la corriente ante el cambio de la orientación del imán. A diferencia del diagnóstico, esta vez, E18 reconoce que el cable produce un campo magnético alrededor del conductor, afirmando:

*“Al circular corriente genera un campo magnético alrededor del conductor” (R10 U S II-13)*

Para E18 el imán puede ejercer una fuerza de atracción y también de repulsión sobre el cable contrariamente a lo que había expresado al comenzar el tratamiento del tema en el cuestionario **diagnóstico** inicial. En la cuestión 2-3 de la misma actividad, muestra que puede manejar simbólicamente la fuerza magnética como resultado de la interacción de un hilo de corriente de un campo magnético externo, como se observa en la Figura 34:



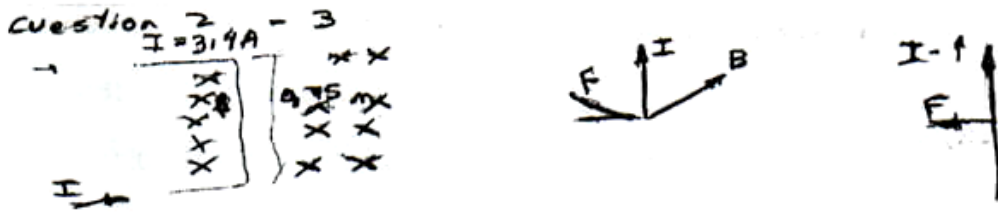


Figura 34. Interacción hilo de corriente/ campo magnético (E 18)

La situación 4 presenta un conjunto de 5 espiras (4 iguales y una de distinto tamaño) que se desplazan a través de un campo magnético uniforme saliente. Se pide que se asigne el sentido de corriente en cada espira y se ordene en forma jerárquica (de mayor a menor el valor de las fem de las espiras).

E18 considera un orden inadecuado para las fem de las espiras, lo que podría representar un error epistemológico en tanto, en el instante inicial, no hay fem en ninguna espira.

*“1, 3 son iguales en ese instante y tiene el menor valor, lo que si la 1 va a disminuir si transcurre el tiempo, mientras que la 3 va a ser constante. Aparentemente la 2 y la 5 son aproximadamente iguales y serían las de mayor valor, pero al transcurrir el tiempo la 5 será mayor y la 4 será igual a la 2.” (R10 U S II 22-24)*

En la situación 5, se presenta dentro de un circuito cuyo interruptor inicialmente se encuentra abierto, un solenoide fijo coaxial con una espira conductora. Se pide que se analice la corriente inducida en la espira según la circulación de corriente en el circuito.

E18 considera que después de cerrar el interruptor, no circulará corriente ni por el solenoide y ni por la espira. Un largo tiempo después de cerrado el interruptor, sólo habrá corriente en el solenoide y después de reabrir el circuito, circulará corriente en el solenoide y en la espira. Argumenta sus expresiones con la presencia o **no de un campo magnético variable**. Afirma que:

*“Circulará corriente por el solenoide, se creará el campo y recién ahí podrá circular corriente por la espira.” (R10 U S II (25-26))*

*“También habrá un **campo magnético** que no induce ninguna fem en el anillo y por consecuencia no habrá una corriente circulando ya que el **campo no es variable**.” (R10 U S II (27-28))*

*“En ese momento si habrá un campo variable y como consecuencia se inducirá una fem” (R10 U S II-29)*

Después de un largo periodo de tiempo reabierto, el circuito, no circulará ninguna corriente en el solenoide ni en la espira, *“ya que no hay circulación de corriente por el solenoide y mucho menos en la espira, si ni siquiera hay **campo**.” (R10 U S II-30)*

La situación 6 presenta un transformador que al aplicarle una diferencia de potencial continua al bobinado primario, puede sobrecalentarse y quemarse. Se pide a E18 que explique por qué ocurre este fenómeno.

*“Este fenómeno ocurre porque **hay una inducción mutua**, es decir, la potencia sin considerar las pérdidas normales que hay en una transformación de energía, es prácticamente igual. No funciona con corriente continua **porque no habría una variación de flujo**, recordemos que la corriente alterna en nuestro país es de 50 Hz. El núcleo es de material ferromagnético. El primario genera una **campo magnético** que se induce en el secundario **generando una fem**, por ello circula corriente siempre que este conecta a una carga o el circuito esté cerrado” ( R10 U SII 31-34)*

En esta explicación, parece que conviven dos posibles esquemas: la inducción como campo magnético y la inducción como variación de flujo. Por otro lado, las relaciones simbólicas formales que presenta, implican el coeficiente de inducción mutua y la fem inducida en términos de la variación de corriente en cada bobina, sin llegar a concretar alguna con la energía o la potencia.

Como cierre de esta instancia de integración se plantean dos actividades complementarias, siendo la primera análoga a la planteada en el diagnóstico inicial, para explorar si ha habido algún cambio en los significados. Así, se le pide a E18 una vez más, que explique lo que sucede al acercar un imán a la pantalla de un televisor en forma perpendicular a la misma.

*“Lo que sucede es que cambia de color la parte de la pantalla que está afectada por el imán...La imagen queda como está lo que varía son los colores, en realidad se movería algo la imagen” (R10 U S II (38-39))*

La respuesta de E18 no es precisa. Parece más bien un conjunto de conceptos no ligados sin explicitar los principios que subyacen en el modelo científico explicativo de este hecho.

En la última situación, donde se le plantea el estudio de las interacciones presentes en circuito ideal de barra deslizante ubicado en un campo magnético perpendicular al plano de la espira en la dirección y sentido del eje “y”, donde la barra se puede mover a la derecha con una velocidad “v”, E18 reconoce la existencia de una femi pero no analiza las interacciones

*“Al moverse un conductor que forma parte de la espira de área variable, se induce una fem, con lo cual circulará una corriente por la misma.” (R10 U S II41))*

La entrevista, cuyo guión como se dijera, recorre las respuestas de cada alumno, muestra algunos ajustes que se van concretando, según el proceso de mediación que realiza el profesor. Por lo expuesto, si bien se observa un cambio en los significados y significantes que E18 ha elaborado respecto de las instancias iniciales, Este alumno habría alcanzado un nivel de conceptualización medio-bajo. Presenta imprecisiones en las afirmaciones de conocimiento expresadas en sus respuestas así como también omisiones relevantes en sus argumentos y en el modo de expresarlos. El análisis realizado permite detectar la posible convivencia de diferentes esquemas mentales que le generan confusiones epistemológicas.

### **Estudiante E6**

Es egresado de una escuela comercial. Tiene 19 años, y las materias aprobadas son: Análisis I, Química, Álgebra, Sistemas de Representación, Física I, Probabilidad y Estadística e inglés. El libro que ha utilizado para estudiar Física II es el texto del autor Sears-Zemansky. Este alumno forma grupo con E19.

En el diagnóstico realizado, al resolver la situación 1 donde se le presentan cuatro situaciones físicas diferentes, tiene que identificar y explicar el tipo de interacción y representar gráficamente las fuerzas actuantes-si las hubiera-en cada caso. E6 enfrenta las diversas cuestiones en los términos siguientes. En el primer caso, en el que se aproxima una barra electrizada a una esfera de aluminio suspendida de un hilo, E6 reconoce una interacción a distancia, explicando que:

*“Las cargas se atraen porque son opuestas.” (R7 U S I-2 )*

En el segundo caso, se observa algo similar con una hoja de afeitar cuando un imán se le acerca. Para E6 la interacción entre la gillette y el imán es consecuencia de la fuerza magnética.

*“El imán atrae a la gillette y la gillette al imán.” (R7 U S I-4 )*

En el tercer caso, en la interacción por contacto entre una varilla cargada y una esfera de aluminio, no reconoce en forma explícita la interacción:

*“Por un momento quedan en contacto hasta que se ordenan las cargas” (R7U S I-6)*

El último caso, es la interacción entre trozos de papel y una birome (bolígrafo) cargada. E6 considera que la atracción se produce por una fuerza electrostática.

*“Al frotar la birome, el rozamiento carga a la birome porque la energía calórica se transforma en energía.”(R7US I-8))*

En todos los casos, representa la interacción mediante una flecha. En el primero, (esfera-barra) con sentido de acercamiento entre los cuerpos. En el tercero, con sentido de alejamiento. Es llamativo que dibuje sólo una flecha en la hoja de afeitar del segundo caso y en los papelitos del cuarto, lo que lleva a cuestionar acerca del significado que E6 tiene sobre interacción, al iniciar el tratamiento del campo conceptual.

E6 no responde la situación 2, donde se presenta una aguja imantada sobre la superficie del agua contenida en un vaso. Se pide que explique por qué la aguja se mantiene en la

superficie con la misma orientación aunque se gire el vaso y las magnitudes que varían cuando la aguja se orienta.

En la situación 3, se coloca un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula una corriente que atraviesa en forma perpendicular al plano sobre el cual se apoya el imán. Se pide que se dibuje la situación, represente las interacciones presentes y las fundamente. Esta situación tampoco es resuelta por E6.

En la situación 4, se presenta un imán fijo que se acerca y aleja de una espira de cobre coaxial con el imán. Se pide que se analice la presencia de una corriente inducida en la espira conductora en diferentes momentos del movimiento del imán. E6, responde que justo después de que el imán inicie su movimiento, una corriente circulará por la espira, y afirma:

*“Se mueven las cargas dentro de la espira” (R7 U S I-9)*

Un largo tiempo después que el imán se haya detenido, la corriente no seguirá circulando, porque supone que la interacción deja de producirse:

*“Porque no hay más interacción a distancia.” (R 7U S I-10)*

Después de que el imán comienza a alejarse, para E6 no circula corriente en la espira debido a una interacción entre cargas:

*“Se oponen las cargas, por eso se separan.” (R7 U S I-11)*

Parece presentarse un error epistemológico, tal vez, un cambio en la representación como si pasara de una interacción electromagnética a una de tipo electrostática.

En la situación 5, se le pide a E6 que explique cómo se produce energía hidroeléctrica y se solicita que realice un croquis explicativo de alguna central local, analizando si este recurso tiene alguna relación con los fenómenos electromagnéticos. E6 realiza un dibujo simplificado de la situación y expresa:

*“Se aprovecha la caída libre del agua que toma velocidad y fuerza para hacer girar la turbina que está conectada a un generador que éste por electromagnetismo produce corriente.” (R7 U S I-12)*

Como se observa, E6 posee algunos conceptos que explicita a la hora de enfrentar y resolver las situaciones presentadas, como carga, energía, velocidad, sin que sean suficientes para dar cuenta del campo conceptual. Presenta errores de tipo epistemológico y, en general, puede decirse que no posee competencias para resolver diferentes clases de situaciones dentro del recorte conceptual respecto a la inducción electromagnética. Como cierre de esta instancia diagnóstica, se le plantea una actividad complementaria en la que se solicita describir y explicar lo que sucede al acercar un imán a la pantalla de un televisor en forma perpendicular a la misma. E6, no responde a esta actividad ni tampoco se expresa acerca de lo que entiende por inducción.

En el cuestionario **final o de integración**, la primera situación que se plantea coincide con la formulada en el diagnóstico inicial. Se puede observar que ha habido un cambio en los significados del alumno. Esta vez, E6 puede completar y fundamentar sus respuestas. En el primer caso del diagnóstico, E6 reconocía una interacción a distancia, esta vez no solo reconoce que es a distancia sino que también hay presente una fuerza electrostática y la explica diciendo que:

*“En este caso se atraen por una carga opuesta de la esfera comparada con la de la barra. Son fuerzas inducidas a distancia no de contacto.” (R7 U S II-2)*

En el segundo caso, además de reconocer una fuerza magnética, registra una interacción a distancia, mediada por los dominios de los cuerpos:

*“Se atraen por la disposición de los dominios en los dos cuerpos (en el imán casi uniforme) y atrae a la gillette por poseer el momento magnético resultante distinto de cero.” (R7 U S II-4)*

En estos primeros dos casos, E6, representa las interacciones mediante dos flechas situadas en cada cuerpo respectivamente. En el tercer caso, aparte de responder qué es

una fuerza electrostática, reconoce que hay una interacción a distancia, expresándolo como sigue:

*“Una vez que hacen contacto se equilibran las cargas.” (R 7 US II-6)*

En este caso no dibujas flechas. En la última cuestión su respuesta es la misma que en el diagnóstico y en forma análoga dibuja una sola flecha que sitúa en el papel.

En la situación 2, se le pide que reconozca algún material de uso cotidiano que presente las configuraciones ilustradas en una figura y que explique el cambio de orientación de las flechas del material cuando se lo coloca en presencia de un campo magnético. E6 fundamenta sus respuestas a partir de las propiedades de los materiales ferromagnéticos sin ser exhaustivo y sin explicitar algún objeto de uso habitual. Lo expresa así:

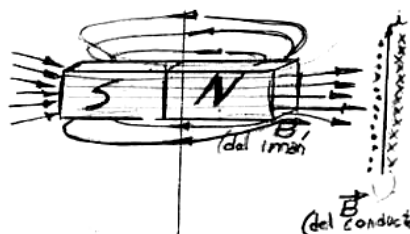
*“Los materiales que poseen dominios alineados o relativamente alineados lo que quiere decir que van a tener un momento magnético resultante son los que están hechos de materiales como el mineral magnetita o materiales ferromagnéticos, si un material (pedazo o volumen del mismo), como los ferromagnéticos tiene sus dominios alineados, es probable que haya sido sometido a un campo magnético.” (R7U S II (9-10))*

*“Si sumergimos al volumen a un campo magnético, los momentos magnéticos de los dominios tienden a alinearse con este campo magnético” (R7U S II-11)*

En la tercera situación, se presenta un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula corriente y que atraviesa en forma perpendicular el plano sobre el cual se apoya el imán. E6 reconoce y describe en forma adecuada, fuentes de campo magnético como imanes e hilos de corriente, a través de líneas de campo magnético continuas en forma gráfica y lingüística. Sus palabras son:

*“El imán o mejor dicho todos los imanes tienen líneas de campo magnético. Salen del norte y entran del sur.” (R7U S II-12)*

Respecto a la interacción entre el imán y el hilo de corriente, a diferencia del diagnóstico, E6 discute las afirmaciones que se presentan para lo que dibuja el hilo de corriente y el imán y el campo magnético que produce cada uno, como se observa en la Figura 35. Si bien las argumentaciones lingüísticas sobre las interacciones son adecuadas, no las explicita vectorialmente.



**Figura 35.** Fuentes de campo magnético (E6)

*“EL conductor tiende a irse hacia adentro de la hoja y si el cable está sujeto el imán tiende a girar, visto de arriba, en el sentido de las agujas de un reloj.” (R7U S II-34)*

*“Si se cambia la orientación del imán colocando el polo sur más cerca del cable, pasará lo mismo que antes pero al revés, el conductor tiende a salirse de la hoja y el imán a girar en sentido contrario.” (R7U S II-35)*

En la situación 4, se presenta un conjunto de 5 espiras (4 iguales y una de distinto tamaño) que se desplazan a través de un campo magnético uniforme saliente. Se pide que se indique el sentido de la corriente inducida para cada espira que y se ordene de mayor a menor el valor de la fem de las espiras explicando el razonamiento seguido.

E6, si bien resuelve en forma adecuada, centra su respuesta en el campo magnético. Es interesante señalar que en su argumentación plantea la expresión simbólica formal de la fem inducida en términos de la velocidad, el campo magnético y el lado fijo de la espira:



“Las espiras 1, 4 y 5 tendrán la misma fem debido a que el  $B$  es el mismo, su velocidad también tiene la misma magnitud y su alto es el mismo, pero la 1 es en sentido contrario a la 4 y 5 .

En las espiras 3 y 2 no se induce corriente.” (R7U S II-23)

En la situación 5, se plantea un solenoide coaxial con una espira conductora. El solenoide se encuentra fijo y el interruptor del circuito, se conecta y desconecta sucesivamente. Se pide que se analice la corriente inducida en la espira conductora en diferentes estados de circulación de corriente en el solenoide.

E6 señala que justo después de cerrar el interruptor, una corriente circulará por el solenoide y por la espira. Afirma:

“Por un instante induciremos una corriente, pero si la corriente en el solenoide es continua, no varía el flujo en la espira y no estaríamos induciendo una corriente” (R7U S II-24)

Dibuja una espira con una corriente circulante en sentido horario y representa con flechas la forma en que el campo atraviesa a la espira. También utiliza notación simbólica cuando expresa:

“ $B$  aumentará hasta mantenerse constante”... “Si la corriente es continua solo tendremos una fem por un instante, luego ésta será cero” (R7 US II-25)

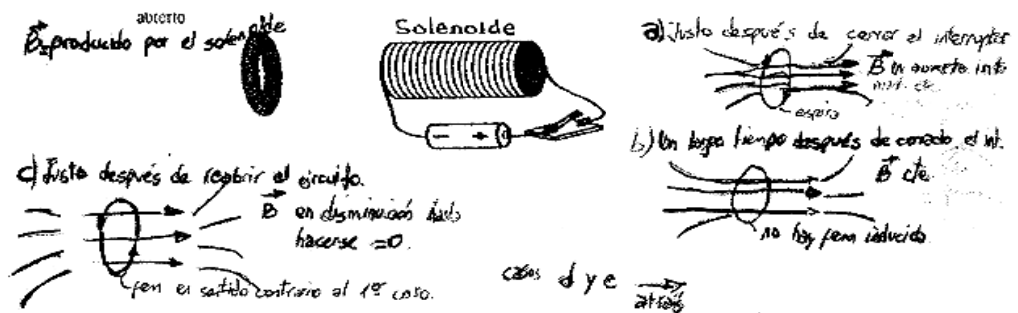


Figura 36. Interacción solenoide /espira conductora (E6)

Agrega:

*“Apenas abramos el circuito también se inducirá una fem por un instante, pero como ya no hay corriente y el campo se hace cero, por lo que el flujo se hace cero, la fem también será cero.” (R7U S II-26)*

*... “ Teniendo en cuenta en el circuito, si el circuito está conectado a una fuente de corriente alterna, mientras que el circuito está cerrado estaremos induciendo una fem variable, o sea, cambia de sentido con la misma frecuencia que cambia la corriente alterna o la que tenemos conectada al solenoide, induciremos una corriente alterna en la espira. Mientras que el circuito está abierto no tendremos corriente en la espira debido a que no habrá campo y menos una variación del mismo, por lo que no variará el flujo con el paso del tiempo.” (R7U S II-28)*

Como se observa, E6 manifiesta un cambio importante respecto de su diagnóstico inicial, tanto en la diversidad y cantidad de conceptos que utiliza al resolver las situaciones como la multiplicidad de representaciones que utiliza.

La situación 6 presenta un transformador en el que se aplica una diferencia de potencial continua a la bobina primaria. Se pide explicar por qué dicha bobina puede quemarse; su respuesta es.

*“Lo que sucede si conectamos una diferencia de potencial continua a la primer bobina sucederá que induciremos por un instante una corriente en la segunda pero luego no recibiremos una oposición debido a la corriente  $I$  (o sea, una resistencia en  $I$ ) por lo que la bobina  $1$  estará en cortocircuito. O sea, al no inducirse una fem en la bobina  $2$  no se opondrá a la corriente en la bobina  $1$ . El calentamiento se produce por el paso de la corriente y la resistencia del conductor.” (R 7 S II(29-30)*

Complementa su expresión lingüística con la expresión simbólica formal de la potencia en términos de corriente y resistencia. Como actividad complementaria, al final del cuestionario, se pide que explique lo que ocurre al acercar un imán a la pantalla de un

televisor en forma perpendicular a la misma; situación que plantea en forma adecuada, a partir de distintas configuraciones de campo magnético y del movimiento de los electrones, donde además incluye un análisis vectorial.

*“Puede que la imagen permanezca en reposo si la intensidad del campo producida por el imán es muy chica.”(R7 USII-39)*

*“La imagen se desplaza hacia arriba si el imán se mueve hacia la derecha, en este caso el campo del imán debe ser elevado en magnitud para notar cambios. Si acercamos el polo norte del imán al centro de la pantalla y luego lo corremos hacia la derecha sucederá que por regla de la mano derecha la dirección de la fuerza será perpendicular a la de la hoja y saliente (un electrón posee carga negativa) lo que quiere decir que la imagen se irá hacia arriba.”(R7 US II-40)*

*“La imagen se mueve hacia abajo si el imán se mueve hacia arriba, para esto el imán debe ser colocado paralelo a la pantalla (no hablo de imán de heladera debido a que es casi plano).”*

*“Y como dije antes por la regla de la mano derecha, la fuerza deberá ir hacia abajo pero como la carga del electrón es negativa, la fuerza tiene sentido opuesto.” (R7U S II41)*

La representación pictórica de E6 es acorde a la explicación dada anteriormente. Esta situación que también fuera planteada en el diagnóstico no fue resuelta por E6 en esa oportunidad, observándose un cambio, al menos, en los conceptos que explicita. No es desatinado afirmar además que en relación al eje temático: “interacciones”, las ideas y representaciones que plantea parecerían presentar un grado de estructuración importante.

La actividad de cierre que se propuesta es acerca de un circuito ideal de barra deslizante situado en un campo magnético perpendicular al plano de la espira en la dirección y sentido del eje “y”. La barra se mueve a la derecha con una velocidad “v” constante. En esta situación se pide que reconozca y explique las interacciones que se producen.

“Fuerza electromagnética”

“Acá interactúa el campo magnético con el área variable de la espira cuadrada, induciéndose una fem en la misma” (R 7US II-43)

Dibuja además la fuerza magnética debida la interacción entre la corriente inducida y el campo magnético.

E6 estaría en un **nivel alto** de conceptualización, situación que puede detectarse, en el análisis de la entrevista, por ejemplo, en los turnos de habla 11 a 16 las expresiones respecto al flujo magnético.

Turno	Profesor	Alumno E6
10	En la situación que describe esta figura ¿Hay variación del campo?	<i>No, el campo es constante</i>
11	¿Qué pasa cuando la espira se mueve de izquierda a derecha?	<i>El flujo disminuye</i>
12	¿Por qué?	<i>Porque el campo atraviesa menos</i>
13	Hay disminución de campo y de flujo, ¿cómo va a responder la espira?	<i>Se va a inducir una corriente en sentido opuesto a la variación del flujo</i>
14	¿Y qué va a generar esa corriente?	<i>Un campo magnético que va a oponerse al cambio</i>
15	Y ese campo ¿va a ser en el mismo sentido o sentido contrario al anterior?	<i>En ese sentido</i>
16	Dices que la inducción es generada por una variación del campo magnético ¿Eso es siempre?	<i>No siempre, si no lo que realmente hace que se genere una fem es la variación del flujo</i>

E6 parece tener un esquema que sostiene para resolver el conjunto de situaciones que corresponden a cada eje. Lo que demuestra que ha construido una estructura de conocimiento que pone en acto al resolver cada clase de situaciones. Con el objetivo que se representa en cada tarea, opera en la búsqueda de sus invariantes demostrando que es competente, al menos, para dicho conjunto de situaciones. Puede además utilizar distinto tipo de representaciones simbólicas y operar con ellas. Maneja en forma adecuada la notación simbólica inherente al modelo científico y si se tienen en cuenta

sus respuestas a las actividades planteadas en el diagnóstico inicial, es imposible no constatar el cambio en sus representaciones respecto a este campo conceptual.

### Estudiante E8

Es egresado de la ENET, tiene 20 años y las materias aprobadas son: Ciencia de los Materiales, Inglés I, Física I, Álgebra I y Geometría Analítica, Sistema de representación Gráfica, Probabilidad y estadística, Informática I, Conocimiento de Materiales, Análisis I y Sistemas de representación. Los libros de texto utilizados en el nivel medio son de los autores “Castejón-Santamaría, Renault, Chester Drawer”, mientras que en la Universidad ha optado por seguir la Física del autor “Sears” y, actualmente, manifiesta usar la Física del autor “Serway”.

Los estudiantes E8 y E18, trabajan juntos en clase. En el cuestionario diagnóstico inicial E8, debió resolver las actividades que se comentan. En la situación 1, se le presentaban cuatro situaciones físicas diferentes, y debía identificar y explicar el tipo de interacción entre los cuerpos, y representar gráficamente las fuerzas actuantes- de existir-en cada caso. En el primer caso, barra electrizada próxima a una esfera de aluminio suspendida de un hilo, E8 reconoce una interacción magnética, explicando que:

“Se atraen porque las cargas de diferente signo se atraen”. (R8 U S I-2)

La expresión de la representación pictórica muestra el dibujo de dos fuerzas opuestas por medio de dos flechas con sentidos opuestos coaxiales una situada en la barra y la otra en la esfera de aluminio. Así, dos ideas clave que parecen sustentar son:

- Cuerpos con cargas diferentes equivale a una atracción
- Si las cargas tienen signos diferentes entonces los cuerpos se atraen

Como se observa en la figura, A8 ubica los puntos de aplicación de ambas fuerzas en el **mismo objeto**:

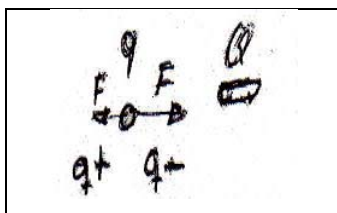


Figura 37. Interacción esfera de aluminio/ barra cargada (E8)

En el segundo caso, se observa algo similar con una hoja de afeitar cuando un imán se le acerca. Para E8, la interacción entre la gillette y el imán obedece a una **fuerza magnética**

*“(Ídem al caso 1a) Se atraen porque las **cargas de diferente** signo se atraen.”(R8USI-4)*

Nuevamente, dibuja dos fuerzas opuestas por medio de dos flechas, aunque esta vez **situadas en cada carga**

La idea subyacente es que existe una fuerza magnética entre cargas de diferente signo, lo que podría reflejar un teorema-en-acto dada su regularidad. En el tercer caso se presenta una varilla y una esfera de aluminio en contacto. E8 reconoce nuevamente una interacción magnética.

*“Se pegan”...” hasta que se equilibran las cargas, o sea, se descargan.”  
(R8U S I-6)*

¿Acaso un error epistemológico en cuanto no distingue el origen o la fuente de los fenómenos? (Guisasola et al., 2003). Además aparece como posible regla el que si los cuerpos se equilibran se sueltan –dejan de interactuar- como equivalente a la descarga de los cuerpos. O sea el equilibrar cargas implicaría descargar los objetos. Esta afirmación podría reflejar un teorema en acto, si se sostiene. En el último caso, la interacción entre trozos de papel y una birome cargada, E8 considera que se produce por una fuerza electrostática.

*“La birome está cargada por ello atrae a los papelitos hasta que se descarga.” (R8 U S I-8)*

En este caso se observa nuevamente la idea anterior, acerca de cómo un cuerpo se descarga

- Un cuerpo se descarga si sus cargas se equilibran.

En la situación 2, se presenta una aguja imantada sobre la superficie del agua contenida en un vaso. La aguja se mantiene en la superficie con la misma orientación aunque se gire el vaso. Se pide que explique por qué ocurre este fenómeno y las magnitudes que varían cuando rota la aguja, al orientarse.

*“La aguja se orienta geográficamente porque se orienta el campo magnético de la tierra y el de la aguja.” (R8 U S I-9)*

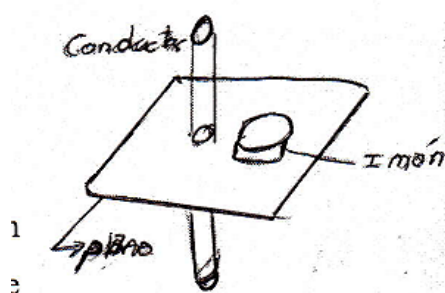
E8 funda su razonamiento no muy claramente, en una propiedad simple. Además no reconoce las magnitudes que varían. En la situación 3, se coloca un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula una corriente y que atraviesa en forma perpendicular al plano sobre el cual se apoya el imán. Se pide que se dibuje la situación y represente y analice las interacciones presentes. E8 considera que:

*“En el exterior del imán hay líneas de campo” (R8 U S I-10)*

*“(…el cable produce un campo magnético…) En su alrededor, por corriente” (R8 U SI-11)*

¿Acaso un error epistemológico? ¿Acaso el modelo que construye es tan simple que no considera la estructura interna de los imanes?

El dibujo consiste en un conductor, imán y un plano en el que se coloca el imán, como se observa en la Figura 38:



**Figura 38.** Interacción hilo de corriente con imán (E8)

En la situación 4, se presenta un imán fijo que se acerca y aleja de una espira de cobre coaxial con el imán. Se pide que se analice la presencia de una corriente inducida en la espira conductora en diferentes momentos del movimiento del imán. Para E8, después

de que el imán inicia su movimiento, circula una corriente por la espira, debido a que hay variación de flujo. Pero si después de un tiempo el imán se haya detenido, para E8 la corriente no seguirá circulando, porque no hay variación de flujo. Afirma que:

*“Hay variación de flujo en la espira por lo tanto circula una corriente.”*

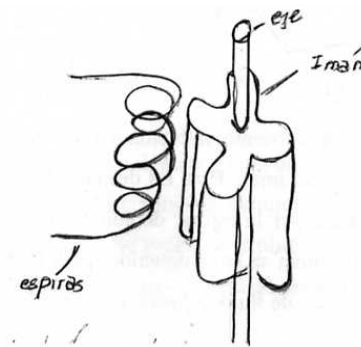
(R8 U S I-12)

La primera impresión al comenzar el análisis es que puede haber un teorema-en-acto vinculado a la femi, dado que las respuestas de E8 parecen sostenerse en forma consistente. Sin embargo, después de que el imán comience a alejarse, para E8, no circula corriente en la espira porque hay variación de flujo.

*“Hay variación de flujo” (R8 U S I-14)*

En este momento no se puede precisar si es un error debido a una falta de atención, o es que hay otros invariantes, por medio de los que E8 atribuye otro significado al fenómeno de inducción electromagnética.

En la situación 5, se le pide a E8 que explique cómo se produce energía hidroeléctrica y se solicita que realice un croquis explicativo de alguna central local, analizando si este recurso tiene alguna relación con los fenómenos electromagnéticos. La argumentación que utiliza lleva a pensar que, aparentemente, podría haber un teorema-en-acto ya que la relación entre la variación de flujo magnético y la aparición de una **corriente inducida**, se mantendría por lo que el error anterior puede haber sido un problema de lectura



**Figura 39.** Generador de Energía eléctrica (E8)

*“En la figura se trata de demostrar a grosso modo un generador de energía eléctrica. Para que circule corriente por la espira se tiene que inducir una*



*fem en ella, esto se logra haciendo variar el flujo magnético en el interior de las espiras, o sea, moviendo el imán. Constructivamente es más fácil mover el imán que el conjunto de espiras. El imán se monta sobre un eje y recibe la energía mecánica del agua por medio de una turbina solidaria al eje. Por lo explicado si tiene relación con los fenómenos electromagnéticos” (R8U S I-15)*

En la Figura 39 se observa el dibujo que acompaña la expresión precedente donde A8 explicita que se trata de un imán en un eje y una espira. Emergen algunos invariantes que probablemente E8 haya construido en el nivel de educación secundario. Como cierre de este diagnóstico se le plantea a modo de actividad complementaria, que describa y explique lo que sucede al acercar un imán a la pantalla de un televisor en forma perpendicular a la misma, a lo que responde en forma escueta y superficial. Queda así reflejado:

*“La imagen en la zona del imán se perturba debido al campo magnético del TV y el imán.” (R8 U S I-17)*

En el **cuestionario diagnóstico final o de integración** que se le presenta a E8, la primera situación es análoga a la presentada en el cuestionario inicial y se puede observar que, mientras en el primer caso, E8 consideraba una interacción magnética, ahora responde que la interacción es electrostática debido a que:

*“Se generan fuerzas de atracción porque las cargas son de diferentes signos” (R8 US II-2)*



**Figura 40.** Interacción barra/esfera de aluminio (E8)

Como se observa en la Figura 40, en esta instancia E8, ajusta respecto al diagnóstico inicial, los puntos de aplicación de las fuerzas. En el segundo caso, E8 reconoce una interacción magnética, **aunque no distingue si es o no a distancia**. Explica que:

*“El imán atrae a la gillette porque es de hierro.”*

En el tercer caso, para E8 la interacción es de contacto y la fuerza electrostática, porque:

*“Ídem al 1, se mantendrán en contacto hasta que se igualen las cargas”  
(R8 U S II-4)*

Si bien, sus afirmaciones se acercan al modelo científico, al igual que sus representaciones simbólicas y gráficas, no interpreta completamente el modelo newtoniano para la fuerza y la clasifica como de contacto.

En el último caso, birrome cargada-papeles, E8 esta vez además de considerar una fuerza electrostática, la identifica como una interacción de contacto y considera este caso igual al anterior, dando así por **supuesto que el papel es un material conductor**.

Las competencias de E8, como se dijo, no son aún suficientes como para enfrentar y resolver en forma adecuada estas situaciones

En la situación 2, se le pide que reconozca algún material de uso cotidiano que presente las configuraciones ilustradas en una figura y que explique el cambio de orientación de las flechas del material cuando se le coloca en presencia de un campo magnético. E8 considera el hierro como ejemplo donde las flechas del dibujo representan la orientación de los dipolos y sus argumentos responden a un modelo newtoniano, según se refleja en su respuesta:

*“Se orientan debido a que el campo magnético ejerce una fuerza y los orienta” (R8 U S II-10)*

Si se analiza el efecto, éste es una “*orientación de dipolos*” que se debe (causa) a que el campo magnético “*ejerce una fuerza*”. En este caso, E8 parece establecer un conjunto de relaciones si bien insuficientes para explicar en forma plena la magnetización de un material, que se basan en las interpretaciones dadas por la comunidad científica. La tercera situación es la misma que se planteó en el diagnóstico inicial, interacción imán – plano con conductor. En este cuestionario, al igual que en el diagnóstico, E8 considera que el hilo conductor (cable) por el que circula corriente produce un campo magnético. Lo formula así:

“El cable produce un campo magnético a su alrededor, el vector campo es tangencial, el campo magnético del imán tiende a alinearse con el del conductor y por su energía cinética sigue girando” (R8 U S II-11)

Como se observa en la Figura 41, la representación gráfica es incompleta en las líneas de campo magnético del conductor y del imán; ¿acaso se trata de una representación basado en un modelo más abstracto de fenómenos magnéticos o una dificultad para representar la fuerza de Lorentz como se ha señalado previamente. El efecto debido a la interacción entre campos, parece ser la alineación del imán según la línea de campo magnético del hilo de corriente.

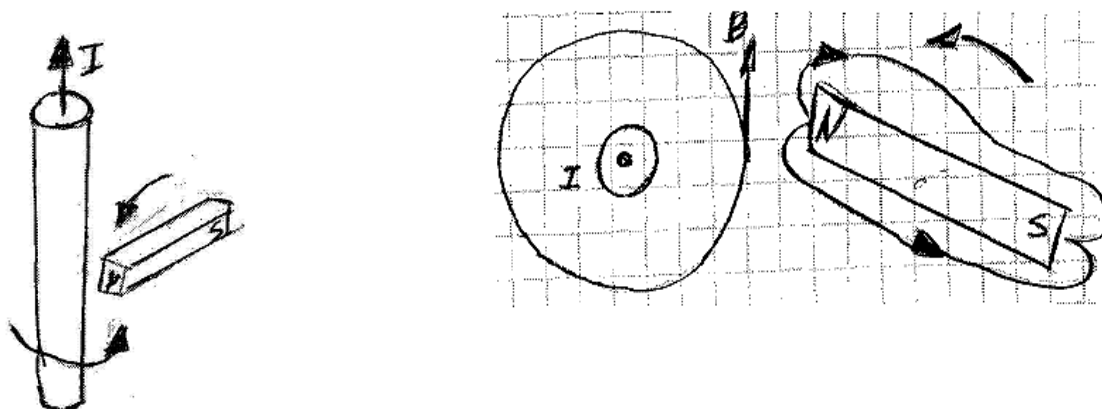


Figura 41. Interacción hilo de corriente/ imán (E8)

En el análisis de las producciones de E8 se encuentra un cambio en las respuestas respecto al diagnóstico inicial frente a la situación 3 (Anexo II). Así por ejemplo, interpreta que el “*imán sobre el plano*” que indica el enunciado, se encuentra “*libre*” por lo que infiere que el imán se mantendrá “*girando*”. Aún así en el resumen final del planteo, E8 muestra un estado de organización, si bien incipiente sobre este tipo de interacciones, recurriendo a diferentes significantes, como se observa a continuación.

Diagrama	Expresión formal y operación	Tipo de interacción y explicación
	$F = I \times B$	es una interacción magnética,

Figura 42. Representaciones interacción magnética (E8)

En la situación 4, se presenta un conjunto de 5 espiras (4 iguales y una de distinto tamaño) que se desplazan a través de un campo magnético uniforme saliente. E8 indica en forma adecuada, el sentido de la corriente inducida para cada espira. El orden que establece para la fem inducida según su intensidad, en cada espira es incorrecto, y explica el razonamiento seguido sin lograr operativizar la variación efectiva del flujo magnético, particularmente, en las espiras 1 y 5.

*“La 1° es la espira con mayor variación de flujo, está metida en la región 1. La 5° mayor que la 4 porque entran mayor líneas de campo y la 3-2 juntas porque no se induce ninguna fem, no hay variación de flujo” (R8 U S II-17)*

En la situación 5, se plantea un solenoide coaxial con una espira conductora. El solenoide se encuentra fijo y el interruptor del circuito, se conecta y desconecta sucesivamente. Se pide que se analice la corriente inducida en la espira conductora en diferentes estados de circulación de corriente en el solenoide.

E8 señala que cuando se cierre el interruptor, una corriente circulará por el solenoide y por la espira y un largo tiempo después de cerrado el interruptor, solo habrá corriente en el solenoide. Afirma:

*“Justo después no, sino cuando se cierra el interruptor, circulará una corriente por la espira.” (R8 U S II-18)*

*“No habrá variación de flujo, no se induce ninguna fem, no habrá circulación de corriente.” (R8 U S II-19)*

Justo después de reabrir el circuito, no circula ninguna corriente en el solenoide ni en la espira dado que:

*“con el interruptor cerrado no circula corriente por el solenoide ni hay variación de flujo por lo que no hay circulación de corriente en la espira.” (R8 U S II 20-22)*

Después de un tiempo suficientemente largo de reabrir el circuito, no circula ninguna corriente en el solenoide ni en la espira por el mismo motivo que en el caso anterior. Sin embargo, E8 considera otra opción:

*“Al cerrar el interruptor hay una variación de corriente por la espira.”* (R8 U S II-23)

Estas oscilaciones en los argumentos, como los detectados en las cuestiones anteriores, podrían ser una señal de que aún hay obstáculos que superar, en esta clase de situaciones por lo que se requeriría seguir enfrentando nuevas tareas para mejorar la conceptualización. En la situación 6, donde se presenta un transformador al que se le aplica una diferencia de potencial continua a la bobina primaria y se le pide explicar por qué dicha bobina puede quemarse, a lo que E8 responde en cierta forma manifestando una tendencia a sostener el modelo de la variación de flujo.

*“Si se aplica una corriente alterna a N1 crea un flujo1 variable el cual induce en N2 una fem que origina una circulación de corriente por R.(Ley de Faraday y Ley de Ohm)”* (R8U S II (24-26))

Otras expresiones simbólicas a las que recurre, se pueden observar a continuación, en su transcripción textual:

$$\Delta\phi_1 = A_1\Delta B$$

$$\text{Faraday } \xi_2 = -\frac{dI}{dt}$$

$$\text{Ohm } I = \frac{|\xi|}{R}$$

**Figura 43.** Representaciones simbólicas del cálculo de la femi (E8)

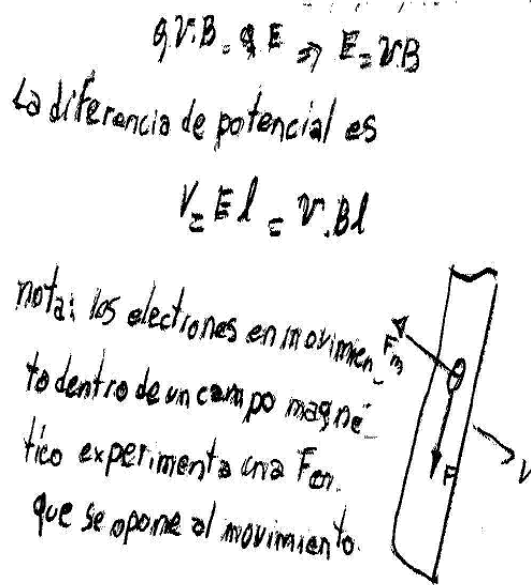
E8 parece articular, si bien en forma incipiente, sus conocimientos anteriores con los nuevos, al menos en cuanto a simbología se refieren. No incluye, sin embargo, el tema de la energía en este análisis. Como actividad complementaria posterior al cuestionario se pide que explique lo que ocurre al acercar un imán a la pantalla de un televisor en forma perpendicular.

*“Se representa una TV de costado donde se ven los haces de electrones. Si en un caso se le acerca un imán, la imagen se desplaza según sea la posición o cara del imán que esté en contacto con la pantalla, si la cara norte se acerca a la pantalla, la imagen se desplaza hacia abajo y viceversa” (R8 U S II-27)*

E8 describe el evento, a partir de un caso visto de modo experimental en clase. Si bien utiliza algunos recursos gráficos y pictóricos, éstos no dan cuenta en forma precisa del fenómeno. Entre otros aspectos, se observa que no tiene en cuenta el signo de la carga. El tema correspondiente al eje interacciones (en términos de la fuerza de Lorentz) necesita ser reiteradamente trabajado a partir de nuevas situaciones que lleven a E8 a estructurar en forma más consistente y clara su conceptualización. La actividad de cierre que se plantea es acerca de un circuito ideal de barra deslizante, situado en un campo magnético perpendicular al plano de la espira en la dirección y sentido del eje “y”. La barra se mueve a la derecha con una velocidad “v” constante. En esta situación se pide que reconozca y explique las interacciones que se producen, logrando explicitar una versión más adecuada y profunda en términos de fuerzas y relaciones con los campos intervinientes y con la fem inducida.

*“Al variar el área, los electrones de la barra en movimiento experimentan una fuerza, la cual tiende a agruparlas en el extremo inferior generando un campo eléctrico que origina la circulación de corriente. Las cargas se agruparán hasta que se igualen las fuerzas eléctricas y magnéticas: (R8 U S II-29)*

En su argumentación, E8 parece haber logrado cierto nivel de organización; una estructura desde la que puede resolver esta clase de situaciones.



**Figura 44.** Afirmaciones de conocimiento y representaciones simbólicas femi (E8)

Como el propio Vergnaud (op. cit.) expresa, este conocimiento en acción explicitado, es solo un aspecto de algo mucho más profundo, y la afirmación de conocimiento de este joven en relación con la fuerza que experimentan “*los electrones en movimiento dentro de un campo magnético*” puede reflejar que, dentro de la estructura cognitiva de E8, la ley de Lenz subyace vinculándose al principio de conservación de la energía., como se detecta posteriormente en la entrevista (T6-11). Al respecto, como se observa a lo largo de toda la entrevista, E8, se expresa con mayor consistencia a medida que se recorren las distintas situaciones. Como se ha visto posee competencias para resolver distintas situaciones del campo conceptual, explicita conceptos y relaciones pertinentes entre ellos y muestra una organización estable entre los mismos. Aun así, considerando además dificultades matemáticas que aún se advierten como por ejemplo, operar con la regla de la cadena, E8 podría encontrarse, por lo dicho, en una transición, en un nivel de conceptualización **medio -alto**.

### **Estudiante E19**

Es egresado de la ENET, de 21 años y tiene 5 materias aprobadas. Manifiesta que el libro de Física utilizado es del autor Sears- Zemansky.

La primera actividad que se plantea a E19 en el diagnóstico inicial, se refiere a cuatro situaciones físicas diferentes en las que debe identificar y explicar el tipo de interacción. También se le pide que grafique las fuerzas actuantes –si las hubiera – en cada una de ellas. En el primer caso, en el que se aproxima una barra electrizada a una esfera de

aluminio, E19 reconoce una interacción a distancia y una fuerza electrostática, explicando que:

*“En este caso la fuerza de acción a distancia, es generada por una barra electrizada electrostáticamente, frotándola de manera que los electrones fueran cedidos al paño, y en consecuencia queda con una carga neta positiva, atrae a una esfera conductora con una fuerza proporcional a la carga neta de la barra, y al campo generado por ésta. “ (R11 U S II-2)*

Conceptos-en-acto como fuerza de acción a distancia, barra electrizada electrostáticamente, electrones cedidos, carga neta positiva, esfera conductora y campo son de alguna manera el prelude de un armazón que, probablemente, subyace como invariantes operacionales, que contienen también algunos esbozos de posibles teoremas-en-acto que se formulan seguidamente:

- La fuerza es generada por una barra electrizada.
- Si está electrizada, queda con una carga neta positiva.
- Si tiene una carga neta positiva, atrae a una esfera conductora.
- La esfera conductora es atraída con una fuerza proporcional a la carga neta de la barra.
- La barra cargada genera un campo.
- El campo de la barra atrae a la esfera.

Hasta aquí las expresiones son todas lingüísticas. El segundo caso es la interacción entre una hoja de afeitar y un imán. E19 considera una interacción a distancia y una fuerza magnética, fundamentando:

*“En este caso la fuerza de acción a distancia es generada por un imán que posee un campo, generado por una remanencia magnética, u orientación de partículas en un sentido, este campo orienta las partículas de cualquier metal, de propiedades magnéticas, que se halle cerca del campo y produce una fuerza de atracción.” (R11 U S I (4-5)*

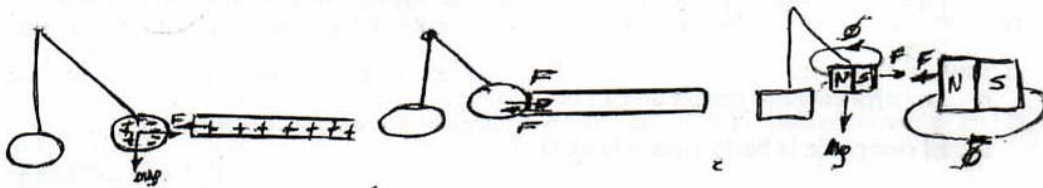


Como en el caso precedente, emergen conceptos como fuerza de acción a distancia, imán, campo, remanencia magnética, orientación de partículas, metal, propiedades magnéticas. Al desglosar las ideas o afirmaciones de conocimiento, se encuentra:

- La fuerza de atracción a distancia es generada por un imán.
- El imán posee un campo.
- El campo del imán es generado por una remanencia magnética.
- La remanencia magnética consiste en la orientación de partículas en un sentido.
- El campo orienta las partículas de cualquier metal de propiedades magnéticas que se encuentre cerca del campo.
- El campo ejerce sobre el metal una fuerza de atracción.

Como se dijo, parece haber principios de organización en la estructura de conocimiento de este alumno, algunos de los cuales requieren un trabajo intenso sobre diferentes clases de situaciones.

