

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

SANTA FE

FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS

Tesis de Maestría en Didácticas Especiales con mención en  
Ciencias Naturales

TEMA: La Ley de Inducción de Faraday.  
Una propuesta para la enseñanza media técnica

Presentada por: Ing. Daniel N. Sánchez

Dirigida por:

Directora: Dra. Edith Litwin

Codirectora: Lic. Sonia Concari

A Silvina, Eliana e Imanol, por su amor incondicional  
A mis padres y hermanas, por su apoyo  
A Edith, por hacerme crecer nuevas alas  
A Sonia, por su orientación y su confianza  
A Carlos, por su imaginario social y nuestras utopías  
compartidas  
A los amigos de siempre, por su eterna presencia

## INDICE

1. Título.....	3
2. Resumen.....	3
3. Presentación del problema y antecedentes.....	3
3.1. La complejidad de los modelos.....	3
3.2. La ley de Faraday como base en la comprensión de los fenómenos de inducción electromagnética, en las asignaturas relativas a Máquinas Eléctricas y Electrotecnia.....	4
4. La enseñanza de la física y las máquinas eléctricas.....	8
4.1. La formación técnica.....	8
4.2. La enseñanza de la física y los procesos de construcción de significados.....	9
4.3. Los problemas de la comprensión desde un abordaje matemático temprano.....	11
4.4. La perspectiva epistemológica: El problema de la verdad.....	14
5. Desarrollo de la investigación.....	20
5.1. Propuesta didáctica.....	20
6. Metodología.....	31
6.1. Selección de la muestra.....	31
6.2. Instrumentos.....	32
6.3. Otros datos utilizados.....	34
6.4. Definición de variables y valores asignados.....	34
6.4.1. Definición de variables relacionadas con la conceptualización de Ley de Faraday	34
6.4.2. Definición de variables que surgen de informantes claves.....	36
6.5. Análisis e interpretación de resultados.....	37
7. Reflexiones y otros interrogantes .....	47
Notas y Referencias de Bibliografía Citada.....	54
Bibliografía consultada.....	57
Anexo A.....	59
Anexo B.....	69
Anexo C.....	79
Anexo D.....	92

## 1. Título:

# La ley de inducción de Faraday.

## Una propuesta para la enseñanza media técnica.

## 2. Resumen:

*Esta tesis cuestiona la enseñanza de algunos temas y problemas relativos a la física en tanto no ha logrado generar buenas comprensiones por parte de los alumnos.*

*Se eligió un tema, la ley de inducción de Faraday, y se diseñó una propuesta de base constructivista para favorecer dichas comprensiones.*

*La investigación que se llevó a cabo como propuesta de enseñanza, permitió superar algunos de los obstáculos relativos a la comprensión de las variables abordadas, lo que alienta la búsqueda de nuevas perspectivas que favorezcan mejores interpretaciones.*

*Finalmente, el reconocimiento de las dificultades marca, como camino de próximas investigaciones, la importancia de asumir la enseñanza de las ciencias como la posibilidad de generar un programa que integre temas y problemas en marcos amplios y no balcanizados<sup>1</sup> de diseños curriculares con secuencias disciplinares. El trabajo compartido y colaborativo entre docentes referido a los problemas de las ciencias, y a partir de los cuales las leyes y principios puedan reconocerse, podría ser el próximo desafío de los programas de investigación didáctica.*

## 3. Presentación del problema y antecedentes:

En 1831, el físico inglés Michael Faraday (1791-1867), realizó una experiencia en la que mostró que para producir una corriente eléctrica debido a la presencia de un imán, era necesario que el mismo se moviese en la región donde se encontraba el hilo conductor<sup>2</sup>. Observó también que una corriente variable, pasando por una bobina, provocaba una corriente transitoria en una bobina colocada en la intermediación de la primera. A este fenómeno Faraday le dio el nombre de inducción electromagnética.

En 1832, Henry descubrió el fenómeno de autoinducción, esto es, una corriente eléctrica variable en una bobina puede crear una corriente en sí misma. Un año más tarde, Lenz (1804-1865) observó que esa corriente de autoinducción tenía el sentido contrario de aquella que la creó, o sea, que los efectos de una corriente inducida por fuerzas electromagnéticas siempre se oponen a las mismas fuerzas.

La ley de inducción de Faraday, aporta los fundamentos físicos necesarios para la conceptualización de la fuerza electromotriz inducida en las bobinas de las máquinas eléctricas en general. Entre estas máquinas se pueden mencionar las siguientes: A) Motores y generadores de corriente continua, B) Transformadores, C) Motores asincrónicos trifásicos y monofásicos y D) Generadores y motores sincrónicos.

### 3.1 La complejidad de los modelos:

Los modelos interpretativos relativos a las máquinas eléctricas son sumamente complejos debido a la concurrencia de múltiples fenómenos magnéticos, eléctricos, mecánicos y térmicos que hacen al funcionamiento de estas. Con respecto a

los dos primeros, la ley de Inducción de Faraday explica la ocurrencia de una f.e.m. inducida en una bobina, sea que esté quieta respecto a un campo magnético<sup>3</sup> variable en el tiempo (f.e.m. estática o de transformación<sup>4</sup>) o que se mueva con relación a un campo constante (f.e.m. dinámica o de movimiento) o variable en el tiempo (f.e.m. de transformación y de movimiento).