Los dibujos realizados como la simbología utilizada se muestran en la Figura 45.



**Figura 45.** Interacciones eléctricas y magnéticas (E 19)

En el tercer caso, donde se presenta una varilla cargada y una esfera de aluminio en contacto, E19 reconoce una fuerza electrostática, en forma análoga al último caso – papel/birome cargada y explica que:

*“En este caso la varilla y la esfera quedan pegadas un instante debido a una transferencia de cargas entre ellas. Esta transferencia equilibra las cargas entre la esfera y la barra.”(R11 U S I -7)*

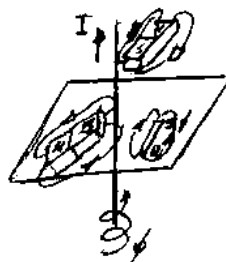
*“Los pedazos de papel quedan pegados a la lapicera porque no tienen suficientes cargas para equilibrar a la lapicera por lo cual esta última no pierde toda su carga neta. Un trozo grande de papel o muchos pequeños pueden equilibrar la carga de la lapicera. Los pedazos de papel quedan*

*adheridos durante un tiempo hasta que se equilibren las cargas.* “ (R11 U S I (10-11))

En una situación aparecen conceptos como transferencia y equilibrio de cargas. En la otra, se incorpora el de carga neta. Al analizar cada argumento se encuentran los posibles teoremas-en-acto siguientes:

- Varilla y esfera quedan pegadas un instante debido a una transferencia de cargas entre ellas.
- La transferencia (de cargas entre ambos cuerpos) equilibra las cargas entre ellos.
- Los pedazos de papel quedan pegados a la lapicera (cargada) porque no tienen suficientes cargas para equilibrar a la de la lapicera.
- Si las cargas del papel no pueden equilibrar la lapicera entonces ésta no pierde toda su carga neta.
- Muchos pedazos de papel pueden equilibrar la carga de la lapicera.
- El papel queda adherido a la lapicera hasta que se equilibren las cargas y después se sueltan).

Tal vez podría haber una idea subyacente que tendría como consecuencia asemejar los comportamientos del aluminio y el papel obstaculizando, por ahora, parcialmente, la comprensión de estos fenómenos. Este estudiante no responde la situación 2, donde se presenta una aguja imantada sobre la superficie del agua contenida en un vaso.



**Figura 46.** Imán / hilo de corriente (E 19)

En la situación 3, se coloca un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula una corriente y que atraviesa en forma perpendicular al plano sobre el cual se apoya el imán. E19 dibuja la situación según lo que en la consigna se solicita, representa las interacciones presentes y fundamenta las afirmaciones que se

le plantean. Así, con respecto a las fuentes de campo magnético, E19 considera que tanto el imán como el hilo de corriente generan un campo magnético; en el primer caso, la propiedad que ostenta el imán es la “remanencia” y, en el segundo, depende de la corriente. Ambos se representan con líneas de campo magnético.

. “*Si es un imán no pierde su remanencia.*” (R11 U S I-12)

“*Si la corriente es continua el campo es proporcional a la corriente.*” (R11 U S I-14)

Con respecto a las interacciones, se adhiere a la idea de que si se cambia la orientación del imán acercando el polo sur al cable, el sentido de las líneas de campo magnético de la corriente no se invierte sino que:

“*El campo del imán se orienta con el del cable.*” (R11 U S I-13)

Por otro lado, afirma que el imán también ejerce una fuerza de atracción sobre el cable, pero que ésta:

“*Depende de la posición del imán*” (R11 U S I-15)

Si se cambia la orientación del imán colocando el polo sur más cerca del cable, el cable no será rechazado debido a que:

“*El campo del imán trata de orientarse con el campo producido por el cable.*”(R11 U S I-16)

Estas afirmaciones de conocimiento muestran parte de la argamasa fundante del significado construido por E19, en relación al eje de interacciones, en la línea del modelo científico dado por la fuerza de Lorentz, donde parece que el campo magnético que el hilo de corriente “manda” tiene mayor efecto que el del imán. Además, las líneas de campo magnético del imán son discontinuas.

En la situación 4, se presenta un imán fijo que se acerca y aleja de una espira de cobre coaxial con el imán. Se pide que se analice la presencia de una corriente inducida en la

espira conductora en diferentes momentos del movimiento del imán. E19, responde que justo después de que el imán inicie su movimiento, una corriente circulará por la espira. Un largo tiempo después de que el imán se haya detenido, la corriente no seguirá circulando, y después de que el imán comienza a alejarse, para E19, seguirá circulando corriente en la espira. Afirma:

*“Si el imán está en movimiento o el flujo está variando se genera una corriente inducida por el imán sobre la espira, cuando el imán está quieto el flujo es constante y la inducción es cero.” (R11 U S I-17)*

En esta afirmación, aparecen conceptos como flujo, corriente inducida, e inducción. La inducción electromagnética se sostiene en la idea de variación del flujo

En la situación 5, donde se le pide a E19 que explique cómo se produce energía hidroeléctrica y se solicita que realice un croquis explicativo de alguna central local, analizando si este recurso tiene alguna relación con los fenómenos electromagnéticos, expresa

*“La energía hidroeléctrica se produce por una acumulación de energía potencial (lago) la cual se transforma en cinética al pasar por una tubería donde se encuentra una tubería, por ejemplo una turbina Kaplan, que transforma la energía cinética del agua en energía mecánica, y con la ayuda de las leyes del magnetismo, inducción electromagnética, ley de Faraday-Lenz la energía mecánica se transforma en energía eléctrica.” (R11 U S I-18)*

Esta argumentación, si bien, se organiza alrededor de la transformación de la energía, muestra una vinculación con la inducción electromagnética, en la expresión:

*“con la ayuda de las leyes del magnetismo.....la energía mecánica se transforma en...”*

Es interesante observar el croquis que E19 realiza –Figura 47, donde si bien da preferencia a lo descriptivo, se trasluce una mayor sintonía con el campo conceptual abordado.

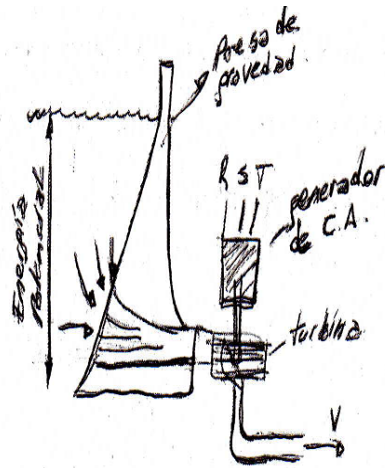


Figura 47. Croquis Central hidroeléctrica (E 19)

Como cierre de este diagnóstico se le pide a E19 que describa y explique lo que sucede al acercar un imán a la pantalla de un televisor en forma perpendicular a la misma. E19, no responde a esta actividad. También se le pide que exprese lo que entiende por inducción electromagnética y lo expresa así:

*“Inducción electromagnética es un fenómeno en el cual podemos obtener una corriente de electrones con una disipación apropiada de un campo magnético y un solenoide, se puede realizar el experimento: 1-(imán que se acerca y se aleja a un solenoide conectado a un voltímetro) En este experimento el campo magnético de un imán que se mueve dentro del solenoide, genera una fem (fuerza electromotriz) en los bornes del solenoide. 2-(solenoide enfrentados uno conectado a una fuente de corriente alterna y otro a un voltímetro) En este experimento la fuente de campo magnético es un solenoide por el cual circula una corriente alterna, por lo tanto el campo magnético que produce aumenta y disminuye en proporción a la corriente que varía en el tiempo. Este efecto es similar al de mover un imán dentro del solenoide 3-(dos solenoides uno conectado a una fuente alterna y otro a un circuito por medio de una resistencia a un amperímetro) En este experimento se induce además de una fem, una corriente inducida por la bobina B, se mide en el amperímetro conectado en la bobina A. La corriente inducida por el campo variable que genera la bobina B en la bobina A, se opone a la causa que lo produce.” (R11 U S I-19)*

Por lo expuesto puede afirmarse que E19 probablemente en el estado inicial se encuentra en un **nivel medio** de conceptualización

En el cuestionario final o de integración, la primera situación que se plantea coincide con la formulada en el diagnóstico inicial. Como se analizara, E19, ya presentaba un sustrato de conocimientos adecuado que reestructura incorporando el manejo vectorial, entre otros aspectos, como se verá en la actividad complementaria. Cuando, en la situación 2, se le pide reconocer algún material de uso cotidiano que presente las configuraciones ilustradas en una figura y explicar el cambio de orientación de las flechas del material colocado en presencia de un campo magnético, E19 fundamenta a partir de las propiedades de los materiales ferromagnéticos, señalando que:

*“.. los materiales como el hierro, cobalto, níquel tienen la propiedad de sumar sus momentos dipolares (que producen los electrones girando alrededor del núcleo) al campo externo.” ... “La orientación de los campos magnéticos producidos por los dominios cambia cuando el material está sometido a un campo magnético porque, el campo externo ejerce un momento torsor sobre cada dipolo generado por los electrones girando alrededor del núcleo, y orientándolos en la posición de equilibrio estable.”*  
(R11 U S II 5-6)

Aparecen así posibles conceptos-en-acto, algunos del dominio concreto, otros más abstractos como momentos dipolares, campo, orientación de los campos magnéticos, dominios, momento torsor, electrones, núcleo, equilibrio.

A partir de las argumentaciones de E19, se han identificado como posibles conocimientos-en-acto, las siguientes afirmaciones:

- Los materiales ferromagnéticos...tienen la propiedad de sumar sus momentos dipolares al campo externo.
- Los momentos dipolares son los que producen los electrones girando alrededor del núcleo.
- La orientación de los campos magnéticos producidos por los dominios cambia frente al campo magnético externo.
- El campo externo ejerce un momento torsor sobre cada dipolo.

- El momento torsor orienta los dipolos a la posición de equilibrio estable.

A la vez, esas afirmaciones llevan a cuestionarse acerca de la interpretación del momento dipolar. En forma verbal o lingüística, E19 identifica la interacción de los dominios con el campo magnético externo a través del momento torsor e interpreta la transformación como una reorientación hacia un equilibrio más estable. E19 parece estar construyendo una visión de los materiales magnéticos más centrada en la estructura interna de la materia, sin desprenderse de las concepciones mecanicistas, en tanto, la interacción es expresada a través del momento torsor y la transformación como búsqueda de equilibrio estable.

La tercera situación que se presenta a E19, en forma análoga al diagnóstico inicial, consiste en un imán sobre un plano atravesado por un hilo de corriente. E19 ratifica sus afirmaciones de conocimiento, en relación a las fuentes de campo magnético, lo que habla de una estructura de conocimiento estable

*“El imán posee un campo magnético o posee líneas de campo magnético por su naturaleza. Al estar cerca de un conductor por el que circula corriente y produce un campo, las líneas de este campo también atraviesan al imán”.*( R11 U S II 9-10)

*“El campo magnético que produce el conductor es generado y provocado por la corriente que pasa sobre él, de manera que si acercamos un imán que perturbe el campo del conductor no se invierte el sentido de la corriente.”*

*..”y si se cambia la orientación del imán acercando el polo sur al cable, el sentido de las líneas de campo magnético de la corriente no se invierte”.*  
(R11 U S II 30-31)

Esta vez, E19, en relación a las interacciones presentes, expresa que el imán no ejerce una fuerza de atracción sobre el cable, lo que produce un momento torsor, si el hilo está fijo y el imán puede “oscilar”.

*“El imán no atrae al cable, se genera un momento torsor en el imán debido al campo producido por el conductor y al momento dipolar del imán.”*(R 11U S I-32)

La afirmación lingüística es acompañada por la fórmula del momento torsor en términos del momento dipolar magnético y el campo magnético externo. Si se retoma la expresión *“El imán no atrae el cable”*, surge la pregunta es acerca de lo que ocurre con la acción del campo magnético sobre una corriente. Es que acaso, ¿la interacción está soportada por un solo cuerpo? ¿Cuál es la concepción de interacción? (Stipcich y Moreira, op cit; Lemeignan et al., 1994).

A su vez, E19 expresa que:

*“Si el alambre está empotrado y el imán puede girar sobre su eje, no se produce atracción o repulsión, solo se produce un momento torsor sobre el imán.”* (R11 U S II-33)

En cambio, si el imán está empotrado y el cable puede moverse, según E19, se ejercerá una fuerza magnética sobre el conductor *“ $F = IL \times B$ ”*<sup>30</sup>.

Se despejan algunas dudas en relación al significado atribuido por E19 al término interacción, pero queda una reflexión en torno a que, si bien, las interacciones electromagnéticas que se presentan son ideales, se producen en el vacío. E19 parece no reconocer este hecho dado que la interacción electromagnética podría quedar, según sus teoremas-en-acto, supeditada a la Mecánica:

*“si el alambre está empotrado”*

En la situación 4, donde se presenta un conjunto de 5 espiras (4 iguales y una de distinto tamaño) que se desplazan a través de un campo magnético uniforme saliente. E19, resuelve esta situación argumentando:

*“Espira 1: corriente en sentido antihorario, fem disminuye.”*

---

<sup>30</sup> El carácter vectorial de las magnitudes se indica con “negrita.”



*Espira 2:  $I = 0$  fem = 0*

*Espira 3:  $I = 0$  fem = 0*

*Espira 4: corriente en sentido horario, fem aumenta*

*Espira 5: corriente en sentido horario, fem aumenta.” (R11 U S II-19)*

E19, indica correctamente el sentido de la corriente en cada espira, si bien, opera en forma cualitativa, para establecer el orden de las femi en cada espira según su intensidad. En la situación 5, se plantea un solenoide coaxial con una espira conductora. El solenoide se encuentra fijo y el interruptor del circuito, se conecta y desconecta sucesivamente. Se pide que se analice la corriente inducida en la espira conductora en diferentes estados de circulación de corriente en el solenoide. E19 considera que, después de cerrar el interruptor, una corriente circulará por el solenoide y por la espira. Un largo tiempo después de cerrado el interruptor, solo habrá corriente en el solenoide y justo después de reabrir el circuito, no circulará ninguna corriente en el solenoide ni en la espira. Finalmente, un largo tiempo después de reabrir el circuito, no circulará ninguna corriente en el solenoide ni en la espira.

*“Por el solenoide circulará la corriente que proviene de la pila. Por la espira circulará una corriente inducida, hasta que se establezca el campo generado por el solenoide, justo después de cerrar el interruptor” (R11 U S II (20-21))*

*“Luego de un tiempo el campo se establece y no existe un flujo variable a través de la espira, y, por lo tanto, sólo habrá corriente en el solenoide” (R11 U S II-22)*

*“No circulará corriente en el solenoide, pero el campo magnético existente comienza a disminuir rápidamente (consecuencia de abrir el circuito) y produce un flujo variable en la espira y, por lo tanto, una corriente en esta” (R11 U S II (23-24) )*

*Cuando el campo magnético que tenía el solenoide desaparece por completo (consecuencia de abrir el circuito) el flujo a través de la espira es cero y no se induce corriente en la espira”. (R11 U S II-25)*

*“Si el campo es constante (estable) y muevo la espira hacia la derecha o izquierda se induce una corriente en la espira. Si roto la espira, también se induce una corriente en la espira” (R11 U S II-26)*

La situación 6 presenta un transformador en el que se aplica una diferencia de potencial continua a la bobina primaria. Se pide explicar por qué dicha

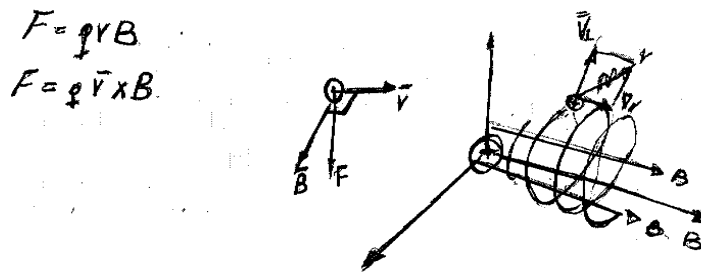
*“Si conecta un transformador (el primario) a una corriente continua, no se producirá un flujo variable en el tiempo, por lo tanto, no se inducirá ninguna corriente o fem en el secundario y, por lo tanto, no habrá un flujo que se oponga al generado por el primario y éste, en consecuencia, consumirá más corriente. Debido a que la resistencia de un transformador puede ser muy baja, ya que este funciona con corriente alterna y la “resistencia” al paso de la corriente depende de la inductancia mutua que posee el transformador. Por esta causa, el bobinado primario del transformador se calienta.” (R11 U S II 27-29)*

La diversidad y precisión de los conceptos y teoremas que explicita, así como las expresiones de sus representaciones, muestran que E19 posee una organización de conocimiento próxima al científico. Como actividad complementaria al final del cuestionario de integración, se pide que explique lo que ocurre al acercar un imán a la pantalla de un televisor en forma perpendicular a la misma.

*“La imagen se desplaza hacia arriba si el imán se mueve hacia la derecha. Acercar un imán a la pantalla de un televisor o un tubo de rayos catódicos produce que las partículas cargadas que se mueven dentro del tubo, se desvíen a causa de una fuerza conservativa que el campo magnético del imán ejerce sobre la partícula cargada en movimiento. Esta fuerza no realiza trabajo sobre la partícula ya que la fuerza es perpendicular al plano formado por la velocidad y el campo magnético  $\mathbf{F}=q\mathbf{V}\times\mathbf{B}$ <sup>31</sup>. Si la velocidad de la partícula (que se puede expresar como vector) tiene componentes paralelas y perpendiculares al campo, la partícula se desplazará en una trayectoria helicoidal. Si el vector velocidad es perpendicular al campo magnético describirá una trayectoria circular” (R11 U S (37-38))*

---

<sup>31</sup> El carácter vectorial de las magnitudes se indica con “negrita”



**Figura 48.**Carga en reposo/en movimiento dentro de un campo magnético uniforme (E 19)

Como se observa, E19 recurre a expresiones simbólicas y gráficas para sostener su argumentación lingüística, entre las que se observa un alto grado de coherencia. Sin embargo, la fundamentación parece ser más teórica, donde aparentemente aparecería una desconexión entre el evento y el fundamento. La actividad de cierre que se plantea es acerca de un circuito ideal de barra deslizante situado en un campo magnético perpendicular al plano de la espira en la dirección y sentido del eje “y”. La barra se mueve a la derecha con una velocidad “v” constante. Si bien, E 19 reconoce una interacción electromagnética, no desarrolla sus argumentos.

La entrevista final permite elucidar aquellas dudas que se tenían respecto al nivel de conceptualización de **E19**, que se considera **alto**, dado que puede resolver con solvencia distintas clases de situaciones del campo conceptual vinculadas a los ejes temáticos seleccionados, en forma sistemática. Explicita un conjunto de conceptos y relaciones entre los mismos pertinentes y logra expresarlos simbólicamente en forma adecuada.

**Estudiante E30**

Es egresado de una escuela técnica agropecuaria. Su lugar de residencia dista algo más de 100 km de la facultad. Tiene 20 años y las materias aprobadas son: Análisis matemático1, Física 1, Álgebra, Integradora 1, Conocimiento de los materiales, Probabilidad y estadísticas, Inglés I y II, Dibujo técnico. Afirma no haber tenido una Física muy avanzada en el colegio debido a la orientación de la escuela. No recuerda qué libro utilizó en la enseñanza secundaria. En la Facultad, habitualmente, utiliza la Física de Serway-Faught (5° Edición) Vol. I y II

La primera situación que se plantea a E30, en el diagnóstico inicial, se refiere a cuatro situaciones físicas diferentes en las que se le pide que identifique y explique el tipo de interacción, representando gráficamente las fuerzas actuantes ,si las hubiera , en cada

caso. En el primer caso, en el que se aproxima una barra electrizada a una esfera de aluminio, E30 reconoce una interacción a distancia. Sin embargo, no la clasifica según la fuente del fenómeno, pero representa en forma incompleta las fuerzas en ambos cuerpos. En el segundo, ~~case~~ se observa algo similar con una hoja de afeitar cuando un imán se acerca a la misma. Para E30, la interacción entre la gillette y el imán es consecuencia de la fuerza magnética. En el tercero, donde se presenta una varilla cargada y una esfera de aluminio en contacto, la identifica como tal.

Curiosamente, en el último caso donde se acerca un bolígrafo cargado a un conjunto de trozos de papel, reconoce una interacción electrostática. E30 argumenta:

*“Al frotar la lapicera ésta queda cargada con una carga que al acercarla a los papeles le induce una carga opuesta a los papeles (hay un reacomodo de cargas) y por lo tanto se produce la atracción.” (R 12U SI (6-7))*

De sus argumentaciones, es posible inferir como teoremas-en-acto, las siguientes afirmaciones:

- La lapicera cargada induce carga opuesta en los papeles, debido a que las cargas se reacomodan.
- Al quedar los papeles con carga opuesta a la lapicera, ésta atrae a los papeles.

Parece que la regla, que atraviesa este razonamiento es “Si los papeles tienen una carga opuesta a la lapicera hay atracción” Surge el interrogante respecto al modelo que el estudiante puede haber construido acerca de los materiales.

E30 sólo resuelve esta primera situación de las 7 (incluidas las actividades complementarias) que se le presentan en este diagnóstico. Si bien, E30 pone algunos conceptos en juego, al enfrentar estas tareas, son escasos para considerar que posee invariantes operatorios. Por lo que se le atribuye un nivel bajo de conceptualización.

En el cuestionario de **integración**, la primera actividad que se le presenta a E30 es la misma que se trabajó en el diagnóstico. En esta oportunidad se puede observar que, en el primer caso, E30, además de reconocer una fuerza electrostática, reconoce una interacción a distancia.

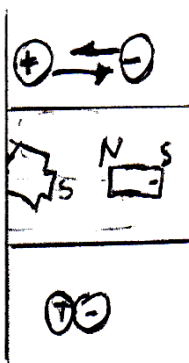
*“Debido a que cargas distintas se atraen entre sí, como no hay contacto entre las cargas puntuales, es una interacción entre las mismas a distancia”*  
(R12 U S II-2)

Si bien, E30 representa gráficamente la interacción a través de dos flechas de igual dirección con sentidos opuestos y punto de aplicación en cargas negativas y positivas respectivamente, es posible que no interprete la clasificación del tipo de interacción desde el modelo de Coulomb. En el segundo caso, además de reconocer una fuerza magnética, registra una interacción a distancia.

*“Suponiendo que la gillette es de material de fácil magnetización, las líneas de campo del imán orientan los dominios magnéticos de la gillette, y se crea una interacción magnética a distancia entre éstas.”*(R12 U S II-4)

En el tercer caso, si bien, reconoce que hay como interacción una fuerza electrostática, la identifica como de contacto.

*“La diferencia con el caso 1 es que ahora las fuerzas son de contacto y hasta que se produzca la igualdad de cargas en ambos materiales, éstos están en contacto. Las fuerzas son las mismas que en el caso 1 pero ahora de contacto”* (R12 U S II-6) “



**Figura 49.** Esfera de aluminio, barra cargada/ imán hoja de afeitar (E 30)

Las representaciones vectoriales que dibuja, pueden verse en la figura 49. Estas respuestas confirman la dificultad en la interpretación del modelo de tipo newtoniano (Almudi et al., 2005). En la situación 2, se le pide que reconozca algún material de uso

cotidiano que posea las configuraciones suministradas en la situación 2 (ver Anexo II) y que explique el cambio de orientación de las flechas del material cuando se lo coloca en presencia de un campo magnético. E30, responde en forma más bien descriptiva, acerca de los materiales ferromagnéticos y su facilidad para magnetizarse en términos de la orientación de los dominios con las líneas de fuerza del imán:

*“Los materiales ferromagnéticos son los que son más fácil de magnetizarse en presencia de un campo magnético”...“(cambian de orientación las flechas) porque al ser materiales de fácil magnetización, cuando interactúa con las líneas de fuerzas del imán, sus dominios se orientan en sentido de las líneas de fuerzas.”(R12 U S (8-9))*

Aparecen posibles conceptos-en-acto, como dominios, campo magnético, magnetización, líneas de fuerza y los posibles teoremas-en-acto reconocidos, son:

Es fácil magnetizar materiales ferromagnéticos.

- La magnetización se produce en presencia de un campo magnético.
- La magnetización se produce cuando los dominios se orientan en sentido de las líneas de fuerza.

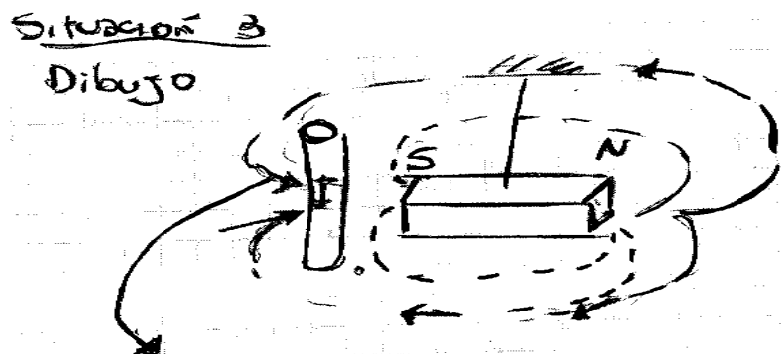
La pregunta subyacente es cómo reconocer lo que entiende E30 por “dominios”, ya que no explicita otra información. En la tercera situación, se presenta un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula corriente y que atraviesa en forma perpendicular al plano sobre el cual se apoya el imán. E30 relaciona su afirmación con la situación anterior y considera que en el imán hay líneas de campo magnético.

*“Que están dadas por la orientación de los dominios magnéticos”...*

*“La corriente produce un campo magnético en el mismo sentido que la corriente y alrededor del cable.”(R12 U SII 10-12)*

Como se observa en su afirmación respecto a la otra fuente de campo magnético, en su se encuentra una posible incoherencia. cuando se refiere a “la corriente que produce el cable” ¿acaso un error de redacción o un problema de interpretación? En la

representación grafica dibuja en forma adecuada las líneas de campo magnético en torno al conductor que transporta corriente. Sin embargo no explicita que dichas líneas efectivamente corresponden a un campo magnético como se observa en la figura 50.



**Figura 50.** Fuentes de campo magnético (E 30)

Acerca de las interacciones entre el imán y el hilo conductor de corriente se argumenta, por ejemplo, acerca del sentido de la fuerza magnética actuante sobre el hilo de corriente, si se cambia la orientación del imán, en términos del vector campo magnético.

*“Dado que con esta configuración lo que cambia es el vector del campo magnético que interactúa con el cable, es decir, que la fuerza magnética será en un sentido opuesto a la dirección que tendría colocando el polo norte cerca del cable.”(R12 U S II-27)*

Como puede observarse en la Figura 50 la expresión de otro tipo de representación distinta a la lingüística es deficiente tanto desde el punto de vista pictórico como simbólico, ya sea en las expresiones geométricas vectoriales como simbólicas formales. Hay que destacar que en la Figura 50, el hilo de corriente parece ser el que “recibe la influencia del imán”. Y no se percibe en forma explícita ni el campo magnético generado por el hilo de corriente ni una interacción (Stipcich et al., op. cit.), entre dichos campos magnéticos ni siquiera a nivel de fuerza de Lorentz.

En la situación 4, donde se presenta un conjunto de 5 espiras (4 iguales y una de distinto tamaño) que se desplazan a través de un campo magnético uniforme saliente, E30 marca correctamente el sentido de corriente en cada espira, y considera en forma adecuada el orden de las espiras, realizando un análisis cualitativo de la situación:

*“Solo se produce fem en aquellas que sufran un cambio en el flujo magnético que las atraviesa. Por eso en las espiras 3 y 2 el flujo es constante, no sufren cambios de flujo magnético. En 5, 4 y 1, es la misma fem debido a que la tasa de variación con respecto al tiempo es igual para las tres” (R12 U S II-21).*

En la situación 5, se plantea un solenoide coaxial con una espira conductora. El solenoide se encuentra fijo y el interruptor del circuito se conecta y desconecta sucesivamente. E30 argumenta sus respuestas centrado la idea en la variación de flujo con respecto al tiempo. Así, considera que justo después de cerrar el interruptor, una corriente circulará por el solenoide y por la espira.

*“Debido a que las líneas de campo del solenoide que atraviesan a la espira le inducen una fem y por ende ésta induce una corriente” (R12 U S II-22)*

Un largo tiempo después de cerrado el interruptor, sólo habrá corriente en el solenoide,

*“Debido a que la espira no sufre cambios de flujo con respecto al tiempo” (R 12U S II-23)*

Después de reabrir el circuito, seguirá circulando corriente en el solenoide y en la espira.

*“Porque debido al cambio de flujo en la espira, sí circula corriente por un breve instante en sentido antihorario” (R12 U S II 24)*

Un largo tiempo después de reabrir el circuito, no circulará ninguna corriente en el solenoide ni en la espira... *“Porque no hay variación del flujo con respecto al tiempo en ninguno de los dos elementos” (R12 U S 25)*

En base a los conceptos que expone al resolver estas dos últimas situaciones y de las afirmaciones que explicita, en forma sostenida, parece que E30 va consolidando una organización estable de conocimiento que se traduce en la solvencia que demuestra para resolver estas situaciones.



En la situación 6, se presenta un transformador en el que se aplica una diferencia de potencial continua a la bobina primaria. Se pide explicar por qué dicha bobina puede quemarse. La respuesta de este alumno es:

*“Debido a que se aplica corriente continua no hay variación de flujo magnético ya que la corriente continua varía sinusoidalmente de positivo a negativo. Para este caso necesitamos corriente alterna” (R12 U S 26)*

Las respuesta de E30 ratifican las impresiones iniciales, respecto de sus conocimientos sobre el eje de la inducción electromagnética, si bien, éste requiere el enfrentar la resolución de otras clases de situaciones que tengan en cuenta el tema de la energía/potencia vinculada a circuitos eléctricos, ya que como se verá en la situación complementaria final, donde se plantea un circuito de barra deslizante dentro de un campo magnético uniforme, E30 incorpora un conjunto de afirmaciones próximas al modelo científico. En relación al tema de interacciones, en la primera actividad complementaria posterior al final cuestionario se pide a E30 que explique lo que ocurre al acercar un imán a la pantalla de un televisor en forma perpendicular a la misma: Se manifiesta diciendo que:

*“La imagen se distorsiona dado que el campo magnético del imán interactúa con las cargas en movimiento produciendo una fuerza magnética” (R12 U S II32)*

La actividad de cierre que se plantea, es acerca de un circuito ideal de barra deslizante situado en un campo magnético perpendicular al plano de la espira en la dirección y sentido del eje “y”. La barra se mueve a la derecha con una velocidad “v” constante. E30 afirma:

*“Por el principio de conservación de la energía se produce una fuerza en el sentido contrario a la v Se induce una fem la cual genera una corriente en sentido horario para que se cree una  $F_m = I \times L \times B$  (magnitudes vectoriales en la fórmula) en sentido contrario a la velocidad para contrarrestar a ésta*

*Además dicha corriente crea un flujo que se opone al flujo que provoca dicha fem” ( R 12U S II-34)*

Si bien, E30 manifiesta una considerable transformación en la estructura de sus conocimientos desde el inicio del tratamiento del campo conceptual, sus limitaciones, especialmente, en cuanto al eje de interacciones en el sentido de la fuerza de Lorentz y respecto a las fuentes de campo magnético, llevan a considerarlo en un **nivel medio** de conceptualización. La entrevista construida a partir de la mediación con el profesor al retomar y profundizar, conjuntamente con E30, el análisis de las respuestas dadas en la situación 6 relacionada con la actividad complementaria del circuito de barra deslizante, ratifican lo dicho, evidenciando cómo E30 continúa apropiándose del campo conceptual.

### **Estudiante E13**

Es egresado de la ENET, tiene 20 años y ha superado todas las materias. Utiliza como libros de Física, de nivel medio el de los autores Castejón-Santamaría y de nivel universitario, la Física de Resnick-Halliday.

En la primera situación del cuestionario diagnóstico inicial, se presentan cuatro casos en los que se pide identificar el tipo de interacción, justificando las respuestas. En el primer caso se aproxima una barra electrizada a una esfera de aluminio suspendida en un hilo, E13 reconoce una interacción a distancia y una fuerza electrostática, argumentado que:

*"En la esfera se separan las cargas. Las negativas se atraen con las positivas de la barra." (R9 U S I-2)*

En el segundo caso, se aproxima un imán a una hoja de afeitarse ante lo que E13 realiza no sólo una correcta identificación del tipo de interacción, sino que además señala una propiedad magnética del medio –permeabilidad-, afirmando que:

*"La fuerza es magnética y aparece porque la gillette es más permeable que el aire." (R9 U S I-4)*

En el tercer caso de la esfera de aluminio y la barra electrizada, identifica una interacción de contacto y una fuerza electrostática, explicando que:

"La diferencia con la I es que hay transferencia de carga." (R9 U S I-6)

En la interacción entre trozos de papel y una birome cargada que es el cuarto caso, reconoce una interacción a distancia, de contacto y una fuerza electrostática y afirma que:

"Se atraen por las fuerzas eléctricas y luego se quedan pegados por las mismas." (R9 U S I-8)

E13, representa las fuerzas, eléctricas y magnéticas en forma clara y precisa por medio de flechas, coaxiales de igual intensidad y sentido opuesto, en cada uno de los cuerpos que interactúan. A modo de ejemplo, se ilustran los dos primeros casos en la figura.

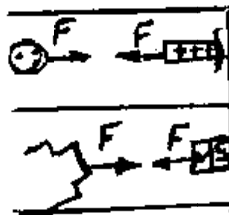


Figura 51: Interacción eléctrica y magnética (E 13)

Frente a estas situaciones, E13 expone un conocimiento, próximo al modelo científico. Los conceptos que explicita,- reflejo de los conceptos-en-acto- son pertinentes pero además están relacionados mediante afirmaciones de conocimiento precisas que, bien pueden reflejar sus teoremas-en-acto y que se acercan al conocimiento científico. Las representaciones que se expresan son coherentes con lo dicho por lo que el punto de partida de E13, con respecto a las interacciones modelizadas por la fuerza de Lorentz, parece encontrarse en una zona próxima al modelo científico.

En la situación 2, se plantea que, si se deposita con cuidado una aguja imantada sobre la superficie del agua contenida en un vaso, la aguja se mantiene en la superficie, y guarda siempre la misma orientación geográfica aunque se gire el recipiente y se pide que se explique por qué ocurre este fenómeno y, si al orientarse la aguja hay rotación, cuáles son las magnitudes que varían y por qué. E13 afirma escuetamente que la aguja preserva su orientación debido al "campo magnético terrestre"

*"Varía su velocidad angular, su energía cinética y potencial." (R9 U S I-10)*

Se puede destacar que, si bien E13, realiza una correcta selección de las tres magnitudes, no explicita los motivos para su selección. Pareciera que, en cierto modo, ~~si~~ *bien* hay algunos conceptos-en-acto, no se encuentra muy seguro como para explicitarlo. El concepto de campo ha sido ya trabajado por estos alumnos, tanto como campo gravitatorio y como campo eléctrico. Por otro lado, dada la escuela de la que procede, es de suponer algún dominio respecto al concepto de campo magnético terrestre.

En la situación 3, se coloca un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula corriente y que atraviesa en forma perpendicular al plano sobre el cual se apoya el imán. E13 debe dibujar la situación, así como las interacciones presentes y analizar los campos magnéticos producidos por cada fuente y las interacciones entre los mismos. El dibujo E13 realiza es claro e incluye líneas de campo concéntricas orientadas alrededor del hilo de corriente y el imán se encuentra orientado sobre dichas líneas de campo magnético. Reconoce en forma adecuada las interacciones, a través de las opciones que selecciona pero sin justificar ninguna de ellas. E13 manifestaría algunas huellas o trazos de algunos conceptos-en-acto y significantes.

En la situación 4, un imán coaxial con una espira conductora se encuentra inicialmente fijo y comienza a acercarse a la misma. Al llegar se detiene y, después de un tiempo, comienza a alejarse. De los casos presentados, E13 indica como verdadero sin justificar su decisión, el hecho de que justo después que el imán inicie su movimiento, una corriente circula por la espira, justificando que:

*"...circula corriente por la espira... por inducción" ( R 9 U S I-11 ),*

E13 no da mayores detalles y su interpretación sobre este evento, lo lleva a expresar que un largo tiempo después de que el imán se haya detenido, la corriente no seguirá circulando por la espira, dado que:

*"La corriente se da mientras la espira se mueva en el campo" (R 9 U S I-12)*

Estas son ideas clave que acercan a la incipiente estructura de conocimiento de E13. Respecto al tercer momento, o sea justo después de que el imán comience a alejarse, afirma que circulará corriente en la espira, en un sentido opuesto al anterior.

*“Circula en el sentido opuesto al del caso “a””(R 9 U S I-13)*

En la situación 5, se le pide que explique cómo se produce energía hidroeléctrica en la región tomando como ejemplo cualquiera de los diques que conoce y que realice un croquis explicativo, y señale si existe alguna relación con los fenómenos electromagnéticos. E13, realiza un croquis de las centrales, sin fundamentar algún principio:

*"Las centrales “Nihuil I” “Nihuil II” y “Nihuil III” aprovechan el agua (Energía potencial) para generar la electricidad, al pasar el agua por la turbina, en este caso son del tipo “Francis”. En cambio “Nihuil IV” aprovecha el caudal de agua y no su energía eléctrica.”(R 9 U S I-14)*

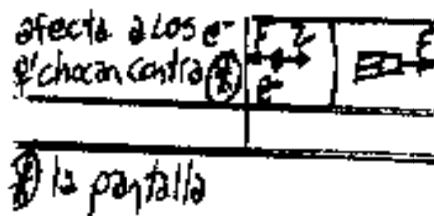
Como actividad complementaria se le pide que explique qué entiende por inducción electromagnética, a lo que él responde:

*"Inducción electromagnética es la influencia que ejerce un campo de ese tipo sobre un cuerpo capaz de interactuar con él  
Esta interacción puede manifestarse de distintas maneras ya sea como una fuerza, como una fem inducida  
En el caso de un conductor que transporta corriente la inducción se manifiesta como una fuerza que orienta la brújula (dibuja una brújula orientada sobre la línea de campo magnético que rodea un conductor rectilíneo por el que circula corriente)  
En el caso (de un solenoide por el que circula corriente alterna) se induce una fem en la espira” (dibuja una espira conectada a un voltímetro ubicada en las proximidades del circuito que contiene el solenoide)” (R 9 U S 15-16)*

Finalizando este diagnóstico, se le presenta como actividad complementaria, una situación en la que se acerca un imán en forma perpendicular a la pantalla de un

televisor y se le pide que describa y explique lo que ocurre.

*"La imagen se mueve hacia abajo si el imán se mueve hacia arriba. Afecta a los electrones que chocan contra la pantalla."* (R 9 U S I-17)



**Figura 52.** Imán / cargas eléctricas (E13)

Se observan dos fuerzas opuestas, simbolizadas por dos flechas de distinto sentido, donde se elude la acción magnética; la dirección de la velocidad de los electrones es colineal con el campo magnético si éste se considera uniforme y perpendicular a la pantalla. Por lo que podría no haber coherencia entre lo expresado lingüísticamente y lo dibujado.

En el cuestionario final o de integración, la primera situación que se presenta para resolver, es la misma que la del diagnóstico. Se detecta que, en todos los casos, las respuestas de E13 coinciden, sólo que esta vez explica únicamente el último caso, afirmando que:

*"La primera interacción es a distancia y luego pasa a ser de contacto"* (R 9 U S II-5)

Así, dibuja el papel y la lapicera en sus dos modos de interacción. En una está a distancia y dibuja las fuerzas que las atrae y, en la otra, están en contacto. Las preguntas que surgen son ¿Reconocerá este estudiante la diferencia entre una fuerza a distancia y el estar en contacto? ¿Qué modelo de campo ha construido? Es que acaso ¿priva en él un modelo mecanicista y desde ese contexto, E13 estructura su conocimiento? Su esquema pleno de contenido parece llevarle a anticipar el tipo de interacción que existe entre dos cuerpos, en este caso, decidir que si dos cuerpos están en contacto entonces la fuerza es de contacto. (Stipcich y Moreira, 2004)

En la situación 2, se le pide reconocer algún material de uso cotidiano que presente las

configuraciones que se le ilustran y explicar por qué las flechas cambian de orientación al ser colocado el material entre los polos de un imán. E13 reconoce el hierro y explica el cambio de orientación debido a una propiedad de los dominios.

*"Cambia esta orientación porque los dominios son fácilmente orientables"*  
(R 9 U S II-7)

La situación 3 es análoga a la del diagnóstico inicial. En esta oportunidad al igual que en el diagnóstico E13, considera como afirmaciones verdaderas los casos: a) y c), justificando esta vez el último caso. Detalla en el dibujo el sentido de las fuerzas, donde muestra un par actuando sobre el imán. Esta vez, además de las representaciones pictóricas y simbólicas, explicita una estructura organizada de conocimiento que, si bien, es de corte mecanicista, contiene como ideas clave y posibles teoremas en acto:

- Interacción magnética es ocasionada tanto por fuerza y como por un par de fuerza
- En el imán, se genera una cupla que lo hace rotar y colocarse en la línea del campo magnético del hilo como una brújula.

Un posible esquema en este caso podría consistir en que para determinar la interacción entre el hilo de corriente y el imán, si se analiza el efecto sobre el hilo, se observa que la fuerza magnética lo deforma desde su posición inicial; a su vez, si se observa el efecto sobre el imán, se detectará que éste experimenta un par o torque que lo hace rotar, hasta alinearse con el campo magnético del hilo de corriente. Al respecto, es el momento de mencionar, que en la actividad complementaria cuyo análisis se presenta más adelante, se evidenciará el grado de operatividad que E13 posee, para manejar este tipo de interacciones.

La situación 4 hace referencia a un conjunto de 5 espiras (4 iguales y una de distinto tamaño) que se desplazan con diferentes velocidades a través de un campo magnético uniforme saliente y se pide que, dada la gráfica, se indique el sentido de la corriente inducida de cada espira y se ordene de mayor a menor el valor de la fem de las espiras explicando su razonamiento. E13 establece el orden en dos grupos, explicando que:

*"Esta clasificación se debe a que las espiras 1, 4 y 5 son iguales y las*

*espiras 3 y 2 también lo son ya que*

En su transcripción literal:

$$\xi = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\text{donde } \phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

$$\text{como } \vec{B} \cdot \vec{A} \Rightarrow \phi = B \cdot A$$

$$\text{siendo } A = x \cdot h$$

por lo que el flujo resulta

$$\phi = B \cdot h \cdot x$$

donde  $B$  y  $h$  son constantes por lo que la Fem resulta

$$\xi = B \cdot h \cdot \frac{dx}{dt}$$

$$|\xi| = B \cdot h \cdot v$$

en esta expresión  $v$  también es constante, resultando por ende que  $\xi_1$ ,  $\xi_2$  y  $\xi_3$  constantes e iguales”

**Figura 53.** Ordenamiento de la femi (E13)

Como se observa, E13 posee suficientes recursos en contenidos y en modos de operar con ellos, como para resolver sin dificultades este tipo de situaciones. En función de la finalidad de la situación, recupera los invariantes que posee haciendo gala de un posible esquema que habla de una compleja y rica estructuración de sus representaciones.

En la situación 5, se presenta un solenoide fijo, coaxial con una espira conductora, que se encuentra conectado a un circuito. El interruptor abre o cierra el circuito en diferentes momentos de modo que permite o no la circulación de corriente por el solenoide. Se pide analizar si existe femi en la espira de cobre, en esos diferentes momentos e indicar si corresponde, el sentido de la corriente inducida. E13 responde en forma correcta todos los casos, argumentando que justo después de cerrar el interruptor, una corriente circulará por el solenoide y por la espira. Su respuesta es la siguiente:

*“...hasta que la corriente se establezca en su valor constante...cuando la corriente sea constante también lo será el campo del solenoide y por ende el flujo en la espira.” (R9 U S II-18)*

En los instantes después de reabrir el circuito, señala que circulará corriente en la espira., ya que:



“Ocurre el mismo fenómeno que en la conexión pero a la inversa ” (R 9 U S II-19)

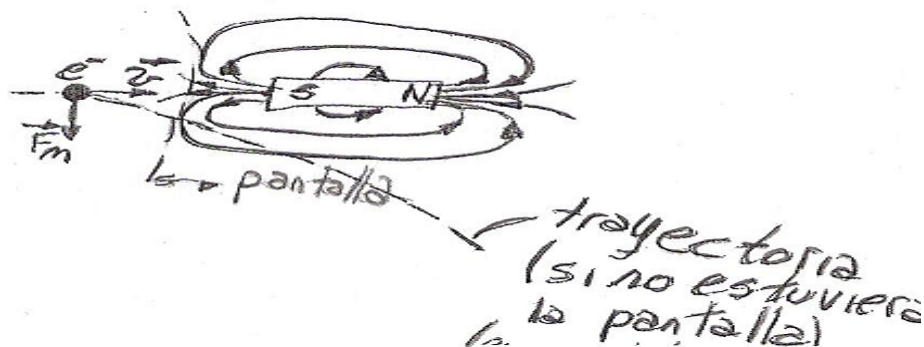
E13, establece una condición de trabajo e infiere una respuesta. **Pareciera que hay un invariante pero no siempre se explicita claramente.**

La situación 6, se trata de un transformador al que se le aplica una diferencia de potencial continua al bobinado primario, pudiendo esta bobina sobrecalentarse y quemarse. E13 responde acerca de lo que ocurre y por qué, aludiendo a la fem inducida.

*"Cuando se aplica una tensión de corriente alterna, la corriente varía y genera un campo magnético variable. Al variar este campo magnético el flujo en el bobinado secundario cambia en el tiempo por lo que se induce una fem en el"*(R 9 U S II-(20-21))

Como cierre de esta instancia se le plantean dos actividades complementarias de las cuales la primera consiste en analizar nuevamente la interacción entre un imán y la pantalla de un televisor. E13 argumenta en forma lingüística, pictórica y simbólica como se ve en la figura 54, mostrando una clara y progresiva apropiación del campo conceptual.

*"La imagen se distorsiona alrededor del imán. Esto se debe a la fuerza que ejerce el campo magnético del imán sobre los electrones que al chocar con la pantalla forman la imagen"* (R9 U S (27-28))



**Figura 54** Interacción cargas / campo magnético (E13)

En la siguiente actividad complementaria se presenta *un* circuito ideal de barra deslizante situado en un campo magnético perpendicular al plano de la espira en la dirección y sentido del eje “y”. La barra se puede mover a la derecha con una velocidad “v”, se pide que identifique las interacciones que se producen. E13 reconoce la interacción como fuerza electromagnética, y dibuja sobre la barra deslizante una flecha colineal y opuesta a la velocidad a la que simboliza como fuerza. Fundamenta el sentido de esta fuerza a partir del trabajo –energía- requerido para responder a la ley de Lenz.

En la entrevista manifiesta gran solvencia para responder las diferentes cuestiones. Alude a una variedad de conceptos-en- acto, adecuadamente relacionados entre sí mediante teoremas-en-acto, mostrando una organización de conocimiento consistente que es expresada adecuadamente en diferentes formatos relacionables entre sí. Por lo tanto, se diría que E13 se encuentra en un **nivel alto** de conceptualización debido a que puede resolver en forma coherente con el modelo científico que se estudia, diferentes clases de situaciones relativas al campo conceptual. Los conocimientos explícitos que surgen en las respuestas así como el uso de las distintas representaciones simbólicas a las que recurre y la forma en que opera con ellas remiten a la solvencia que este estudiante presenta en relación a la conceptualización que se analiza.

### **6.2.3. Descripción de las representaciones que utilizan los estudiantes del subgrupo 2 para dar significado al campo conceptual de la inducción electromagnética<sup>32</sup>**

En el diagnóstico inicial los seis alumnos (Grupo 2) expresan sus conocimientos preferentemente con representaciones lingüísticas. Progresivamente, las representaciones simbólicas se van precisando. Los diagramas vectoriales comienzan a surgir como un modo de expresar significados, a pesar de las dificultades que entrañan para estos alumnos; también la notación simbólica comienza a transformarse en un recurso con significado. Particularmente, en lo que se refiere a interacciones modelizadas por la fuerza de Lorentz y conceptos como campo magnético, campo eléctrico, flujo, vector área, propias del campo conceptual. Las relaciones entre estos conceptos se presentan a través de las leyes y principios propios del campo conceptual a

---

<sup>32</sup> Detalles de las representaciones mencionadas pueden encontrarse en el ítem sobre niveles de conceptualización y en los registros del anexo

pesar de que en algunos casos sobreviven, hacia la última etapa del proceso, algunas contradicciones entre ellos. En las tablas 18, 20 a 22, 28 a 31 y 35 a 37 se presentan las tendencias observadas en las respuestas de estos alumnos.

En esta instancia del análisis, se podría hacer referencia a la influencia de la estrategia didáctica sobre este grupo. El enfrentar y resolver las actividades planteadas como el modo de interacción entre los estudiantes y con el profesor parecen apuntar hacia la reestructuración de sus representaciones mentales. Al respecto es pertinente señalar que tanto las guías diseñadas como las rotaciones de intercambios verbales y simbólicos que se generan en relación a la secuencia implementada parecen ordenar el proceso, una vez que, tanto profesor como alumnos encuentran una manera amigable de relacionarse con ella.

#### 6.2.4. Análisis de conceptos del subgrupo 2

El identificar los conceptos presentes en las respuestas de los jóvenes permite realizar un análisis comparativo en el uso de los mismos entre las instancias iniciales y de integración del proceso instructivo. A continuación, en las Figuras 55 a 59 se presentan aquellas situaciones donde se evidencian cambios en los términos que utilizan.

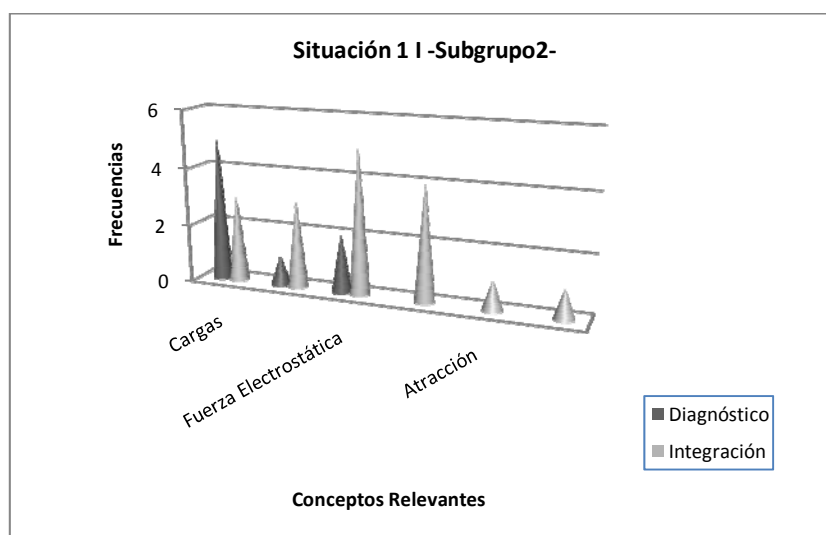
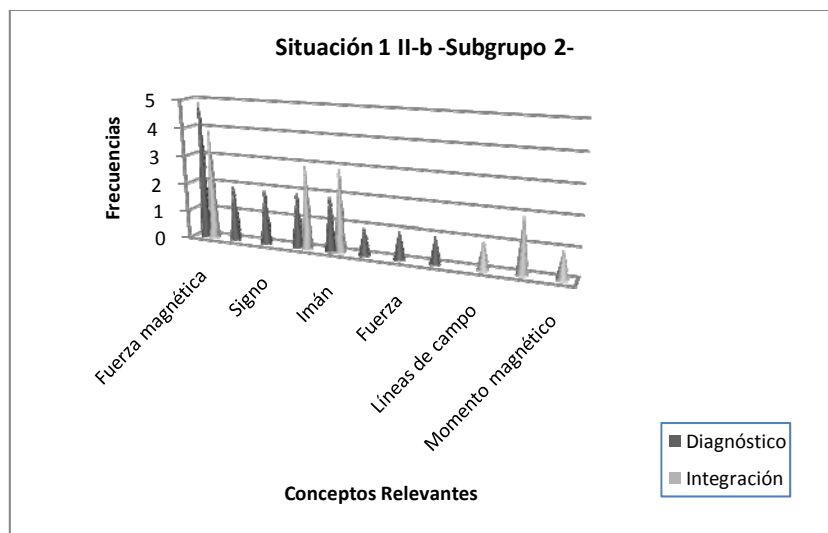
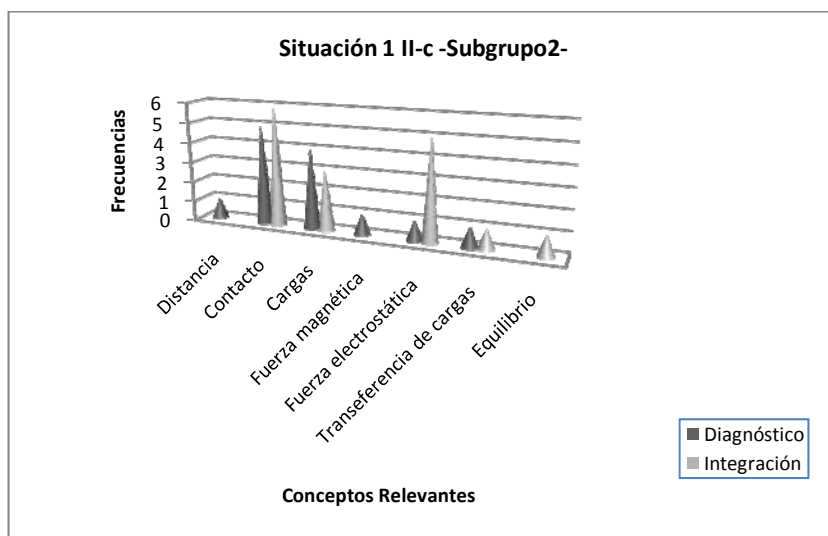


Figura 55. Interacción electrostática



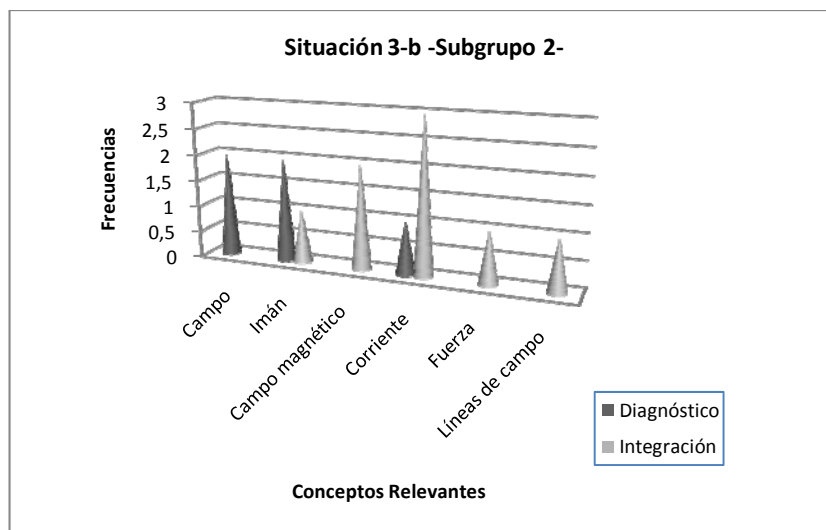
**Figura 56.** Interacción Magnética

Es interesante destacar cómo en este grupo, la idea de campo magnético se fortalece, y comienzan a perfilarse conceptos más vinculados con la estructura interna de la materia.



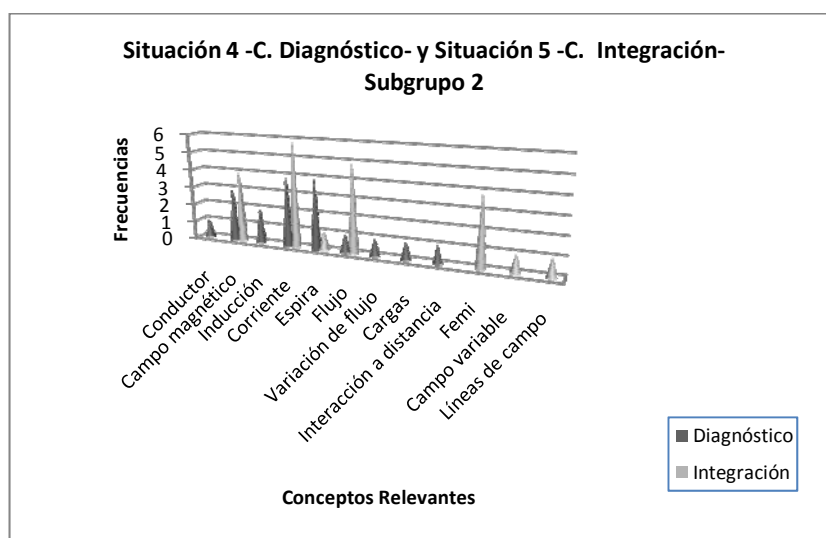
**Figura 57.** Fuentes electromagnéticas

En esta representación, parece haber algunos conceptos que se sostienen como “dominios” “líneas de campo” “campo magnético”, y la “corriente” comienza a tener un lugar estable dentro del repertorio de “fuentes electromagnéticas.”



**Figura 58.** Fuentes de campo magnético

Una vez más, en la Figura 58, se advierte el cambio en la selección de conceptos para enfrentar este tipo de situaciones.



**Figura 59.**Flujo magnético variable a través de espira conductora

En la Figura59 no se puede dejar de atender una vez más, al cambio en la selección de conceptos relevantes a la hora de explicar este fenómeno. Aunque sólo algunos alumnos seleccionan conceptos más afines con la situación, desde el punto de vista del modelo científico, el concepto de flujo comienza a explicitarse con más claridad, así como también aparece la idea de fem.

En forma análoga al estudio planteado para el subgrupo 1, las dos primeras figuras – Figuras 55 y 56- presentan información acerca de interacciones modelizables por la

fuerza de Lorentz. En la tercera y cuarta figura –Figuras 57 y58- se explicitan conceptos más cercanos al modelo científico para fuentes de campo magnético. En la quinta Figura 59-, si bien, el concepto de campo y campo variable se sostienen, comienza a explicitarse con más claridad el concepto de flujo. En suma, se observa en los conceptos explicitados al resolver cada situación un cambio hacia términos más concordantes con los de los modelos científicos

### 6.3. Tendencias detectadas en las respuestas de ambos subgrupos

Un resumen de las posibles tendencias detectadas en el diagnóstico inicial y final en los subgrupos se muestra en las Tablas 12- 37. Las primeras siete corresponden a la instancia previa al abordaje de los contenidos de magnetismo, en forma posterior al cierre del tratamiento en aula de los contenidos de electrostática y electrocinética. El criterio usado para señalar una tendencia –dado el reducido número de alumnos-.es observar una cantidad de afirmaciones de conocimiento mayor o igual a tres-

#### 6.3.1. Diagnóstico Inicial

##### Eje Interacciones

##### Subgrupo 1

Tabla 12 Frecuencias<sup>33</sup> en ID- subgrupo1

I-Interacción como acción y/o fuerza distancia (ID)								
Categorías Diagnóstico subgrupo1	Patrones dimensiones/ alumno	A1	A2	A3	A4	A5	A8	Frecuencia (alumnos)
ID	3-Interacción como atracción –orientación a distancia	SI-b	S1-a S1-b S1-d	S1-a	S1-a	S1-c AC1	S1-a	6
<b>Cantidad de alumnos en ID: 3</b>								

**Tabla 13** Frecuencias en IMOV- subgrupo 1

- Interacción como causa de movimiento (IMOV )								
Categorías Diagnóstico subgrupo1	Patrones dimensiones/ alumno	A1	A2	A3	A4	A5	A8	Frecuencia (alumnos)
<b>I-Interacción (IMOV)</b>	5-Interacción magnética como cupla, orientación, velocidad/ velocidad, como magnetización		S2-a AC2			S2-b	S2-b	3
<b>Cantidad de alumnos en IMOV: 3</b>								

**Subgrupo2**

**Tabla 14.** Frecuencias en ID- subgrupo2

I-Interacción como acción y/o fuerza distancia "ID"								
Categorías Diagnóstico Subgrupo2	Patrones dimensiones / alumno	E6	E8	E13	E18	E19	E30	Frecuencia (alumnos)
<b>Integración</b>	0a Interacción electrostática	S1-d	S1-d	S1-a	S1-a		S1-d	5
<b>I-Interacción (ID)</b>	0b Interacción magnética	S1-b	S1-a S1-b S1-c		S1-b	S1-b	S1-b	5
	3- Interacción como atracción – orientación a distancia	S1-a S1-b	S1-a S1-b S1-d	S1-a S1-d	S1-a S1-b S1-c S1-d	S1-a		5
<b>Cantidad de alumnos en ID: 5</b>								

**Tabla 15.** Frecuencias<sup>33</sup> en IMOV- subgrupo2

<b>I- Interacción como causa de movimiento (IMOV)</b>								
<b>Categorías Diagnóstico Subgrupo2</b>	<b>Patrones dimensiones/ alumno</b>	<b>E6</b>	<b>E8</b>	<b>E13</b>	<b>E18</b>	<b>E19</b>	<b>E30</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
I- Interacción (IMOV)	5-Interacción magnética como cupla, orientación, velocidad/ velocidad, como magnetización		2-a AC-2	2-a 2-b AC2	AC-2			3
<b>Cantidad de alumnos en IMOV: 3</b>								

**Eje: Fuentes de campo magnético**

**Subgrupo1**

**Tabla 16.** Frecuencias en QB- subgrupo1

<b>(III-A) Imán: Como fuente de campo magnético, con líneas de campo magnético propias "IFB"</b>								
<b>Categorías Diagnóstico subgrupo1</b>	<b>Patrones dimensiones/ alumno</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A8</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
Campo magnético IFB	18- imán con líneas de campo		3-a		3-a	3-a		3
<b>Cantidad de alumnos para IFB: 3</b>								

<sup>33</sup> Idem anterior



**Tabla 17.**Frecuencias en **IPARA-** subgrupo 1

<b>(III-B) Imán como material con polos, con una propiedad visible de atraer o repeler materiales metálicos y aplicaciones CTS “IPARA”</b>								
<b>Categorías Diagnóstico subgrupo 1</b>	<b>Patrones – dimensiones/ alumno</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A8</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
Campo magnético (IPARA)	2- imán como material natural con una propiedad visible de atraer o repeler materiales metálicos	2-a 2-b			AC2		S1-c	4
	10- aplicaciones CTS				AC2			1
	14- imanes como materiales con polos					S2-a	S1-c S2-a	1
<b>Cantidad de alumnos para IPARA: 4</b>								

## Subgrupo2

**Tabla 18.** Frecuencias<sup>34</sup> en **QB-** subgrupo2

<b>Cargas en movimiento o corrientes como fuente de campo magnético “QB”</b>								
<b>Categorías Diagnóstico Subgrupo g2</b>	<b>Patrones dimensiones/ alumno</b>	<b>E6</b>	<b>E8</b>	<b>E13</b>	<b>E18</b>	<b>E19</b>	<b>E30</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
Campo Magnético (QB)	3-Como fuente de campo magnético		3-c		AC1	3-c		3
	10-como fuente/origen de momento magnético				3-b			1
<b>Cantidad de alumnos en QB: 3</b>								

Como se puede observar en las tablas precedentes no hay gran variación en las categorías y/o patrones emergentes en ambos subgrupos en relación con los ejes analizados, más allá de la distribución de alumnos, como era de esperar.

### 6.3.2. Diagnóstico final

#### Eje Interacciones

<sup>34</sup> Ídem

## Subgrupo 1

**Tabla 19** Frecuencias en ID - subgrupo1

<b>(I) Interacción como acción y/o fuerza distancia "ID"</b>								
<b>Categorías Integración Subgrupo1</b>	<b>Patrones dimensiones/ alumno</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A8</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
<b>Interacción (ID)</b>	0a Interacción electrostática	SI-a SI-d						1
	0b Interacción magnética						S1-b 3-2c	1
	0c- Interacción electrostática a distancia		S1-a S1-b				S1-a	2
	0e-Interacción electromagnética a distancia	S3- 2c						1
	2-interacción como fuerza a distancia	SI-b		S1-a			S1-c AC1 EF-33	3
	3-Interacción como atracción – orientación a distancia	SI-a	S1-a SI-d	S1-a EF- 52	S1-a	Ver En obst ac		4
	18-interacción como fuerza		S1-c					1
<b>Cantidad de alumnos en ID: 5</b>								

## Subgrupo 2

**Tabla 20.** Frecuencias<sup>35</sup> en ID- subgrupo2

<b>(I) Interacción como acción y/o fuerza distancia "ID"</b>								
<b>Categorías integración subgrupo2</b>	<b>Patrones dimensiones/ alumno</b>	<b>E6</b>	<b>E8</b>	<b>E13</b>	<b>E18</b>	<b>E19</b>	<b>E30</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
<b>Registro Integración</b>	0a Interacción electrostática		S1-a	S1-d	S1-c S1-d	S1-a	S1-d	5
<b>Interacción (ID)</b>	0b Interacción magnética	S1-b EF-1	S1-b EF-3	S1-b	S1-b AC2	S1- b	S1-b AC2	6
	0e-Interacción electromagnética a distancia	3-3c						1
	3-Interacción como atracción – orientación a distancia		S1-a S1-b		S1-a S1-b S1-d		S1-a	3
	18-interacción como fuerza			3-1b				1
<b>Cantidad de alumnos en ID: 6</b>								

<sup>35</sup> Ídem

**Tabla21: Frecuencias<sup>36</sup> en IMOV- subgrupo2**

<b>(I) Interacción como causa de movimiento “IMOV “</b>								
<b>Categorías integración subgrupo2</b>	<b>Patrones dimensiones/ alumno</b>	<b>E6</b>	<b>E8</b>	<b>E13</b>	<b>E18</b>	<b>E19</b>	<b>E30</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
<b>Interacción (IMOV)</b>	5-Interacción magnética como cupla, orientación, velocidad/ velocidad, como magnetización		3-c AC1	3-1d 3-1e AC1	AC1			3
<b>Cantidad de alumnos en IMOV: 3</b>								

**Tabla 22. Frecuencias<sup>37</sup> en IQB- subgrupo2**

<b>Interacción entre cargas en movimiento y campo magnético “IQB”</b>								
<b>Categorías Integración subgrupo2</b>	<b>Patrones dimensiones/ alumno</b>	<b>E6</b>	<b>E8</b>	<b>E13</b>	<b>E18</b>	<b>E19</b>	<b>E30</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
<b>IQB</b>	<u>19- interacción entre cargas en movimiento y campo magnético</u>					AC1	AC1	2
	20- interacción entre dominios	S1-b						1
	11-interacción imán /carga – electromag.-				AC1			1
<b>Cantidad de alumnos en IQB: 4</b>								

**Eje: Fuentes de Campo magnético**

<sup>36</sup> Ídem

<sup>37</sup> Ídem

## Subgrupo 1

**Tabla 23.** Frecuencias<sup>38</sup> en BLOD- subgrupo1

<b>(II) Campo magnético representado por líneas de campo magnético y como causa de la orientación de dominios “BLOD”</b>								
<b>Categorías Integración subgrupo1</b>	<b>Patrones-dimensiones/ alumno</b>	<b>AI</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A8</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
<b>II-Campo magnético (BLOD)</b>	3-campo magnético como causa de orientación de dominios						AC1	1
	4-campo magnético como líneas de campo					AC1	EF-2	2
	17-imán como fuente de campo magnético		EF-3 EF-4					1
<b>Cantidad de alumnos en BLOD: 3</b>								

**Tabla 24** Frecuencias<sup>39</sup> en IFB- subgrupo1

<b>(III-A) Imán como fuente de campo magnético, con líneas de campo magnético propias “IFB”</b>								
<b>Categorías Integración subgrupo 1</b>	<b>Patrones dimensiones/ alumno</b>	<b>AI</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A8</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
<b>III-A Imán (IFB)</b>	1- imán como fuente de campo electromagnético						EF-2	1
	17-imán como fuente de campo magnético	S3-c S4-1 EF-3 EF-4	S3-a			3-a		3
	18-imán como líneas de campo	S3-b EF-1		3-a	S3-a		3-a	4
<b>Cantidad de alumnos en IFB: 6</b>								

<sup>38</sup> Ídem

<sup>39</sup> Ídem

**Tabla 25.** Frecuencias<sup>40</sup> en IPARA- subgrupo1

<b>(III-B) Imán como material con polos, con una propiedad visible de atraer o repeler materiales metálicos y aplicaciones CTS “IPARA”</b>								
<b>Categorías Integración subgrupo1</b>	<b>Patrones dimensiones/ alumno</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A8</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
<b>III-B Imán (IPARA)</b>	2-imán como material natural con una propiedad visible de atraer o repeler materiales metálicos		S1-b					1
	14-imanec como materiales con polos				S3-d			1
	10- aplicaciones CTS			S1-b	AC2			2
<b>Cantidad de alumnos en IPARA: 3</b>								

**Tabla 26.** Frecuencias<sup>41</sup> en QB- subgrupo1

<b>Cargas en movimiento o corrientes como fuente de campo magnético “QB”</b>								
<b>Categorías Integración subgrupo 1</b>	<b>Patrones- dimensiones/ alumno</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A8</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
<b>Campo Magnético QB</b>	3-Como fuente de campo magnético	S4-1	S3-c EF-3 EF-4 EF-57 EF-66	EF-72	5-a		S3-c	5
	1-magnetismo como electricidad				S1-b			1
<b>Cantidad de alumnos en QB: 5.</b>								

<sup>40</sup> Ídem

<sup>41</sup> Ídem

**Tabla 27.** Frecuencias<sup>42</sup> en IEI- subgrupo1

<b>(III-D) Imán y estructura interna “IEI”<sup>43</sup></b>								
<b>Categorías Integración subgrupo1</b>	<b>Patrones - dimensiones/ alumno</b>	<b>AI</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A8</b>	<b>Frecuencia (alumno)</b>
<b>Campo Magnético (IEI)</b>	6-imán artificial por orientación de los dominios (imán como orientación de dominios en materiales ferromagnéticos)		S2-b S2-c		S3-a		S1-b S2-c	3
	7-imanés como dominios	S3-a				S1-b		2
	11-imán como reordenamiento de su estructura interna				S3-a		EF-2	2
<b>Cantidad de alumnos en IEI: 5</b>								

**Para el subgrupo 2**

**Tabla 28.** Frecuencias<sup>44</sup> en BF- subgrupo2

<b>(II) Campo magnético” como causa de orientaciones, fuerzas o su modificación “BF”</b>								
<b>Categorías Integración subgrupo2</b>	<b>Patrones – dimensiones/ alumno</b>	<b>E6</b>	<b>E8</b>	<b>E13</b>	<b>E18</b>	<b>E19</b>	<b>E30</b>	<b>Frecuencia (alumnos)</b>
<b>Campo Magnético (BF)</b>	3-campo magnético como causa de orientación de dominios			2-b EF-1		2-b		2
	9- campo magnético como modificación de fuerzas		2-b			3-1f		1
	10-campo magnético como líneas de fuerzas	S3-a						1
<b>Cantidad de alumnos en BF: 4</b>								

<sup>42</sup> Ídem 13

<sup>43</sup>(IEI) Imán estructura interna

<sup>44</sup> Ídem

**Tabla 29.** Frecuencias<sup>45</sup> en IIBQ- subgrupo2

Imán como causa de interacción entre campos magnéticos "IIB"								
Categorías Integración subgrupo2	Patrones – dimensiones/ alumno	E6	E8	E13	E18	E19	E30	Frecuencia (alumnos)
<b>Campo Magnético (IIBQ)</b>	5- interacción entre imán y campo magnético.	3-1b	3-c			3-1b 3-1d		3
<b>Cantidad de alumnos en IIBQ: 3</b>								

**Tabla 30.** Frecuencias<sup>46</sup> en IEI- subgrupo2

Imán y estructura interna "IEI" <sup>47</sup>								
Categorías Integración subgrupo 2	Patrones dimensiones/ alumno	E6	E8	E13	E18	E19	E30	Frecuencia (alumnos)
<b>Campo Magnético (IEI)</b>	6-imán artificial por orientación de los dominios(imán como orientación de dominios en materiales ferromagnéticos)	S2-a S2-b				EF-24	S1-b 2-b	3
	11-imán como reordenamiento de su estructura interna					2-a		1
<b>Cantidad de alumnos en IEI: 3</b>								

<sup>45</sup> Ídem

<sup>46</sup> Ídem 17

<sup>47</sup>(IEI) Imán estructura interna

**Tabla 31** Frecuencias<sup>48</sup> en QB- subgrupo2

Cargas en movimiento o corrientes como fuente de campo magnético "QB"								
Categorías Integración subgrupo2	Patrones dimensiones/ alumno	E6	E8	E13	E18	E19	E30	Frecuencia (alumnos)
<b>Campo Magnético QB</b>	10-femi como consecuencia de campo magnético				5-b 5-c			<b>1</b>
	3-Como fuente de campo magnético	3-c 3-1b	EF-1 EF-29	5-b S-6 3-3c	3-c	3-a 3-c 3-1b	3-c 4-3 EF-7	<b>6</b>
	5- campo magnético como movimiento de cargas.	AC1		3-c				<b>2</b>
<b>Cantidad de alumnos: 6</b>								

**Eje: Inducción electromagnética**

**Subgrupo1**

**Tabla 32** Frecuencias<sup>49</sup> en IEF- subgrupo2

Inducción electromagnética, entendida como velocidad de variación de flujo magnético; causa de corriente o fem inducida "IEF"								
Categorías Integración Subgrupo1	Patrones dimensiones/ alumnos	A1	A2	A3	A4	A5	A8	Frecuencia (alumnos)
<b>Inducción electromagnética IEF</b>	2-Inducción como velocidad de variación de flujo/campo magnético				EF-2			<b>1</b>
	1-Femi como consecuencia de una variación de flujo magnético a través de una espira			4-3	S4-1 4-4b		4-4b	<b>3</b>
<b>Cantidad total de alumno en IEF: 3</b>								

<sup>48</sup> Ídem

<sup>49</sup> Ídem



**Tabla 33.** Frecuencias<sup>50</sup> en IEB- subgrupo1

Inducción Electromagnética centrada en el campo magnético "IEB"								
Categorías Integración subgrupo1	Patrones – dimensiones/ alumno	A1	A2	A3	A4	A5	A8	Frecuencia (alumnos)
<b>IEB</b>	7-campo magnético como fuente de corriente inducida	5-a 5-c		4-1 EF-30	3-b 3-c		AC1 EF-45	4
	1-inducción como campo magnético					4-3		1
	19-inducción como campo magnético		EF-2 EF-20	EF-60				2
	10- femi como consecuencia de campo magnético				4-4c	4-4c		2
<b>Cantidad de alumnos en IEB: 6</b>								

<sup>50</sup> Ídem

**Tabla 34.** Frecuencias<sup>51</sup> en IEED- subgrupo1

Inducción Electromagnética: como expresiones diversas en esta categoría se agrupan patrones que expresan el significado de la inducción electromagnética como corte de líneas, vinculada a la energía, como polarización causa de fem inducida, generadora de campo eléctrico no conservativo “IEED”									
Categorías Integración Subgrupo 1	Patrones – dimensiones/ alumno	A1	A2	A3	A4	A5	A8	Frecuencia (alumnos)	
<b>Inducción Electromagnética IEED</b>	8-Inducción electromagnética como conservación de la energía.						4-1	1	
	9-Inducción electromagnética como generadora de campo eléctrico					4-3		1	
	10-Inducción electromagnética como corte de líneas.						4-3	1	
	16-Inducción y energía			4-3		4-3	4-2 4-3	3	
	2- IE como polarización de cargas			4-3				1	
	3-Diferencia de potencial inducido como causa de corriente		EF-23 EF-29 EF-30						2
	4- Femi como movimiento de espira en un campo magnético			S1- d 4-1 4-3				4-4b	2
	6-Femi como							4-3	1

<sup>51</sup> Ídem

	interacción con líneas de campo							
	7-Femi como polarización.					4-3	4-3	2
	5-Corriente inducida como movimiento de un conductor en un campo magnético	S4-a					S1-d AC1	2
	7-Corriente inducida como movimiento de un conductor en un campo magnético			4-1				1
	15-Corriente como transformación de energía-al				AC2			1
	19- IE como Ley de Faraday-Lenz					AC 2		1
	20-Corriente a causa de inducción					4-3		1
	22-Corriente generadora de líneas de campo					S3- c		1
	4-Inducción (electromagnética)		EF-3 EF-4					1
<b>Cantidad total de alumnos en IEED: 6</b>								

## Subgrupo2

**Tabla 35.** Frecuencias<sup>52</sup> en IEF- subgrupo2

Inducción electromagnética, entendida como velocidad de variación de flujo magnético; causa de corriente o fem inducida "IEF"								
Categorías Integración subgrupo2	Patrones dimensiones/alumno	E6	E8	E13	E18	E19	E30	Frecuencia (alumnos)
<b>Inducción Electromagnética IEF</b>	2-inducción (electromagnética) como variación de flujo/campo magnético			EF-11	EF-2			2
	1-Fem como consecuencia de la velocidad de variación de flujo magnético a través de una espira	4-3 5-b 5-c	4-3 S-6 EF-13	4-3 S-6	4-3	4-4-1 S-6	4-3	6
	7-corriente inducida como movimiento de un conductor en un campo magnético				AC2			1
	8-corriente como variación de flujo	5-d	S-6 EF-21	5-b		5-c 5-d 5-e	5-c 5-d 5-e	5
	25- corriente inducida como consecuencia de un campo eléctrico inducido		AC2					1
	26-corriente como causa de flujo opuesto a la variación flujo inicial						AC2	1
	<b>Frecuencia de alumnos en IEF: 6</b>							

<sup>52</sup> Ídem

**Tabla 36** Frecuencias en IEED- subgrupo2

Inducción Electromagnética como expresiones diversas: "IEED", en esta categoría se agrupan patrones que expresan el significado de la inducción electromagnética como corte de líneas, vinculada a la energía, como polarización causa de fem inducida, generadora de campo eléctrico no conservativo								
Categorías Integración subgrupo2	Patrones dimensiones/ alumno	E6	E8	E13	E18	E19	E30	Frecuencia (alumnos)
<b>Inducción Electromagnética IEED</b>	9-inducción electromagnética como generadora de campo eléctrico	4-3					4-3	2
	10-inducción electromagnética como corte de líneas.	EF-18						1
	16-inducción y energía			4-4-1	4-3			2
	7-femi como polarización	4-3	4-3		4-3			3
	4-corriente en un circuito cerrado como consecuencia de una femi	5-e	5-a 5-b 5-c 5-e S-6		S-5			3
	15-corriente como transformación de <u>energía-al</u>			EF-14				1
	20-corriente a causa de inducción	4-3			4-2 4-3		4-3	3
<b>Cantidad de alumnos en IEED: 5</b>								

**Tabla 37.** Frecuencias<sup>53</sup> en IEB- subgrupo2

Inducción Electromagnética centrada en el campo magnético “IEB”								
Categorías Integración subgrupo2	Patrones dimensiones/ alumno	E6	E8	E13	E18	E19	E30	Frecuencia (alumnos)
IEB	19-inducción como campo magnético				4-3		EF-7	2
	7-campo magnético como fuente de corriente inducida				S-5a 5-b 3-1b	5-a 5-b		2
	11-variación de flujo como consecuencia del campo magnético					4-4-1		1
<b>Cantidad de alumnos en IEB: 3</b>								

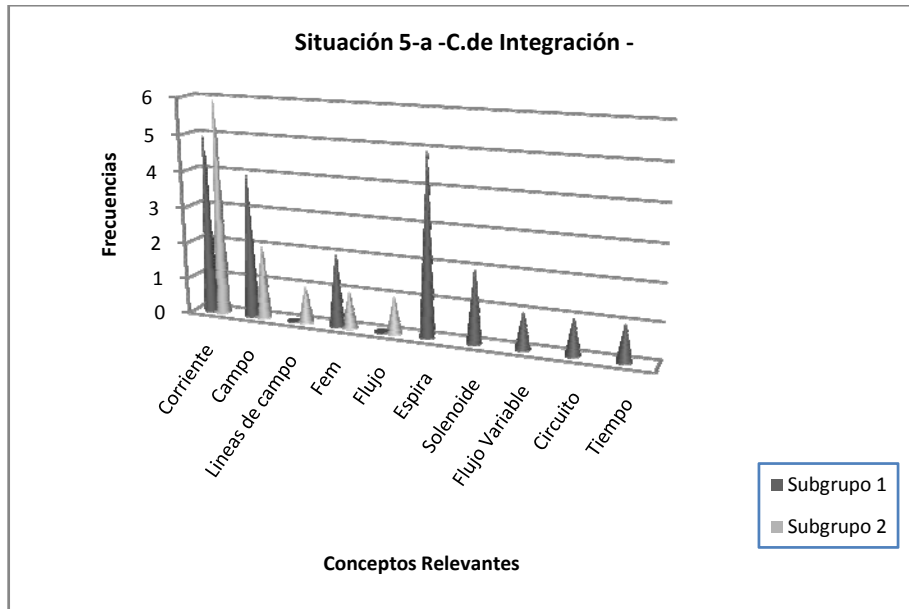
A fin de evitar reiteraciones de lo ya expresado, se destaca en las Tablas 32 y 33, que en el diagnóstico final emerge que sólo tres alumnos del subgrupo 1 atribuyen la inducción electromagnética a la variación de flujo magnético. La mayoría de los estudiantes tienden a centrarla en el campo magnético.

Como se puede observarse en las Tablas 35 y 37 todos los alumnos del subgrupo 2, en la misma instancia, centran sus respuestas sobre la inducción electromagnética en la variación de flujo magnético. Sin embargo, E18, E19 y E30 parecen sostener dos posibles esquemas para atribuir significados a este concepto. En los dos primeros, puede haber una confusión no resuelta en el modo de expresión que emerge en las respuestas y que lleva a interpretarlas como un posible obstáculo epistemológico.

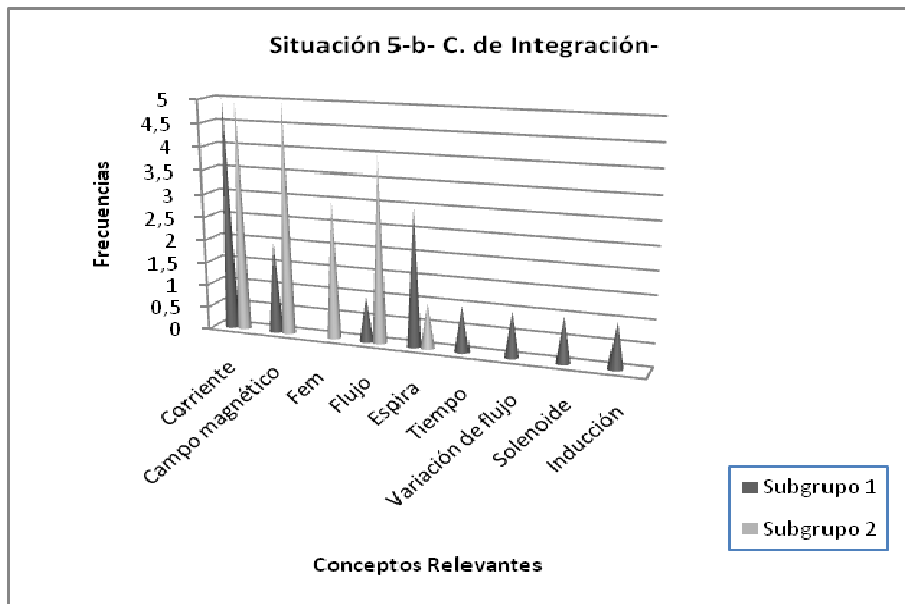
A modo de ejemplo de los conceptos utilizados por ambos subgrupos, se presentan aquellos utilizados al resolver la situación 5, por medio de las siguientes tres figuras. En dicha situación se pedía ordenar las fem inducidas en un grupo de espiras conductoras en movimiento dentro de un campo magnético, según su valor;

<sup>53</sup> Ídem

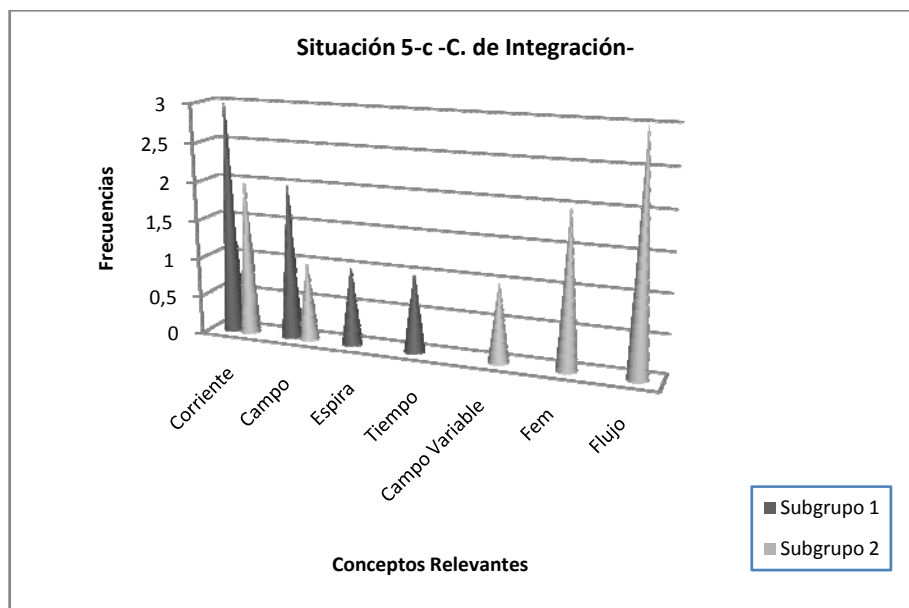
fundamentar esa jerarquía y establecer el sentido de las corrientes inducidas en cada espira. Es pertinente destacar que, más allá de las diferencias propias del grupo, las estrategias didácticas empleadas parecen haber dejado su huella en cada grupo y sin duda, puede confirmarse a modo de síntesis de esta sección, que la conceptualización es un proceso lento y progresivo (Vergnaud, op. cit.).



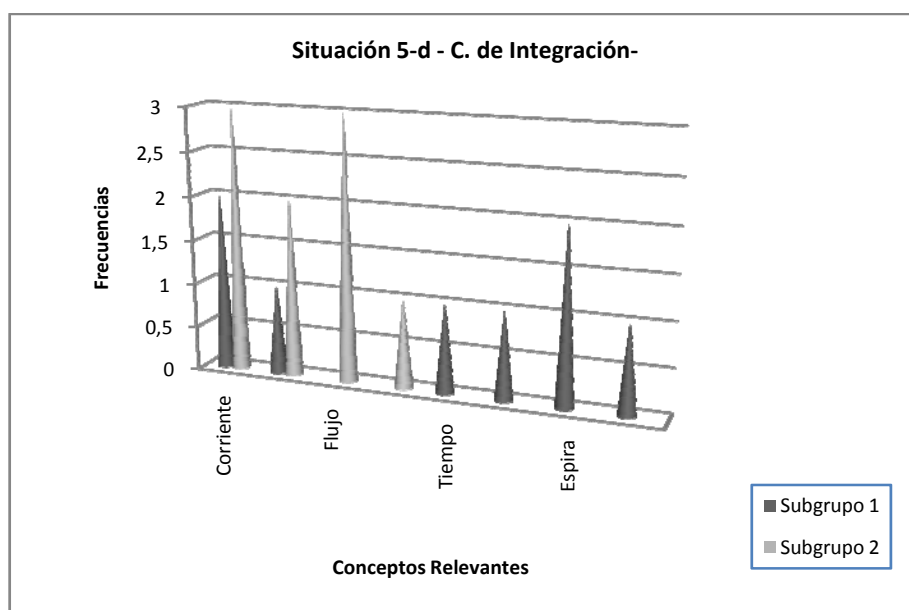
**Figuras 60a.** Inducción electromagnética. Conceptos detectados en cada subgrupo - Situación 5 del Cuestionario de Integración-



**Figuras 60b:** Inducción electromagnética. Conceptos detectados en cada subgrupo - Situación 5 del Cuestionario de Integración-



**Figuras, 60c:** Inducción electromagnética. Conceptos detectados en cada subgrupo -Situación 5 del Cuestionario de Integración-



**Figuras 60d:** Inducción electromagnética. Conceptos detectados en cada subgrupo -Situación 5 del Cuestionario de Integración-

Por otro lado, la distribución de alumnos según los niveles de conceptualización alcanzados en ambos subgrupos pueden observarse en las Tablas 38a y 38b.



**Tabla 38a.** Distribución de alumnos según tendencias y según nivel de conceptualización subgrupo1

Categ.-Nivel	A	M	B
<b>Imán como fuente de Campo magnético (B)</b>	A5	A8	
<b>Imán IFB</b>	A5	A8	A1,A2,A3 A4
<b>Imán IPARA</b>	A5		A2,A3,A4
<b>Imán IEI</b>		A8	A1,A2,A4
<b>IEF</b>			A3,A4
<b>IEED</b>		A8	A1,A2,A3 A4
<b>Electrocinéticas EC</b>	A5		A1,A2
<b>IEB</b>	A5	A8	A1,A2,A3
<b>IET</b>	A5	A8	A2
<b>Interacción ID</b>			A1,A2
<b>Interacción IMOV</b>			A1
<b>ITR</b>			A1
<b>QB?</b>			A1,A2,A3
<b>IIBQ</b>			A1,A4

**Tabla 38b.** Distribución de alumnos según tendencias y por nivel de conceptualización subgrupo2

Categ.-Nivel	A	M	B
<b>Imán como fuente de Campo magnético (B)</b>	E6,E13,E19	E8	
<b>Imán IFB</b>	E13,E19	E30	
<b>Imán IPARA</b>		E8	
<b>Imán IEI</b>	E6,E19	E30	
<b>IEF</b>	E6,E13,E19	E8,E30	E18
<b>IEED</b>	E6,E13	E8,E30	E18
<b>Electrocinéticas EC</b>	E19	E8,E30	
<b>IEB</b>	E19	E30	E18
<b>IET</b>			
<b>Interacción ID</b>	E6,E13,E19	E8,E30	E18
<b>Interacción IMOV</b>	E13	E8	E18
<b>ITR</b>	E19		
<b>IIBQ</b>	E6,E19	E8	

Referencias A: Nivel Alto; M:Nivel Medio; B: Nivel Bajo; "ID" Interacción como acción y/o fuerza distancia ;"IMOV": Interacción como causa de movimiento;"ID" Interacción como acción y/o fuerza distancia; IFB" Imán como fuente de campo magnético, con líneas de campo magnético propias; "QB" Cargas en movimiento o corrientes como fuente de campo magnético;"IB" Interacción entre cargas en movimiento y campo magnético; "IEI" Imán y estructura interna;"BF" Campo magnético" como causa de orientaciones, fuerzas o su modificación;"IIB "Imán como causa de interacción entre campos magnéticos;"IEF" Inducción electromagnética, entendida como velocidad de variación de flujo magnético; causa de corriente o fem inducida; "IEB" Inducción Electromagnética centrada en el campo magnético; "IEED": Inducción Electromagnética: como expresiones diversas en esta categoría se agrupan patrones que expresan el significado de la inducción electromagnética como corte de líneas, vinculada a la energía, como polarización causa de fem inducida, generadora de campo eléctrico no conservativo "BLD": Campo magnético representado por líneas de campo magnético y causa de la orientación de dominios; "IFB": Imán como fuente de campo magnético, con líneas de campo magnético propias;"IPARA": Imán como material con polos, con una propiedad visible de atraer o repeler materiales metálicos y aplicaciones CTS ;"QB": Cargas en movimiento o corrientes como fuente de campo magnético;"IEI"54 : Imán y estructura interna;"BF": Campo magnético como causa de orientaciones, fuerzas o su modificación

Según puede observarse en las Tablas 38a y 38b precedentes la distribución es diferente como también lo son las categorías emergentes. Sin embargo, es de destacar que la mayor proporción de estudiantes que se encuentran en el nivel alto corresponde al subgrupo2.

## 6.4. Resumen de Resultados del Estudio 5

El análisis pormenorizado de cada alumno permite una aproximación mas clara a los significados construidos, cómo son expresados y hasta dónde se han organizado. Esto hace posible perfilar tentativamente los niveles de conceptualización alcanzados. En relación con las tendencias de estos subgrupos, en el eje **interacciones** no se observan modificaciones respecto al estudio 2. Sin embargo, en el eje “**fuentes de campo magnético**“, se agregan en comparación con el capítulo anterior, nuevas categorías y/o patrones como fruto de una exploración más minuciosa.

Así, IMFDOB e IPARA encontradas en ambos grupos, se desglosan en:

### Subgrupo 1

“**BLOD**”: Campo magnético representado por líneas de campo magnético y causa de la orientación de dominios

“**IFB**”: Imán como fuente de campo magnético, con líneas de campo magnético propias

“**IPARA**”: Imán como material con polos, con una propiedad visible de atraer o repeler materiales metálicos y aplicaciones CTS

“**QB**”: Cargas en movimiento o corrientes como fuente de campo magnético

“**IEI**”: Imán y estructura interna

### Subgrupo 2

“**BF**”: Campo magnético como causa de orientaciones, fuerzas o su modificación

“**IIB**”: Imán como causa de interacción entre campos magnéticos

“**IEI**”: Imán y estructura interna

“**QB**”: Cargas en movimiento o corrientes como fuente de campo magnético

El aporte de este ajuste en la observación, se vincula con los teoremas-en-acto que podrían inferirse a partir de estas categorías en cuanto a construcción de significados. Así, por ejemplo, en el Subgrupo 1, algunas de las categorías más próximas al dominio perceptual de los alumnos podrían ser un ejemplo de una progresividad en la conceptualización más lenta, tal vez, como consecuencia de un posible obstáculo ontogenético. A su vez, en el Subgrupo 2 pareciera haber un salto cualitativo mas definido en cuanto al progresivo dominio del campo conceptual, obra tal vez, de las características del grupo por un lado y de la estrategia didáctica por otro.

Con respecto al eje **Inducción Electromagnética**:

### **Subgrupo1**

Si bien la categoría IEB agrupa algunos casos, el resto de los patrones emergentes se reconstruye mediante IEF y IEED:

“**IEF**”: Inducción electromagnética, entendida como velocidad de variación de flujo magnético; causa de corriente o fem inducida.

“**IEB**”: Inducción Electromagnética centrada en el campo magnético.

“**IEED**”: Inducción Electromagnética como expresiones diversas donde se agrupan patrones que expresan el significado de la inducción electromagnética como corte de líneas; vinculada a la energía; como polarización causa de fem inducida; generadora de campo eléctrico no conservativo.

### **Subgrupo2**

Una situación análoga se observa en el subgrupo 2, si bien la distribución de las respuestas de los alumnos por categoría, difiere del caso anterior. Así se encuentra:

“**IEB**”: Inducción Electromagnética centrada en el campo magnético.

“**IEF**”: Inducción Electromagnética como tasa de variación de flujo magnético, causa de femi o de corriente inducida.

“**TEED**”: Inducción Electromagnética como expresiones diversas donde se agrupan patrones que expresan el significado de la inducción electromagnética como corte de líneas; vinculada a la energía; como polarización causa de fem inducida; generadora de campo eléctrico no conservativo.

### Sobre las situaciones

Una lectura de los resultados del estudio 1 permite inferir a modo de hipótesis provisoria una conclusión sobre las situaciones. Esta lectura se complementa con la derivada del estudio 3.

En la Tabla 39, se presentan las situaciones donde se observan mayores cambios, en términos de posibles conceptos-en-acto.

**Tabla 39.** Conceptos: Cambios observados acerca de magnetismo y electromagnetismo

<b>Figura</b>	<b>Cuestionario final Situación</b>	<b>Conceptos relevantes Subgrupo 1</b>
<b>6.12</b>	1b Interacción metal /imán	Fuerza de atracción, momento magnético, dipolo magnético, material ferromagnético, dominios
<b>6.13 y 6.14</b>	3b; 3c	Corriente, campo magnético y líneas de campo
<b>6.15</b>	5	Corriente, campo magnético, tiempo, variación de flujo, flujo.
<b>Figura</b>	<b>Cuestionario final Situación</b>	<b>Conceptos relevantes Subgrupo 2</b>
<b>6.36/6.37</b>	<b>1b</b>	Fuerza magnética, distancia , campo magnético, líneas de campo, momentos magnéticos, dominios
<b>6.38</b>	<b>3a</b>	Líneas de campo, dominios magnéticos, corriente, campo magnético, fuerza magnética
<b>6.40</b>	<b>5</b>	Fem, campo magnético, flujo magnético, corriente

Como se observa en la Tabla 39 precedente, en el cuestionario final, la colección de términos que los estudiantes utilizan en las afirmaciones de conocimiento es diferente respecto de las instancias iniciales de diagnóstico. Podría hablarse de un mayor nivel de ajuste en relación con el modelo científico. Interesan, sin embargo, al

menos las afirmaciones que los alumnos explicitan así como la manera en que las expresan para acceder lo mejor posible a los significados que están construyendo. Al respecto, a partir de los niveles de conceptualización encontrados es posible visualizar el posible conocimiento en acto construido por los alumnos de cada subgrupo e identificar aquellas ideas y/o creencias que pueden estar actuando como posibles obstáculos epistemológicos y que pueden actuar como barreras internas hacia una conceptualización más concordante con la científica.

## 6.5. Niveles de conceptualización

En la Tabla 40 se presenta la distribución de alumnos de cada subgrupo según el posible nivel de conceptualización alcanzado.

**Tabla 40.** Distribución de alumnos según los niveles de conceptualización

Unidades de análisis/ Niveles de conceptualización	Nivel alto	Nivel medio	Nivel bajo
Subgrupo 1	A5	A8	A1-A3-A2*-A4*
Subgrupo 2	E6-E19-E13	E8**-E30	E18

Ai: Alumnos del primer grupo ; A8 no técnico  
 Ei: Estudiantes del segundo grupo; E6 y E30 no técnicos ; E18 alto rendimiento en la carrera

\* A2 y A4 podrían considerarse en transición hacia un nivel medio  
 \*\* E8 podría considerarse en transición hacia un nivel alto

Como se observa en la Tabla 40, en el nivel alto de conceptualización la concentración de alumnos del segundo grupo es mayor y en contraposición, la cantidad de alumnos en el nivel bajo es menor. A su vez, la concentración de alumnos del subgrupo 1 en el nivel bajo, es mayor.

### Posibles invariantes operatorios según el nivel de conceptualización

#### Nivel Alto

En el **nivel alto** los conceptos más relevantes a los que recurren E19-E6- E13-A5, además de los conceptos expresados en los enunciados de las diferentes actividades son:

### **Magnetismo:**

#### **a) Interacciones magnéticas en el sentido de la fuerza de Lorentz**

Situación 1b y situación 3 (b, d, e)

- Dominios magnéticos, momento magnético, interacción magnética, distancia, corriente, campo magnético, fuerza magnética, momento dipolar, momento torsor, imán

#### **b) Fuentes de campo magnético**

Situación 2 (a y b) y Situación 3 (a y c)

- Momento dipolar, campo magnético, material ferromagnético, material diamagnético, hierro, dominios, momento dipolar magnético, imán, dirección, sentido, corriente.

### **Electromagnetismo-Inducción electromagnética**

Situación 4 y situación 5

- Flujo magnético, corriente, fem inducida, corriente inducida, variación de flujo, campo magnético

Las **afirmaciones de conocimiento** se acercan a aquellas propias del modelo aceptado por la comunidad científica y, como se dijo, podrían interpretarse como teoremas-en-acto. De esta manera, los posibles **teoremas-en-acto** de los alumnos considerados en este nivel, muestra que los estudiantes estarían construyendo significados pertinentes desde el punto de vista científico. Esta caracterización es compartida por el conjunto de los “significantes” con los que los expresan estos estudiantes, dado que no sólo logran utilizar otro tipo de expresiones como las pictóricas y simbólicas (tanto formales como geométricas), sino que también logran operar con estas últimas. En este nivel, aparecen sin embargo, algunos errores en las argumentaciones que pueden ser concebidos como posibles obstáculos epistemológicos presentados en la Tabla 41.

**Tabla 41.** Ideas que representan posibles obstáculos epistemológicos – Nivel Alto-

	Patrones /dimensiones	E6	E13	E19	A5	Ejemplos
<b>Posibles obstáculos epistemológicos</b>	0d- Interacción electrostática como fuerza de contacto.	S1-c S1-d	S1-c	-	S1-c S1-d	<i>“Es interacción de contacto y fuerza electrostática...una vez que hacen contacto se equilibran las cargas” (A6)</i>
	7-Interacción magnética entre imanes/entre campos magnéticos	3-1d 3-1e			S1-a	<i>“EL conductor tiende a irse hacia adentro de la hoja y si el cable está sujeto el imán tiende a girar, visto de arriba, en el sentido de las agujas de un reloj.” (E6)</i>

### Posibles Obstáculos epistemológicos

- Si los cuerpos estén unidos la fuerza es de contacto.
- La interacción entre un imán y un conductor de corriente será tal *“si el cable está sujeto el imán y tiende a girar”*

### Nivel Medio:

Los conceptos más relevantes puestos en acción por los alumnos A8, E8 y E30, considerados en el **nivel medio** al resolver las distintas situaciones del diagnóstico final, además de los conceptos expresados en los enunciados de las diferentes actividades:

### Magnetismo:

### **a) Interacciones magnéticas en el sentido de la Fuerza de Lorentz**

Situación 1b y situación 3 (b, d, e)

- Dominios magnéticos, interacción magnética, distancia, corriente, campo magnético, fuerza magnética, imán, E8 menciona “atracción”.

### **b) Fuentes de campo magnético**

Situación 2 (a y b) y Situación 3 (a y c)

- Campo magnético, material ferromagnético, hierro, corriente. E30 menciona además “dominios”.

### **c) Electromagnetismo - Inducción electromagnética**

Situación 4 y situación 5

- Recurren a: variación de flujo magnético, corriente, fem inducida, corriente, flujo, campo magnético. A8 y E 30 además mencionan “líneas de campo”.A8 utiliza también “inducción”.

### **Posibles obstáculos epistemológicos<sup>55</sup>**

Respecto a las afirmaciones de conocimiento –posibles teoremas en acto- se detectan algunos probables obstáculos epistemológicos particularmente en las situaciones en las que deben clasificar y explicar el tipo de interacción que se produce entre cuerpos cargados, entre los que media una fuerza electrostática.

---

<sup>55</sup> Obstáculos epistemológicos: son aquellas ideas distantes del modelo científico y que pueden obstaculizar la apropiación pertinente de la conceptualización propia de la comunidad científica.



**Tabla 42.** Ideas que representan posibles obstáculos epistemológicos -Nivel de Conceptualización Medio-

Categorías Integración	Patrones /dimensiones	E8	E30	A8	Ejemplos
<b>Posibles obstáculos epistemológicos</b>	0d- interacción electrostática por contacto	S1-c S1-d	S1-c	S1-c S1-d	<i>“la Interacción electrostática (es) por contacto.”</i>
	4-interacción por contacto como transferencia/pasaje de carga (conducción)	-	-	S1-a S1-c EF-22	<i>“<u>Lo que sucede aquí es que ponemos en contacto la barra y la esfera de la situación “a”. Entonces se produce una transmisión o traspaso de cargas de la barra electrizada a la esfera.</u> (A8)</i>
	9- interacción como ordenamiento de partículas	-	-	S1-a S1-b EF-17 EF-18	<i>“el imán produce un campo magnético, el cual produce una orientación en <u>las partículas del metal</u>, en la <u>gilette</u> las partículas se disponen de tal forma que el polo sur de las mismas apunta al polo norte del imán” (A8)</i>
	15-interacción electromagnética	-	-	3-2c AC1	<i>...”Si la partícula (negativa) va saliendo (de la hoja) y el campo se mueve hacia la derecha <u>aparece una fuerza hacia arriba.</u>”(A8)</i>

Así, en el nivel medio, aparecen dificultades para clasificar la fuerza electrostática, se asocia la idea de que el contacto entre los cuerpos implica una fuerza de contacto; una probable modelización de los materiales ferromagnéticos como materiales dieléctricos; a la operación “producto vectorial “(manejo de la regla de la mano derecha).

## **Nivel bajo**

### **Magnetismo:**

#### **a) Interacciones magnéticas en el sentido de la Fuerza de Lorentz**

Situación 1b y Situación 3 (b, d, e)

Dominios magnéticos, distancia, corriente, campo magnético, fuerza magnética. A4 agrega acero, cargas, electrones.

#### **b) Fuentes de campo magnético**

Situación 2 (a y b) y Situación 3 (a y c)

Campo magnético, material ferromagnético, hierro, corriente. A2: menciona polos y en forma análoga a A4, dominios. A4 agrega momento magnético; A3: circulación de corriente.

#### **c) Electromagnetismo- Inducción electromagnética**

Situación 4 y Situación 5

Flujo magnético, corriente, fem inducida, corriente, flujo, campo magnético, espira,.A4 y A1 mencionan el tiempo y A2, la variación de flujo magnético, circuito y solenoide. E18 recurre además a campo magnético variable, inducción mutua, potencia, energía, corriente y flujo magnético, fem. A1 cita además interruptor.

## **Obstáculos epistemológicos**

En este nivel aparecen posibles teoremas en acto como obstáculos epistemológicos esencialmente en las cuestiones de la situación 1.

**Tabla43.** Posibles obstáculos epistemológicos Nivel de Conceptualización Bajo

Posibles obstáculos epistemológicos	Patrones /dimensiones	E18	A1	A2	A3	A3	Ejemplos
	4-interacción por contacto como transferencia/pasaje de carga (conducción)	S1-c	-	-	S1-c	-	<i>Interacción de contacto porque la barra electrizada transporta sus cargas a la esfera, por lo tanto la esfera tendrá más cargas positivas que negativas, quedan juntas si el hilo es no conductor (A3)</i>
	3- imán como polos análogos a cargas	S1-b S1-d	-	-	-	-	<i>“Es de esperar que el polo norte del imán atraiga la hoja de la gillette ya que es de hierro, con lo cual los electrones están en la capa superficial y se repelerían con el polo sur debido a que las cargas son de igual signo.”(E18)</i>
	7-interacción magnética entre imanes/entre campos magnéticos	-	SI-a	-	-	-	<i>En el caso (a) se asemeja al caso (b) porque se produce una atracción debido a campos magnéticos (A1)</i>
	1-magnetismo como electricidad	-	-	-	-	SI-b	<i>El fenómeno de atracción se debe a la diferencia de cargas originando polos de distinto signo (A4)</i>

En el nivel bajo, se encuentra, en varios alumnos, una asociación entre cuerpos en contacto y fuerza electrostática de contacto. Aparecen también confusiones entre fenómenos eléctricos y magnéticos; un modelo de materiales ferromagnético semejante al de los dieléctricos. Un posible **obstáculo epistemológico común** a los tres grupos, dado que no se tiene en cuenta la variación de flujo magnético:

- La Inducción Electromagnética es debida al campo magnético o a su variación.

-----

## **CAPÍTULO 7**

# **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

# **Y CONCLUSIONES**

-----



## Introducción

La finalidad de todo trabajo en investigación didáctica es la búsqueda de indicadores y estrategias que favorezcan, en una población dada, la apropiación de conocimiento lo más cercanamente posible al de la comunidad científica de referencia. Esta tesis se centra en la exploración del modo en que un grupo de estudiantes de un curso de Física básica de Ingeniería, se apropia del campo conceptual de la inducción electromagnética. Para dar cuenta de este propósito se desarrollaron 5 estudios, cuyos resultados serán discutidos en este capítulo, en relación a los objetivos propuestos. Cabe señalar que el colectivo inicial de alumnos se dividió en dos grupos. Uno de ellos participó de las clases habituales de la institución. El otro lo hizo bajo una estrategia didáctica alternativa

La discusión de los resultados que se presenta a continuación puede enmarcarse en tres dimensiones.

1. Se tratará de discutir aquí, en términos de **rupturas y continuidades** del conocimiento construido, la transformación que experimentan las ideas iniciales de los estudiantes después de un periodo instructivo mediado ya sea por una estrategia didáctica tradicional o una estrategia didáctica alternativa basada en el uso de “situaciones” vinculadas a distintos fenómenos relacionados con el campo conceptual de la “inducción electromagnética”; cómo mediante el uso de los instrumentos diseñados y la metodología de análisis empleada, tienden a emerger en las respuestas iniciales de este grupo de alumnos sus avances y dificultades. En el mismo sentido, se expondrán las **características más relevantes de los niveles de conceptualización alcanzados por dos subgrupos de estudiantes** a partir de un estudio de caso, dado que de este modo se facilita la observación de los cambios en los conocimientos logrados por algunos alumnos. Las particularidades que posee el proceso de apropiación del campo conceptual de estos estudiantes serán expuestas sin pretensiones de realizar generalizaciones, ya que pueden constituir el punto de partida para profundizar el estudio de los procesos de conceptualización sobre la inducción electromagnética que los alumnos realizan.
2. Por otra parte, se intentará analizar **la estrategia didáctica** diseñada e implementada en el grupo mayoritario de alumnos en términos de:

- El modelo de gestión
  - La bibliografía de uso habitual por los alumnos
  - Los niveles de conceptualización alcanzados
3. También, se intentará justificar la **potencialidad del marco teórico y metodológico** utilizado para el estudio de los significados y significantes construidos por los estudiantes.

Finalmente, se plantearán algunas inferencias consideradas relevantes para la Didáctica de la Física, en particular sobre el fenómeno de la inducción electromagnética, que resultan ser de gran importancia a la hora de poder generar continuidades y rupturas dentro del proceso de apropiación conceptual. Se concluye con una presentación de las principales conclusiones del trabajo, sus limitaciones y fortalezas. Asimismo, se esbozan algunas cuestiones como posibles horizontes de nuevas investigaciones.

## **7.1. Discusión de los resultados**

### **7.1. Rupturas y continuidades en la conceptualización**

De los trabajos analíticos realizados que comprendieron un conjunto de estudios preliminares para las instancias iniciales y finales y un estudio de caso, se discuten los resultados más relevantes. En ellos se observan, en términos del conocimiento emergente al resolver diferentes clases de situaciones, relacionadas entre sí, una progresiva evolución de las ideas iniciales del conjunto de alumnos en estudio y de algunos de los estudiantes en particular.

#### **7.1.2. Las ideas iniciales en el proceso de apropiación del campo conceptual**

Como se mencionara en el capítulo 1, pp. 27, las dificultades más relevantes mencionadas en la bibliografía revisada (Meneses y Caballero, op. cit.), Borges (1999), Pérez (op. cit.); LLancaqueo et al. (2003); Guisasola et al. 2003, 2005); Almudi (2005), entre otros, no sólo señalan la ausencia de algunos conocimientos previos sino que

además destacan algunas precariedades o dificultades específicas en relación a magnetismo y electromagnetismo, tales como:

- Carencias en los conocimientos iniciales necesarios para la construcción de conceptos sobre el fenómeno de inducción electromagnética.
- Dificultades vinculadas a la identificación de las fuentes de campo magnético su naturaleza y sus modos de representación.
- Dificultades vinculadas con la causalidad de los fenómenos de inducción electromagnética y su modelización.

#### **7.1.2.1. Carencias en los conocimientos iniciales necesarios para la construcción de nuevos conocimientos sobre el fenómeno de inducción electromagnética.**

Del análisis cualitativo del tipo de respuesta, como se planteara en el capítulo 5, en el primer estudio se observó que la proporción de situaciones y cuestiones no respondidas o que incluyen respuestas incorrectas en el diagnóstico inicial administrado a los alumnos del grupo- clase, supera ampliamente la cantidad de respuestas adecuadas, particularmente aquellas correspondientes a las situaciones 1, 2 ,3 y 4, como se mostrara en la Tabla 10a. En el diagnóstico inicial la mayoría de los alumnos no responde las cuestiones o contestan reproduciendo el enunciado. Un porcentaje elevado se encuentra en la clase “respuestas incompletas”. Es este el caso de los alumnos que no logran expresar sus representaciones en forma adecuada de otro modo que no sea lingüístico-verbal o discursivo, o sus argumentaciones no son suficientes como para dar cuenta del modelo científico subyacente. Una situación análoga, respecto a los conocimientos iniciales, si bien, dentro del campo conceptual “campo eléctrico”, fue ya detectada por Llancaqueo et al. (op.cit.).Otro aspecto interesante que es posible señalar y que se manifiesta en las afirmaciones de conocimiento iniciales de los alumnos, es la ausencia de reciprocidad en las interacciones electromagnéticas como Stipcich et al. (op. cit.) encontraron respecto a las interacciones gravitatorias. Así, por ejemplo, los alumnos aluden a que el imán “*es el que produce un campo magnético*” y por ello atrae un metal. Un posible “teorema en acto” Vergnaud (op. cit.) podría interpretarse como que “*hay un cuerpo que es el responsable de la atracción*”.



El hecho de que las representaciones gráficas sean escasas y deficientes es signo precursor de las dificultades interpretativas que subyacen ya sea para la decodificación de los distintos modos de representación como para la externalización de los posibles significados que hayan podido construir, lo que se evidencia luego en dificultades para la construcción de conceptos complejos. Por eso, la importancia de complementar las debilidades que, en este sentido, se detectan en la bibliografía de uso común por los alumnos.

Estas carencias sumadas a la falta de respuesta a las situaciones planteadas en los instrumentos utilizados para realizar el diagnóstico inicial, llevó a concebir una primera inferencia, que consistió en afirmar que los alumnos no evidenciaban poseer, en general, conocimientos para enfrentar y resolver las diferentes situaciones al iniciar el tratamiento de la temática y, por lo tanto, no habría apropiación del campo conceptual o a lo sumo los niveles de conceptualización eran bajos por lo que, muy pocos, podrían ser los invariantes operatorios que podrían detectarse como señalan LLancaqueo et al. (op.cit.).

Dado que la procedencia escolar de la mayoría de estos estudiantes se relaciona con orientaciones técnicas, las debilidades detectadas en sus conocimientos iniciales, llevan a coincidir en la necesidad de que, una tarea instruccional adecuada a la formación conceptual de los alumnos, requiere el planteamiento de sucesivas y numerosas situaciones, por lo que, se implementa un proceso que resulta lento y gradual, como destaca Vergnaud (1990).

#### **7.1.2.2. Dificultades vinculadas a la identificación de las fuentes de campo magnético su naturaleza y sus modos de representación**

Si bien las dificultades detectadas en el cuestionario diagnóstico inicial son globales y se concentran en los subtests correspondientes a interacciones e inducción electromagnética, los resultados obtenidos con la muestra de los estudios 3 y 4, indican en forma semejante a las dificultades ya identificadas (Meneses y Caballero, op. cit.; Borges, 1999; Perez, op. cit.; Guisasola et al. 2003, 2005; Almudi, 2005), que reconocen en los alumnos confusiones entre fenómenos eléctricos y magnéticos. Es común encontrar que no logren diferenciar polos magnéticos de cargas eléctricas o

representar, en el mejor de los casos, líneas de campo magnético en forma discontinua. Inicialmente tampoco reconocen que las cargas en movimiento respecto a un observador inercial, producen campo magnético; menos aún logran explicar el campo magnético producido por corrientes. A pesar de que algunos estudiantes hayan recibido instrucción en Física a nivel medio y conozcan los fenómenos magnéticos, continúan interpretando los fenómenos microscópicos en función de las características macroscópicas observadas en dicho fenómeno. Así, respecto de los imanes, se observó una tendencia a considerar sólo las propiedades más familiares y conocidas. A lo sumo identifican los imanes como materiales naturales capaces de atraer o repeler materiales metálicos, en forma semejante a la visión ya señalada por Bravo y Pesa (op.cit.) en Mecánica básica; específicamente, en el tratamiento de fenómenos ondulatorios. Otra dimensión que refiere al conocimiento familiar es el uso reconocido de los imanes en diferentes tipos de aplicaciones cotidianas y tecnológicas. Sólo en un alumno emergen ideas respecto a un imán como fuente de campo magnético y como causa de interacciones electromagnéticas, que así las expresa:

*“La causa de la interacción electromagnética se debe a que el imán produce un campo magnético. La interacción es generada por un imán que posee un campo” (E19, G2)*

Esta idea podría reflejar un conocimiento-en-acto que se revela a la hora de enfrentar una tarea concreta y es posible indicador de un significado parcialmente construido en cuanto a que sólo es expresado de modo verbal. Sólo en algún caso los alumnos lograban explicar las propiedades de los imanes a partir de su estructura interna pero tendían a considerar el modelo interno de un imán dispuesto en forma semejante al de los dieléctricos, desconociendo por completo el modelo de Ampère como modo de representación de la estructura interna de los imanes, en forma semejante a lo indagado por los citados investigadores. Por otro lado, coincidiendo con los autores mencionados, se encontró que los estudiantes participantes en la investigación, conocían vagamente experiencias sobre fenómenos electromagnéticos como el de Oersted.

### **7.1.2.3. Dificultades en torno al fenómeno de inducción electromagnética y su modelización.**

Los indicadores seleccionados, orientadores para la formulación del cuestionario diagnóstico inicial Capítulo 3, apartado 3.1.1.2, se fundaron, entre otros, en criterios epistemológicos Guisasola et al. (2003b), quienes establecieron un conjunto de prerequisites para la comprensión de la inducción electromagnética como el análisis de la presencia de una corriente inducida en la espira conductora según el movimiento de un imán coaxial con la espira, identificando el sentido de corriente y relacionando expresiones gráficas y lingüísticas y el conocimiento de aplicaciones CTS de la inducción electromagnética que contextualicen el modelo teórico y les permita a los futuros ingenieros interactuar con su realidad inmediata. Como se ha dicho, la mayoría de las cuestiones no fueron respondidas. Sin embargo, del análisis de las escasas respuestas a dicho cuestionario en los ítems relativos específicamente a la inducción electromagnética, así como de las actividades complementarias, se detectaron dificultades emergentes respecto al eje inducción electromagnética mediante interpretaciones como:

- Inducción como fuerza.
- Inducción electromagnética como campo magnético o como su modificación.

Estos estudiantes, en general, han abordado previamente temas vinculados al electromagnetismo y, como se ha expuesto, han atravesado el proceso de enseñanza y aprendizaje de los fenómenos electrostáticos, si bien, bajo un modelo de enseñanza transmisiva. En exploraciones previas a la aplicación del cuestionario inicial, han demostrado comprender el concepto de “flujo” y logran inclusive, representarlo simbólicamente. Sin embargo, a la hora de resolver situaciones vinculadas a estos fenómenos, los estudiantes participantes no reconocen el flujo magnético y sus argumentos se centran en el campo magnético, como se puede observar en el capítulo precedente. En forma semejante a lo señalado por Borges (1999), y Guisasola et al. (2003b; 2004) y Almudi et al (2005) se encuentran confusiones entre los conceptos de campo magnético y flujo magnético. Así lo muestran, en el capítulo 5, las categorías y

patrones emergentes, lo que podría interpretarse como el mantenimiento de una continuidad con significados ya construidos.

Estas dificultades se ven reflejadas en los alumnos a la hora de generar nuevos significados referidos a algún fenómeno que involucre dichos conceptos, y de ahí, la importancia de planificar secuencias didácticas que generen rupturas y sostengan continuidades, según se trate.

Del análisis cualitativo del tipo de respuesta, como se mostró en el capítulo 5, en el primer estudio se desprende que la proporción de situaciones y cuestiones no respondidas o que incluyen respuestas incorrectas en el diagnóstico inicial administrado a los alumnos del grupo- clase, supera ampliamente la cantidad de respuestas adecuadas. Una primera inferencia, por lo tanto, consistió en afirmar que los alumnos no evidenciaron poseer, en general, conocimientos al iniciar el tratamiento de la temática y, por lo tanto, pocos podrían ser los invariantes operatorios que podrían detectarse. Una situación análoga, si bien, dentro del campo conceptual “campo eléctrico”, fue ya estudiada por LLancaqueo et al. (op.cit.) reafirmando lo que se presuponía acerca de que estos alumnos no dispusieran, en realidad, de invariantes operatorios. Acaso podrían disponer de un “pensamiento en complejos”– en términos de Vigotsky (op.cit.) o a lo sumo “pseudoconceptos”.

### **De las representaciones simbólicas**

Respecto a los “significantes” – en términos de Vergnaud (op.cit.)- tanto en un eje conceptual como en otro, y a pesar de lo solicitado en los cuestionarios, la expresión inicial de las representaciones son esencialmente verbales – lingüísticas-, con muy pocos dibujos, y utilizan escasas representaciones simbólicas formales.

De los escasos ejemplos que se pueden presentar acerca de los significantes no verbales que utilizaron estos jóvenes al inicio del tratamiento de los temas, pueden mencionarse flechas situadas en alguno de los objetos interactuantes, de la situación “1” en sus diversas cuestiones sin otra notación más que una “F”- remitiendo a “falso”- en algún caso particular localizada sobre alguno de los objetos del sistema en estudio. Esto último puede estar revelando una idea sobre interacción carente de la característica de

“reciprocidad” coincidiendo con resultados de Stipcich et al.(op. cit.), Lemeignan, y Weil-Barais, (1994).

Otro ejemplo, relevado en la bibliografía mencionada, como son las dificultades para conocer que las líneas de campo magnético son cerradas y reconocer la inexistencia de monopolos, se detecta mediante el dibujo ocasional de líneas de campos magnético expresado como curvas sin orientar y discontinuas. En parte, manifiesta un fuerte reduccionismo respecto a la manera en que se han producido algunos aprendizajes en torno a la idea de campo –ya tratada por los alumnos en sesiones de aula previas- y a las dificultades de interpretación que manifiestan, planteadas en términos de decodificación de los diferentes lenguajes representacionales. Si bien, estos estudiantes se encuentran en los estadios iniciales del dominio específico “magnetismo”, cabe reflexionar acerca del tipo de aprendizaje logrado por los jóvenes de este grupo egresados de escuelas técnicas con orientación eléctrica o electromecánica.

Por otro lado, se detecta que algunas de las dificultades se mantienen aún después de la instrucción y surgen como respuestas en el cuestionario diagnóstico final. Sin embargo, es relevante destacar que estas dificultades aparecen en menor proporción. En particular, el subtest referido a Inducción Electromagnética parece, desde estos estudios, presentar una notable diferencia respecto del diagnóstico inicial, en cuanto a mejoras en los niveles de conceptualización.

A continuación se presenta una síntesis de los hallazgos encontrados, en líneas generales, en las afirmaciones de conocimiento de los alumnos al finalizar el proceso instructivo.

## **7.2. Representaciones finales generales y posible conocimiento en acto construido por los alumnos**

Una segunda inferencia, a partir de los resultados analizados respecto a la situación inicial, está relacionada con el notable cambiado detectado después de la instrucción, en especial, en las respuestas del grupo G2.

El estudio de las afirmaciones de conocimiento y patrones emergentes del análisis de las respuestas tanto del grupo G1 como del grupo G2, hace factible realizar hipótesis sobre el posible conocimiento en acto de los alumnos y avanzar en la identificación de la

potencialidad de las situaciones presentadas, a pesar de las mejoras que necesariamente se deben realizar. Es relevante señalar que cada uno de los grupos manifiesta conocimientos diferentes en cuanto a los significados y significantes que ponen en juego a la hora de resolver situaciones en este momento de su formación conceptual

### **7.2.1. Características generales del conocimiento construido en relación a las Interacciones Electromagnéticas**

En esta dimensión del conocimiento se encuentran diferentes argumentaciones sobre la fuerza de Lorentz, que muestran un avance conceptual. Así, ambos grupos reconocen las interacciones presentes en las situaciones resueltas como una fuerza ya sea electrostática o magnética. Sin embargo, en el grupo 2 aparecen dos patrones que reflejan otros aspectos reveladores de una mayor riqueza en la comprensión de este tipo de interacciones. Así, por ejemplo, se tiende a reconocer que las mismas refieren a interacciones de atracción u orientación, que se producen a distancia y son causa de movimientos. También pueden identificar la interacción entre campos magnéticos y cargas en movimiento. Precisamente, en las respuestas de este grupo tienden a aparecer ideas que se ponen en juego al resolver diferentes situaciones, tales como:

*“Un imán produce un campo magnético y al acercar un metal se genera una orientación de las partículas internas del metal. Existe una fuerza de atracción hacia el metal que mueve una gillite- metal- suspendida en sus proximidades por lo que presentarían polos opuestos.”*

### **7.2.2. Características generales del conocimiento construido sobre Fuentes de Campo Magnético**

En los dos grupos se observa que aparece el uso de una diversidad de conceptos superadora de aquella del diagnóstico inicial. Los imanes son reconocidos como fuente de campo magnético. Sin embargo, en el grupo 1, las respuestas tienden a centrarse en torno a la idea de un imán que se designó como “experiencial” similar al detectado inicialmente. Por otro lado, en el grupo 2 se recrean expresiones vinculadas a las interacciones entre un imán y el campo magnético o a la producción de imanes artificiales mediante la orientación de los dominios de un material ferromagnético, así como así de la modelización del campo magnético a través de “líneas de fuerza”.

Entre las ideas predominantes que se ponen en juego frente a las diferentes situaciones se encuentra, por ejemplo, que:

*“Si existe un campo magnético se encuentran líneas de fuerza, las que deben ser cerradas”.*

*“Si se coloca un material ferromagnético entre los polos de un imán, la orientación de las flechas, que representan sus dominios, cambia porque los dominios son fácilmente orientados, dado que un campo magnético orienta los dominios en su dirección”.*

### **7.2.3. Características generales del conocimiento construido sobre Inducción Electromagnética**

En las tendencias detectadas para ambos grupos de alumnos, expresadas como categorías y patrones emergentes, se encuentran una diversidad de conceptos que los jóvenes ponen en juego a la hora de resolver las situaciones vinculadas con este eje temático –conocimiento en acto- como: *“Campo magnético, flujo, bobinado secundario, tiempo, fem (inducida), corriente (inducida), líneas de campo, polarización, energía, corriente alterna, fem, inducción mutua, corriente entrante”*

Sin embargo, una vez más se observa que, si bien, ambos grupos relacionan la inducción electromagnética con una fem inducida, el grupo 1, tiende a asociar la inducción electromagnética con la variación de campo magnético. A su vez, el grupo 2 tiende a centrar sus explicaciones en la variación de flujo magnético, con ideas como:

*“Si varía el campo magnético, el flujo en el bobinado cambia en el tiempo y si el flujo cambia en el tiempo se induce una fem o (si no hay variación de flujo no se induce ninguna fem)” (E8, G2).*

Lejos de realizar, en esta instancia, un comentario más detallado sobre el nuevo conocimiento construido por ambos grupos, el mismo será expresado mediante el estudio de los subgrupos conformados a partir de los grupos estudiados, lo que permitió focalizar el análisis en las particularidades de los casos tratados, según el nivel de conceptualización alcanzado por los estudiantes de cada subgrupo.

### **7.3. Representaciones finales y posible conocimiento en acto construido por los alumnos: estudio de caso**

A partir del análisis de las respuestas a las cuestiones planteadas en la instancia final o de integración, se encontraron algunas tendencias que agrupan la diversidad de afirmaciones de conocimiento o unidades de significado en categorías, las que, por otro lado, reflejan los “significados” construidos después del tratamiento del campo conceptual en el aula<sup>56</sup>. Como se recordará los grupos 1 y 2 recorrieron el proceso de enseñanza y aprendizaje en forma diferente, debido a que en el grupo 2 se desarrollaron un conjunto de actividades mediadas por situaciones de complejidad gradual en el marco de una fuerte interacción social; mientras que el grupo 1, lo transitó de manera tradicional, mediante las explicaciones del profesor en el pizarrón y la posterior resolución de ejercicios y problemas, como los que se pueden encontrar al final de un capítulo de alguno de los textos usados habitualmente en este nivel educativo. Analizadas las categorías en relación con las cuestiones planteadas en el cuestionario final, se detectan principalmente en el grupo mayoritario, como se ha mostrado en el capítulo 5, tendencias en las afirmaciones más próximas al modelo científico. En algunos casos se ve una progresiva apropiación del modelo de estructura interna de un imán (pp. 10), en términos de la ley de Ampère. Otras podrían dificultar la conceptualización sino se explicitan y aclaran como, por ejemplo, considerar la fuerza magnética sólo como una interacción entre polos magnéticos, (pp. 9).

### **7.4. Posible conocimiento en acto y niveles de conceptualización**

El análisis pormenorizado de cada alumno permite una aproximación más clara a los significados construidos, cómo son expresados y hasta dónde se han organizado. Esto admite perfilar tentativamente los niveles de conceptualización alcanzados.

---

<sup>56</sup> Se hace la salvedad de que los significados en términos de la Teoría de los Campos Conceptuales son individuales. Aún así es posible que los jóvenes hayan construido significados semejantes evidenciándose a través de lo que en este trabajo se denota como “tendencias”.



En relación con las tendencias de estos subgrupos, se encuentra que en el eje “interacciones”, no se observan modificaciones sustanciales respecto del estudio general. Sin embargo, en el eje “fuentes de campo magnético”, se agregan respecto al mismo, nuevas categorías y/o patrones como fruto de una exploración más minuciosa. Así, para los patrones –Imanes como fuentes de campos magnéticos- (IMFDOB) e - Imanes experienciales- (IPARA) encontrados en ambos grupos, los mismos se desglosan para el Subgrupo 1, en cinco subcategorías: Campo magnético representado por líneas de campo magnético y causa de la orientación de dominios (BLOD), imán como fuente de campo magnético, imán como fuente de campo magnético, con líneas de campo magnético propias (IFB), imán experiencial (IPARA) cargas en movimiento o corrientes como fuentes de campo magnético (QB), e imán y estructura interna (IEI). Estos representan distintas ideas de los estudiantes, respecto a las fuentes de campo magnético, a saber:

*“Campo magnético representado por líneas de campo magnético y causa de la orientación de dominios”, “Imán como fuente de campo magnético, con líneas de campo magnético propias”, “Imán como material con polos, con una propiedad visible de atraer o repeler materiales metálicos y aplicaciones CTS”, “Cargas en movimiento o corrientes como fuente de campo magnético” e “Imán y estructura interna”*

Respecto al Subgrupo 2, aparecen cuatro subcategorías: Campo magnético” como causa de orientaciones, fuerzas o su modificación (BF), interacciones entre corrientes y campos magnéticos (IIB), inducción electromagnética, entendida como velocidad de variación de flujo magnético; causa de corriente o fem inducida (IEI) y cargas en movimiento como campo magnéticos (QB), las que reflejan significados contruidos respecto a las **fuentes de campo magnético** como:

*“Campo magnético como causa de orientaciones, fuerzas o su modificación”, “Imán como causa de interacción entre campos magnéticos”, “Imán y estructura interna” y “Cargas en movimiento o corrientes como fuente de campo magnético”*

Como puede observarse, si bien, algunos significados se reiteran, en las respuestas de estos alumnos, emerge la corriente como fuente de campo magnético, superando las dificultades ya señaladas, encontradas por Meneses et al. (op. cit.) y Pérez (op.cit.).

El aporte de este ajuste en la observación se vincula con los teoremas-en-acto que se podrían inferir a partir de estas categorías, en cuanto, a construcción de significados se refiere. Así, en el Subgrupo 1, algunas de las categorías más próximas al dominio perceptual de los alumnos podrían ser una muestra de procesos cognitivos más lentos para llegar a la conceptualización esperada, tal vez, como consecuencia de obstáculos de tipo ontogenéticos. A su vez, en el Subgrupo 2, se observa un progresivo dominio del campo conceptual más claro y definido, obra principalmente de la confluencia entre los procesos cognitivos desarrollados en el grupo con la estrategia didáctica. Lo planteado ha sido presentado en las tablas 38a y 38b.

#### **7.4.1. Posible conocimiento en acto según niveles de conceptualización**

En las tablas 38a, 38b y 40 del capítulo anterior se reseñó la distribución de alumnos de cada subgrupo por nivel de conceptualización. Las características, según cada nivel, del posible conocimiento en acto de los alumnos de los subgrupos, se resumen a continuación, destacando aquellas dificultades que se observan finalmente.

En el **nivel alto** los conceptos más relevantes a los que recurren los estudiantes E19-E6-E13- A5, además de los conceptos expresados en los enunciados de las diferentes actividades, que emergen en relación a las **interacciones magnéticas en el sentido de la fuerza de Lorentz, frente a las situaciones S1b y S3b, S3d y S3e**: “*Dominios magnéticos, momento magnético, interacción magnética, distancia, corriente, campo magnético, fuerza magnética, momento dipolar, momento torsor, imán. Por otro lado, para las fuentes de campo magnético; en las situaciones S2a, S2b, S3a y S3c: “Momento dipolar, campo magnético, material ferromagnético, material diamagnético, hierro, dominios, momento dipolar magnético, imán, dirección, sentido, corriente”*. Finalmente, al resolver los estudiantes las situaciones S4 y S5 inherentes a los fenómenos de inducción electromagnética, los conceptos que emergen en forma explícita son “*Flujo magnético, corriente, fem inducida, corriente inducida, variación de flujo, campo magnético*”.

En tal sentido, las **afirmaciones de conocimiento** se acercan a las propias del modelo aceptado por la comunidad científica y podrían interpretarse como teoremas-en-acción. De esta manera los posibles **teoremas-en-acto** de los estudiantes considerados en este nivel, muestran que los alumnos estarían construyendo significados pertinentes desde el punto de vista científico. Probablemente estos alumnos estén construyendo modelos mentales en el sentido que señalan Moreira y Greca (op.cit.) y estos modelos contribuyan, progresivamente, en la consolidación de ciertos esquemas que permitan a los jóvenes enfrentar un cierto conjunto de situaciones propias de este campo conceptual. Esta caracterización es compartida por el conjunto de los “significantes” con que expresan sus ideas, dado que, no sólo logran utilizar otro tipo de expresiones, como las pictóricas y simbólicas (tanto formales como geométricas), sino que también logran operar con estas últimas.

### **7.5. Debilidades o posibles obstáculos detectados para cada nivel**

Persisten, sin embargo, algunas imprecisiones en las argumentaciones que pueden ser concebidas como posibles obstáculos epistemológicos. Al respecto, algunos alumnos del Nivel Alto (E6, E1, E3, y A5) aún sostienen que la idea de interacción electrostática como fuerza de contacto

Por otro lado E6 y A5, presentan dificultades a la hora de analizar la interacción magnética entre imanes y campos magnéticos prevaleciendo, en algunos casos, una visión mecanicista tal como lo señala Almudi et al. (2006)

*“EL conductor tiende a irse hacia adentro de la hoja y si el cable está sujeto el imán tiende a girar, visto de arriba, en el sentido de las agujas de un reloj.” (E6)*

Igualmente, como un posible obstáculo epistemológico, se encuentra la siguiente idea que se supone refleja un posible teorema-en-acto:

La interacción entre un imán y un conductor de corriente *será tal “si el cable está sujeto (y) el imán tiende a girar”*

A su vez, en el **Nivel Medio**, los conceptos más relevantes puestos en acción por los alumnos A8, E8 y E30, al resolver las distintas situaciones del diagnóstico final, además de los conceptos expresados en los enunciados de las diferentes actividades vinculadas a la **fuerza de Lorentz, por ejemplo, en las situaciones S1b, S3b, S3d y S3e** son “*Dominios magnéticos, interacción magnética, distancia, corriente, campo magnético, fuerza magnética, imán*, E8 menciona además “*atracción*”. Con respecto a las **fuentes de campo magnético**, en las situaciones S2a, S2b S3a y S3c, los conceptos mencionados, a su vez, son:”*Campo magnético, material ferromagnético, hierro, corriente*. E30 menciona además “*dominios*”. Al resolver las situaciones S4 y S5, como se ha dicho, referidas específicamente a los fenómenos de inducción electromagnética, los conceptos a los que aluden los alumnos identificados en este nivel son: “*Variación de flujo magnético, corriente, fem inducida, corriente, flujo, campo magnético*. A8 y E30 además mencionan “*líneas de campo*”. A8 utiliza también “*inducción*”

En relación con las afirmaciones de conocimiento –posibles teoremas en acto- se detectan nuevamente algunos posibles obstáculos epistemológicos, particularmente, en las situaciones en las que deben clasificar y explicar el tipo de interacción que se produce entre cuerpos cargados, entre los que media una fuerza electrostática.

En la situación S1a, los tres alumnos (E38, E30 y A8) clasifican esta interacción como “por contacto” con explicaciones como:

*Lo que sucede aquí es que ponemos en contacto la barra y la esfera de la situación “a”. Entonces se produce una transmisión o traspaso de cargas de la barra electrizada a la esfera, (A8)*

El alumno A8, por otro lado, insiste en este tipo de explicaciones como respuesta también a la situación S1c, situación que se sostiene en la entrevista final. Recurre además, como respuesta a la situación S1b, a la interacción entre las “partículas de un metal” como si fueran un dipolo. Esta idea, en forma análoga, es recurrente en la entrevista final (EF17 y EF18), lo que podría estar formando parte de un esquema sin reestructurar, aún:

*“el imán produce un campo magnético, el cual produce una orientación en las partículas del metal, en la gilette las partículas se disponen de tal forma que el polo sur de las mismas apunta al polo norte del imán” (A8)*

En la situación S3 y S2c, y AC1, también de las instancias finales, A8 señala que una interacción electromagnética muestra, por otro lado, dificultades respecto a la fuerza de Lorentz, las que expresa verbalmente como:

*“... Si la partícula (negativa) va saliendo (de la hoja) y el campo se mueve hacia la derecha aparece una fuerza hacia arriba.”(A8)*

Asimismo, en el nivel de conceptualización medio- *apropiación parcial del campo conceptual*, aparecen dificultades para clasificar la fuerza electrostática, se asocia la idea de que el contacto entre los cuerpos implica una fuerza de contacto; una probable modelización de los materiales ferromagnéticos como materiales dieléctricos y en la operación “producto vectorial “(manejo de la regla de la mano derecha), como han señalado Llancaqueo et al (op.cit.). Otro aspecto a destacar, en algunas respuestas, reside en el modelo que pudiera haberse construido sobre la estructura interna de los imanes. Acaso estas respuestas podrían explicarse desde la elaboración de un modelo de tipo dipolar sobre materiales dieléctricos coincidiendo con aquellos ya relevados por Meneses y Caballero (op. cit.), lo que habla tal vez del uso de un esquema mental ya formado y no resignificado.

A su vez en el **nivel bajo, apropiación incipiente del campo conceptual**, se encuentran los alumnos E18, A1, A2 y A3. En las respuestas respecto de las situaciones que dan cuenta de las interacciones electromagnéticas en el sentido de la **fuerza de Lorentz** S1b, S3b, S3d y S3e, los estudiantes tienden a recurrir a conceptos como:

*“Dominios magnéticos, distancia, corriente, campo magnético, fuerza magnética. A4 agrega acero, cargas, electrones.”*

Por otro lado las situaciones S2a y S2b; S3a y S3c, remiten a la identificación y descripción de **fuentes de campo magnético**. Frente a estas actividades, los jóvenes aluden a los siguientes conceptos:

*“Campo magnético, material ferromagnético, hierro, corriente. A2: menciona polos y en forma análoga a A4 dominios. A4 agrega momento magnético; A3: circulación de corriente”.*

Con respecto a las situaciones S4 y S5 con actividades específicas relativas al fenómeno de inducción electromagnética, los estudiantes explicitan los siguientes conceptos al resolverlas:

*“Flujo magnético, corriente, fem inducida, corriente, flujo, campo magnético, espira. A4 y A1 mencionan el tiempo y A2, la variación de flujo magnético, circuito y solenoide. E18 recurre además a campo magnético variable, inducción mutua, potencia, energía, corriente y flujo magnético, fem. A1 cita además interruptor”*

En este nivel aparecen posibles teoremas en acto como obstáculos epistemológicos esencialmente en las cuestiones de la situación 1. Los alumnos **E18 y A3, en la situación S1-c**, clasifican la interacción presentada como de “contacto” asociando el fenómeno a una transferencia de carga:

*“..es una interacción de contacto porque la barra electrizada transporta sus cargas a la esfera, por lo tanto la esfera tendrá más cargas positivas que negativas, quedan juntas si el hilo es no conductor (A3)”*

A su vez E18, A1 y A3, presentan confusiones entre fenómenos eléctricos y magnéticos, asociando los polos de un imán a un par de cargas. A modo ilustrativo se presenta, como ejemplo, la expresión de uno de los estudiantes:

*“Es de esperar que el polo norte del imán atraiga la hoja de la gillete ya que es de hierro, con lo cual los electrones están en la capa superficial y se repelerían con el polo sur debido a que las cargas son de igual signo.”(E18)*

Por otro lado A1 identifica una semejanza entre las interacciones eléctricas y magnéticas como respuesta a la situación S1b:

*“En el caso (a) se asemeja al caso (b) porque se produce una atracción debida a campos magnéticos” (A1)*

**En el nivel bajo**, varios alumnos, asocian cuerpos en contacto y fuerza electrostática de contacto. Aparecen también, como se dijo, confusiones entre fenómenos eléctricos y magnéticos; un modelo de materiales ferromagnético semejante al de los dieléctricos y serias dificultades para operar con vectores y hasta para utilizar la “regla de la cadena” al calcular la femi.

Un posible **obstáculo epistemológico común** a los tres niveles, el que ha sido discutido reiteradamente:

- La Inducción Electromagnética debida al campo magnético o a su variación.

## **7.6. La Estrategia Didáctica alternativa**

Dos pilares fundamentales se entrelazan en este trabajo como concepciones subyacentes al diseño de la secuencia de actividades o situaciones planteadas en el sentido de Vergnaud. El primero se sostiene en la idea que Piaget (1977) manifiesta en ocasión de ser entrevistado por un periodista americano Richard Evans, quien en esa oportunidad le pregunta si desearía que la enseñanza diera más libertad al niño para desarrollarse individualmente, a su propio ritmo y nivel de maduración. A lo que Piaget respondió afirmativamente señalando que siempre y cuando

*“...los maestros propongan a los niños, materiales, situaciones y ocasiones que les permitan progresar...se trata de ponerlos frente a situaciones que planteen nuevos problemas y de encadenar estas situaciones unas a otras” (Piaget, 1977 en Castorina et al., 1996, pp.69)*

El segundo, se vincula con la construcción social del conocimiento que responde a un doble origen, determinado, si se quiere, por las propias posibilidades del aprendiz y por la información específica provista por el medio. En el primer caso, por la posibilidad de confrontar con los otros las propias conceptualizaciones y, en el segundo, porque son los integrantes del mismo grupo quienes pueden jugar el papel de informantes. Esta

interacción constituye una fuente de posibles decodificaciones del propio conocimiento al mismo tiempo que de rupturas.

El primer aspecto tiene que ver con la selección de actividades y su secuenciación; esto sugiere cuestiones del tipo, ¿cómo lograr que los alumnos pasen de un estado de menor conocimiento a otro de mayor conocimiento en relación con cada uno de los ejes temáticos seleccionados? Esta pregunta clave se sitúa en el centro de la selección de las situaciones. Si se retoma la idea de Piaget, resignificada por Vergnaud, seleccionar situaciones implica elegir aquellas que le representen al aprendiz, un desafío superador para el crecimiento de sus poblaciones conceptuales en un dominio de conocimientos particular. Identificar **situaciones** problemáticas diversas que permitan obtener información del nivel de apropiación del campo conceptual y/o ser aplicadas como estrategias didácticas alternativas, durante la construcción del conocimiento sobre inducción electromagnética requiere, por lo tanto, de una cuidadosa vigilancia epistémico- didáctica. De ahí, la necesidad de revisar la bibliografía usual de los alumnos en este tipo de cursos –Estudio 1-. En este caso, permitió vislumbrar algunas posibles debilidades interpretativas y complementar las explicaciones vertidas en éstos, a partir de la incorporación de un conjunto de actividades orientadas con el fin de favorecer ciertas reestructuraciones como las que se han mencionado.

¿Hubo resignificación conceptual a partir de la experiencia didáctica aplicada a los alumnos? Para evaluar esta respuesta, en términos de Vergnaud (op. cit.), hay que estar atentos a las nuevas soluciones que el aprendiz logra dar ante las mismas situaciones y, especialmente, aquellas que encuentra al enfrentar y resolver nuevas situaciones. Como se ha podido constatar en este trabajo, hay cambios visibles en las resoluciones y soluciones que presentan los alumnos. La reestructuración entre lo que se sabe y lo nuevo, no resulta de un simple acopio de información codificada y representada; puede llevar a formulaciones muy diferentes de las anteriores y que se expresen en forma invariable mediante una organización alternativa, tal vez, desde una visión integrada del fenómeno donde se incluyan nuevas propiedades y entidades que puedan interrelacionarse de una nueva manera o quizás de una forma más poderosa.

La pregunta subsiguiente se refiere a la identificación de aquellas cuestiones que signifiquen el punto de quiebra entre lo que el alumno ya sabe y lo que se procura enseñar, lo que puede; hecho que pivota entre el contexto individual y el contexto social del grupo clase. Esta última retrotrae al segundo pilar y se vincula con el modelo de



gestión IDDEAR (pp. 117) que frente a la tarea prevé en forma conjunta la acción entre los actores áulicos- alumnos y docentes- así como una alternancia entre el abordaje individual y grupal. En este tipo de secuencias hubo que prestar especial atención durante el trabajo grupal al hecho que la comunicación no fuera unidireccional frente al posible liderazgo de alguno de los integrantes del grupo y se respetara la instancia de comunicación destinada a cada participante. El otorgar a los jóvenes un tiempo para trabajar en forma individual favoreció gradualmente el aporte individual a la discusión grupal. Sin embargo, no fue simple, lograr que los jóvenes aceptaran con agrado las devoluciones orales realizadas por el docente durante los plenarios. Menos aún el intercambio de preguntas en voz alta entre los jóvenes delante del profesor. Las aclaraciones expositivas que el docente realizaba, a posteriori de los plenarios o el planteo de nuevos problemas, fueron a su vez atendidas por el grupo de estudiantes con gran concentración. Tanto docentes como alumnos vivieron, por primera vez, una secuencia como la planteada y los posibles desajustes ocurridos durante el proceso se fueron resolviendo por medio de una actitud de diálogo, apertura y flexibilidad.

## **7.7. Potencialidad del Marco Teórico Metodológico**

En esta investigación, se apeló como soporte teórico, además del correspondiente al dominio específico del electromagnetismo clásico, a la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud. Como se presentara en el capítulo 2, un campo conceptual es conocimiento explicitado en términos de un conjunto interrelacionado de problemas, contenidos, estructuras, situaciones, entre otros. Desde esta visión, todo aquello que se relaciona con una parcela del conocimiento, puede considerarse como parte del campo conceptual; tareas y actividades entendidas como situaciones, incluidos aquellos procesos requeridos para enfrentarlas, las estructuras y redes de interconexión, los conceptos, son aspectos inherentes al campo conceptual. Claro que, en este marco, la idea de concepto es concebida como una terna: situaciones, invariantes operatorios y representaciones. Las situaciones dan el contexto al concepto; son la referencia que permite la atribución de sentido; el significado por otro lado, está mediado por los “invariantes operatorios”: conocimiento-en-acción o conceptos y teoremas que emergen en un sujeto en situación; es decir, aquel contenido “in mente” que la persona pone en juego a la hora de resolver una tarea y que constituye el conocimiento ya construido por

el aprendiz. Finalmente, las representaciones simbólicas que significan el contenido representado; es decir, aquellos modos de expresar el significado. De ahí que para describir las representaciones que utilizan los estudiantes, como se ha señalado, se recurra a sus representaciones externas, como reflejo de lo que ocurre en el interior de la mente de los aprendices.

Por eso, cabe recuperar los distintos formatos representacionales utilizados desde el diagnóstico inicial hasta la entrevista final administrada a los estudiantes. Todos estos aspectos se tuvieron en cuenta para realizar el análisis. Al respecto la Teoría de Vergnaud resulta ser un marco de referencia promisorio referido al aprendizaje, en cuanto, la particular mirada sobre “concepto” –sentido, significado y significantes que plantea en el estudiante la ruptura con el aprendizaje de términos en forma memorística y descontextualizada y colabora con el desarrollo de habilidades como, por ejemplo, la interpretativa. Por otro lado, desde la enseñanza, la selección de situaciones y el monitoreo de los procesos en forma más próxima a lo que puede estar ocurriendo a nivel representacional en la estructura cognitiva del aprendiz, así como la interacción entre los actores del proceso que ponen en forma recurrente en cuestión los conceptos que se construyen paso a paso. En tal sentido, contribuye también con una “espera activa” del equipo docente. Refiriéndose a la cuestión específica de la posible ruptura entre conceptos científicos y no científicos el proceso de formación de conceptos incluye, necesariamente, la actitud mediatizada y la actividad metacognitiva típica de una exposición sistemática al conocimiento estructurado de la ciencia (Vigotsky, 1979). A cada ruptura le sucede una síntesis, generadora de una nueva condición por lo que: abordajes no lineales, discontinuos, rupturas, contradicciones, síntesis y dialéctica son ideas clave del proceso en juego (Lerner, op. cit.)

Desde el punto de vista metodológico, en particular con referencia a las situaciones incluidas en los instrumentos de diagnóstico, una lectura de los resultados del estudio 3 permite inferir a modo de hipótesis provisoria una conclusión. En el gráfico 5.1 resultan de especial interés aquellas situaciones donde se detectan errores o aparente desconocimiento de la temática en el diagnóstico inicial. Se puede observar que la mayoría de las situaciones incluidas en el cuestionario diagnóstico inicial tanto como las actividades complementarias solicitadas al inicio del proceso de aprendizaje,

presentan dificultades para los alumnos del grupo clase, cuyas respuestas no son pertinentes o no son respondidas.

Por otro lado, la Tabla 39 del capítulo anterior, proveniente del “Estudio 5” recolecta además, los cambios más relevantes observados en la explicitación de conceptos del cuestionario final. Simultáneamente las situaciones de las cuales proceden estas observaciones pueden tomarse a modo de referencia y en forma complementaria a lo expuesto en el estudio 2, como orientaciones para la selección de nuevas situaciones a utilizar ya sean en forma diagnóstica como didáctica. Podría hablarse en estos casos de un mayor nivel de ajuste con el modelo científico. Interesan, sin embargo, las afirmaciones que los alumnos explicitan así como la manera en que las expresan para acceder, lo mejor posible, a los significados que están construyendo. Al respecto, a partir de los niveles de conceptualización encontrados se puede visualizar el posible conocimiento-en-acto construido por los alumnos de cada subgrupo e identificar aquellas ideas y/o creencias que pueden estar actuando como posibles obstáculos epistemológicos y que pueden crear barreras internas que impiden una conceptualización más concordante con la científica

Toda tarea que represente una experiencia para el aprendiz, contribuye a consolidar los esquemas preexistentes. Por otro lado, aquellas que, según lo observado, aportan procesos reestructurantes, facilitan la resignificación de estos esquemas. Ahora bien, hay situaciones que amplían el espectro de experiencias y favorecen la construcción de nuevas “organizaciones mentales” desde donde codificar y re-presentar la realidad; hay necesidad, por lo tanto, de mediar para la articulación entre ideas nuevas y antiguas. Sin embargo, no se puede generalizar. Hay que estar atento a lo que cada aprendiz genera. No hay normas generales a las que respondan todos los alumnos. Algunos de ellos tienen “per se” más habilidades desarrolladas en unos aspectos y otros en otras; particularmente, en las operaciones de pensamiento. Así, por ejemplo, la situación de las cinco espiras – situación 4 del cuestionario de integración- puede ser muy compleja para algunos alumnos y no para otros; pero seguramente combinada en forma reflexiva con otra más familiar para éstos, puede generar precisamente la ruptura con la “línea histórica” del pensamiento del aprendiz. También, el expresar lingüística y no lingüísticamente lo que cada alumno interpreta acerca de la inducción electromagnética. Al cerrar el proceso algunos jóvenes continuaban enriqueciendo sus argumentos, mientras que otros parecían haber llegado a un tope, como si hubieran agotado todas sus posibilidades de reestructuración, lo que obligaba a ofrecerles nuevas situaciones.

En tal sentido, este trabajo tiene un cierre provisorio, ya que es posible explorar la reacción de nuevos grupos frente al modelo didáctico instrumentado como de otras estrategias didácticas que puedan fomentar el desarrollo de nuevos esquemas.

De todas maneras, como el propio Vergnaud señala, la trayectoria del aprendiz a lo largo del camino de apropiación de un campo conceptual científico es sinuosa, difusa, difícil y, sobre todo, lenta. No se puede esperar que un alumno domine un campo conceptual como el del Electromagnetismo, por ejemplo, a través de dos o tres unidades didácticas desarrolladas a lo largo de dos o tres meses. Es normal que el alumno continúe usando conocimientos implícitos al mismo tiempo que se va apropiando de conocimientos explícitos de la ciencia. La perspectiva de los campos conceptuales es progresiva, no sustitutiva. O sea, como se ha dicho y reiterado, el campo conceptual va siendo progresivamente dominado por el aprendiz. Desde estas perspectivas, la Teoría de los Campos Conceptuales, resulta ser un marco teórico pertinente para aproximarse a los significados que, a nivel de estructura cognitiva, construyen los alumnos; las representaciones simbólicas que gradualmente van incorporando y que les permite expresar esos significados frente a las situaciones que resuelven; esto es monitorear de alguna manera cómo es la progresiva apropiación de los conceptos; los procesos que los alumnos desarrollan mediante la expresión del conocimiento que ponen en juego al resolver cada tarea o situación. Esta visión, resulta útil para el aprendizaje del estudiante y, en forma dialéctica, facilita la regulación de la práctica áulica en términos de enseñanza en cuanto alerta respecto a la selección de situaciones que puedan situarse dentro de la zona de desarrollo próxima para evitar obstáculos didácticos –la presentación de situaciones que bloqueen al aprendiz- pero por otro lado la incorporación de actividades que les representen rupturas con el conocimiento que ya poseen o al menos les genere una etapa reflexiva acerca de sus creencias.

Como se señalara en el capítulo 2, existen actualmente numerosas investigaciones enmarcadas en la Teoría de Vergnaud, que dan cuenta del conocimiento-en-acto que se releva en distintos campos conceptuales particularmente de la Física. Así, por ejemplo, Moreira y Escudero (op. cit.) identificaron la influencia de algunos invariantes operacionales en las dificultades de aprendizaje dentro del campo conceptual de la Mecánica; Moreira y Stipcich (op.cit.) hicieron lo propio con relación a la interacción gravitatoria; LLancaqueo et al. (op.cit.) por otro lado exploraron la apropiación conceptual del “campo eléctrico; Pesa y Bravo (op. cit.) indagaron sobre ondas mecánicas.

En este trabajo, se identificaron un conjunto de posibles invariantes operatorios como los ya señalados dentro del campo conceptual de la inducción electromagnética, en forma reiterada, a la par que se observaron el uso de diferentes representaciones simbólicas. En algunos casos, se detectó que estos invariantes permanecieron estancos y algunos aprendices no lograron al menos plantearse la posibilidad de recurrir a otras ideas. En otros, se observó una franca evolución hacia conceptos-en-acto más propios del modelo científico.

## **7.8. Conclusiones de la investigación**

En relación con los objetivos propuestos se ha señalado que, en todos los casos, se observó una superación de las formas rudimentarias para expresar los conocimientos, reducida al principio a formas exclusivamente lingüísticas, a pesar de que una proporción importante de alumnos provenía de escuelas técnicas. Gradualmente, la operatividad ganada mediante el uso de diagramas vectoriales, expresiones simbólicas, y hasta dibujos y croquis, fue transformándose hasta alcanzar un rico sistema interpretativo que les permitía decodificar información desde una expresión a otra prácticamente en todos los alumnos, particularmente en el grupo 2 que como se ha mostrado, siguió un proceso de enseñanza, mediado por una estrategia didáctica diferente a la tradicional.

El uso que los alumnos pudieron hacer de esquemas resignificados y /o construidos durante el proceso de aprendizaje es un signo positivo desde la óptica de Vergnaud (1998, pp173). Como se ha mencionado, este autor reconoce en los esquemas cuatro “ingredientes” que estuvieron presentes y fueron reconocibles, al menos, en algunos alumnos. En tal sentido, si se retrotrae la mirada al análisis de caso, se vio claramente que aparecían en sus respuestas, por ejemplo, en A5, E6, E19. En los trabajos de estos estudiantes, se detectó que con el objetivo previsto por la tarea, los jóvenes eran capaces de anticipar una “posible finalidad” para la actividad, ponían en marcha su “estrategia u operatoria” a partir de las reglas de acción, la búsqueda de información y el control de la ejecución “si...entonces”, recurriendo a sus conocimientos disponibles; núcleo conceptual implícito y ponerlos en rodaje; en acción. Este conocimiento además era susceptible de ser explicitado, cosa que de hecho ocurrió en estos casos.

En esta línea interpretativa, se ha hablado del campo conceptual de la inducción electromagnética, en general; es decir en relación con los tres ejes reiteradamente mencionados en este trabajo, a saber, interacciones planteadas desde el modelo de la Fuerza de Lorentz; fuentes de campo magnético (campo magnético producido por el movimiento de cargas) y fenómenos de inducción electromagnética. En relación a los teoremas-en-acto, se observó una variación en las categorías encontradas en ambos grupos. Esto podría ser interpretado como una fortaleza de la estrategia didáctica empleada ya que al mismo tiempo la diversidad de patrones emergentes- como unidades de significado- se aproxima a los principios y relaciones del modelo científico.

En tal sentido, el análisis de las tendencias –como convergencias- detectadas en los alumnos, permitió encontrar algunas categorías desde las que agrupar los significados emergentes de los alumnos frente a cada situación.

Del resumen de las posibles tendencias detectadas en el diagnóstico inicial y final en los subgrupos y presentadas en el capítulo anterior, se encuentran para cada instancia, un conjunto de categorías que reflejan las principales ideas sostenidas en ambos grupos. Estas categorías –a modo de zoom- permiten focalizar la observación de las representaciones con mayor detalle.

Así, fue posible identificar cuáles eran las cualidades que atribuían a las interacciones electromagnéticas, ya fuera como fuerza o como causa de movimientos; a saber: el reconocimiento de los imanes como materiales ferromagnéticos con dominios orientados como referencia preferencial para explicar el origen de campos magnéticos aunque sin desconocer el hecho de que las corrientes también generan campos magnéticos; cuáles eran los factores explicativos de la fem o la corriente inducida, identificados como variación de flujo magnético, en algunos casos o como disipación de energía. Se notan algunos avances para el eje del campo magnético, comienza a observarse un posicionamiento diferente respecto a la causa de las orientaciones y fuerzas; ya se reconoce al campo magnético como agente e inclusive se reconoce su acción sobre los dominios de los materiales ferromagnéticos. Respecto a los imanes no sólo se trascienden sus aspectos más visibles y familiares sino que en un plano más abstracto, se tiende a identificarlos como causales de interacciones. Inclusive se alude a su estructura interna.

Fue posible reconocer también ciertas discrepancias, interpretadas como errores epistemológicos y obstáculos ontogenéticos que reflejan rupturas y continuidades en el proceso de construcción del conocimiento (Vergnaud, op. cit.) y hacia el desarrollo- en términos de apropiación- del campo conceptual de cada alumno, como cuerpo de conocimiento.

Otro de los objetivos propuestos consistió **en identificar niveles de conceptualización** del concepto de inducción.

Al respecto, se observó que cada alumno fue atravesando diferentes niveles de conceptualización a lo largo de su proceso. Algunos dieron un pequeño salto y quedaron en el nivel bajo pero otros, con más recursos iniciales, llegaron a altos niveles de conceptualización. En la Tabla 40 se puede observar cómo tres estudiantes del subgrupo 2 alcanzaron altos niveles de conceptualización y dos un nivel medio. En el subgrupo 1 la situación fue inversa; la mayoría de los alumnos se sitúan en el nivel más bajo y uno solo en el nivel alto. Los alumnos del nivel alto, a pesar de algunos posibles errores en que incurrieron, como centrar el fenómeno de la Inducción Electromagnética en el campo magnético o en su variación simplemente, muestran en general, a través de las afirmaciones de conocimiento una organización del conocimiento del campo conceptual más estable y próxima al de la comunidad científica; los significados construidos en términos de conocimiento-en-acto, evidencian precisión y pertinencia. De la misma manera las expresiones de sus representaciones. Esto les permite resolver las diferentes situaciones con solvencia.

Sin duda, como señala Borges (op. cit.) si la persona tiene algún conocimiento sobre el fenómeno que se estudia, su percepción respecto a lo que es relevante es diferente de la que construye sin haber interactuado con situaciones similares anteriormente. Aún así, cabe destacar el esfuerzo y el tesón puesto por aquellos alumnos provenientes de escuelas no técnicas. La influencia como mediadores de los compañeros del pequeño grupo en algunos casos, E6, fue notable. Este antecedente parece no ser limitante para acercarse bastante al modelo científico, por lo menos en un grado de dominio dado por el perfil que se requiere para la asignatura a esa altura de la carrera. Este tipo de alumnos, considerados como novatos, tienen forzosamente que enfrentar y resolver un abanico más grande de clases de situaciones y es probable que el grado de

estructuración de su esquema mental, progresivamente, se vaya enriqueciendo en función de su interacción con nuevas situaciones.

En relación con el propósito de **caracterizar conceptos y teoremas-en-acción**, antes y después de realizada una intervención didáctica, sobre la base teórica de la psicología cognitiva propuesta por Vergnaud, según lo expresado y como se puede observar en las Figuras 27-31 y Figuras 55-59 del Capítulo 6, los jóvenes **inicialmente** aluden a un conjunto de conceptos en forma aleatoria cuando enfrentan las distintas situaciones. Como señala Vergnaud (op.cit.) no demuestran poseer competencias para resolverlas y siguen un proceso de tanteo o de ensayos sucesivos. Si bien, podrían reconocerse algunos conceptos-en-acto, no sería posible que éstos formaran parte de un esquema, en el sentido que señala este autor, “*como organización invariante de la conducta*” (op. cit.)

Entre los conceptos que los jóvenes exponen en las distintas situaciones aparecen “atracción”, “repulsión”, “cuerpo”, “imán”, “inducción”, “campo magnético”, que podrían ser considerados conceptos-en-acto. Las afirmaciones de conocimiento explicitadas a su vez, podrían ser interpretadas como teoremas-en-acto, o al menos un reflejo de los mismos.

Sin embargo, para caracterizar con más detalle los posibles invariantes operatorios que finalmente podrían haber construido los alumnos en términos de “significados”, se recurrió a los casos planteados en los dos subgrupos y se tuvieron presentes los niveles de conceptualización alcanzados. El considerar estos niveles de conceptualización, resultaba más rico para realizar inferencias. Así, por ejemplo, en el estudio 5, se encontró una diversidad de afirmaciones correspondientes con el modelo científico como posibles invariantes operatorios según cada nivel de conceptualización, hecho particularmente reflejado por los alumnos ubicados en el nivel más alto. Contrariamente, los alumnos del nivel más bajo, parecen sostener más firmemente algunas ideas designadas como posibles obstáculos epistemológicos, dificultades para expresar estas representaciones y operar con las diferentes magnitudes como así también conceptos e ideas más perceptuales.

Por lo expuesto, si se intenta caracterizar el posible conocimiento en acto, se percibe que, en ambos grupos y/o subgrupos, cambian de forma diferente, lo que podría ser interpretado como una fortaleza de la estrategia didáctica empleada ya que durante el



tiempo de clases es notable, la diversidad y pertinencia de los patrones emergentes- como unidades de significado- próxima a los principios y relaciones del modelo científico

En lo que se refiere a los sistemas de representación, aquellos alumnos con habilidades gráficas adquiridas destacan, particularmente, en el trazado de croquis y dibujos que representan los fenómenos. Ahora bien, podría preguntarse si la habilidad para efectivizar tales representaciones es señal de una mejor conceptualización. Como se observa en A5, Grupo 1, identificado en un alto nivel de conceptualización, no necesita, en general, mucho más que de su claro discurso lingüístico, para expresar sus significados. Si bien, limitante hasta el momento en que se demandara su respuesta, parecía serle suficiente. Sin embargo, en muchos otros alumnos, los distintos modos de expresión de las representaciones simbólicas se complementaron para que estos estudiantes explicitaran sus ideas. Al respecto Pietrocola (2002, pp.111) afirma: “*Toda teoría científica es un conjunto de conceptos cuya estructuración es eminentemente matemática*”. Asimismo, señala que más allá de la función de dar mayor precisión a las definiciones, el lenguaje matemático, por ejemplo, con el uso de vectores simplifica la expresión de los significados físicos para que puedan ser definidos como conceptos. Sin duda, la potencialidad que tienen los estudiantes que manejan otros lenguajes y logran articularlos, a corto plazo representa una habilidad que les permitirá alcanzar otros niveles de conceptualización.

En resumen, se observan, en general, ciertas regularidades en algunos alumnos, particularmente, en las dimensiones vinculadas con la inducción electromagnética que permite inferir que el asociar la inducción electromagnética al campo magnético podría ser la “punta del iceberg” que inclusive puede devenir en un obstáculo para la comprensión de la ley de Faraday – Lenz. (Vergnaud, op. cit.). Algunos alumnos egresados de escuelas técnicas presentan, en forma alternativa sistemática, al enfrentar las situaciones 4 y 5, dos expresiones vinculadas al término inducción, como la generación de circulación de corriente (inducida) debido a la variación de un campo magnético, la producción de imanes artificiales; “*se induce un campo magnético*” (A4). Así, en las afirmaciones de conocimiento: expresadas por los estudiantes, la inducción es asociada en forma aleatoria, a tres fenómenos. Por un lado, a la inducción electrostática, por otro a la inducción como campo magnético, y finalmente a la inducción electromagnética. Estas expresiones son evocadas en forma análoga sin distinción. No obstante, por el análisis realizado, no podría afirmarse sobre la existencia,

en estos estudiantes, de algún tipo de estructura que pudiera inferirse como una “organización invariante de la conducta” (Vergnaud, op. cit.) al enfrentar las diversas tareas planteadas

Uno de los aspectos relevantes de este posible conocimiento-en-acto, es que el se explicita en relación al eje “interacciones”, en el sentido de la fuerza de Lorentz. En algunos casos prima una visión mecanicista como señalan Guisasola et al (op. cit.) o Almudi et al (op.cit.) que actuaría como un posible obstáculo ontogenético y entraría en conflicto con la cultura institucional vigente entramada con la bibliografía académica de uso común en este tipo de cursos, ámbitos desde los que se relativiza la evolución histórica de los modelos científicos (Berkson, 1985; Almudi, 2006).

Finalmente, la caracterización del ferromagnetismo a partir de propiedades de los materiales conductores o en modelos semejantes a los dieléctricos son indicadores – encontrados también en Meneses et al. (op. cit.) y en Guisasola et al. (op. cit.) de la necesidad de continuar planteando situaciones y cuestiones que lleven a los estudiantes a lograr una mejor diferenciación del tipo de materiales y los modos de modelización científica.

Otro de los objetivos implicaba el diseño de un conjunto de materiales didácticos (secuencia de actividades) sobre contenidos del campo conceptual.

Al estudiar un evento didáctico, cual es una hipótesis de acción, una propuesta de enseñanza para ser llevada a cabo en el aula que medie el aprendizaje de ciertos contenidos por un conjunto específico de alumnos, y permita la exploración del proceso de apropiación conceptual, es necesario tomar en consideración no sólo la naturaleza del proceso cognitivo del estudiante, sino también la naturaleza del contenido a enseñar, y la acción que se ejercerá en la práctica docente. Por lo que debe ampliarse al conjunto de las interacciones entre ellos.

A partir del análisis de los problemas que se plantean en este tipo de interacciones es posible construir información conveniente para retroalimentar estos procesos (Lerner, en Castorina et al.1996). La articulación entre el seguimiento de la propuesta puesta en acción conjuntamente con el análisis del diseño de la misma permite configurar una nueva afirmación de conocimiento enriquecedora aunque contextualizada y susceptible de ser puesta en acción como objeto de estudio frente a un nuevo grupo de alumnos, tal como sucede en este trabajo.

## **7.9. Conclusiones de los objetivos específicos de la investigación**

Se presentan, a continuación, las conclusiones de la investigación, de acuerdo a los objetivos perseguidos en la Tesis y que han sido definidos en el capítulo 1.

**Elaborar instrumentos (cuestionarios) configurados con situaciones relativas al fenómeno de la Inducción Electromagnética, a ser utilizados en el aula como diagnostico inicial y final de los conocimientos de los alumnos.**

La elaboración de dichos cuestionarios tuvo en cuenta los aportes de diferentes profesores de la asignatura en distintas carreras de Ingeniería. Asimismo, las consideraciones vertidas por investigadores ya citados, como por ejemplo Meneses y Caballero (op. cit.); Guisasola et al. (op. cit.), Almudi et al. (2005) quienes reconocen tanto un conjunto de dificultades para el aprendizaje de este concepto como de aquellos que subyacen al mismo. De ahí, el recorte conceptual y la selección de “situaciones” planteadas como actividades en torno a tres ejes temáticos con la finalidad de analizar no sólo los significados de los alumnos estrictamente en torno a la inducción electromagnética sino el modo en que la conceptualización de conceptos vinculados como “interacciones en el sentido de la fuerza de Lorentz” y “fuentes de campo magnético” podían influir en la apropiación del campo conceptual global de la “inducción electromagnética”. Si bien se realizaron estudios de fiabilidad y validez como estudio preliminar orientativo sobre los ítems de ambos cuestionarios, dada la fuerte impronta cualitativa, estos criterios se reemplazaron por un criterio de fidedignidad mas propio del tipo de investigación que atravesó un proceso de focalización progresivo y, desde el cual, fue posible contrastar las diferentes interpretaciones mediante otros instrumentos como la administración de una entrevista en profundidad.

**Diseñar un conjunto de materiales didácticos (secuencia de actividades) sobre contenidos del campo conceptual.**

Las situaciones problemáticas seleccionadas para la construcción de los cuestionarios, se consideran apropiadas ya sea para obtener información del nivel de aprehensión del campo conceptual, o como recurso didáctico para la construcción de conocimiento. No pueden obviarse por otro lado, las actividades incluidas en la estrategia didáctica, que como se ha mostrado, en forma complementaria al modelo de gestión utilizado, han contribuido a fortalecer el proceso de conceptualización.

**Analizar significados y formas diversas de representación que utilizan los estudiantes cuando resuelven tareas vinculadas al campo conceptual de la inducción electromagnética.**

Para dar significado al concepto inducción electromagnética, los estudiantes utilizan antes del proceso instructivo, algunas expresiones mayoritariamente lingüísticas. Así, al estudiar tres ejes temáticos dentro del campo conceptual de la inducción electromagnética, cuales son: interacciones (en el sentido de fuerzas), fuentes de campo magnético e inducción electromagnética, los jóvenes en la instancia diagnóstica inicial, en general, no resuelven las situaciones presentadas en un cuestionario diagnóstico y en actividades complementarias posteriores.

Por otro lado, presentan algunos posibles obstáculos epistemológicos como el centrar las explicaciones sobre la inducción electromagnética alrededor del concepto de campo magnético. Además se detectan algunos posibles obstáculos ontogenéticos como el mantener sus explicaciones alrededor de situaciones más bien perceptuales, concretas y visibles. En esta instancia se puede inferir que los alumnos no poseen conocimientos suficientes competencias –en sentido amplio- como para enfrentar y resolver situaciones propias de este campo conceptual.

A su vez, en la instancia diagnóstico final la información general de las representaciones recolectadas a través de un cuestionario diagnóstico final o de integración y las actividades complementarias administradas a posteriori de un proceso instructivo diferente en dos grupos del mismo curso, permiten inferir algunas conclusiones sobre el progresivo dominio del campo conceptual, más intenso en el grupo mayoritario sometido a una estrategia didáctica alternativa.

Las afirmaciones de conocimiento –expresiones lingüísticas o verbales- coinciden más con el modelo científico. Los alumnos de este grupo presentan mayores frecuencias en afirmaciones de conocimiento más pertinentes. Asimismo, se observa que el uso de otros formatos expresivos, ya sean pictóricos o simbólicos, como la solvencia para operar con las diferentes magnitudes, tiende a amalgamarse complementariamente con las expresiones verbales, si bien, algunos alumnos presentan aún dificultades para decodificar un formato en otro. Persisten dos tendencias planteadas como categorías a considerar en forma alternativa, dos modelos explicativos de la inducción electromagnética: uno centrado en la tasa de variación de flujo magnético y otro en el campo magnético o en su variación. Otro aspecto que revela confusiones reside en el modo de considerar la fuerza electromagnética, pues prima en algunos jóvenes una visión mecanicista y en algunos casos no logran una ruptura con significados anteriores. Esta problemática, posiblemente, se ve influenciada por la bibliografía de uso común por los alumnos, según se ha planteado en el capítulo 5. El análisis detallado de las resoluciones a los cuestionarios y actividades complementarias iniciales y finales de seis alumnos de cada grupo, en conjunto con una entrevista en profundidad permite ratificar las impresiones expresadas.

**Caracterizar conceptos y teoremas en acción antes y después de realizada una intervención didáctica, sobre la base teórica de la psicología cognitiva propuesta por Vergnaud.**

Si se toma en consideración los supuestos metodológicos planteados, es posible argumentar que los posibles conceptos-en-acto, a posteriori, del proceso instructivo experimentan una transformación hacia conceptos más abstractos y más pertinentes; propios del lenguaje científico. Las relaciones establecidas entre ellos, expresadas como afirmaciones de conocimiento, logran una mayor potencialidad explicativa de los fenómenos propios de este campo conceptual y se traducen en razonamientos e inferencias correctas desde el punto de vista científico. Persiste todavía una posible creencia –teorema en acto- que alude como causa de inducción electromagnética al campo magnético.

**Describir los niveles de conceptualización, a través de un estudio de caso, en el conocimiento explicitado por los alumnos al enfrentar distintas situaciones del concepto de inducción.**

El abordaje de los 6 casos de cada subgrupo focaliza, precisamente, la investigación y arroja como resultado la distribución de alumnos de cada subgrupo en diferentes niveles de conceptualización. Así, tres alumnos del grupo mayoritario alcanzan altos niveles de conceptualización, mientras que cuatro del grupo cuyo proceso instructivo fue de tipo tradicional se encuentran en el nivel más bajo

**Analizar la influencia sobre los significados y representaciones de la intervención didáctica propuesta**

Las consideraciones vertidas respecto a las tendencias generales en el conocimiento analizado de los dos grupos, así como, la evolución de los niveles de conceptualización en ambos grupos, hablan a las claras de la potencialidad de la hipótesis de acción empleada como estrategia didáctica diseñada en base a un conjunto de “situaciones” en el sentido de Vergnaud. Si bien, se respetó la secuencia temática planteada en el programa de la asignatura, dadas las características de la institución, a la selección de situaciones se suma el modelo de gestión “IDDEAR”, en el que prima una fuerte interacción social entre los actores del hecho educativo.

## **7.10. Limitaciones de la investigación**

De acuerdo a los objetivos perseguidos en este trabajo, que fueron expuestos anteriormente, es posible señalar que el estudio se limita al tratamiento del proceso de apropiación del fenómeno de la inducción electromagnética por parte de un conjunto de estudiantes específico, y como se ha planteado, este trabajo no ha sido más que un intento de aproximación a lo que el alumno piensa cuando construye conocimiento en el campo conceptual de referencia y, como tal, tiene sus fortalezas y debilidades. Podría, haberse intentado el examen del posible conocimiento en acción mediante análisis multivariado o haber empleado otros recursos de procesamiento textual, metodologías

que pueden ser tematizadas en próximos emprendimientos. Como fortaleza, la descripción minuciosa individual de doce casos, la emergencia de las dificultades y de aquellos obstáculos epistemológicos y ontogenéticos surgidos en este dominio de conocimiento, puede aportar información fundamental para plantear futuras estrategias didácticas que favorezcan el desarrollo de los estudiantes, pero también para dilucidar qué conceptos consideran relevantes a la hora de resolver una tarea dentro de este campo conceptual; a qué le prestan atención desde un punto de vista cognitivo; es decir, qué reglas de producción utilizan y cuáles son sus razonamientos.

Otro factor limitante del estudio fue el recorte del campo conceptual en cuestión, por lo que la selección de situaciones se vio restringida. Sin duda, los ejes temáticos abordados pueden ser reenfocados en otros estudios, como es el caso del tratamiento relativista del magnetismo o un enfoque basado en el desarrollo histórico del campo conceptual. Estos aspectos, sin embargo, no fueron incluidos en los objetivos de este estudio.

Por otro lado, al centrarse en un determinado modelo teórico, en este caso la teoría de los Campos Conceptuales, se focaliza la mirada o el análisis en el conocimiento en acción de los alumnos, de las representaciones e invariantes operatorios de los alumnos, aspectos relevantes de dicha propuesta teórica con el riesgo de pasar por alto otros elementos que pudieran ser importantes si se trabajara desde otro marco teórico. Una clara ilustración de lo mencionado es si la apropiación de un conjunto de conocimientos hubiera seguido, por ejemplo, los supuestos básicos vinculados a las “concepciones alternativas” o si la investigación se encuadrara en el modelo de “cambio conceptual” o de “investigación dirigida”. Estos aspectos escapan a los objetivos de este estudio.

Asimismo, es pertinente destacar que el estudio realizado en este trabajo no pretende ser generalizable a todos los estudiantes que abordan el tratamiento de estas temáticas. Las conclusiones formuladas son propias de los alumnos entrevistados, así como del contexto institucional de donde provienen, si bien, estos resultados pueden ser útiles para orientar otras investigaciones e inclusive para el diseño de nuevas estrategias didácticas.

Por último, como limitaciones de orden metodológico se plantean por un lado el bajo número de alumnos con los cuales se estudió la fiabilidad de los cuestionarios; sin embargo, el mismo representa sólo una orientación respecto a la consistencia interna entre los ítems.

Más allá de esto, una limitación crucial la constituye la incertidumbre respecto a los invariantes operatorios, en tanto no se pueden estudiar en forma directa, sino que se infieren a partir de las expresiones verbales, escritas, pictóricas o gráficas y simbólicas; es decir, a partir de la expresión de las representaciones externas de los individuos por lo que es indudable la influencia de quien realiza el análisis. Para caracterizar invariantes operatorios; “largamente implícitos”, se acepta que los reflejan los conceptos e ideas explícitas. Es decir, estudiar estos aspectos implica de alguna manera realizar interpretaciones sobre lo que el alumno cree o piensa; o sea, que el investigador, a su vez, infiere su propio modelo de las representaciones y esquemas de los significados de los estudiantes. Esta limitación, en tanto subjetividad de por medio, resulta un modo obligado dado por las características del objeto de estudio.

También puede resultar limitante la selección de lo que en este trabajo se ha dado en llamar “situaciones”, tomándolas en sentido amplio, ya que el término “situación” al que refiere Vergnaud (op.cit.), implica una serie de condiciones que no siempre pueden asegurarse en este estudio, ya que depende fuertemente de la implicación del estudiante y del desarrollo histórico de su conocimiento, si bien, la “búsqueda de respuestas nuevas” por parte de los estudiantes, ha sido una motivación constante del investigador al plantear las distintas estrategias de recolección de datos.

### **7.11. Implicaciones Didácticas**

El conocimiento de las dificultades de los alumnos en términos de significados y significantes sobre el fenómeno de la inducción electromagnética sugiere un replanteo didáctico en cuanto a la secuencia, organización y enfoque de los temas involucrados en el aprendizaje de dicho fenómeno.

Algunas sugerencias al respecto son las siguientes:



- Identificar ideas previas y posibles obstáculos para el aprendizaje de los contenidos referidos a Interacciones en el sentido de la fuerza de Lorentz, magnitudes, representaciones y operaciones en tanto concepto caracterizado, por ejemplo, por la reciprocidad y la superposición.
- Considerar los diferentes modos de comprender los diferentes términos; las palabras (ej: inducción desde tres significados diferentes) y estar atento a las expresiones y representaciones de los alumnos.
- Relacionar el estudio de los fenómenos magnéticos con la evolución histórica del conocimiento sobre el magnetismo, con el fin de mejorar la interpretación de las interacciones magnéticas y el concepto de campo magnético en sí mismo. Esto permitirá a los estudiantes una mejor comprensión del fenómeno y la posibilidad de dar explicaciones a casos como los planteados en los ejes temáticos seleccionados.
- Cuando la enseñanza del magnetismo se plantea desde una visión microscópica de la estructura interna de los imanes, aludiendo al modelo de Ampère, se ayuda a clarificar ideas previas y detectar diferencias con otros fenómenos tales como la orientación dipolar eléctrica. Por eso, la necesidad de plantear actividades y situaciones que destaquen la diferencia entre cargas eléctricas, dipolos eléctricos y magnéticos, materiales conductores, aislantes y particularmente ferromagnéticos.
- Resolver situaciones en un circuito dialéctico individual-grupal. Si las ideas no son explicitadas durante el proceso a través de algún medio que le permita al profesor conocer lo que piensan sus alumnos, el mismo proceso obstaculiza la posibilidad de una reflexión sobre las mismas y le impide al joven, por un lado, tomar conciencia de sus ideas y, por otro, observar la distancia respecto al modelo científico si es que logra hacerlo por sí mismo. Caso contrario, el profesor deberá mediar, acercar como “andamio” una situación que le provea la lectura de esta distancia.

- Intentar monitorear las ideas de los jóvenes en forma continua y buscar los medios para ello. Durante el proceso, los plenarios grupales en donde la demanda de exposición, o de respuestas a cuestiones asignadas al azar pueden resultar una ayuda. Sin duda que la entrevista personalizada es una estrategia, de gran riqueza para la reelaboración de significados, aunque lenta.

En síntesis, se confirmaría la idea de que, a partir de una estrategia didáctica planificada en base a las dificultades y las fortalezas observadas en los alumnos, que atienda a los principales obstáculos que presentan al resolver situaciones vinculadas al campo conceptual de la inducción electromagnética y que suponga una fuerte interacción social, es posible contribuir a una mejora de la conceptualización que los alumnos logran. Construirían esquemas más cercanos a los científicos, más claros y consistentes y con mayor valor predictivo, como así también mejorarían la habilidad para utilizar la diversidad de representaciones que favorecen una mejor y más completa expresión y uso de los significados construidos.

## **7.12. Conclusiones y apertura hacia nuevas cuestiones**

En este trabajo se propuso indagar los conocimientos y tipos de representaciones que utilizan un grupo concreto de estudiantes al resolver diferentes clases de situaciones dentro del campo conceptual de la inducción electromagnética, y estudiar cómo influyen distintos abordajes didácticos; cómo cambian las ideas y representaciones simbólicas que ponen en juego a la hora de enfrentar una situación –si es que lo hacen- después de un proceso instructivo.

En el marco de lo propuesto, se describieron las representaciones de los estudiantes de un curso de Física II de Ingeniería, antes y después de un proceso instructivo para, finalmente, caracterizar posibles conocimientos en acción al resolver un conjunto de situaciones. Para ello, se siguió un proceso de focalización progresivo y se identificaron los conceptos utilizados por los alumnos, así como las tendencias reflejadas en sus afirmaciones de conocimiento. En forma coherente con las dificultades iniciales detectadas, se delineó una estrategia didáctica, que propició la resolución de diversas situaciones sobre magnetismo y electromagnetismo y una fuerte interacción en

el aula, entre los diversos actores protagonistas del proceso de enseñanza y aprendizaje, para lo que se delineó un modelo de intervención.

Las inferencias realizadas si bien son hipotéticas, en relación al grupo clase, en cuanto a que surgen como “tendencias” interpretadas a partir de las unidades de significado, la observación minuciosa de la manera de expresar significados y de las ideas que manifiesta cada alumno, resulta sumamente valiosa en cuanto a que cada alumno expresa un conocimiento que es idiosincrásico y que por otros caminos metodológicos puede resultar enmascarado.

Sin embargo, se ve la necesidad de completar este estudio desde otros acercamientos didácticos- uso de NTIC's o la resolución de problemas experimentales, o mediante el estudio de los modelos mentales que se construyen al resolver diversas situaciones problema o el uso de la argumentación como estrategia didáctica- a fin de ponderar la transformación de los invariantes operatorios, y la adquisición de competencias para resolver diversas clases de situaciones dentro del campo conceptual. Además sería de interés enfocar el estudio desde otra clase de situaciones que puedan enfatizar otros aspectos del campo conceptual.

Otra conclusión importante es que el posible conocimiento en acto de los estudiantes, si bien, generalmente, se torna más cercano a los modelos científicos después de haber llevado a cabo la intervención didáctica propuesta sería recomendable destacar la insuficiencia de un planteamiento didáctico que accione solamente sobre los conceptos aplicados a este campo conceptual, sino que es necesario reelaborar el diseño curricular de Física, en este contexto, considerando los conceptos básicos y subyacentes al electromagnetismo, favorecer que los estudiantes superen las confusiones que persisten aún al final del curso y resignificar los esquemas sobre el modelo mecanicista que parecen haber construido.



# BIBLIOGRAFÍA





- ACHILLI, E. (1990). La cotidianeidad, una perspectiva antropológica. En *Relaciones*, 73, Montevideo.
- ACHILLI, E. (1992) La investigación antropológica en las sociedades complejas, 1(1), Facultad de Humanidades y Artes; Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- ACHILLI, E. (1994). Las diferentes lógicas de investigación social. Algunos problemas en la complementación de estrategias múltiples. Ponencia presentada en las *Primeras Jornadas -de Etnografía y Métodos Cualitativos*. IDES. Buenos Aires.
- ADORNO, T. (1978). Sobre la lógica de las ciencias sociales. En Popper, Adorno, Dahrendorf, Habermas: *La lógica de las ciencias sociales*; México D. F. Grijalbo, S.A.
- AGUIAR, O. Jr (1999). As três formas da equilibração: análise do material didático de um curso de electricidade básica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 16(1); pp. 72- 91.
- AGUIAR, O. Jr (2004). Um modelo piagetiano de ensino como ferramenta para planejamento do ensino e a avaliação de aprendizagem. *Revista Ensaio*, 6(2).
- ALMUDI, M (2001) Introducción del concepto de campo magnético en primer ciclo de Universidad: dificultades de aprendizaje y propuesta de enseñanza alternativa de orientación constructivista. Tesis doctoral Universidad del País Vasco. <http://www.meet-physics.net/recerca-didactica/recerca-didactica.htm>
- ALMUDI, M.; ZUZA, K. Y BONET, E. (2005). Explicando los fenómenos de inducción electromagnética: Relevancia de su enseñanza y dificultades de aprendizaje. VII Congreso de Enseñanza de las Ciencias. Barcelona.
- ALONSO, M.; FINN;E.(1998) Física. Vol. III. Campos y ondas. Addison Wesley Longman. México
- ALVEZ-MAZZOTTI, A. (1998). O métodos nas Ciências Sociais en Gewandsznajder, F. *O método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa*. Editora Pionera. São Paulo.
- ALZUGARAY, G. Y MASSA, B. (1998).El enunciado del problemas y la construcción de del concepto de campo electromagnético por el alumno. *Memorias del IV Simposio de Investigación en Educación en Física. IV SIEF*, pp. 427.
- ANDERSON, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, pp. 261- 295.
- ANDER EGG, E.(1995). *Técnicas de Investigación Social*. Lumen. Buenos Aires.

- ANDRÉS, M. et al. (2006). Desarrollo conceptual acerca de ondas mecánicas en un laboratorio guiado por el modelo MATLAF. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), pp. 260.
- ANDRÉS, M. (1990). Evaluación de un plan instruccional dirigido hacia la evolución de las concepciones de los estudiantes acerca de circuitos eléctricos. *Enseñanza de las ciencias*, 8 (3), pp. 231-237.
- ANGUERA. (1987). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. En Pérez Serrano, G (1998). La Muralla. Madrid.
- ASHMORE, A. D. ; FRAZER, M. J.; CASEY, R. J. (1979). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. En Perales Palacios, FJ .1993. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp.170-178.
- AUSUBEL (1968). En MOREIRA M. A. VII Reunión en Educación en Física. *REF VII* (1992). Mendoza (com pers.).
- AUSUBEL, D.P.; et al. (1980). *Psicología educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- AUSUBEL; NOVAK y HANESSIAN. (1993). *Psicología Educativa: Un punto de vista Cognitivo*. México: Trillas.
- BAADE, N., CHIODINI. (1998). Programas interactivos: material de apoyo para la conceptualización de la energía potencial. *Memorias del IV Simposio Investigación en Educación en Física. IV SIEF*, pp.39-45.
- BAADE, N.; BORDOGNA, PRODANOFF, C.; LAVAGNA, F.; COSCARELLI, M R. (2000). Innovación y desarrollo curricular en electricidad y magnetismo *Memorias del V Simposio Investigación en Educación en Física. V SIEF*, pp.60.
- BALL, S.J. (1998). Participant Observation, en KEEVES, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Press. Australia: Pergamon, pp. 310 -313.
- BAQUERO, R y LIMÓN LUQUE, M. (2001). *Teorías del Aprendizaje*. Universidad Virtual de Quilmes. Buenos Aires.
- BAQUERO, R. (1996). *Vigotsky y el aprendizaje escolar*. Aique. Buenos Aires.
- BARAIS, A.W.; 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.
- BARAIS, A.W. (1994). *El hombre cognitivo*. Editorial Docencia. Buenos Aires.

- BÁRCENA; OVANDO; GRAMAJO. (1998). La enseñanza del electromagnetismo. Un lugar de encuentro entre docentes de Física. *Memorias del IV Simposio Investigación en Educación en Física. IV SIEF*, pp.59-66.
- BARDIN, L. (1996). *El análisis de contenido*. Akal. 2ª ed.
- BASSOK. (1990). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3 Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre. Brasil; Universidad de Burgos, España.
- BATISTA, J; MOURA, R. (1997). Demonstre em aula: a Ley de Faraday e a de Lenz. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* 14(3), pp.299-301.
- BERKSON, W. (1981). *Las teorías de los campos de fuerzas de Faraday hasta Einstein*. Alianza. Madrid
- BERTELY, M. (2000). *Conociendo nuestras escuelas*. Paidós. México
- BERTELY, M. (2001). *Una aproximación a la vida escolar- Cap3*. Paidós. México.
- BORGES, A. T. (1998). Modelos Mentales de electromagnetismo. *Caderno catarinense de Ensino de Física* ,15 (1), pp. 7.
- BORGES, A. T. (1999). Como Evoludem Os Modelos Mentais. *Revista Ensaio, pesquisa educação en ciencias*, 1(1), pp. 85-125.
- BORÓN, A. (2000). *Tras el búho de Minerva. Mercado contra democracia en el capitalismo de fin de siglo*. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires.
- BOURDIEU, P. y WACQUANT, L. (1995). *Respuestas. Por una antropología reflexiva*. Editorial Grijalbo. México. (Capítulos: "La objetivación del sujeto objetivante"; "Una duda radical"; "Double bind y conversión").
- BOURDIEU, P.; CHAMBOREDON, J.C. y PASSERON, J.C. (1975). *El oficio de sociólogo*. Buenos Aires Editores. México. (Primera parte: "La ruptura"; Segunda parte: "La construcción del objeto")
- BRIONES, G. (2006). *Métodos y Técnicas de Investigación para las Ciencias Sociales*. Trillas. México.
- BROSSEAU, C. (1993). Dificultades de los estudiantes con el papel específico del campo eléctrico en la óptica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp.184-187.
- BROUSSEAU, G. (1986). Fundamentos y métodos de la didáctica de la matemática trad. de su tesis de graduación, Facultad de Matemática, Universidad de Córdoba, Argentina.
- BROUSSEAU, G. (2007). Introducción al estudio de la teoría de las situaciones didácticas. Libros del Zorzal. Buenos Aires.



- BRUNER, J. (1969, 1956, 1971). Naturaleza de la psicología educativa. *Enciclopedia Práctica de la Pedagogía*. En Clifford, M. 1987. Univ. De Iowa. España: Grupo. Océano. Buenos Aires.
- BRUNER, J. (1987). *La importancia de la educación*. Paidós. Barcelona, pp.18-79.
- BRUNER, J. (1988). Algunas consideraciones sobre la investigación educacional en América Latina; Documento de Trabajo n°. 202; FLACSO, Chile.
- BRUNER, J. (1995). En Linaza J.L. (comp.). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Alianza. Madrid.
- BRUNER, J. (1996). *Realidad mental y mundos posibles*. Gedisa. Barcelona
- CABALLERO, C. (2004). La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos. Caballero Sahelices, M.C., Moreira, M.A y Rodríguez Palmero, M. L. cap. 2, pp. 47-66. Universidad de Burgos, España.
- CABIB. (1979). La enseñanza de las Ciencias en la Universidad. En Montoya M T (Comp.), pp.121. *Serie Alternativas*, Año 2, n° 5.
- CABRERA RODRÍGUEZ, G. T.; RODRIGUEZ PÉREZ, R.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J. (1996). La estrategia de triangulación en la investigación en la acción: materiales didácticos en el aula de Física. *Congreso sobre la didáctica de la Física, Microelectrónica, Microordenadores y Astronomía para profesores*. Madrid.
- CAMPANARIO, J. M. (1993). El control de la comprensión en el aprendizaje de textos científicos, (Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, España.
- CAMPANARIO, J. M. (2001). La enseñanza de las Ciencias en preguntas y respuestas. [www2uah.es/jmc/](http://www2uah.es/jmc/).
- CAMPANARIO, J. M., OTERO, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), pp.155-169.
- CAMPBELL, D. (1975). Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. En Sturman, A.1998. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 62.
- CAMPBELL. (1975). *Investigación cualitativa: Retos e interrogantes*. En Pérez Serrano, G. (1998. La Muralla. Madrid.
- CANALLE, J. y MOURA, R. (1998). Demostre em aula: forcas entre condutores paralelos de correntes continuas. *Caderno catarinense de Ensino de Física*, 15(2), pp.206 .

- CAREY, S. (1999) Knowledge Acquisition. Enrichment or Conceptual Change? Cap.20 en Margolis, E. Laurence, S. *Concepts*. The MIT press. Cambridge.
- CAREY, S. y SPELKE, E. (1994). Domain-specific Knowledge and conceptual change. Cap. 7 in Hirschfeld y S Gelman (eds) *Mapping de Mind*, pp.169-200. New York. Cambridge University Press.
- CARR, W y KEMMIS, S. (1988). Teoría crítica de la enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado. Martínez Roca. Barcelona.
- CARRETERO & CASCÓN, (1992). Desarrollo cognitivo y aprendizaje en la adolescencia. En Palacios, Marchesi y Coll. *Desarrollo Psicológico y educación*. Alianza. Madrid.
- CASSELS y JOHNSTONE. (1984,). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3 Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre. Brasil; Universidad de Burgos, España.
- CASTORINA, J. A.; BAQUERO, R. (2005). *Dialéctica y psicología del desarrollo. El pensamiento de Piaget y Vigotsky*. Amorrortu. Buenos Aires.
- CASTORINA, J.A.; FERREIRO, E.; OLIVEIRA, M.;LERNER, D. (1996). Piaget-Vigotsky: contribuciones para replantear el debate. Paidós Educador. Buenos Aires.
- CHI, M. TH, GLASER, R., FARR, M.J. (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ. Erlbaum .
- CHI, M. TH., FELTOVICH, P.J., GLASER, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by expert and novices. *Cognitive Science*, 5, pp.121-152
- CIFUENTES, G. A.; BARBERO GARCÍA, A. J. (1997). El galvanómetro didáctico como medidor de carga. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 13, pp. 105-108.
- CINDRA, J.; TEIXEIRA, O. P.(2005). A evolucao das idéias relacionadas aos fenomenos térmicos e eléctricos: algumas similaridades. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 22(3); pp. 379- 399.
- CLAXTON, G. (1984). *Vivir y aprender*. Alianza. Madrid
- CLIFFORD, M. (1987). Naturaleza de la psicología educativa. *Enciclopedia Práctica de la Pedagogía*. Univ. De Iowa. Grupo Ed. Océano. Buenos Aires.
- CLOSSET, J. L. (1983). Sequential reasoning in electricity. *En aprender y resolver los conceptos claves de la electricidad*, de Duit Von Rhöneck, C. s/d

- COLL, C (1991-3). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*. Paidós. Buenos Aires.
- COLL, C., MARTÍ, E. (1992). En Palacios, Marchesi y Coll. *Desarrollo Psicológico y educación*. Alianza. Madrid.
- COLL, C.; MARTÍ, E. (1984). Desarrollo Psicología Genética, Miño y Dávila editores, conhecimentos. *Revista do GEMPA*, Porto Alegre, nº 4, pp.9-19.
- COLL, R. K. (2005). The Role of Models/ and Analogies in Science Education: Implications from Research. *International Journal of Science Education*, 27(2), pp. 183-198.
- COLOMBO DE CUDMANI, L., FONTDEVILA, P.A. (1990). Concepciones previas en el aprendizaje significativo del electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp. 215-222.
- CONTRERAS, A. (1992). La investigación etnográfica en educación. Com pers. II *ELAPEF*. Porto Alegre..
- COOK, T. y REICHARDT. (1995). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. Morata. Madrid.
- COSTA, S.S.C, MOREIRA, M. A. (2000) *Pesquisa em resolução de problemas em Física: uma visao contemporânea*; Texto de apoio nº2 Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias.UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España
- COSTA, S.S.C., MOREIRA, M.A. (2001). A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 18, n.3, pp.263-276.
- COVALEDA, R., MOREIRA, M.A., CABALLERO, C. (2005). Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la Mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1).
- CUDMANI, L. C.; FONTDEVILA, P. (1990). Concepciones previas en el aprendizaje significativo del electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp.215-222.
- DE VEGA, M. (1984). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Alianza Madrid, pp. 562.
- DENZIN, N. K. (1998). Triangulation in Educational Research.en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 318 -322.

- DIESING, P. (1972). Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. En Sturman, A . 1998 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 61-63.
- DIEZ, S.; MULLEN, A. (1993). Laboratorio caseiro: Galvanómetro. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 10(1), pp. 88-92.
- DILTHEY. (1890). *Investigación cualitativa: Retos e interrogantes*. En Pérez Serrano, G. (1998). La Muralla. Madrid
- DISESSA, A (1993). Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2 -3), pp.105-223.
- DISESSA, A. A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction*, 22(3), pp. 293-331.
- DOMÉNECH, J. L.; GIL-PÉREZ, D.; GRAS, A.; GUIASOLA, J.; SALINAS, J.; TRUMPER, R et al (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 20(3), pp. 285-311.
- DUIT, R., TREAGUST, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*. 25(6), pp. 671-688.
- DUPIN, J. J.; JOSHUA, S. (1990). Una analogía térmica para la enseñanza de la corriente continua en Electricidad: Descripción y evaluación. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2 (8), pp. 119-126.
- DRIVER, R. (1988).Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 6 (2)
- EISENCK, M.W., KEANE, M. T. (1994). Modelos Mentales. En Moreira M, A. 1999. Texto de apoyo nº8. Programa Internacional de Doctorado. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- EISENCK, M.W., KEANE, M.T. (1994). *Psicología cognitiva, un manual introductorio*. Porto Alegre: Artes Médicas, pp. 179-219.
- EISNER. (1981). En *Investigación en Enseñanza: aspectos metodológicos*. Moreira (2000). Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- ELÍAS, N. (1990). *Compromiso y distanciamiento*. Ed. Península, 1990. (Capítulo 1)
- ELLIOT, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación acción*. Morata. Madrid, pp. 60-111.

- ELLIOT, J. (1994). *La investigación acción en educación*. Morata. Madrid.
- ERICKSON, F. (1997). Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza. En *La investigación de la enseñanza II*. Wittrock, M.). Paidós Educador. Barcelona.
- ERNEST y NEWELL (1969). En Mayer, R. (1986). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Paidós. Buenos Aires.
- ESCUADERO, C. (1979). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. En Perales Palacios, FJ .1993. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 11(2), pp.170.
- ESCUADERO, C., MOREIRA, M. A. (2002). A resolução de Problemas de Cinemática en nível medio: Estudio de Algunas representaciones. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v.2, n-3, pp.5-24
- ESCUADERO, C.; MOREIRA, M.A. y CABALLERO, M. C. (2003). Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2 (3).
- ESPINOZA, L.; AZCÁRATE, C. (2000). Organizaciones matemáticas y didácticas en torno al objeto de “límite de función”, una propuesta metodológica para el análisis. *Enseñanza de las ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 8 (3), pp. 355-368.
- ESTANGA, C. (2002). Tesis doctoral. [www.monografias.com/trabajos15/docencia3.html](http://www.monografias.com/trabajos15/docencia3.html)
- FAUCONNET. (1984).La resolución de problemas: Una revisión estructurada. En Perales Palacios, F. J. 1993. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 11(2), pp.170-178.
- FÁVERO, C.; SOARES GOMEZ DE SOUSA, C. (2002). Análise de uma situação de resolução de problemas de física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1), pp. 1-24.
- FERGURSON; HESSLER, M. y DE JONG, T. (1984). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. En Perales Palacios, FJ .1993. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp.170-178.
- FERRAROTTI, F. (1990). *La historia y lo cotidiano*. Centro Editor de América Latina. Buenos Aires.

- FERRERO, N. (2002). *Representaciones Mentales de los Alumnos sobre el Fenómeno de Disolución*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid, España.
- FEYNMAN R. (1987). *Electromagnetismo y materia*. Vol. II. Adisson-Wesley Iberoamericana. Wilmington. Delaware.E.U.A.
- FEYNMAN, R. (1987). *Lecciones de física. Electrodinámica cuántica*. Vol.III. Adisson-Wesley Iberoamericana. Wilmington. Delaware.E.U.A.
- FINKELSTEIN, N. (2005). Learning Physics in context: a study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, 27(10), pp.1187-1209.
- FIRESTONE, W.; HERRIOT, R. (1983). Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. En Sturman, A .1998. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 64.
- FIRESTONE. (1987). En Investigación en Enseñanza: aspectos metodológicos. Moreira 2000. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- FLAVELL, J (1993). *El desarrollo cognitivo*. Visor. Madrid.
- FODOR, J. (1986). *La modularidad de la mente*. Morata. Madrid
- FRANCHI, A. (1999). *Considerações sobre a teoria dos campos conceituais*. In Alcântara Machado, S. D. et al. *Educação Matemática: Uma Introdução*. EDUC. Sao Paulo, pp. 155-195
- FURIÓ, C., GUIASOLA, J. (1999). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias Revista de investigación y Experiencias Didácticas*, 17(3), pp.441-452
- FURIÓ, C., GUIASOLA, J., ZUBIMENDI, J.L. (1998). Problemas históricos y dificultades de aprendizaje en la interpretación newtoniana de fenómenos electrostáticos: consideraciones elementales. *Investigações em Ensino da Ciências*. 3(3), pp. 165-185.
- FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. (1997). Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 15 (2), pp.259-271.
- FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. (1998). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 16 (1), pp. 131-146.

- FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basado en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), pp. 319-334.
- FURIÓ, C.; GUIASOLA, J.; ALMUDI, J. M.; CEBERIO, M. (2003). Learning the electric field concept as oriented research activity. *Science Education*, 87(5), pp. 640-662.
- GABEL, D. y BUNCE, D. (1984). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3 Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre. Brasil Univ. de Burgos. España
- GAGNE, R. (1971). *La teoría de las Jerarquías de Gagné*. En Moreira, MA 1995d. UFRGS. Porto Alegre.
- GALILI, I. (1995). Mechanics back influence student' conceptions in electromagnetism. *Internacional Journal of Science Education*, 17 (3), pp. 371-387.
- GALLART, M. (1992). *La integración de métodos y la metodología cualitativa*. Centro Editor de América Latina. CENEP. Buenos Aires
- GANGOSO, Z. (2000). Investigaciones en Resolución de Problemas Texto de apoyo nº 3 Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- GARCÍA MADRUGA.J.A. (1992). Aprendizaje por descubrimiento frente a aprendizaje por recepción: La teoría del aprendizaje verbal significativo. En Coll, C.; Palacios, J., Marchéis, A. (comp.) *Desarrollo psicológico y educación*. Tomo II. Alianza: Madrid
- GARRET, R. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), pp.224-230-
- GARRET, R.; SATTERLY,D.;GIL PÉREZ, D.(1990). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- GEERTZ, C. (1987). *La interpretación de las culturas*. Gedisa: México. GELMAN, S.; COLEY, J., GOTTFRIED, G. Essentialist beliefs in children: the acquisition of concepts and theories. Cap 13. en L Hirschfeld y Sgelman (eds) *Mapping the mind*. New York Cambridge University Press, pp. 341-365.

- GELMAN, S., WELLMAN, H. (1999). *Insides and Essens: Understanding of the non – obvious* Cap 26 en Margolis, E. Laurence, S .1999. *Concepts*. The MIT press. Cambridge.
- GENYEA, J. (1983). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. En Perales Palacios, FJ .1993. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 170-178.
- GEORGHIADES, P. (2004). Making pupil's conceptions of electricity more durable by means of situated metacognition. *International Journal of Science Education*, 26(1), pp. 85-99.
- GIDDENS, A. (1982). *Profiels and Critiques in social theory*; cap. 1 (Trad. F. García). University of California Press.
- GIDDENS, A. (1992). *Las nuevas Reglas del Método Sociológico*. Amorroutu Editores. Buenos Aires
- GIL PÉREZ, D (1986) La Metodología Científica y la Enseñanza de las Ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias* ,4 (2), pp.111-121.
- GIL PÉREZ, D. (1993). Contribución de la Historia y Filosofía de las ciencias al desarrollo de un método de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- GIL PÉREZ, D., GUZMAN, M. (1993). Enseñanza e las Ciencias y la Matemática: Tendencias e Innovaciones. *OEI, para la Educación, Ciencia y Cultura*. www.oei.es
- GIL S.; RODRÍGUEZ, E. (2001). *Física Recreativa*. Pearson Education Latinoamerica. Buenos Aires.
- GLASER, B.; STRAUSS, A. (1968). Case Study Methods, en KEEVES, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. En Sturman, A.1998. 2nd.ed. Oxford, Pergamon Press. Australia, pp. 62.
- GLASER, B.; STRAUSS. (1967). *The Discovery of grounded Theory: strategies for qualitative research*. Cap. V- Aldine Publishing Company. New York.
- GOETZ, J., LE COMPTE, M. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Morata. Madrid .Cap.VI., pp.172-246.
- GOMEZ, S.; LATORRE, A; SANJOSE, V. (1993). El modelo de Ausubel en la didáctica de la Física: una aproximación experimental al proceso de e/a de contenidos que presentan constructos poco elaborados por los aprendices. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), pp.235-246.
- GONZALEZ, F.; NOVAK, J. (1993) .*Aprendizaje Significativo*. Cincel. Madrid.
- GOWIN, D. (1981). *Hacia una teoría de la educación*. Aragón. Buenos Aires.



- GRECA, I. (1999). Representaciones Mentales. Texto de apoyo nº 7. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España, pp. 3-42.
- GRECA, I. ; MOREIRA, M. A.(1997). The kinds of mental representations models, propositions and images used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, 19(6), pp. 711-724.
- GRECA, I., MOREIRA, M.A. (1998a). Modelos Mentales, Modelos Conceptuales y Modelización. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15 (2), pp.107.
- GRECA, I.; MOREIRA, M. A. (1998b). Modelos mentales y aprendizaje de Física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp.289-303.
- GRECA, I.; MOREIRA, M. A. (2000). Un estudio sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales, respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de Física general, estudiantes de postgrado y profesores. Universidad Federal Do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre, Brasil.
- GRECA, I.; MOREIRA, M. A. (2002). Integrando modelos mentales y esquemas de asimilación. Un referencial posible para la investigación en enseñanza de las ciencias? Instituto de Física, Universidad Federal Do Rio Grande Do Sul, pp. 95-113.
- GRECA, I. ; MOREIRA, M. A. (2002a). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1). <http://www.if.ufrgs.br/ienci/>
- GRECA, I.; MOREIRA, M. A. (2002b). Conceptos: Naturaleza y Adquisición. Texto de apoyo, nº 17.Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- GUBA, E.; LINCOLN, Y. (1985). En Sturman, A .1998. Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd. ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 6.
- GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. (2004). *Uma abordagem histórico- filosófica para o electromagnetismo no ensino médio*. Brasil. S/d.
- GUILFORD, P. J.; HOEPFNER. R. (1966). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. En Perales Palacios, FJ .1993. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 11(2), pp.170-178.
- GUISASOLA, J.; MONTERO, A.; FERNÁNDEZ, M (2005). Concepciones de futuros profesores de ciencias sobre un concepto "olvidado" en la enseñanza de la electricidad:

la fuerza electromotriz. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 23, (1), pp. 47-60.

GUISASOLA, J. (1999) Enseñanza/aprendizaje de la teoría eléctrica que explica los fenómenos electrostáticos básicos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 19, pp. 9-18.

GUISASOLA, J.; ALMUDI, J. M.; CEBERIO, M. (2003a). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario, selección de cuestiones realizadas para su detección. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 21(2), pp.281-293

GUISASOLA, J. ; ALMUDÍ, J. M.; J. ZUBIMENDI, L. (2004). Difficulties in Learning the Introductory Magnetic Field Theory in the First Years of University. *Science Education*, 88, pp. 443-464

GUISASOLA, J.; ALMUDI, J. M.; 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, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 21(1), pp.79-94.

GUISASOLA, J.; ALMUDÍ, J. M.; ZUBIMENDI, J. L.; ZUZA, K. (2005). Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 23(3). pp. 303-320.

GUISASOLA, J.; FURIÓ, C. (1994). Dificultades en el aprendizaje significativo de algunos conceptos de electrostática. *Investigación en la Escuela*, 23, pp.103-114.

GUISASOLA, J.; SALINAS, J.; ALMUDI, J., 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.; ZUBIMENDI, J. L.; ALMUDÍ, J.;-CEBEIRO, M. (2007). Propuesta de enseñanza en cursos introductorios de Física en la universidad, basada en la investigación didáctica: siete años de experiencia y resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), pp. 91-106.

GUYOT, V. (1995) En M. T. de Montoya (comp.). La enseñanza de las Ciencias en la Universidad p.22. *Serie Alternativas Año 2, N° 5*.

HALL, B. L. (1998). Participatory Research, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp.198 -204.

- HALL, B. L. (1972) .Naturaleza de la psicología educativa. En Clifford,M. 1987. *Enciclopedia Práctica de la Pedagogía*. Univ. De Iowa. España: Grupo Ed. Oceáno. Buenos Aires.
- HAMMERSLEY, M.; ATKINSON P. (1994). *Etnografía*. Paidós: Buenos Aires
- HAMPSON, P.J.; MORRIS P.E. (1996). Modelos Mentales. En Moreira, MA 2000. Texto de apoyo nº8 Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España, pp.4
- HAYES, J.R. (1978). En Mayer, R. (1986). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Paidós. Buenos Aires.
- HECHT, E. (1987). *Física en perspectiva*. Adisson – Wesley Iberoamericana. Delaware. EE.UU.
- HEGARTY, M. (1991). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z.2000. Texto de apoyo nº 3 Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- HERNÁNDEZ R.; FERNÁNDEZ C.; BAPTISTA,P . (2000). *Metodología de la Investigación*. México: Mc. Graw Hill.
- HERNANDEZ, F. (1998). Psicología y Educación. *Cuadernos de pedagogía* nº 253 / Diciembre, pp.50-56.
- HILGARD, E. (1973). En *Teorías Behavioristas antiguas* .Moreira 1995a. Texto de apoyo nº7. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299-313.
- HOLLINGS, S. (1998). Teachers as Researchers. En Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 247-250.
- [http://gric.univ-Iyon2.fr/Equipe2/coast/ressorces/ICPE/espagnol/PartC/c2\\_capitulo.doc](http://gric.univ-Iyon2.fr/Equipe2/coast/ressorces/ICPE/espagnol/PartC/c2_capitulo.doc)
- HUSSERL, E. (1913). *Investigación cualitativa: Retos e interrogantes*. En Pérez Serrano, G. (1998). La Muralla. Madrid.
- JACKENDOFF, R. (1988).*La conciencia y la mente computacional*. Visor. Madrid.
- JIMÉNEZ, E.; MARÍN, N. (1996). ¿Cuándo un contenido académico tiene significado para el alumno? implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3).
- JIMÉNEZ, J.D. (2000). El análisis de los libros de texto, en Perales, F. J. y Cañal, P. (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Marfil. Alcoy.

- JOHNSON, P. N (1990). *El ordenador y la mente*. Paidós. Barcelona.
- JOHNSON, P. N. (1987). Modelos en ciencia cognitiva. In Norman, D. (ed). *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Paidós. Barcelona.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983). *Mental Models*. Cambridge: MA, Harvard University Press.
- JOHNSUA, S.; DUPIN, J.J.(1990). Una analogía térmica para la enseñanza de la corriente continua en electricidad: descripción y evaluación. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), pp. 119-126.
- KAPLAN, A. (1964). En Pérez Serrano, G. (1998). *Investigación cualitativa: Retos e interrogantes*. La Muralla. Madrid.
- KAPLAN, A. (1964). En Sturman, A .1998. Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp.61.
- KEATS, D.M. (1998). Interviewing for Clinical Research, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 306- 309.
- KEEVES, J. P.; SOWDEN, S. (1998). Descriptive Data, Analysis of, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 296- 305.
- KELLY, G. (1963). *La psicología de los constructos personales de Kelly*. En Moreira MA 1995. UFRGS. Porto Alegre
- KEMMIS, S. (1992). En Pérez Serrano, G. (1998). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. La Muralla. Madrid.
- KEMMIS, S.; TAGGART, M.C. (1988). *Cómo planificar la investigación acción*. Alertes. Barcelona.
- KEMMIS. S. (1980). En Sturman, A .1998. Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 61-66.
- KEMPA, R. (1986). Resolución de Problemas en Química y Estrategias Cognitivas. *Enseñanza de las Ciencias*. 4(2), pp.99-110.
- KEMPA, R.F.; NICHOLS, C. E. (1983). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. En Perales Palacios, FJ .1993. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp.170-178.

- KESTER, L. (2004). Presentación de la información y soluciones para circuitos eléctricos. *International Journal of Science Education*, 26(2), pp. 239-256.
- KINNEAR, J. (1983). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- KLIMOSVKY, G. (1994). *Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*. Bs. As: AZ. 23.
- KOFMAN, H. (2000). Modelos y simulaciones computacionales en enseñanza de de la Física. *Revista de educación en Física*, 5, pp. 13-22.
- KOFMAN, H., CONCARI, S. (2000). Dificultades conceptuales con la Ley de Ampère: análisis bibliográfico y simulación como propuesta. *Memorias del V Simposio de Investigación en Física*. V SIEF, pp. 82-90.
- KOPP, B. (1982). En Mayor J. Suengas, A. Marques, J. (1993). *Estrategias metacognitivas*. Síntesis. Madrid.
- KRAPAS, S., ALVES, F. (1998). Lei de Gauss e os modelos mentais. *Memorias del IV Simposio de Investigación en Física*. IV SIEF, pp.211.
- KRAPAS, S.; ALVES, F.; RAIMUNDO, L.(2005). Modelos mentais e a lei de Gauss. *Revista Brasileira da Ensino de Física*, 5( 1).
- KRAPAS, S.; RODRIGUES L. C.; VIEIRA DE MIRANDA NETO Á., ; HOLANDA CAVALCANTI, G. E. (2005). Prego voador: Um desafio para estudantes de electromagnetismo. *Revista brasileira de Ensino de Física*, 27(4), pp.599-602.
- LABINOWICZ, E. D.(1987). *Introducción a Piaget. Pensamiento, Aprendizaje y enseñanza*. Addison-Wesley Iberoamericana España, Delaware. EE.UU.
- LAKOFF. (1987/1999). Cognitive Models and Prototype Theory. Cap 18.en Margolis, E. Laurence, S .*Concepts*. The MIT Press. Cambridge M.A.
- LANDA.L. N.; (1976). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. En Perales Palacios, FJ .1993. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 70-178.
- LANDAU, L. D.; LIFSHITZ, E. M. (1992). *Teoría clásica de los campos*. Reverté. Barcelona.
- LANG DA SILVEIRA, F.; AXT, R. (2003). Asociación de pilas en paralelo: ¿donde y cuando las usamos? *Caderno.Brasileiro Ensino Fisica*, 20(3), pp.391-399.
- LARKIN, J. H. (1983). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z.2000. Texto de apoyo nº 3. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.

- LARKIN, J. H. (1981). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. En Perales Palacios, F. J. (1993). *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp.170.
- LAVAGNA, M. E.; BAADE, N., PRODANOFF, F. (1998). Densidad de carga eléctrica ¿por qué es el origen de cálculos incorrectos? *Memorias del IV Simposio de Investigadores en Educación en Física. IV SIEF*, pp. 221.
- LE COMPTE, M. D. (1995) Metodología de la investigación cualitativa. En Rodríguez Gómez, Gil Flores, J. García Jiménez, E. (1996). *Aljibe learning of mathematics*. Albany, N.Y.: State University of New York Press, pp. 41.
- LEE, Y.; LAW, N. (2001). Explorations In Promoting Conceptual Change In Electrical Concepts Via Ontological Category Shift. *International Journal of Science Education*, 23(2), pp. 111-149.
- LEMEIGNAN, G., WEIL-BARAIS, A. (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, 16(1), pp. 99-120.
- LEVI STRAUSS, C. (1968). *Antropología estructural*. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Buenos Aires.
- LEWIN, K. (1946). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. En Pérez Serrano, G. (1998). La Muralla. Madrid.
- LIÉGEOIS, L. (2002). High school students' understanding of resistance in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, n° 24(16), pp.551-564 (1 p.1/4). Taylor & Francis, London.
- LIJINSE, P.; KLAASSEN, K. (2004). Didactical Structures As An Outcome Of Research On Teaching-Learning Sequences. *International Journal of Science Education*, 26(5), pp. 537-554.
- LLANCAQUEO, A., ABARZÚA, C.; CABALLERO FUENTES, C. (2005). *Disposiciones de aprendizaje en física de estudiantes*. II Encuentro Iberoamericano sobre investigación básica de Educación en Ciencias. Actas. Servicio Publicaciones Universidad de Burgos, ISBN 84-96394-27-1; pp.672-690.
- LLANCAQUEO, A., CABALLERO, C., MOREIRA M.A (2006) El aprendizaje del concepto de campo en Física: conceptualización progresividad y dominio. Tesis doctoral, Universidad de Burgos. España.
- LLANCAQUEO, A., CABALLERO, C., MOREIRA M.A. (2009). *Conceptualización inicial de los conceptos de fuerza y energía*. VII Congreso internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias- ISSN 0212-4521. <http://ensciencias.uab.es>

- LLANCAQUEO, A., CABALLERO, C. (2003a). El concepto de campo en el aprendizaje de la física. Un estudio exploratorio a la luz de la Teoría de Vergnaud. Proyecto Suficiencia de Investigación. UFRGS. Programa Internacional de Doctorado. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España., España.
- LLANCAQUEO, A., CABALLERO, C. (2003c). *Revisión bibliográfica sobre la enseñanza/aprendizaje del concepto de campo en Física*. I Encuentro Iberoamericano sobre Investigación Básica en Educación en Ciencias: Actas: Servicio Publicaciones Universidad de Burgos. ISBN84-95211-82-3, pp. 375-390.
- LLANCAQUEO, A., CABALLERO, C., ALONQUEO, P. (2007). Conocimiento previo en física de estudiantes de ingeniería. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), pp. 205-216.
- LLANCAQUEO, A.; CABALLERO, C., MOREIRA M.A. (2003b). 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* (2) 3.
- LOPES, E. M.; LABURÚ, C. E. (2001). Diámetro de um fio de cabelo por difracao. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18(2), pp. 240-247.
- LÓPEZ, F. (1989). En Mayer, R. (1986). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Paidós. Buenos Aires.
- LOUIS, K. (1982). En Sturman, A. 1998. Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 65.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. (1986). *A pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. Cap. 2. Editora Pedagógica e Universitaria, pp.11-44.
- MALINOWSKY, B. *Los Argonautas Del Pacífico Occidental*, Págs. 19 a 42. Cap.I Introducción: Objeto, método y finalidad de esta investigación. Planeta Agostini 1986 [1922].
- MARGOLIS, E.,; LAURENCE, S. (1999) . *Concepts: Core readings*. The MIT Press. Cambridge. MA
- MARÍN, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), pp. 80-92.
- MARKMAN, A. (1999). Knowledge Representation. Lawrence Erlbaum Associates. Inc. EE. UU.
- MARTÍN M., MARTÍN M.; RIBERIO. (1989). Circuitos Eléctricos: Problemas de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), pp. 107-108.

- MARTÍN, J.; SOLBES, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), pp. 393-403.
- MASSONS, J.; CAMPOS, J.; CABRÉ, R.; RUIZ, X.; DIAZ, F. (1993). Electrostática y EAO: Una experiencia de simulación. *Enseñanza de las Ciencias* 11(2), pp.179-183. pp. 179-220.
- MAYER, R. (1983). *Pensamiento, Resolución de Problemas y Cognición*. Serie Cognición y Desarrollo Humano. Paidós. Madrid.
- MAYOR, J., SUENGAS, A., GONZÁLEZ, J. (1993). *Estrategias metacognitivas*. Madrid. Ed. Síntesis. Madrid.
- MCDERMOTT, L. SHAFFER, P. (2001). *Tutoriales para Física Introductoria*. Prentice Hall. Buenos Aires.
- MENÉNDEZ, E. (1998). Continuidad y discontinuidad en el uso de conceptos en Antropología Social. Neufeld et al., comps. *Antropología Social y Política. Hegemonía y poder: el mundo en movimiento*, pp. 15 -36. Eudeba. Buenos Aires
- MENESES J., CABALLERO C. (1995). Secuencia de enseñanza sobre el electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1).Barcelona.
- MENESES VILLAGRÁ, J. (1999). *El aprendizaje del electromagnetismo en la Universidad. Ensayo de una metodología constructivista*. Universidad de Burgos. España.
- MERRIAM, S. (1998). *Investigación cualitativa: Retos e interrogantes*. En Pérez Serrano, G. (1998). La Muralla. Madrid.
- METTES, C. T.; PILOT, A.; ROOSKIN, H. (1981). *Investigaciones en Resolución de Problemas*. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos.
- MEZZA, S.; LUCERO I. (2002). [www.unne.edu.ar/cyt/2002/09-Educacion/D-027.pdf](http://www.unne.edu.ar/cyt/2002/09-Educacion/D-027.pdf)
- MILES, M. B.; HUBERMAN, A. (1984) En *Investigación en Enseñanza: aspectos metodológicos*. Moreira 2000. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Burgos.
- MILES, M. B.; HUBERMAN, A. (1994). En *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Rodríguez Gómez, G.; Gil Flores, J. y García Jiménez, E. 1996. Aljibe. Málaga.



- MOLINA V., PRIETO CASTILLO, D. (1995). El aprendizaje en la universidad. EDIUNC. Mendoza.
- MOREIRA, M. A., LEVANDOWSKI, C. E., (1983). *Diferentes abordagens ao ensino de laboratorio*. Porto Alegre: Editora da Universidade
- MONEREO. C. (1990). Las estrategias de aprendizaje en la educación formal: Enseñar a pensar y sobre el pensar. *Infancia y aprendizaje*, 50, pp. 3-75.
- MOREIRA, M. A. LANG SILVEIRA, F. (1993). Validação de instrumentos de medidas aplicados à pesquisa em ensino de Física. En Moreira, M.A, E Silveira, F.L. *Instrumento de Pesquisa em Ensino y Aprendizagem*. EDIPUCRS. Porto Alegre
- MOREIRA, M. A (1995a) *.Teorías Behavioristas Antiguas: Watson, Guhtrie, Thorndike y Hull*. Texto de apoyo nº1. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos. España, pp. 2-15.
- MOREIRA, M. A. (1989). Um mapa conceitual para interações fundamentais. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), pp.133-139 .
- MOREIRA, M. A. (1993) *A Teoría da Aprendizagem Significativa de David Ausubel*. Fascículos de CIEF Universidad de Río Grande do Sul São Paulo.
- MOREIRA, M. A. (1994). Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Memorias del III Simposio sobre Investigación en Enseñanza de la Física*". Buenos Aires. pp. 295-307.
- MOREIRA, M. A. (1995b). *Teorías Cognitivas Antiguas Hebb, Tolman, Gestalt y Lewin*. Texto de apoyo nº2. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos. España, pp.2-14.
- MOREIRA, M. A. (1995c). *La teoría conductista de Skinner*. Texto de apoyo nº3. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre. Brasil Univ. de Burgos, España, pp. 2-16.
- MOREIRA, M. A. (1995d). *La teoría de las Jerarquías de Gagné*. Texto de apoyo nº4. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España, pp. 2-15.
- MOREIRA, M. A. (1995g). *La teoría de la mediación de Vygotski*. Texto de apoyo nº 7. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España, pp. 3-13.
- MOREIRA, M.A. (1995e). *La teoría de enseñanza de Brunner*. Texto de apoyo nº5. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España, pp. 2-16.

- MOREIRA, M.A. (1995f). *La teoría del Desarrollo Cognitivo de Piaget*. Texto de apoyo n° 6. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos. España, pp. 2-13.
- MOREIRA, M.A. (1995h). *La psicología de los constructos personales de Kelly*. Texto de apoyo n° 8. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos. España, pp. 2-14.
- MOREIRA, M. A. (1995i). *La teoría del aprendizaje significativo de Rogers*. Texto de apoyo n° 9. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España, pp. 2-13.
- MOREIRA, M. A. (1996), Modelos mentais. *Investigações. em ensino da ciências*, <http://www.if.ufrgs.br/ienci>, 1(6).
- MOREIRA, M. A.; LANG DA SILVEIRA, F. (1996). Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre el calor, temperatura, energía interna. *Enseñanza de las ciencias* 14(1), pp. 75-86.
- MOREIRA, M. A. (1997a). *Modelos mentales*. Encuentro sobre Teoría e Investigación en Enseñanzas de Ciencias - Lenguaje, Cultura y Cognición. UFMG. Brasil.
- MOREIRA, M. A. (1997b). Aprendizaje Significativo: Un concepto subyacente. *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo* Burgos. España, pp.19-44.
- MOREIRA, M. A. (1998). La investigación en educación en ciencias y la formación permanente del profesor de ciencias. Conferencia presentada en *Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales*. La Serena. Publicado en la Revista Chilena de Educación científica, 3(1), pp.10-17,2004.
- MOREIRA, M.A. (1999a). *Modelos Mentales*. Texto de apoyo n° 8. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre. Brasil Univ. de Burgos. España, pp. 2-43.
- MOREIRA, M.A. (1999b). *Teorias de aprendizagem*. Editora pedagógica é Universitária Ltda. São Pablo. Brasil.
- MOREIRA, M.A. (1999c). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da Un B.
- MOREIRA, M.A. (1999d). Investigación en Enseñanza: aspectos metodológicos. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Texto de apoyo n°1. Burgos. España, pp. 13-52.

- MOREIRA, M. A.; CABALLERO, C.; VERGNAUD, G. (2000). *La teoría de los campos conceptuales y la enseñanza/aprendizaje de las ciencias*. Servicio Publicaciones Universidad de Burgos. Estudio y Monografías, nº 49. ISBN: 978-84-92681-03-7.
- MOREIRA, M. A. (2000b). La teoría del aprendizaje significativo. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Texto de apoyo nº 6. Burgos. España, pp. 211-252
- MOREIRA, M. A. (2001). Conceptos. En Greca, I., Moreira, M. (2002). Texto de apoyo nº 17. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- MOREIRA, M. A. (2002). A Teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1), pp. 1-24. <http://www.if.ufrgs.br/ienci/>. Instituto de Física, Universidad Federal Do Rio Grande Do Sul, pp.67-94.
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M., RODRÍGUEZ, M.L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), pp.36-56. Instituto de Física, Universidad Federal Do Rio Grande Do Sul, pp. 44-66.
- MOREIRA, M. A. (2003). Sobre monografías, disertaciones, tesis, artículos y proyectos de investigación: significados y recomendaciones para principiantes en el área de educación científica. Texto de apoyo nº18, Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España, pp.79-100.
- MOREIRA, M. A.; OLIVEIRA, A. (2003). Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Ampère, à luz da teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(3), pp.317.
- MOREIRA, A. M. (2004). ¿Qué es la educación en ciencias? *Revista chilena en Educación Científica*, 3 (1), pp. 10-17.
- MOREIRA, A. M. (2005). Representações metais, modelos mentais e representações sociais: Textos de apoio para pesquisadores em *educação em ciências*. UFRGS. Instituto de Física. Porto Alegre
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuesta a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo. *Ciencia & Educação*, 9(2), pp. 301-315.
- MORIN, E. (1984). *Ciencia con conciencia*. Anthropos: Barcelona

- MORÍN. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa, Barcelona
- MUNHOZ, D.P.; CHIANIGLIA, D.L.; PIMENTEL, J. R. (2003). Asociación de pilas nuevas y usadas en paralelo: un análisis cualitativo para la enseñanza media. Brasil. *Caderno Brasileiro. Ensino Física*. 20(1), pp. 117-122.
- MURPHY, G. y MEDIN, D. (1999). The role of Theories in conceptual coherence cap. 19 en MARGOLIS, E. LAURENCE, S. (1999). *Concepts*. The MIT press. Cambridge.
- NETO, A. J. (1998). *Resolução de problemas em física: conceitos, processos e novas abordagens*. Instituto de Inovação Educacional. Lisboa.
- NORMAN, D. (1987). *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Paidós. Barcelona
- NOVAK, J. (1990). *Teoría y práctica de la Educación*. Alianza. Madrid.
- NOVAK, J., GOWIN, B. (1990). *Aprendiendo a Aprender*. Ed. Martínez y Roca. Madrid
- OGBU, J.U., SATO N., KIM, Y. (1998). Anthropological Inquiry. Humanistic Research Methods en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Austrália, pp.48-54.
- OLIVARES, E.1995 Tipos de contenidos e instrumentos de evaluación. Alambique. *Didáctica de las Ciencias. Experimentales*. Nº 4, pp. 16-21.
- OLIVEIRA, J; DE PAULO, S.; RINALDI, C. (1999). Investigaçao do papel da experimentacao na construcao de conceitos em electricidade no ensino medio. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15 (2), pp. 105-122.
- OÑORBE, A. M.; (1989); *Solo ante el problema*, Rev. Cuadernos de Pedagogía, Nº 175.
- ORRANTIA, J. (2003). El rol del conocimiento conceptual en la resolución de problemas aritméticos con estructuras aditivas. *Infancia y Aprendizaje*, 26(4), pp.451-468.
- ORRANTIA, J. MORÁN M., GRACIA, A. (1998). Evaluación y Zona de Desarrollo Próximo: una aplicación a contenidos procedimentales. *Cultura y educación*, 8, pp. 39-57.
- ORTEGA, F. (2001). Conocer lo social: investigación y enseñanza. Revista del Centro de estudios Avanzados de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- OSBORNE, R, FREYBERG, P. (1991). *El aprendizaje de las Ciencias*. Narcea. Madrid
- PAATZ, R.; RYDER, J. SCHWEDES, H.; SCOTT, P. (2004). A case study analysing the process of analogy-based learning in a teaching unit about simple electric circuits. *Internacional Journal of Science Education* col 26(9), pp. 1065-1081.

- PACCA, J.; FUKUI, A.; BUENO, M.; COSTA, R.; VALERIO, R.; MANCINI, S.(2003). Corrente elétrica e circuito elétrica: algumas concepções do senso comum. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 20(2), pp. 151-167.
- PALMER, D. (2002). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*, 23 (7), pp. 691-706.
- PARSONS, C. (1976). En Sturman, A. 1998. Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 62.
- PERALES PALACIOS, FJ. (1993). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp.170-178.
- PÉREZ GÓMEZ, A.; SACRISTÁN, G. (1995). *Comprender y transformar la enseñanza*. Cap.V. Morata. Madrid.
- PEREZ MENDOZA, A. (1999). Ingeniería & Desarrollo. Concepciones alternativas Electromagnéticas en estudiantes universitarios de física general y sus implicancias en la enseñanza, 6, pp.5-27. [www.Ciruelo.uninorte.edu.com](http://www.Ciruelo.uninorte.edu.com).
- PÉREZ SERRANO, G. (1998). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. La Muralla. Madrid.
- 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.
- PERIAGO, M. C.; BOHIGAS, X. (2005). Persistencia de las ideas previas sobre potencial eléctrico, intensidad de corriente y ley de Ohm en los estudiantes de segundo curso de Ingeniería. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7 (2). Consultado el 30 de marzo de 2006 en: <http://redie.uabc.mx/vol7no2/contenido-periago.html>
- PERKINS, J. (1997). *La Escuela inteligente*. Gedisa. Barcelona.
- PESA, M. A.; DANEGGER, C. R., y BRAVO, S. (2002). El estudio de las representaciones- Perspectivas para la investigación básica en educación en ciencias. *Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3), pp. 57-66.
- PIAGET, J. (1959). El nacimiento de la inteligencia en los niños. En Battro A. (1969). *El pensamiento de Jean Piaget*. Bs As: Emecé Editores.
- PIAGET, J. (1979). *Tratado de lógica y conocimiento científico*. Paidós. Buenos Aires.
- PIAGET, J. (1985). *Adaptación Vital y Psicología de la Inteligencia*. Siglo XXI Editores. México.

- PIETROCOLA, M (2002). A matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno Brasileiro. Ensino. Física*, 19(1), pp. 93-11.
- PIMENTEL, J.R. (1998). Laboratorio caseiro: a tesoura de Gauss-uma tesoura para cortar linhas de campo magnético. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15(1); pp.82-86.
- PINE, A.; WEST, L. (1986). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3 Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España
- POCOVÍ, M. C.; HOYOS, E. (2007). Estudio de caso de la comprensión de diferencia de potencial y fem en alumnos avanzados y graduados en física. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, pp. 1-11.
- POCOVÍ, M.; BÁRCENA, H., y HOYOS, E. (2000). Campo eléctrico y líneas de fuerza ¿ayuda un currículo históricamente rico a la comprensión de estos conceptos? *V Simposio de Investigadores en Educación en Física ( V SIEF)*, pp.51-59.
- POCOVI, M.; FINLEY, F. (2002). Lines of Force: Faraday's and Student's views. *Science & Education*, 11, pp.459-474.
- POLYA, G. (1965). *How solve it. Princenton University Press* (Traducción: cómo plantear y resolver problemas, de Julián Zugazagoitia. Trillas.México.
- POLYA, G. (1994). *Métodos matemáticos de las ciencias*. Euler:Madrid
- PONTES, A.; DE PRO, A. (.2001).Concepciones y razonamientos de expertos y aprendices sobre electrocinética: consecuencias para la enseñanza y la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), pp.103-122.
- POPPER, K. (1963). En Sturman, A. 1998. Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia. pp. 61-66.
- PORLÁN R. (1995). *Constructivismo y Escuela*. Sevilla .Diada Editora. Sevilla
- PORLÁN, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemológico de los profesores. Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las ciencias*, 15(2).Barcelona
- PORLÁN, R.; MARTÍN, J.(1996). En Perales Palacios, FJ. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Marfil. Alcoy.
- POSNER, G.J, STRIKE, K; HEWSON, P; GERTZOG, W. (1982). Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, pp. 211-227.

- POSNER, J; STRIKE, K; HEWSON, P; GERTZOG, W (1988) *Acomodación de un concepto científico: Hacia una teoría del cambio conceptual*. (año 1988). En Porlán, R & cols (editores) *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Diada. Sevilla, 2000
- POZO, J. I. (1989). *Teorías Cognitivas del Aprendizaje*. Morata. Madrid.
- POZO, J. I., GÓMEZ CRESPO, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del Conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- POZO, J.I.; MONEREO, C. (1999). *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Santillana.
- POZO, J. I. (1996). *Aprendices y maestros*. Alianza Editorial. Madrid
- POZO, J. I. (1996). La psicología cognitiva y la educación científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1 (2), pp. 1-25.
- POZO, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp. 513- 520.
- POZO, J.I. (2001). *Humanamente*. Ed .Morata:Madrid, pp. 127-174.
- POZO, J. I. (2002). La adquisición del conocimiento científico como un proceso de cambio representacional, *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (3), pp. 1-30.
- POZO, J. I. (2006). Estrategia para enseñar, estrategias para aprender. *5º Congreso Internacional de Educación*. Bs As.
- PRIETO C, D. (1991). *La mediación pedagógica*. Cultural de Mendoza, Mendoza. Psychology, 55(2/3), pp. 112-118.
- QUARANTA, M.E.(2003). *Enseñar Matemática en el nivel inicial y el primer ciclo de la EGB*. Paidós: Bs As.
- QUIROGA, A. (1990). *Enfoques y perspectivas en Psicología social*. Ed. Cinco. México.
- REIF, F.; LARKIN, H.; BRACKETT, G. (1976). Teaching general learning and problem-solving skills. *American Journal of Physics* 44(3), pp.212-217.
- REITZ, J., MILFORD, F.; CHRISTY, R. (1986). *Fundamentos de la teoría electromagnética*. Adisson - Wesley Iberoamericana. España, Delaware. EE.UU.
- RESNICK, R.; HALLIDAY D (1982). *Física Parte 2*. Compañía Editorial Continental. México.
- RICHARDS, L. (1998). Computers and Qualitative Analysis – Humanistic Analysis Procedures- en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia. pp. 286 –290.
- RIVIERE, A (1989). *La Psicología de Vigotsky*. Visor. Madrid
- RIVIERE, A (1991). *Objetos con mente*. Editorial Alianza. Madrid.

- RODRÍGUEZ, G., GIL, J., y GARCÍA, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Aljibe. Málaga.
- ROGERS, C. (1995). *El proceso de convertirse en persona*. Paidós. Madrid
- ROLAND PAATZ, G., et al. (2004). A case study analysing the process of analogy-based learning in a teaching unit about simple electric circuits. Alemania y Gran Bretaña. *IJSE*, 26(99), pp. 1065-1081.
- ROLLER D., BLUM, R. (1986). *Física electricidad magnetismo y óptica*, 2 Ed. Reverté. Barcelona.
- ROUSE, W. B. ; MORRIES, N.M. (1986). On looking into de black box. Prospects and limits in the search, for mental models. En Borges, A. T. (1999). Como Evolutem Os Modelos Mentais. *Revista Ensaio, pesquisa educação en ciencias*, 1(1), pp. 85-125.
- RUIZ, A.; OLIVA, J.M.; BARBERO, L .R. (1991). Investigación de las ideas de los alumnos de enseñanza secundaria sobre la corriente eléctrica. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 9(2), pp. 155-162
- RUMELHART, D, CLELLAND.M.C. (1986). *Introducción al procesamiento distribuido en paralelo*. Alianza Editorial. Madrid.
- SACRISTÁN, J., PÉREZ GÓMEZ, A. I. (1993). *Comprender y transformar la enseñanza*. Morata. Madrid.
- SALOMON G. (1991) En Sturman, A. 1998. Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 61.
- SAMAJA, J. (1997). *Epistemología y Metodología: elementos para una teoría de la investigación científica*. Cátedra de Filosofía. EUDEBA. Buenos Aires.
- SÁNCHEZ D.; CONCARI, S. (1999). La Ley de inducción de Faraday: Una propuesta para la enseñanza media técnica. *Memorias Reunión Enseñanza de la Física. REF XI*, pp.94.
- SÁNCHEZ JIMENEZ, J.M (1996). Dificultades de aprendizaje en la Enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química I Opiniones del alumno. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas* 14(2), pp.165-170
- SÁNCHEZ JIMENEZ, J.M (1996). Dificultades de aprendizaje en la Enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química II Opiniones del profesor. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas* 14(3), pp.251-260



- SANDOVAL, J.; VELAZCO, S. (1998). Modelos para el campo eléctrico en estudiantes universitarios a posteriori de la instrucción. *Memorias IV Simposio investigación en Educación en Física. IV SIEF*, pp. 341- 351.
- SANMARTI N.; JORBA, J. (1997). *Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos Enseñar, aprender y evaluar: tres procesos inseparables*. Síntesis. Madrid.
- SANTOS GUERRA. (2000). *Evaluación de las instituciones*. Material audiovisual CONSUDEC. Argentina
- SANTOS, J. C. (2000). Pesquisa quantitativa versus pesquisa qualitativa: o desafio paradigmático, en *Pesquisa educacional: quantidade –qualidade*. Santos Filho, J.C. & Gamboa, S.S. (orgs.) São Paulo, Cortez Editora.
- SAVELSBERGH, E, et al. (2002). Situational Knowledge: The case of Electrodynamics. *Journal of research in science teaching*. Vol.39.Nº s/d, pp. 928-951.
- SEARS, F.; ZEMANSKY, M.; H: YOUNG. FREEDMAN. R. (1999). *Física Universitaria* Vol.2 Addison Wesley Longman México
- SERWAY, R. (1998). *Física* Tomo II. Mc Graw Hill. Bogotá
- SHARPE, L. (1998). Participant Verification, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 314.
- SHOLUM, B. OSBORNE, R (1991). Como relacionar lo nuevo con lo ya conocido en Osborne, R y Freyberg (1991) *El aprendizaje de las ciencias*. Narcea. Madrid.pp.90-110
- SHULMAN, J. (1981). En Investigación en Enseñanza: aspectos metodológicos. Moreira (2000). Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Burgos. España.
- SHOLUM, B. OSBORNE, R (1991). Como relacionar lo nuevo con lo ya conocido en Osborne, R y Freyberg (1991) *El aprendizaje de las ciencias*. Narcea. Madrid.pp.90-110
- SIGÜENZA, A. F.; SÁEZ, M.J. (1990). Análisis de la Resolución de Problemas como estrategia de Enseñanza de la Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp.223-23.
- SIMON, H. (1978). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España
- SKINNER, B. (1989). *En Aprendizaje . Discovering Psychology . Univ. Stanford*.

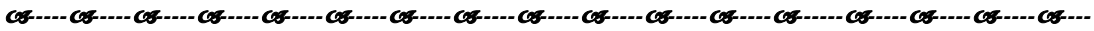
- SOUSA, C.M.S.G. (2005). Modelos Mentais e Resolução de Problemas em Física. Tesis Doctoral dirigida por el Dr. M. A. Moreira. Instituto de Física. UFRGS. Porto Alegre.
- SOUSA, C. M. S. G., FÁVERO, M. H.(2002). Um estudo sobre resolução de problemas de Física em situação de interlocução entre um especialista e um novato. *In: VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2002, Águas de Lindóia. Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2002.*
- SOUSA, C. M. S.G, FÁVERO, C. (2002). Análise de uma situação de resolução de problemas de física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. *Investigações em Ensino de Ciências, 7 (1)*, pp. 1-24.
- SOUSA, C.M.S.G. (2001). A resolução de problemas e o ensino de Física: uma análise psicológica. Tese de doutoramento. Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília.
- STAKE, R. (1988). *Investigación cualitativa: Retos e interrogantes*. En Pérez Serrano, G. (1998). La Muralla. Madrid.
- STAKE. R. (1995). En Rodríguez Gómez, Gil Flores, J. García Jiménez, E. 1996. *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Aljibe. Málaga.
- STENBERG, R. (1985). En NETO, A. (1998). *Resolução de problemas em Física. Instituto de inovação educacional*. Lisboa
- STENHOUSE, L. (1985). En STURMAN, A .1998. Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 63.
- STENHOUSE, L. (1991). *Investigación y desarrollo del currículo*. Morata:Madrid 3ª ed.
- STEWART, J; HAFNER, R (1994). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3 Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España
- STIPCICH, .S. MOREIRA, M.A., CABALLERO, C (2004). Una interpretación de las opiniones de ingresantes a la universidad sobre la noción de interacción. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 3(1)*.

- STURMAN, A. (1998). Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 61-66.
- TALIM, S. L., OLIVEIRA, J. (2001). A conservação da corrente elétrica em circuitos simoles- a demonstracão de Ampère. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18(3), pp.376-380.
- TAYLOR S.J., BOGDAN.R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Paidós. Madrid
- TEIXEIRA, M. S.; MÜLLER, P(2002). Levitação magnética: uma aplicação do electromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 19(1), pp.115-120.
- TESCH R. (1990). En Rodríguez Gómez, G. Gil Flores, J. García Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Aljibe. Málaga.
- THAGARD. (1996). Modelos Mentales. En Moreira 1999. Texto de apoyo nº 8 Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana 1. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Alianza Universidad. Madrid.
- TSAI, C. (2003). Using a conflict map as an instructional tool to change student alternative conceptions in simple series electric-circuits. *International Journal of Science Education*. Vol 25 nº 3 Taiwan, pp.307-327.
- VARELA, M.; MARTINEZ, M. (1997). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: La resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las ciencias* 1997,15 (2), pp.173-188.
- VEGA, M de. (1984). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Alianza. Madrid, pp.562.
- VELAZCO, S.; SALINAS, J. (1999). Contribuciones de la historia de la Física a la enseñanza del electromagnetismo. *Memorias de la XI Reunión de Educación en Física*, pp.143.
- VELDHUIS, G. (1986). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España.
- VERA, E.; LEIVA, E. (2006). Contribución experimental para la enseñanza de la electrostática. *Revista Colombiana De Física*, 38 (1).

- VERGNAUD, G., HALWACHS, F., ROUCHIER, A. (1981). Estructura de la materia enseñada, historia de las ciencias y desarrollo conceptual del alumno. En Coll, C. (Ed) *Psicología genética y educación*. Oikos-Tau. Barcelona.
- VERGNAUD, G., RICCO, G. (s/d). Didáctica y Adquisición de Conceptos Matemáticos. Problemas y métodos. (trad. G Ricco. Centre d'Etude des Processus Cognitifs et du Langage y del Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques de la Université d'Orléans)
- VERGNAUD, G. (1982). A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. En Carpenter, T.P., Moser, J.M. y Romberg, T. (eds.), *Addition and subtraction: A cognitive perspective*, pp.9-24. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- VERGNAUD, G. (1983a). Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique. *La Londe les Maures*, Francia, 26 de junio a 13 de julio.
- VERGNAUD, G. (1983b). Multiplicative structures. In Lesh, R. and Landau, M. (Eds.) *Acquisition of Mathematic conceptions and processes*, (pp.127-174). Academy Press Inc. New York.
- VERGNAUD, G. (1987). Problem solving and concept development in the learning of mathematics. E.A.R.L.I. Second Meeting. Tübingen.
- VERGNAUD, G. (1988). Multiplicative structures. In Hiebert, H. and Behr, M. (Eds.). *Research Agenda in Mathematics Education. Number Concepts and Operations in the Middle Grades*. Lawrence Erlbaum. Hillsdale, N.Y., pp. 141-161.
- VERGNAUD, G. et al. (1990). Epistemology and psychology of mathematics education. In Nesher, P. & Kilpatrick, J. (Eds.) *Mathematics and cognition: A research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Cambridge University Press. Cambridge.
- VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23), pp. 133-170.
- VERGNAUD, G. (1991). Los problemas de tipo multiplicativo en el niño, las matemáticas y la realidad, Ed. Trillas. Buenos Aires, pp. 197-224.
- VERGNAUD, G. (1993). Teoria dos campos conceituais. In Nasser, L. (Ed.) *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro*, pp . 1-26.

- VERGNAUD, G. (1994). Multiplicative conceptual field: what and why? En Guershon, H. and Confrey, J. (Eds.), *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics* (pp. 41-59). State University of New York Press. Albany, N.Y.
- VERGNAUD, G. (1996a). Education: the best part of Piaget's heritage. *Swiss Journal of Psychology*, 55(2/3), pp. 112-118.
- VERGNAUD, G. (1996b). A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. *Revista de GEMPA*, Porto Alegre, 4, pp. 9-19.
- VERGNAUD, G. (1996c). Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica. *Perspectivas*, 26(10), pp.195-207.
- VERGNAUD, G. (1997) *Actividad y conocimiento operatorio en Coll, 1983. Psicología Genética y aprendizajes escolares*. Siglo XXI Editores. México.
- VERGNAUD, G.; RICCO, G. (1997). Didáctica y Adquisición de conceptos matemáticos. Problemas y métodos. *Revista Argentina de Educación*, AGCE.
- VERGNAUD, G. (1997). The nature of mathematical concepts. En Nunes, T., Bryant, P. (eds.) *Learning and teaching Mathematics. An international perspective*. Psychology Press. Sussex, pp. 5-28.
- VERGNAUD, G. (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2), pp.167-181.
- VIENNOT, L. (2002). *Razonar en Física. La contribución del sentido común*. Antonio Machado. Madrid.
- VIENNOT, L. et al. (2004). Designing Strategies and Tools for Teacher Training: The Role of Critical Details, Examples in Optics. *Science Education*, 89, pp. 13- 27.
- VIENNOT, L., RAINSON, S. (1992). Students' reasoning about the superposition of electric field. *International Journal of Science Education*, 14 (4); 475-487.
- VIENNOT, L.; RAINSON, S. (1999). Design and evaluation of research-based teaching sequence: the superposition of electric field. *International Journal of Science Education*, 21 (1), pp. 1-16.
- VIGOTSKY, L. (1986). *Langage et Pensée. Editions Sociales Messidor. Paris*. (Trad.: Juan D. Godino).
- VIGOTSKY, L. (1987). En Palacios, Marchesi y Coll (comp). *Desarrollo Psicológico y educación*. Alianza. Madrid.
- VIGOTSKY, L. (1995). *Pensamiento y Lenguaje*. Paidós. Barcelona
- VOSNIADOU, S. (1994) Capturing and modelling the process of conceptual change *Learning and Instruction* 4, pp. 45-69.

- VOSNIADOU, S., BREWER W.F. (1987). Theories of Knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, (I) 57, pp.51-67.
- VREMAN-DE OLDE, C; JONG, T. (2004). Student-generated assignments about electrical circuits in a computer simulation. *International Journal of Science Education*, vol. 26, Issue 7, pp.859-873.
- WARD, M; SWELLER, J. (1990). Investigaciones en Resolución de Problemas. En Gangoso, Z. (2000). Texto de apoyo nº 3. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. UFRGS. Porto Alegre, Brasil; Universidad de Burgos, España
- WELTI, R. (2005) Las cargas superficiales y el flujo de energía en un circuito simple. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 27(4), pp.577-582.
- WILLIS, P. (1980). Notas sobre el método. En Hall, S. et al. (eds.): *Culture, Media Language*; Hutchinson; London; (Trad. G. López)
- WILSON, S. (1977). En Sturman, A .1998. Case Study Methods, en Keeves, J. *Educational Research Methodology, and Measurement: An International Handbook*. 2nd.ed. Oxford, Pergamon, Press. Australia, pp. 65.
- WITKIN et al. (1971) .La resolución de problemas: Una revisión estructurada. En Perales Palacios, FJ .1993. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp.170-178.
- WOLCOTT, H. (1988). Ethnographic research in education. In R. M. Jaeger (Ed.), *Complementary methods for research in education* , pp. 187-249. Washington, DC: American Educational Research Association
- XAVIER, J., C, HAUGONTÉ, A y CAMPOS A. (2003). Microamperímetro y miliamperímetro en un mismo instrumento. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física.*, 20(1), pp.123-128.
- ZACHARIAS, Z.; C. (2005). The Impact of Interactive Computer Simulations On The Natura And Quality Of Potgraduate Science Teachers 'Explanations in Physics. *International Journal of Science Education*, 27(14), pp. 1741-1767.
- ZUBIMENDI, J.; CEBERIO, M. (2005). Los procesos de carga eléctrica de cuerpos como instrumento de evaluación en el aprendizaje de la electricidad en estudiantes universitarios. *Enseñanza de las Ciencias, número extra VII Congreso Internacional Enseñanza de las Ciencias.*



# ANEXOS







# ANEXO I

## I. Protocolo del cuestionario inicial

**PT-** Como Ud. ya conoce, la cátedra estudia la manera de hacer más fácil y productivo el aprendizaje de la Física, para ello se diseñaron un conjunto de situaciones y cuestiones que se presentan a continuación. Por favor resuelva cada ítem pensando muy bien sus respuestas. Agradeceremos se concentre seriamente en el trabajo y fundamente con cuidado cada respuesta. Muchas gracias.

Apellido y nombre

Fecha / /

### Observaciones:

Indique el motivo por el cual no responde alguna de las cuestiones: ejemplo: porque no conoce los conceptos. Si necesita ampliar la información que se solicita en los casilleros coloque una llamada y escriba al dorso de la hoja

Responda por favor: ¿cuál es el libro del nivel Polimodal que usaba preferentemente para estudiar estos temas? ¿y ahora qué libros utiliza?

### Situación 1

A continuación se presentan cuatro situaciones físicas diferentes

I. En el primer caso, al aproximar una barra electrizada a una esfera de aluminio suspendida de un hilo, se observa que ésta se separa de su posición vertical.

II. En el segundo caso se observa algo similar con una hoja de afeitar cuando un imán se acerca a la misma. ¿Por qué cree que tanto la esfera como la hoja de afeitar se alejan de su posición de equilibrio?

III. En el tercer caso, se observa la misma barra electrizada del primer caso pero ahora “toca” a una esfera de aluminio. ¿Cuál es la diferencia con el caso I y por qué cree que la esfera de aluminio queda “pegada”, por un instante a la varilla?

IV. Observe con cuidado el cuarto caso, ¿porqué los trocitos de papel quedan adheridos a una lapicera previamente frotada con un paño de lana?

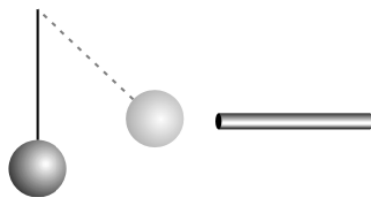
a) Identifique el tipo de interacción para:

Casos primero y tercero: la esfera y la barra – Caso segundo: el imán y la hoja de afeitar – Caso cuarto -la birome y los trozos de papel Para ello coloque una (X), según corresponda, en la tabla que figura debajo de las dibujos

b) Represente gráficamente, las fuerzas actuantes- si las hubiera- en cada caso, en el casillero correspondiente de la tabla

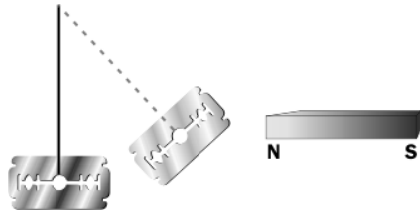
c) Incluya sus explicaciones en la última columna de la tabla.

I)



Esfera de aluminio Barra electrizada

II)



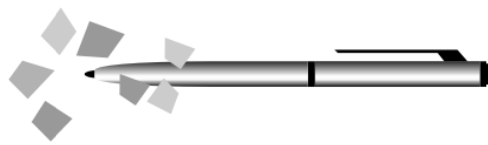
Hoja de afeitar<sup>57</sup>

III)



Esfera de aluminio Barra electrizada

IV)



Trozos de papel Bolígrafo frotado

Caso	Tipo de Interacción				Representación gráfica de la fuerza	Explicación
	i) a distancia	ii) de contacto	iii) Fuerza Electrostática	iv) Fuerza magnética		
I						
II						
III						
IV						

## Situación 2

Si se deposita con cuidado una aguja imantada sobre la superficie del agua contenida en un vaso, la aguja se mantiene en la superficie, y guarda siempre la misma orientación geográfica aunque se gire el recipiente.

a) Explique por qué ocurre este fenómeno.

b) Si al orientarse la aguja ésta gira, hay un movimiento de rotación ¿cuáles de las siguientes magnitudes crees que varían y por qué? Señale con una X, aquella que considere correcta y explique su razonamiento.

<sup>57</sup> El término “hoja de afeitar” es usado indistintamente en este trabajo como “gillete” marca de uso popular.

Magnitudes	Explicación
Velocidad	
El campo magnético de la brújula	
La energía	
Otras ¿cuáles?	

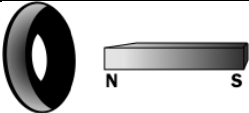
### Situación 3

Se coloca un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula corriente y que atraviesa en forma perpendicular al plano sobre el cual se apoya el imán. Entre el imán y el cable se produce una interacción electromagnética. Por ejemplo, el imán puede tender a girar, en sentido horario u antihorario de acuerdo con el sentido de circulación de corriente por el cable conductor.

I) Dibuje la situación en el casillero en blanco de la izquierda. II) Represente en el dibujo, las interacciones presentes. III) Indicar si la afirmación es verdadera (V) o falsa (F) y fundamente en el casillero derecho sus respuestas		Fundamentación
	a) En el imán hay líneas de campo magnético	
	b) Si se cambia la orientación del imán acercando el polo sur al cable, el sentido de las líneas de campo magnético de la corriente se invierte	
	c) El cable conductor por el que circula corriente produce un campo magnético	
	d) El imán ejerce una fuerza de atracción sobre el cable	
	e) Si se cambia la orientación del imán colocando el polo sur más cerca del cable conductor, el cable será rechazado	

### Situación 4

Imagine que el imán de la figura está inicialmente fijo y comienza a acercarse a la espira de cobre que está a su izquierda. Al llegar a la misma se detiene y después de un tiempo comienza a alejarse hacia la derecha, ¿circulará corriente en la espira?

Analice cada uno de los siguientes casos, indique si la afirmación es verdadera (V) o falsa (F) y explique con cuidado su razonamiento			
	a) Justo después de que el imán inicie su movimiento, una corriente circulará por la espira	b) Un largo tiempo después de que el imán se haya detenido, la corriente seguirá circulando	c) Justo después de que el imán comience a alejarse, no circula ninguna corriente en la espira
<b>Explicaciones</b>			

### Situación 5

Explique cómo se produce energía hidroeléctrica en nuestra región. Tome el ejemplo de cualquiera de los diques que conoce y realice un croquis explicativo. ¿Tiene este recurso alguna relación con los fenómenos electromagnéticos? Explique su argumento con detalle.

**Actividad complementaria 1: Resuelva**

Si está en su casa mirando TV y tiene un imán de los que se usan para adherir adornos o propagandas en la heladera, ¿qué espera que ocurra al acercar el imán a la pantalla de un televisor en forma perpendicular a la misma? Describa y explique su razonamiento. Represente gráficamente las interacciones que considere presentes.

Descripción	Explicación	Representación gráfica

**Actividad complementaria 2:** Explique, con sus palabras, qué es la inducción electromagnética. Para apoyar su explicación utilice dibujos, gráficos, fórmulas, etc.

# ANEXO II

## II. Protocolo del cuestionario de integración o final

*Agradeceremos se concentre seriamente en el trabajo y fundamente con cuidado cada respuesta.*

**Apellido y Nombre:**

**Fecha:**

*Si no responde las cuestiones, indique si es porque no conoce los conceptos.*

Señale por favor, la bibliografía por la que estudió los temas de Física II relacionados con la Inducción Electromagnética:

Indique con una X, si ha utilizado alguno de los siguientes recursos para la preparación de esta temática

Serway VII		Gettys, Skove y Keller		simulador
Sears Young Freeman		Apuntes y guías de clase		Internet
Resnik-Halliday		Sears Zemansky		Otro ¿cuál?

### Situación 1

A continuación, se presentan cuatro situaciones físicas diferentes

I. En el primer caso, al aproximar una barra electrizada a una esfera de aluminio suspendida de un hilo, se observa que ésta se separa de su posición vertical.

II. En el segundo caso se observa algo similar con una hoja de afeitar cuando un imán se acerca a la misma. ¿Por qué cree que tanto la esfera como la hoja de afeitar se alejan de su posición de su posición de equilibrio?

III. En el tercer caso, se observa la misma barra electrizada del primer caso pero ahora “toca” a una esfera de aluminio. ¿Cuál es la diferencia con el caso I y por qué cree que la esfera de aluminio queda “pegada”, por un instante a la varilla?

IV. Observe con cuidado el cuarto caso, ¿porqué los trocitos de papel quedan adheridos a una lapicera previamente frotada con un paño de lana?

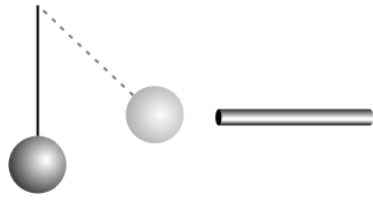
a) Identifique el tipo de interacción para

Casos I y III: la esfera y la barra - Caso II: el imán y la hoja de afeitar – Caso IV la birome y los papeles Para ello coloque una (X), según corresponda, en la tabla que figura debajo de los dibujos.

b) Represente gráficamente, las fuerzas actuantes- si las hubiera- en cada caso, en el casillero correspondiente de la tabla

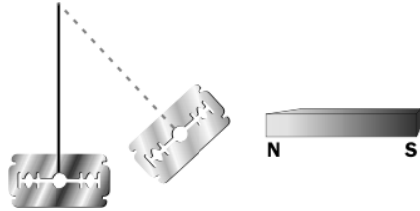
c) Incluya sus explicaciones en la última columna de la tabla.

D)



Esfera de aluminio Barra electrizada

II)



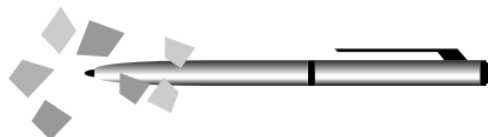
Hoja de afeitarse

III)



Esfera de aluminio Barra electrizada

IV)



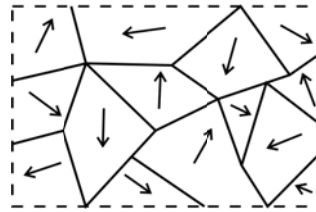
Trozos de papel Bolígrafo frotado

Caso	Tipo de Interacción					Representación gráfica de la fuerza	Explicación
	i) a distancia	ii) de contacto	iii) Fuerza Electrostática	iv) Fuerza magnética	v) Fuerza electromagnética		
I							
II							
III							
IV							

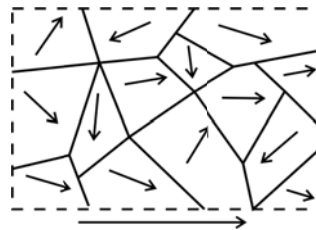
### Situación 2

a) ¿Conoce algún material de uso cotidiano que presente la configuración que se ilustra en las siguientes figuras?

b) ¿Qué representan las flechas?



c) ¿Por qué cambia la orientación de las flechas al ser colocado el material entre los polos de un imán?



Dirección del campo B

### Situación 3

Se coloca un imán sobre un plano, cerca de un cable que forma parte de un circuito, por el que circula corriente y que atraviesa en forma perpendicular al plano sobre el cual se apoya el imán. Entre el imán y el cable se produce una interacción electromagnética. Por ejemplo, el imán puede tender a girar, en sentido horario u antihorario de acuerdo al sentido de circulación de corriente por el cable conductor.

I ) Dibuje la situación en el casillero de la izquierda. II) Represente en el dibujo, las interacciones presentes. III) si la afirmación es V o F y fundamente en el casillero derecho sus respuestas	<b>Fundamentación</b>
	f) En el imán hay líneas de campo magnético
	g) Si se cambia la orientación del imán acercando el polo sur al cable, el sentido de las líneas de campo magnético de la corriente se invierte
	h) El cable conductor por el que circula corriente produce un campo magnético
	i) El imán ejerce una fuerza de atracción sobre el cable
	j) Si se cambia la orientación del imán colocando el polo sur más cerca del cable conductor, el cable será rechazado

**Situación 4**

<p>Las cinco espiras de la gráfica 1 del cuadro a la derecha, están hechas de cable de cobre del mismo calibre (área de la sección transversal). Las espiras 1-&gt;4 son idénticas; la espira 5 tiene la misma altura que las otras pero es mas larga. En el instante mostrado, todas las espiras se mueven a la misma velocidad en las direcciones y sentidos indicados. En la región I, hay un campo magnético uniforme saliente de la hoja. En la Región II, no hay campo magnético. Ignore cualquier interacción entre las espiras</p> <p>a) para cada espira que tenga una corriente inducida indique en la gráfica el sentido de la misma</p> <p>b) Ordene de mayor a menor el valor de la fem de las espiras y explique en el cuadro que sigue su razonamiento</p>	<p style="text-align: center;"><b>Grafica 1</b></p> <p style="text-align: center;">Región I                      Región II</p>
<p>c) <b>Explicación</b></p>	

**Situación 5**

Imagine que en la figura que sigue, el objeto de la derecha (solenoides) está fijo y el interruptor del circuito está abierto.



**Cuestión 1:** Suponga ahora que cierra el circuito ¿circulará corriente en la espira conductora de la izquierda?

**Cuestión 2:** Analice cada uno de los siguientes casos, indique si la afirmación es V o F en el casillero central de la tabla que sigue y explique con cuidado su razonamiento

Opciones	Explicación
a) Justo después de cerrar el interruptor, una corriente circulará por el solenoide y por la espira	
b) Un largo tiempo después de cerrado el interruptor, sólo habrá corriente en el solenoide	



c) Justo después de reabrir el circuito, no circula ninguna corriente en el solenoide y en la espira	
d) un largo tiempo después de reabrir el circuito, no circula ninguna corriente en el solenoide y en la espira	
e) otra	

**Cuestión 3:**

Si consideró que en alguno de los casos habría una corriente inducida, suponga que el plano de la espira es perpendicular al plano de la hoja. Si se ubica entre el solenoide y la espira ¿cuál será el sentido de la corriente que circula por la espira conductora? Señale en el diagrama, el sentido de la corriente que considere correcto. Coloque una V o F según corresponda e indique el caso que el esquema ilustra.

a)El sentido de la corriente en la espira es horario	b)El sentido de la corriente es antihorario
--	---

**Situación 6**

Un transformador, como el que se usa en una afeitadora eléctrica, está compuesto por un par de bobinas devanadas en un núcleo de hierro. Cuando se aplica una diferencia de potencial de CA “ $V_1$ ”, a un devanado, llamado “primario”, las líneas de campo magnético atraviesan el otro, llamado “secundario” e inducen una fem “ $V_2$ ”. Modificando el número de vueltas en cada bobina, se puede aumentar o disminuir la tensión de salida en el secundario respecto del primario. Este sistema no funciona en corriente continua. Si se aplica una diferencia de potencial continua en el primario, esta bobina puede sobrecalentarse y quemarse.

¿Por qué cree que ocurre este fenómeno? Explique con cuidado su razonamiento y fundamente teóricamente.

	<p><b>Explicación</b></p>
--	---------------------------

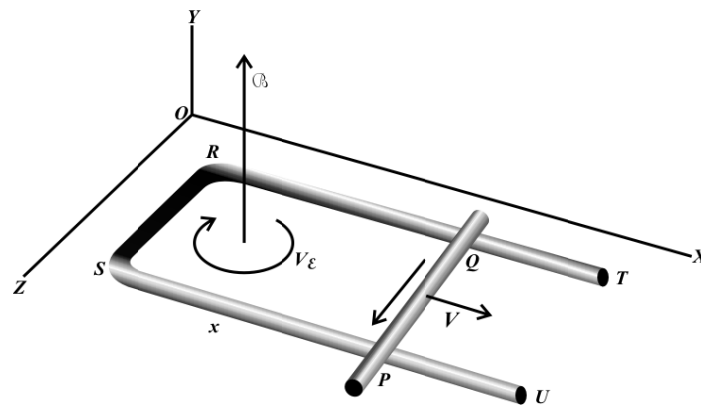
### Actividad Complementaria Final 1

Si está en su casa mirando TV y tiene un imán de los que se usan para adherir adornos o propagandas en la heladera, ¿qué espera que ocurra al acercar el imán a la pantalla de un televisor en forma perpendicular a la misma? Describa y explique su razonamiento. Represente gráficamente las interacciones que considere presentes.

Descripción	Explicación	Representación gráfica

### Actividad Complementaria Final 2

En el siguiente caso encontrará un circuito ideal de barra deslizante, ubicado dentro de un campo magnético perpendicular, en la dirección y sentido del eje “y”. La barra se puede mover a la derecha. a) ¿Qué puede afirmar respecto a las interacciones que se producen? b) Suponiendo que en el circuito se induce una corriente, indique el sentido de circulación de corriente que considera adecuado. ¿Qué ocurriría si la corriente circulara en sentido contrario? Explique.



## ANEXO III

### Tabulación Cuestionarios

1-Los criterios empleados para la asignación de puntaje pueden consultarse en el capítulo 3, apartado 3.15.

...**Tabla 44.** Guía de tabulación cuestionario diagnóstico inicial

<b>Subtest 1- Interacciones Electromagnéticas</b>	<b>Puntaje por ítem</b>	<b>Número de ítems</b>	<b>Puntaje mínimo</b>	<b>Puntaje máximo</b>
Situación 1				
1. De contacto o a distancia 2. Según fuentes 3. Representaciones Gráficas 4. Descripción	25	4	0	100
Subtest Interacciones Electromagnéticas	Total	4	0	100

<b>Subtest 2-Campo Magnético</b>	<b>Puntaje por ítem</b>	<b>Número de ítems</b>	<b>Puntaje mínimo</b>	<b>Puntaje máximo</b>
Situación 2: Fuentes Naturales de Campo magnético				
1. Fundamentación 2. Explicación 3. Interpretación	15 15 10	3	0 0	40
Situación 3 (a-c)				
1. Interpretación 2. Fundamentación 3. Representaciones	20 30 10	3	0 0	60
Subtest Campo magnético	Total	6	0	100

<b>Subtest 3-Inducción Electromagnética</b>	<b>Puntaje por ítem</b>	<b>Número de ítems</b>	<b>Puntaje mínimo</b>	<b>Puntaje máximo</b>
Situación 4				
1. Representación pictóricas y simbólicas. 2. Interpretación 3. Fundamentación	20 20 30	3	0	70
Situación 5				
1. Representación pictóricas y simbólicas. 2. Fundamentación	15 15	2	0	30

Subtest Inducción electromagnética	Total	5	0	100
------------------------------------	-------	---	---	-----

<b>Subtest 4-Interacción Electromagnética</b>	<b>Puntaje por ítem</b>	<b>Número de ítems</b>	<b>Puntaje mínimo</b>	<b>Puntaje máximo</b>
Situación 3(b-d-e)				
1. Interpretación	10	3	0	100
2. Fundamentación	45			
3. Representaciones pictóricas y simbólicas.	45			
Subtest Interacción electromagnética II	Total	3	0	100

**Tabla 45.** Guía de tabulación cuestionario diagnóstico final

<b>Subtest1-Interacciones electromagnéticas</b>	<b>Puntaje por ítem</b>	<b>Número de ítem</b>	<b>Puntaje mínimo</b>	<b>Puntaje máximo</b>
Situación 1				
De contacto o a distancia.	25	4	0	100
1. Según fuentes.	25			
2. Representaciones gráficas.	25			
3. Descripción.	25			
Subtest A:Interacciones Electromagnéticas	Total	4	0	100

<b>Subtest2-Campo Magnético.</b>	<b>Puntaje por ítem</b>	<b>Número de ítem</b>	<b>Puntaje mínimo</b>	<b>Puntaje máximo</b>
<b>Situación 1</b>				
1. Fuentes naturales de campo.	30	3	0	100
2. Descripción.	30			
3. Fundamentación.	40			
Subtest: Campo Magnético	Total	3	0	100

<b>Subtest 3-Inducción Electromagnética</b>	<b>Puntaje por ítem</b>	<b>Número de ítem</b>	<b>Puntaje mínimo</b>	<b>Puntaje máximo</b>
<i>Situación 2: cinco espiras en movimiento dentro de un B</i>				
1. Representación pictóricas y simbólicas.	5	3	0	15
2. Ordenamiento	5			
3. Fundamentación	5			
<b>Situación 3</b>				
1. Representación pictórica y simbólica.	20	3	0	70
2. Interpretación inducción.	20			
3. Fundamentación	30			
<b>Situación 5</b>				
1. Fundamentación.	15	1	0	15
Subtest Inducción electromagnética	Total	7	0	100

<b>Subtest 4-Interacción Electromagnética</b>	<b>Puntaje por ítem</b>	<b>Número de ítem</b>	<b>Puntaje mínimo</b>	<b>Puntaje máximo</b>
Situación 1- 3(b-d-e)				
1. Representación pictórica y simbólica	30	4	0	100
2. Interpretación.	10			
3. Explicación/ Fundamentación	40			
4. Descripción.	20			
Subtest Interacción electromagnética II	Total	4	0	100

## **ANEXO IV**

# **MAGNETISMO & ELECTROMAGNETISMO**

## **GUIA DE ACTIVIDADES**

▼ Al finalizar esta unidad temática deberá ser capaz de

- Describir interacciones electromagnéticas mediante expresiones lingüísticas, geométricas, gráficas y formales según su fuente y la distancia entre las mismas.
- Conocer y explicar interacciones entre campos magnéticos mediante el reconocimiento de las transformaciones cinemáticas y energéticas de los objetos que interactúan
- Conocer el campo magnético de campos y corrientes identificando fuentes, describiéndolo simbólicamente e interpretando el contenido de las distintas expresiones simbólicas.
- Analizar la presencia de una corriente inducida en la espira conductora según el movimiento de un imán coaxial con la espira, identificando el sentido de corriente y relacionando expresiones gráficas y lingüísticas.
- Conocer aplicaciones CTS de la inducción electromagnética que contextualicen el modelo teórico y les permita a los futuros ingenieros interactuar con su realidad inmediata

*Por ahora vayamos paso a paso. Luego de una breve introducción, encontrará un conjunto de situaciones que deberá resolver primero en forma individual y entregar al profesor. Luego trabajará las mismas actividades en forma grupal. Posteriormente presentará los resultados del grupo, a la clase. El profesor aclarará los conceptos que crea necesario y luego podrá realizar un nuevo conjunto de actividades. Al final de cada eje encontrará una guía de autoevaluación del nivel de logro de los objetivos propuestos.*

*En todos los casos puede consultar la bibliografía sugerida por la cátedra o Internet*

*ELECTROMAGNETISMO constituye el marco teórico para el análisis de los fenómenos magnéticos.*

*Resaltaremos que una **corriente eléctrica** va siempre acompañada de **fenómenos magnéticos**.*

*Este efecto de las corrientes eléctricas, desempeñan una función importante en casi todos los aparatos y máquinas eléctricas; por ejemplo en un **transformador**.*

Desde el estudio de los imanes, hasta la generación de energía hidroeléctrica, el espectro de aplicación es muy grande.

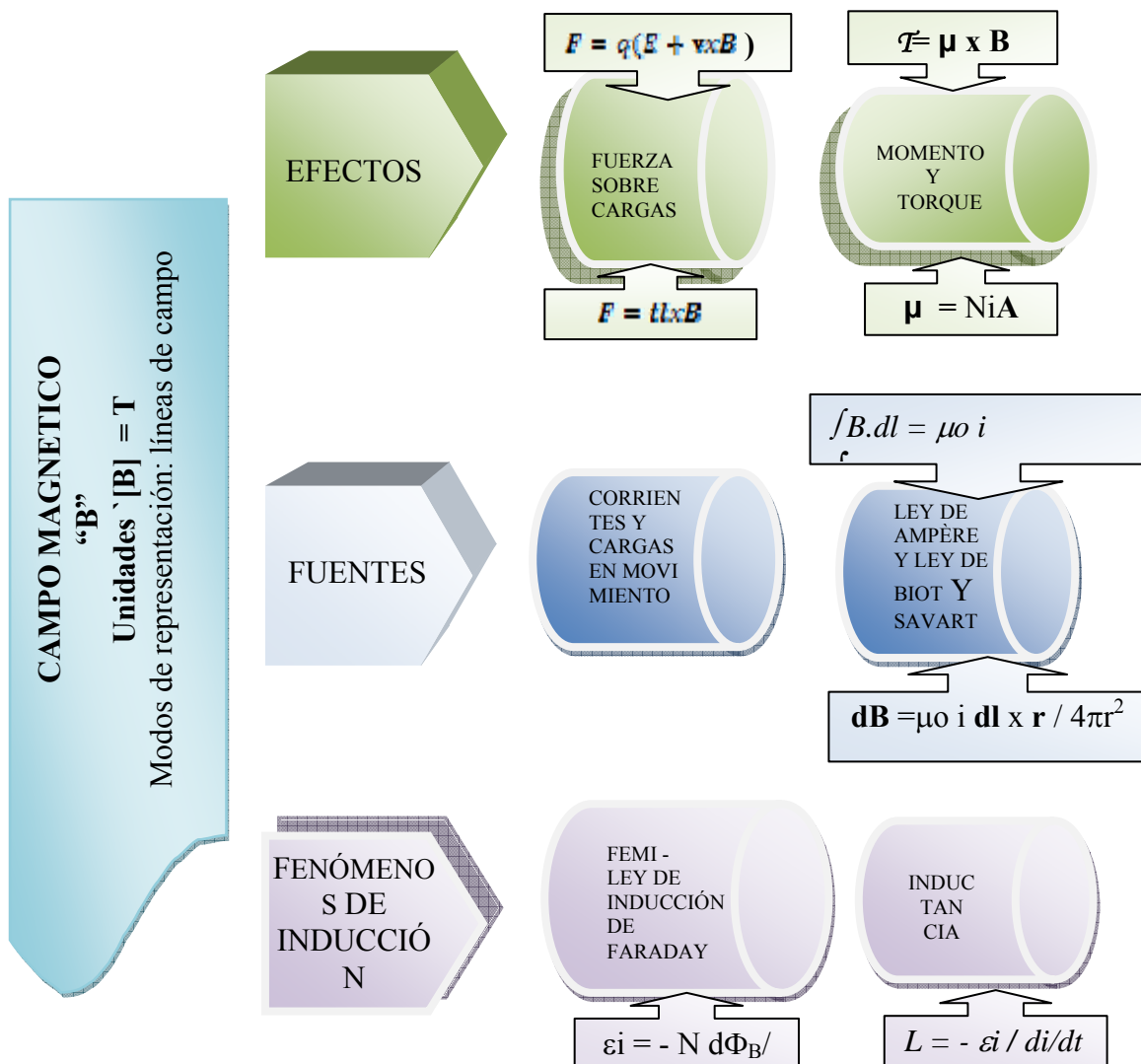
Bajo este marco se amplía y profundiza también el concepto de energía, a través de la definición de una nueva forma de energía: **ENERGIA ELECTROMAGNÉTICA**.

Asimismo el electromagnetismo ofrece alternativas permanentes de producción y desarrollo técnicos y económicos, en todo proceso industrial.

Revisemos como enfoca el magnetismo el análisis de los problemas planteados. Para facilitar lo abordaremos el problema desde distintos ángulos de vista. Primero conoceremos qué es lo que produce el magnetismo.

A continuación analizaremos los efectos que produce un campo magnético, es decir cuáles son las interacciones que manifiestan la presencia de un campo magnético. Luego nos preguntaremos con mayor profundidad sobre las fuentes de campo magnético; qué es lo que produce un campo magnético y luego veremos una característica muy especial y de gran aplicación: el concepto de “flujo magnético” y los fenómenos de “inducción electromagnética”.

En términos generales podríamos esquematizar nuestro estudio según:





## MAGNETISMO – GUÍA 1-

### Situación Preliminar:

**C.1.** A continuación se presenta un video sobre estos temas. Preste atención especialmente a aquellos fenómenos que generan magnetismo y a los diversos efectos que son consecuencia de las diversas interacciones electromagnéticas.

**C.2. a)** Encontrará tres grupos de conceptos. Seleccione aquel grupo que considere que mejor representa la forma de obtener fenómenos magnéticos. Marque con una X el casillero correspondiente **b)** Explique su razonamiento. Puede para ello utilizar dibujos y esquemas.

	Grupo	Explicación
1	brújula, espira de corriente, imán	
2	corrientes, imanes, cargas	
3	metales, imanes, corrientes	

**C.3.** Suponga un imán en forma de barra. Dibuje las líneas de campo magnético dentro y fuera del imán

### Trabaje en forma individual

#### S.1. La corriente como un imán.

*Oersted descubrió la relación que existe entre la electricidad y el magnetismo al darse cuenta que la aguja de una brújula se desviaba de su posición original mientras hacía una demostración a sus alumnos en su cátedra de física de la Universidad de Copenhague en Dinamarca.*

**C.1.** ¿Cuál fue la experiencia? ¿Qué observó Oersted? Describa la experiencia y realice un dibujo que la represente. ¿Cómo es el campo magnético en torno al conductor? Compare esta observación con el campo magnético de los imanes.

**C.2.** Dibuje el campo magnético que produce una espira de corriente.

#### S.2. El momento magnético

*Los electrones y muchos núcleos atómicos tienen **momentos magnéticos intrínsecos**, cuya explicación requiere tratamiento mecanocuántico y que se relaciona con el momento angular de las partículas. Son estos*

*momentos magnéticos intrínsecos los que dan lugar a efectos macroscópicos de magnetismo, y a otros fenómenos como la resonancia magnética nuclear. Sin embargo, también es posible realizar un modelo clásico de estos fenómenos, si asocia a la corriente en una espira por ejemplo, el movimiento de una partícula cargada como el electrón en el átomo de Hidrógeno. En la siguiente tabla encontrará el momento magnético de algunas partículas.*<sup>58</sup>

Momento magnético $\mu$ de algunas partículas elementales		
Partícula elemental	Símbolo	$\mu / (\text{JT}^{-1})$
<a href="#">Electrón</a>	$\mu_e$	$-9,284.764.12 (80) \times 10^{-24}$
<a href="#">Protón</a>	$\mu_p$	$1,410.606.71 (12) \times 10^{-26}$
<a href="#">Neutrón</a>	$\mu_N$	$-0,966.236.45 (24) \times 10^{-27}$

**C.1.** ¿En qué unidades se mide el momento magnético del electrón? Especifique. ¿Cómo se relaciona este momento magnético, con la estructura interna de los materiales ferromagnéticos? Puede consultar en la bibliografía o en internet

**C.2.** Describa el tipo de material con el que se fabrican habitualmente los imanes. Realice un croquis de su estructura interna

**C.3.** ¿Cuál sería el imán más pequeño? ¿Cuál es el campo magnético que produce? ¿Puede identificar un polo norte y un polo sur para este imán? Explique.

**C.4.** Relacione el campo magnético de una espira con el momento magnético de un electrón

**C.5.** ¿Cómo podría fabricar un imán? Explique.

### S.3.Sobre materiales magnéticos

**C.1.** Clasifique en tres grupos los siguientes materiales según el tipo de interacción entre ellos: Imanes, metales, plástico, vidrio, corcho, madera *cerámicos*

**C. 2.** Complete la siguiente tabla\* con una o dos palabras describiendo la interacción entre los miembros de dos diferentes categorías

	Categoría 1	Categoría2	Categoría 3
Categoría 1			
Categoría 2			
Categoría 3			

**C.3.** ¿Colocó todos los metales en la misma categoría? ¿y los imanes? ¿A qué categoría considera que pertenecen? ¿Todos los objetos de esa categoría son imanes?

### S.4.Comparar Interacciones

<sup>58</sup> [http://encyclopedie-es.snyke.com/articles/momento\\_magnetico.html](http://encyclopedie-es.snyke.com/articles/momento_magnetico.html)

McDermott, L. y otros. 2001.

C.1. Describa cómo usaría una esfera de telgopor descargada colgando de un hilo, para averiguar si otro cuerpo está cargado.

C.2. ¿Qué ocurre si se acerca a la esfera, un imán?

C.3. ¿Qué sucede cuando se acerca el otro polo del imán? Explique

C.4. ¿Existe carga neta en algunos de los polos del imán? Explique

### S.5. Interacciones Eléctricas y Magnéticas:

Explique lo que piensa sobre lo que ocurrirá en cada situación y porqué. Observe la siguiente situación:

*“Clip suspendido por un hilo, dentro de un vaso de aluminio”.*

C.1. ¿Qué supone que le pasará al clip dentro del vaso de aluminio, cuando se le acerque una varilla cargada? Dibuje la situación.

C.2. ¿Y si se saca el clip del vaso y se le acerca una varilla cargada?

C.3. ¿Qué le ocurre al clip dentro del vaso de aluminio si se acerca un imán norte – sur?

C.4. ¿Qué puede afirmar sobre las interacciones eléctricas y magnéticas? Compare las interacciones eléctricas con las magnéticas. Señale en que se parecen y en que se diferencian.

### Trabaje en forma grupal (pequeño grupo)

- Analice las distintas situaciones presentadas y efectúe un estudio comparativo de sus respuestas. ¿cuáles son sus conclusiones?
- Compruebe experimentalmente las respuestas de la situaciones 4 y 5 y contraste sus conclusiones. Para ello construya un vaso con papel de aluminio y proceda.
- Sintetice el trabajo grupal en una transparencia o afiche para ser presentado al grupo clase

### Plenario (GC: grupo clase)

### S.6. Interacciones de cargas y corrientes en campos magnéticos

C.1. Recuerde en el video la siguiente situación:

*“un haz de partículas con carga negativa “q” moviéndose según una trayectoria rectilínea, son desviadas en una trayectoria curva, cuando, un imán se acerca al haz. (Deflexión magnética)”*

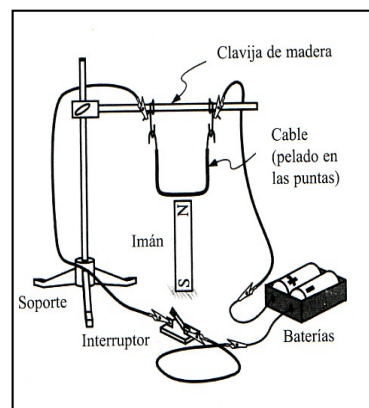
Represente la situación gráficamente y explique porqué cree que las partículas siguen ese camino.

**C.2. Contraste su explicación con la que encuentra en la bibliografía (movimiento de cargas en campos magnéticos)**

**C.3.** Hemos visto que el campo eléctrico, produce una aceleración de las partículas cargadas, por lo tanto una variación de su energía cinética. ¿Ocurre lo mismo en el campo magnético? Realice un croquis que represente este hecho y argumente su respuesta

**C.4.** Describa un espectrómetro de masas. Realice un croquis. ¿Cuáles son los principios físicos que están sobre la base de su funcionamiento? Identifique los conceptos más relevantes.

**C.5.** Un conductor por el que circula una corriente  $I$  se sitúa en las proximidades de un imán, como se indica en la figura\*.  
a) Dibuje las líneas de campo dentro y fuera del imán  
b) ¿cuál será la fuerza ejercida por el imán? Represente gráficamente y explique su razonamiento  
c) ¿cómo relaciona esta situación con la experiencia de Oersted? ¿Sería posible identificar el campo magnético que produce el hilo? Fundamente sus respuestas



**S.7. Rotaciones. Otra forma de interaccionar!!!**

*Habrás observado la rotación de un imán suspendido de un hilo, el que tiende a orientarse según el campo magnético terrestre. En forma análoga, un campo magnético puede ejercer un momento –torque- sobre un lazo de corriente o espira de corriente. Los instrumentos de medición de electricidad y motores operan a partir de la rotación de una espira de corriente en un campo magnético*

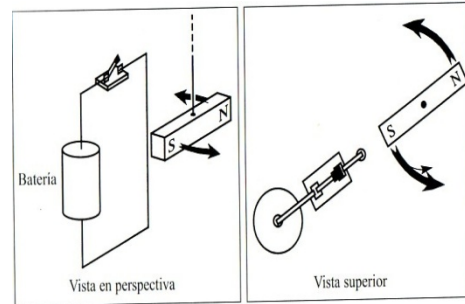
**C.1.** ¿Por qué cree que una espira de corriente puede rotar cuando se la coloca en un campo magnético? Represente gráficamente y explique su razonamiento.

**C.2.** Consulte la bibliografía o internet y: a) **Describa** este tipo de interacción. Analice el momento torsor en una espira rectangular. b) **Realice** un croquis que represente las magnitudes intervinientes.

**C.3.** Explique el funcionamiento de un **galvanómetro** ¿cuáles son los principios físicos en los que se fundamenta su funcionamiento? Realice un dibujo del mismo.

C.4. ¿Qué espera que ocurra entre el hilo más cerca del imán y el imán?

Describa y explique su razonamiento



### Trabaje en forma grupal

- Analice las distintas situaciones presentadas y efectúe un estudio comparativo de sus respuestas. ¿cuáles son sus conclusiones?
  - ¿Cómo organizan la información elaborada?
- a) Seleccione el grupo de conceptos que a su entender mejor representan los temas estudiados hasta aquí. b) Explique por qué selecciona ese grupo.  
 c) Construya frases (proposiciones) que expresen la relación entre los conceptos incluidos en el grupo que seleccionó. Ejemplo: “*Campo magnético ejerce una Fuerza magnética sobre una carga en movimiento*”
- G1:** fuerza, corrientes, imanes, cargas en movimiento, momento, campo magnético  
**G2:** fuerza magnética, momento tursor, cargas, momento magnético,  
**G3:** corrientes, fuerza magnética, momento tursor, momento magnético, cargas, campo magnético
- **Sintetice** el trabajo grupal en una transparencia o afiche para ser presentado al grupo clase

Recuerde que puede consultar la bibliografía recomendada o Internet

### Plenario –GC-

**Actividad de ejercitación:** La práctica hace al maestro ( ¡y también al ingeniero!)<sup>59</sup>

*Resuelva:*

**P.1.** Un proyectil cargado se mueve con una velocidad  $v$  a lo largo de una dirección. Entra a una región donde existe un campo magnético  $B$ , dirigido de tal manera que forma un ángulo  $\beta$  con esa dirección.

- Realice un esquema gráfico de las distintas posibilidades
- ¿Cuál será la fuerza magnética que experimenta?
- Si el movimiento del proyectil es acelerado, determine su aceleración.

<sup>59</sup> Los ejercicios y problemas sugeridos puede encontrarlos en la bibliografía de cátedra.

I) Si la partícula es un protón cuya dirección es la del eje “x” y el módulo de su velocidad es  $8000 \text{ Km/s}$ , y  $B= 2.5\text{T}$  y  $\beta= 0; 60$  y  $90^\circ$  (Rta: para  $\beta= 60^\circ$ ,  $F= 2.77 \times 10^{-12} \text{ N}$ ;  $a= 1.66 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$ )

II) Una partícula alfa (núcleo de un átomo de helio) se mueve hacia el norte con una velocidad de  $3.8 \times 10^5 \text{ m/s}$  en una región donde el campo magnético es  $1.9 \text{ T}$  y está apuntando horizontalmente hacia el este. Realiza un esquema gráfico de la situación. ¿Cuál es la magnitud y la dirección de la fuerza magnética sobre la partícula alfa? (Rta:  $2.31 \times 10^{-13} \text{ N}$ )

III) Diseñe una situación donde el movimiento de la partícula sea circular y estime el valor del radio de la órbita. ¿Cuál sería la energía cinética máxima para el proyectil del ejercicio I?

IV) En un experimento diseñado para medir la intensidad de un campo magnético producido por un conjunto de bobinas, los electrones son acelerados desde el reposo a través de una ddp de  $350\text{V}$ , y se encuentra que el radio del haz asociado con los electrones es de  $7.5\text{cm}$ . Suponiendo que el campo magnético es perpendicular al haz,

a) ¿Cuál es la magnitud del campo?

b) ¿Cuál es la frecuencia angular de revolución de los electrones?

c) ¿Cuál es el período de revolución de los electrones? ( Rta:  $B= 8.43 \times 10^{-4} \text{ T}$ ;  $\omega= 148 \text{ Mhz}$ ;  $T= 6.76 \text{ ns}$ )

V) Considere un espectrómetro de masas. El campo eléctrico entre las placas del selector de velocidades es de  $950 \text{ V/m}$  y el campo magnético tanto en el selector de velocidades como en la cámara de desviación tiene una magnitud de  $0.93 \text{ T}$ . Calcule el radio de la trayectoria en el sistema para un ión simplemente cargado con masa  $m= 2.18 \times 10^{-26} \text{ Kg}$ . ( Rta:  $R=150 \mu \text{ m}$ ) (Consulta *el en Pág 835 Serway*)

**P.2.** Un alambre forma un circuito cerrado y lleva una corriente  $I$ . El circuito está en el plano  $xy$ , y un campo magnético uniforme está presente a lo largo del eje  $y$  positivo.

I) Encuentre la fuerza magnética sobre cada lado de la espira, suponiéndola cuadrada y de lado “ $l$ ”

II) ¿Cuál es el momento magnético  $\mathbf{m}$  de la espira?

III). Si el campo magnético formara un ángulo  $\theta$  con  $\mathbf{m}$  cual es el efecto que causaría sobre la espira para  $0; 45; 60$  y  $90^\circ$ ?

IV). Calcule el torque de una bobina de dimensiones  $5.4\text{cm} \times 8.5\text{cm}$ , de 25 vueltas y con una corriente de  $15 \text{ mA}$  si  $B= 0.350 \text{ T}$  y a) es paralelo a la bobina, b) forma  $60^\circ$  con ella. (Rta:  $6.02 \times 10^{-4} \text{ J}$ ;  $5.21 \times 10^{-4} \text{ J}$ )

Para Pensar: **Sintetice sus conclusiones sobre:**

- a) Aquellos agentes que son fuente de campo magnético.
- b) ¿Cómo se representa el campo magnético?
- c) Las interacciones electromagnéticas. Compare su respuesta con las de la situación 5 -cuestión 4-

**¿Cómo evaluaría su avance en el conocimiento de este tema?**

**Bibliografía recomendada:**

1.-Magnetismo, Giancoli -Ed.Revertè Cap 17, 2.- El Campo Magnético; Resnick-Halliday Vol. II, Cap33 , Serway Vol 2 , Gettys, Keller y Skove cap.26

## FUENTES DE CAMPO MAGNÉTICO –GUIA 2-

**Recuerde iniciar su trabajo en forma individual**

### S.8. Estudio preliminar

**C.1.** Retome sus conclusiones de la actividad anterior. Suponga que su “fuente de campo magnético” es un hilo de corriente. ¿De qué dependerá el campo magnético?

- Señale aquellos parámetros cuya variación supone que afectará el campo magnético que produce el hilo de corriente.
- Diseñe un experimento para comprobar sus hipótesis y planifique su estrategia: esquematice el diseño experimental que podría utilizar y elaboren conjunto de tablas dónde registrará sus datos.
- ¿Cuáles son los resultados que espera encontrar? Ejemplifique.
- ¿Cómo supone que se comporta el campo magnético de una espira? Represente gráficamente y comente las diferencias que encuentra con el campo magnético de un hilo de corriente.

**C.2.** Luego de ver el video “campo *magnético*” evalúe su respuesta de la cuestión 1 Señale semejanzas y diferencias entre sus opiniones y la información proporcionada por este recurso.

### S.9. Análisis Comparativo de Modelos

**C.1.** Compare la modelización del campo magnético de un hilo de corriente, a través de la Ley de Biot y Savart y de Ampère. 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 Biot y Savart	Ley de Ampère
Objetivo		
Condiciones de trabajo		
Conceptos relevantes		
Principios físicos		
Estrategia de modelización : (fases)		
Expresión formal de la campo intensidad del campo en todo el espacio		
Dirección y sentido del campo eléctrico en todo el espacio		
Otros		

**C.2.** 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:



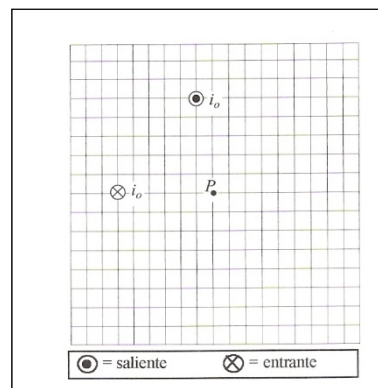
Aproxima mucho al hilo?  
 Se aleja mucho del mismo?

- b) ¿Por qué cree que se establecen las condiciones de trabajo para la modelización señaladas en la bibliografía?  
 c) Compare sus respuestas con las de la situación 8- cuestión 1. Comente sus conclusiones.

**C.3.** Represente gráficamente el campo magnético –manualmente y con la ayuda de un procesador informático como excell o mathematica. (optativo)

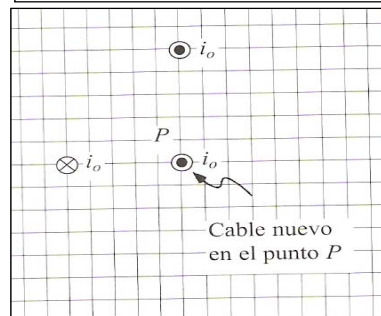
**S.10. Fuerza entre conductores**

**C.1.** En la figura se muestra un corte transversal de dos largos conductores paralelos. Por un cable circula una corriente  $I_o$  saliente de la hoja, por el otro también circula una corriente  $I_o$  pero entrante en la hoja.



- a) Dibuje un vector en el diagrama para mostrar la dirección y sentido del campo magnético, si existiera, en el punto P. Explique su razonamiento.

b) Suponga que un tercer cable por el cual circula otra corriente  $I_o$  saliente de la hoja, pasa por el punto P. Dibuje un vector en el diagrama para indicar la fuerza magnética si existiera, ejercida sobre el nuevo cable. Si la intensidad de la fuerza es cero, indíquelo explícitamente. Explique su razonamiento.



**C.2.** Demuestre matemáticamente sus conclusiones respecto a los ítems a) y b)

**S.11. Contextualización de situaciones: Diseño simulado de un experimento (relay)**

**C.1.** Considere el siguiente acontecimiento que Pablo debe resolver. Una tarde de mucho trabajo en el departamento técnico de una empresa, uno de los operarios le pide revisar en forma urgente una sección de un circuito por que uno de los comandos (relay) no funciona correctamente. Inspecciona el dispositivo en cuestión y descarta cualquier desperfecto mecánico. Retira la bobina que parece ser el centro del problema y como tiene cierta experiencia en este tipo de situaciones, explora sistemáticamente las distintas variables intervinientes

¿Cuáles cree que serían los parámetros de la bobina que debería considerar?

**C.2.** Pablo chequea el funcionamiento de la bobina para distintos rangos de corriente. El sabe que para que el dispositivo funcione correctamente la corriente no debe ser inferior al valor estipulado por el fabricante  $I = 250\text{mA}$ . Por ello conecta la bobina a una fuente de tensión variable e intercala un amperímetro en el circuito de prueba, de modo de controlar la corriente, en distintos rangos.

Realice un dibujo que represente dicha bobina, indique el sentido de corriente en la bobina si estuviera conectada a una batería y el campo magnético que genera, en todo el espacio.

C.3. Pablo consulta el manual y controla aquellas variables que dependen de los valores dados por el fabricante. Por ejemplo el diámetro del arrollamiento es 1cm. A pesar de la urgencia, piensa en una estrategia para evitar errores en su trabajo. Sabe que si hay algún problema con este dispositivo tendrá que reemplazarlo con alguno de los que tiene de reserva. Diseña una tabla 1 donde registra Corriente vs Tensión y considera a la bobina como un solenoide ideal. (*...piensa que las tablas le servirán, además, para esta justificar sus decisiones en el informe mensual, que debe realizar*). Compare las variables de las tablas que elaboró Pablo con su respuesta a la cuestión 1. ¡Ayude a Pablo...!.. y:

a) Complete las tablas 1 y 2 b) ¿es posible reemplazar la bobina original con alguno de los reemplazos? ¿Qué respuesta se puede dar al problema planteado?

-Recuerde que la R (resistencia) =  $\rho L/S$ ; d: diámetro del conductor d= 1mm ; L del conductor de cobre: L = 2m

Tabla 1

Bobina original n: número de vueltas por unidad de longitud :100			
V [V]	I [A]	m (momento magnético)	Bo estimado sin núcleo [T]
4			
6			
12			
24			

Tabla 2

Bobina 1 (posible reemplazo); n <sub>1</sub> = 300				Bobina 2(posible reemplazo); n <sub>2</sub> = 50		
V [V]	I [A]	m <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> [T]	I [A]	m <sub>2</sub>	B <sub>3</sub> [T]
4						
6						
12						
24						

## S.12. Síntesis conceptual

**C.1. Escriba** todo lo que pueda decir acerca de las fuentes de campo magnético según lo que se indica en el diagrama

IMANES	<b>FUENTES DE CAMPO MAGNÉTICO</b>	CORRIENTES
INTERACCIONES		CIRCULACIÓN
ESPIRAS		HILOS CONDUCTORES
DIPOLOS MAGNÉTICOS		SOLENOIDES

### Trabaje en forma grupal

- **Analice** las distintas situaciones presentadas y efectúe un estudio comparativo de sus respuestas. ¿cuáles son sus conclusiones?
- **Sintetice** el trabajo grupal en una transparencia o afiche para ser presentado al grupo clase

### Plenario

## S.13. Ejercitación

A continuación le presentamos una serie de ejercicios relacionados con el tema, que como comentamos, resolverá a modo de ejemplos:

### ☞ *Resuelva*

**P.1.** I) Considere un alambre conductor recto, muy delgado, que lleva una corriente  $I$  colocado a lo largo del eje  $x$ .

- Cuál será el  $B$  alrededor del conductor, a una distancia “ $a$ ” del mismo.
- Grafique  $B(a)$
- Qué ocurrirá si colocamos otro conductor similar al anterior, paralelo y a una distancia “ $d$ ”, si transporta una corriente igual  $I$  del mismo sentido. Y si la corriente tuviera un sentido contrario?  
¿Cuál sería el valor de la fuerza entre los conductores si transportaran corrientes distintas de igual sentido?
- Calcule  $B$  a una distancia de 4 cm y  $f$  si la corriente es de 5 A (Rpta.:  $B= 2.5 \times 10^{-5}$  T;  $f= F/l$ )
- ¿A qué distancia del conductor la magnitud del campo magnético resultante es igual a  $10^{-4}$  T?
- Dos conductores largos paralelos, separados por una distancia de 10cm, llevan corrientes en la misma dirección. Si  $I_1 = 5$  A e  $I_2 = 8$  A. ¿Cuál es la fuerza por unidad de longitud sobre cada alambre debida al otro?  
Calcule la magnitud y dirección del campo magnético en un punto  $P$  localizado a 2cm a la izquierda del conductor con corriente  $I_2$  y entre los dos conductores. (Rpta.:  $80 \times 10^{-6}$  N/m)

II) Cuál sería el campo magnético de un alambre largo de radio  $R$

- dentro del alambre

- b) en el exterior del alambre
- c) Podría dar información sobre lo que ocurre en el borde del conductor?
- d) Grafique  $B(r)$
- e) Compare tus resultados con los del ítem a)
- h) ¿Qué puede concluir?
- i) Un solenoide cuyas espiras se han devanado estrechamente sobre 30 cm de longitud tiene un campo magnético en su centro  $B = 5 \times 10^{-4} \text{ T}$  debido a una corriente de un ampere. ¿Cuántas vueltas de alambre tiene el solenoide?
- j) Se está diseñando un solenoide para generar un campo magnético de 10 T:
  - i) Si el devanado del solenoide tiene 2000 vueltas/m ¿qué corriente se requiere?
  - ii) ¿Qué fuerza por unidad de longitud se ejerce sobre el devanado de alambre por este campo magnético? (Rpta: i) 3,98 kA)

**P.2.a)** Un conductor que forma un cuadrado de longitud de lado  $l = 0.4\text{m}$  lleva una corriente  $I = 10 \text{ A}$ . Discuta una estrategia para calcular el campo magnético en el centro del cuadrado.

- b) Si la longitud total del conductor se conforma en una sola espira circular con la misma corriente. Cuál es el campo magnético en a) el centro de la espira b) en el eje de la espira?
- c) Compare su respuesta con la que obtendrás en el caso del modelo de átomo de Bohr (1913) para un electrón que “orbita” alrededor del protón a una distancia de  $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$  con una velocidad de  $2.2 \times 10^6 \text{ m/s}$  ?
- c) Podría concluir con alguna afirmación con respecto a las propiedades de la materia.

**Para pensar:** Sintetice sus conclusiones sobre **CÓMO CALCULAR CAMPO MAGNÉTICO**

<b>Ficha Nro....</b>	
* Para realizar una <b>síntesis</b> complete la siguiente ficha.	
Término	Campo Magnético
Contexto	Electromagnetismo
Sinónimos	Inducción Magnética ,....., .....
Concepto:	El espacio .....
	Lo producen cargas en movimiento.
Propiedades	Es un campo vectorial.
	Puede representarse por .....
	Las líneas magnéticas son .....
	Los campos magnéticos ejercen.....
	.....
	La DENSIDAD DEL FLUJO MAGNETICO
expresa el	EFECTO del campo e indica el valor de la INTENSIDAD del flujo magnético que atraviesan perpendicularmente la unidad de superficie.
	Su existencia se manifiesta a través de la .....
Ejemplos	Fuerza sobre cargas aisladas en movimiento:
	Fuerza sobre una corriente:
	Momento sobre una espira de corriente:
	Campo producido por.....
Pseudoejemplos	-Campo sobre cargas aisladas en reposo.
Lenguaje simbólico	B            sentido: El polo NORTE
	de la aguja de una brújula colocada
sobre	..... indica .....
	2    4
Unidad	Wb/m =10 .....
Red Conceptual:	

**¿Cómo evaluaría su avance en el conocimiento de este tema?**

**Complete el siguiente cuadro KPSI**

<p>Evalúe su nivel de logro de los objetivos de aprendizaje para magnetismo 1ra y 2da parte. En la primera columna indique si ha estudiado estos temas (si, no, reg). Luego en la segunda columna evalúe su Nivel de conocimiento sobre los mismos: Coloque el número que corresponda, en la segunda columna, según considere su nivel de conocimiento:</p>		
<b>Objetivos</b>		
1. Representar gráficamente el campo magnético a través de las líneas de inducción, relacionando las propiedades de estas líneas con las del vector $B$ y calcular la fuerza que efectúa sobre una carga eléctrica.		
2. Calcular el radio de curvatura, la frecuencia, y la velocidad angular del movimiento de una partícula de carga $q$ y masa $m$ que se desplaza a una velocidad $v$ en un campo magnético $B$ .		
3. Calcular la fuerza que actúa sobre un hilo conductor de cualquier forma, transportando una corriente eléctrica $I$ , colocada en un campo magnético externo uniforme $B$		
4. Calcular el torque (o momento) ejercido sobre una espira plana de cualquier formato recorrida por una corriente $I$ , colocada en un campo magnético externo uniforme $B$ y el momento magnético uniforme dipolar $m$ .		
5. Analizar una estrategia para la recolección y organización de la información (datos)		
6. Relacionar los conceptos electromagnéticos como Fuerza, Campo, momento dipolar, torque y representarlos gráficamente		

**Conserve esta planilla. Deberá entregarla junto al práctico**

**Bibliografía recomendada** Serway Vol2 (3ra ed. ) 30.1 ejemplos 1 y2, 30.2,3,4,6,7, 8,9 O SIMILAR:

## ELECTROMAGNETISMO – GUÍA 3-

### Inducción Electromagnética

#### Situación Preliminar sobre IE

Previo a la resolución de la Situación 14, y en forma individual, le sugerimos describir y explicar con sus propias palabras, lo que para Ud. significa **Inducción Electromagnética**. Puede utilizar, dibujos, fórmulas o esquemas que le permitan complementar su explicación.

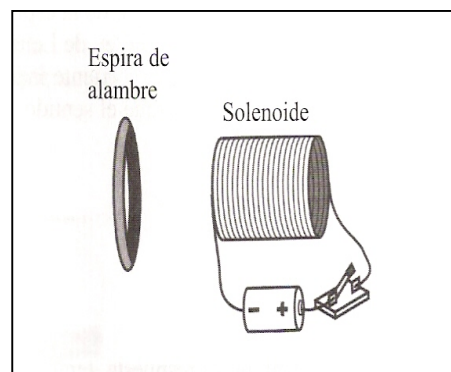
(Esta actividad deberá ser entregada al profesor)

#### Trabaje en forma individual

#### S.14. Estudio preliminar.

**C.1.** Retome sus conclusiones de la actividad anterior. Suponga ahora que su “fuente de campo magnético” es el solenoide que el técnico de la situación 11- Pablo- tuvo que controlar. Dibuje las líneas de campo magnético del solenoide que se produciría al circular una corriente por sus espiras y compárelas con las de un imán

**C.2 I:** Observe la situación de la figura. Imagine que se cierra el interruptor que conecta el solenoide a la pila. Las líneas de campo “cortarán” el plano de la espira. ¿Es posible definir una magnitud “flujo del campo magnético” en forma análoga a la definida para el campo eléctrico? ¿De qué dependerá el flujo del campo magnético que atraviesa la espira



- Señale aquellos parámetros cuya variación supone que afectará el flujo del campo magnético que produce el solenoide.
- Escriba una representación simbólica (formal) que le permita calcular el flujo del campo magnético producido por el solenoide a través de la espira.
- ¿Es posible comprobar sus hipótesis con un arreglo experimental como el de la figura de la derecha? Planifique una estrategia para comprobar sus hipótesis. Esquematice el diseño experimental que podría utilizar en cada caso que imagine y elabore un conjunto de tablas donde registrará sus datos.
- ¿Cuáles son los resultados que espera encontrar? Ejemplifique.

#### Trabajo individual/grupal

**C.2 II a)** Encontrará tres grupos de conceptos. Seleccione aquel grupo cuya variación supone que afectará el flujo del campo magnético que produce el solenoide de la situación 14. Marque con una X el casillero correspondiente **b)** Trabaje primero en forma individual lo mas completo que pueda. Luego presentará al grupo clase su opción y explicará su razonamiento. Puede para ello utilizar dibujos y esquemas.

Grupo		Explicación
1	Número de vueltas del solenoide, corriente del solenoide, distancia al solenoide, campo magnético	
2	Número de vueltas del solenoide, corriente del solenoide, núcleo del solenoide, área de la espira	
3	Número de vueltas del solenoide, corriente del solenoide, área de la espira, ángulo entre vector área y campo magnético	

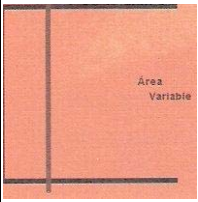
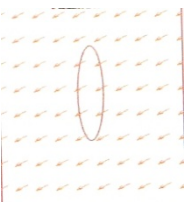
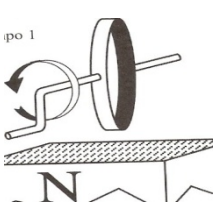
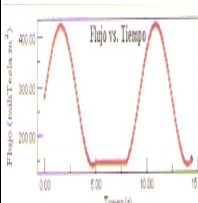
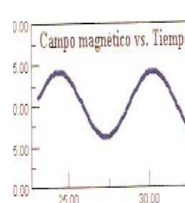
**Plenario**

**S.15. Explicación del Conjunto de Conceptos (CIIa)**

**Trabajo Individual / Grupal (según número de ordenadores disponibles)**

**C.3. ¿Cómo lograr que el flujo de un campo vectorial sea variable?**

Las siguientes representaciones expresan diferentes modos de obtener un flujo variable. En algunos casos se debe a una variación temporal. a) Analiza con cuidado cada una e indica en la columna correspondiente, en cada caso, el parámetro que produce una variación del flujo; ¿cómo supones que varía dicho parámetro? b) Identifique en la representación simbólica formal del flujo dicho parámetro c) Tome valores de la curva en tres rangos distintos para los casos I y II y describe cómo variará el flujo en cada rango, suponiendo el resto de los parámetros fijos. D) Represente gráficamente la variación del flujo con el tiempo en el caso III) e) Esquematice algún otro caso que consideres se haya omitido y analízalo. f) Discuta en su grupo las respuestas a cada ítem y agregue al pie de la tabla los ajustes que creas necesario.

	I)	II)	III)	Otro
Esquema				
Representación gráfica				



Parámetro				
Relación con la expresión formal del flujo				
Descripción				

**Intervención del docente:** *Luego del intercambio entre pares el profesor aclara las situaciones en el pizarrón.*

*Las **Leyes de Maxwell** – base del electromagnetismo clásico- incluyen: **Ley de Gauss** para **campos electrostáticos** –flujo del campo eléctrico a través de una superficie cerrada proporcional a la carga neta encerrada por esa superficie- donde se describe que las líneas de campo empiezan y terminan en cargas eléctricas positivas y negativas respectivamente Su contrapartida para **campos magnéticos** descritos por líneas cerradas, que muestran la inexistencia de monopolos aislados al evaluar que el flujo magnético a través de una superficie cerrada es nulo;*

***Ley de Ampère**, asociada al principio de conservación de la carga y a las corrientes de conducción y extendida a corrientes de desplazamiento cuya fuente son campos eléctricos variables en el tiempo:**Ley de Ampère - Maxwell**;*

***Ley de Faraday – Lenz**, modeliza la velocidad de variación de flujos magnéticos desde donde se explica la aparición de una fem inducida y se vincula el principio de conservación de la energía.*

*Se tendrá en cuenta, las situaciones precedentes mediante las que se revisaron distintos casos en los que se presentaba un flujo magnético variable, el análisis de esta sección después de la explicación teórica brindada en clase sobre el tema, estará centrado precisamente en la **Ley de Faraday – Lenz o de Inducción Electromagnética**.*

*Para ello utilizará un conjunto de animaciones virtuales que deberá ejecutar en forma reflexiva.*

*Comencemos el análisis:*

## S.16. ¿Es posible que a partir de un campo magnético se generen campos eléctricos?

C.1. Un campo magnético variable crea un campo eléctrico. La fem coincide con el ritmo con que cambia el flujo, cambiado de signo.

Considere la animación “campo magnético variable”.

*Se muestra una espira metálica situada en una región donde el campo magnético, uniforme, varía sinusoidalmente con el tiempo; después es constante y comienza a variar de nuevo senoidalmente. La flecha indica el sentido de la corriente. El color indica el sentido del campo. Cuando el campo es azul, quiere decir que es entrante. Cuando es rojo, es saliente. La intensidad del color es proporcional al módulo del campo magnético actuante. El gráfico de la derecha muestra la fem inducida y el flujo magnético que atraviesa la espira en función del tiempo. La intensidad del color es proporcional al valor del módulo del campo magnético actuante.*

Durante los primeros 1.5 segundos de la animación, se observa un **flujo magnético** creciente que atraviesa la espira generado por el aumento del campo magnético, saliente de la pantalla. Observe también que, durante el intervalo de tiempo citado, hay una fem inducida en la espira y una corriente inducida en sentido horario<sup>60</sup>.

- ¿Es el sentido de la corriente el indicado?
- ¿Cómo es el flujo en (0,1-1,5 s)? ¿Cómo es la fem inducida? ¿Cómo varía la fem en el tiempo?
- Analice los rangos restantes.

C.2. Un campo fijo actúa sobre una espira cuya superficie varía.

Considere la animación “Área variable”

*Se muestra una espira cuya área varía con el tiempo sometida a un campo magnético, perpendicular a la pantalla y saliendo de ella, constante en el tiempo. Los gráficos de la derecha muestran la fem inducida en la espira y el flujo magnético que lo atraviesa, en función del tiempo. El sentido de la corriente se indica mediante la flecha colocada en la parte superior de la espira. En rojo, se indica campo magnético saliente de la pantalla.*

- Analice el flujo magnético. Descríbalo en cada rango de tiempo diferente.
- Describa la fem inducida, en cada intervalo de tiempo.

---

<sup>60</sup> Adaptado de Esquembre, Martín, Christian, Belloni. 2004. Fislets: enseñanza de la física con materiales interactivos. Pearson . Prentice Hall.

**C.3.a)** Compare los gráficos de la primera animación con los de la segunda ¿qué observa?

b) ¿Qué representa el producto escalar de la definición formal de flujo? ¿Qué efecto describe, sobre la femi?

c) ¿Cuál es su conclusión sobre la variación de flujo en estos dos casos?

### S.17. Interacción entre corriente y solenoide/espira

**A) Exploración** ¿cuál es el efecto de acercar o alejar una espira a un cable con corriente?

**Descripción:** La corriente es en el sentido de las “y positivo”. El campo magnético se mantiene siempre perpendicular al plano de la espira. La unidad que indica la posición de la espira es metro; la intensidad del campo es en mT, la fem en mV y e tiempo en segundos. En el gráfico superior observará el flujo a través del tiempo así como la fem en función del tiempo. La animación se detendrá al llegar a los 30s. Podrá reiniciarla.

**B) Exploración: ¡Mueva la espira!**

**C.1.** ¿Cómo cambia el flujo a través de la espira cuando usted la acerca o la aleja del alambre recto portador de corriente? Describa y explique su razonamiento.

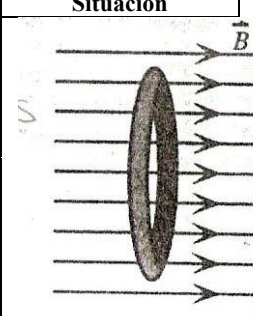
**C.2.** ¿Cómo cambia el flujo cuando mueve la espira paralelamente al alambre recto? Describa y explique su razonamiento.

**C.3.** ¿Hay diferencias para el flujo y fem inducidas de tener la espira a la derecha o a la izquierda del alambre recto? Explique su razonamiento.

**TRABAJE EN FORMA GRUPAL. Discuta con sus compañeros las conclusiones a las que arribó**

### S.18. Corriente inducida en una espira en campo magnético

**C.1.** Se coloca una espira de alambre de cobre en un campo magnético uniforme, como se muestra. Determine si existirá una corriente a través del cable en cada uno de los casos siguientes. Fundamente sus respuestas.

Caso	Explicación/fundamentación	Situación
a) La espira está estática		
b) La espira se mueve a la derecha		
c) La espira se mueve a la izquierda		

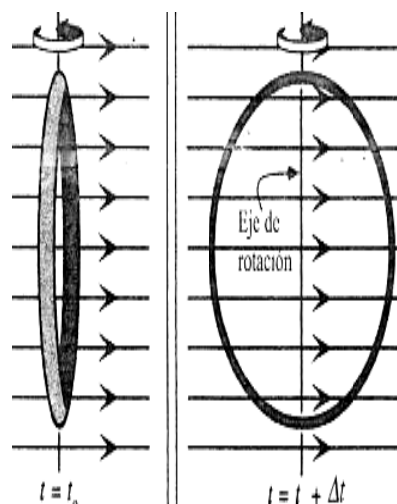
C.2. Suponga que ahora se coloca la espira en el campo magnético de un solenoide, como se muestra. Determine si circulará una corriente por el cable de la espira en cada caso siguiente. En caso afirmativo, dé el sentido de la corriente.

Caso	Explicación/fundamentación	Situación
a) La espira está estática		
b) La espira se mueve hacia el solenoide		
c) La espira se aleja del solenoide		

C.3. Para cada caso anterior en el que exista corriente inducida, determine:  
 I-La dirección y sentido del momento magnético de la espira  
 II-Si la espira es atraída o repelida por el solenoide

S.19<sup>61</sup>.

Una espira de alambre de cobre está inicialmente en reposo en un campo magnético uniforme. Entre los instantes  $t=t_0$  y  $t=t_0 + \Delta t$  se rota la espira sobre un eje vertical como se muestra.



C.1. ¿Circulará corriente por el cable de la espira durante este intervalo de tiempo? En caso afirmativo, indique el sentido de la corriente inducida y explique su razonamiento. En caso contrario, explique por qué no.

**TRABAJO EN FORMA GRUPAL**

- Discuta en **su grupo** las situaciones 16, 17 y 18 y redacte una oración que sintetice sus **conclusiones**. Utilice gráficos, dibujos y esquemas para expresar su representación.
- ¿Cuáles son los conceptos, que según este análisis, mejor representan el fenómeno de la inducción electromagnética? Mencione a lo sumo diez y **colóquelos en una lista según** su grado de importancia

**S.20. Otra interpretación: Fuerza sobre una carga**

<sup>61</sup> Mc Dermott, Shaffer, 2001

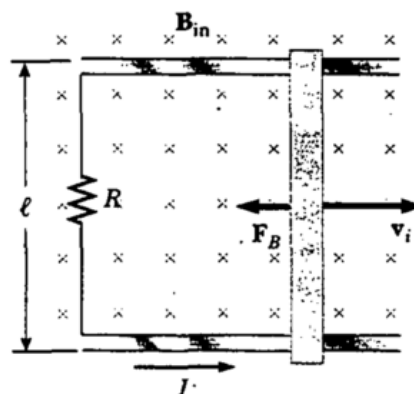
En la situación 16, cuestión 2, tuvo la oportunidad de estudiar la variación temporal de flujo magnético y de la femi, a través de una espira de área variable en el tiempo. Esta situación fue analizada desde la Ley de Inducción Electromagnética. También puede ser analizada en términos de la “fuerza del campo magnético sobre los electrones libres de la barra móvil que da lugar a una separación de cargas que lleva asociado un campo eléctrico y con ello una fuerza electromotriz (diferencia de potencial generada)” .

Si bien sería mas adecuado tratar esta situación dentro de un marco relativista ,”... propio de la electrodinámica de los cuerpos en movimiento, ya que tanto campos eléctricos como magnéticos son manifestaciones particulares del fenómeno electromagnético y su valor específico depende cómo se efectúe la observación ( si en un referencial dado o en otro móvil respecto a aquél)” Esquembre et al.(2004, pág 276), le proponemos resolver esta situación para que logre completar la interpretación de este fenómeno tan importante dentro de la física y la tecnología.

C.1. ¿Cuál es el sentido de la corriente inducida?

C.2. ¿Cuáles son las fuerzas eléctricas y magnéticas sobre las cargas de la barra en movimiento? Represente gráficamente.

C.3. ¿Cuál es la fuerza sobre la barra? Represente gráficamente.



C.4. Si la barra tiene una longitud de  $l = 1.5\text{m}$ ,  $B = 0.5$  y  $v = 4 \text{ m s}^{-1}$  a) ¿cuál es la diferencia de potencial entre los extremos de la barra? b) ¿cuál extremo está a potencial mas alto?

b) ¿cuánto vale la fuerza magnética sobre un electrón?

C.5. Discuta el sentido de la corriente inducida en relación al principio de conservación de la energía.

S.21. Analice las Situaciones 18 –cuestiones 1 y 2- a partir de las fuerzas magnéticas ejercidas sobre las cargas presentes en el cable de la espira.

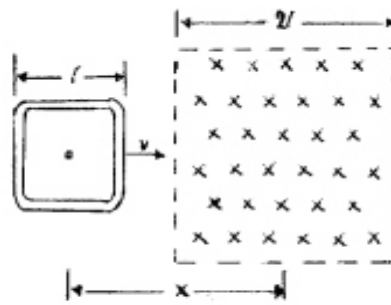
**Intervención docente: auto inducción e inducción mutua.**

**S.22. Resuelva los siguientes ejercicios**

C.1. Describa ejemplos concretos de aplicación de la ley de Faraday.

C.2. Determine a) la femi y b) la corriente inducida en un circuito de alambre deslizante cuando  $l = 450\text{mm}$ ,  $B = 0.5\text{T}$  y  $v = 1.6 \text{ m/s}$ . Se supone que el circuito, en este modelo, tiene una resistencia de  $250 \Omega$  concentrada en la base de la U que forma y que no varía en el tiempo. Los alambres rectos tienen una resistencia despreciable

**C.3.** Una espira cuadrada de alambre se mueve con velocidad  $v$  constante en dirección transversal a un campo magnético uniforme confinado en una región cuadrada cuyos lados son de longitud doble de los de la espira. Realice un gráfico esquemático de la fem inducida en la espira en función de  $x$ , desde  $x = -2l$  hasta  $x = 2l$ , representando hacia arriba la fem en el sentido horario y hacia abajo la fem en sentido opuesto.



**C.4.** Describa un **generador de c.a.** explicando los principios físicos involucrados ¿Cuáles son las condiciones de trabajo a partir de las que se ha formulado este modelo? Compare con el galvanómetro. Dibuje ambos dispositivos, identifica los principios físicos de cada uno, resume el modelo matemático que los representa y analiza en qué se parecen y qué se diferencian.

**C.5.** Una bobina circular de 25 vueltas de radio  $a=140\text{mm}$  gira con una frecuencia de 60 Hz alrededor de un eje perpendicular a un campo magnético uniforme de 420 mT. La bobina se encuentra conectada a un circuito exterior a través de anillos y escobillas. a) Escriba una expresión del voltaje de salida de este generador en función del tiempo b) Determine el valor máximo de la fem en la bobina c) ¿Cuál es la máxima corriente que pasará por el circuito si su resistencia es de  $35\text{ k}\Omega$  d) ¿Qué orientación tiene la bobina respecto al campo magnético cuando la corriente es máxima? e) Estime el valor del momento de fuerza externo que debe proporcionarse para mantener la bobina girando.

**C.6.** Una bobina de un circuito se encuentra próxima a otra bobina de un circuito diferente, de forma que la inductancia mutua del conjunto es  $340\text{mH}$ . Durante un intervalo de tiempo de 15 ms la corriente de la bobina 1 varía linealmente de 23 a 57 mA, mientras que la corriente de la bobina 2 varía linealmente de 36 a 156 mA en el mismo tiempo. Calcule la fem que induce en cada bobina la corriente variable de la otra bobina.

**C.7.** Explique brevemente el significado de la siguiente proposición “Inducción Mutua” ¿Puede dar algún ejemplo?

**C.8.** Para convertir el voltaje de 220 V a un voltaje de 9V que necesita una radio utilizamos un **transformador** a) ¿qué tipo de transformador se debe utilizar? b) Si el primario tiene 440 vueltas, ¿cuántas debe tener el secundario? c) Calcule la corriente que debe pasar por el primario si la radio funciona con 360 mA.

**Actividad de auto evaluación**

Al finalizar el estudio de esta unidad, deberás ser capaz de demostrar el logro de los siguientes objetivos. Para ello se propone que:

<p>Evalúe su nivel de logro de los objetivos de aprendizaje para magnetismo. En la primera columna indique si ha estudiado estos temas (si, no, reg). Luego en la segunda columna evalúe su <i>Nivel de conocimiento sobre los mismos</i>: Coloque el número que corresponda, en la segunda columna, según evalúe su nivel de conocimiento: - 1: no lo sé; 2: tengo una idea ; 3:lo conozco parcialmente; 4:lo conozco bien; 5:lo puedo explicar a otra persona - Sea honesto en sus respuestas, esta es una autoevaluación y de nada servirá que coloque una indicación engañosa.</p>		
<p><b>Objetivos</b></p>		
1. Interpretar la Ley de Faraday – Lenz, reconociendo las distintas posibilidades de variación de flujo magnético y según el ritmo de cambio del flujo		
2. Calcular la fem inducida en distintas situaciones físicas		
3. Interpretar el sentido de la corriente inducida en un circuito, según el principio de conservación de la energía, determinando el sentido de circulación		
4. Analizar los fenómenos de autoinducción e inductancia mutua		
5. Resolver un problema sobre un transformador ideal		

**Conserve esta planilla. Deberá entregarla junto al práctico.**

**Bibliografía**

Gettys, E.; Keller, F.; Skove, M. 1994. *Física General: El campo Magnético*. Mc Graw Hill. México.

Giancoli, D. 1985. *Principios con Aplicaciones*, .Revertè. México.

Hewitt, P. 1994. *Física Conceptual: Magnetismo*. Addison-Wesley Iberoamericana. Buenos Aires.

McDermott, L, C.; Shaffer, S., P. 2001. *Tutoriales para Física Introductoria*. Pearson Education. Buenos Aires.

Resnick, R.; Halliday, D.1982. *Física Parte II: El Campo Magnético*. Continental, México.

Serway, R. A. 1998. *Física Tomo II. Fuentes de campo magnético*. Mc Graw Hill, Colombia.

Tipler, P., A. 1980. *Guía del Alumno. Complemento de la Física.*: Revertè. Barcelona.

Física. Universo Mecánico..Mandra ( [www.mandra.com](http://www.mandra.com))

**Observación:**

Diversas situaciones de las presentadas en las guías, fueron adaptadas fundamentalmente de:

McDermott, L, C.; Shaffer; S., P. 2001. Tutoriales para Física Introductoria. Pearson Education. Buenos Aires.

Esquembre, Martin, Christian, Belloni.2004.Fislets: enseñanza de la física con materiales interactivos. Pearson. Prentice Hall.