### 3.2 La ley de Faraday como base en la comprensión de los fenómenos de inducción electromagnética, en las asignaturas relativas a Máquinas Eléctricas y Electrotecnia

El tratamiento de las máquinas eléctricas es abordado en las escuelas medias técnicas en asignaturas específicas del ciclo Superior de las especialidades electromecánica y electricidad. Los dos primeros tipos de máquinas se estudian en la asignatura de Máquinas Eléctricas I (Escuela Avellaneda) y todas ellas en la de Electrotecnia II (Escuela Industrial).

La industria actual, con su nuevo esquema o lógica de producción, se nutre de individuos que sean capaces de reflexionar y de tomar decisiones en el menor tiempo posible. Las escuelas medias de orientación técnico profesional<sup>5</sup> en su intento de facilitar la formación de estas personas, adaptarán los laboratorios a estos ambientes laborales (llámense fábricas, talleres, etc.). Estos espacios físicos, como por ejemplo el laboratorio de electrotecnia, pretenden simular todo aquello que se vincule con el mundo del trabajo, por ende impregnados por el sesgo de la efectividad en la búsqueda de soluciones concretas y rápidas. Es por ello que la enseñanza de la Ley de Faraday en el nivel educativo de especialización (4º, 5º y 6º años de escuelas técnicas) tendría que tener en cuenta esta perspectiva instrumental (y considerando que esta ley debería haberse enseñado en cursos anteriores de física), o sea, la de poder utilizarla con fluidez con relación a la comprensión y manipulación de las máquinas eléctricas. La palabra manipulación hace referencia a la capacidad de los alumnos de operar concienzudamente con las partes que componen las máquinas, como por ejemplo, saber cómo se conectan las bobinas de un motor trifásico para que sus fuerzas electromotrices inducidas desfasen temporalmente un cierto valor, qué hay que hacer con las espiras de una bobina secundaria de un transformador para aumentar o disminuir su f.e.m inducida, etc., que hace al aprendizaje de procedimientos necesarios para el trabajo del futuro técnico (transposición didáctica).

La ley de Faraday tiene la forma general

$$e = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Donde  $e$  es la fuerza electromotriz inducida (f.e.m.) y  $\Phi$  es el flujo del campo magnético definido como la integral del producto entre la intensidad de campo magnético y la sección normal al campo<sup>7</sup>.

Si se tiene una bobina de sección transversal constante para todas las  $N$  espiras, y el flujo de campo magnético abraza a todas por igual, la ecuación adopta la forma siguiente:

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

En las escuelas medias de formación técnica profesional, se adopta generalmente esta última expresión debido a que la mayoría de las espiras de estas bobinas (pertenecientes a las máquinas eléctricas estudiadas) están apretadas entre sí y son de igual sección transversal.

En el libro “Electrotecnia general y aplicada” de Moeller y Wolff<sup>8</sup> se dice al respecto: *“La ecuación  $e = -\frac{d\Phi}{dt}$  (97a) constituye la forma más general y a la vez más simple de la ley de la inducción. No obstante, para nuestro objeto nos bastará siempre la ecuación (97)”, o sea  $e = -N \frac{d\Phi}{dt}$ . (97)*

La razón de la introducción de esta ley estriba en que las máquinas eléctricas, de corriente continua o de corriente alterna, están constituidas por espiras que al ser abrazadas por campos magnéticos variables en el tiempo (proveniente de otra fuente u originados por su propia corriente), generan fuerzas electromotrices (f.e.m.) inducidas que a su vez dan origen a las corrientes que circulan por los circuitos eléctricos de los generadores y secundarios de los transformadores, o fuerzas contraelectromotrices (f.c.e.m) autoinducidas que se oponen a la circulación de corriente como en los motores y primarios de los transformadores. La explicación de esta f.e.m. inducida o f.c.e.m. autoinducida se fundamenta en la ley de la inducción de Faraday.

Generalmente los alumnos comprenden la dependencia de la f.e.m. inducida con el número de espiras y con la variación del campo de inducción magnético, pero difícilmente captan la proporcionalidad directa entre ésta y la velocidad de variación del flujo magnético, sobre todo si se expresa en forma diferencial como  $d\phi/dt$ . Resulta complicado también entender la ley de Lenz, como la forma particular de conservación de la energía. Es por lo tanto complejo generar un esquema que dé una idea aproximada sobre la generación de la f.e.m. inducida en una espira que se mueve dentro de un campo de inducción magnética constante, presente en las máquinas eléctricas.

La experiencia docente muestra que resulta compleja la comprensión de los fenómenos eléctricos, en particular la f.e.m. inducida, pues la electricidad es un fenómeno no observable directamente.

Shipstone<sup>9</sup> dirá al respecto: *“la electricidad constituye un tema difícil. Muchos adultos admitirán que nunca la han entendido, lo que a menudo no sucede con otras áreas de la física, la mecánica por ejemplo, que al menos creen entender (...) los niños tomados como grupo, crean diversos modelos conceptuales mediante los cuales “entienden” los fenómenos con los que se encuentran. Como en otras temáticas, la investigación reciente ha revelado que algunos de estos modelos, una vez creados, resultan sorprendentemente resistentes al cambio mediante la enseñanza.”*

En los libros de texto, el tema es abordado de diferentes maneras. A nivel universitario, Sears, Zemansky, y Young<sup>10</sup>, hacen una presentación de la ley de Faraday describiendo dos experiencias sencillas. En los casos de Gettys, Keller y Skove<sup>11</sup>, como el de Halliday y Resnick<sup>12</sup>, o bien el de Giancoli<sup>13</sup>, reproducen los experimentos realizados por Faraday. Sin embargo otros como Serway<sup>14</sup> presentan la Ley de Faraday a partir de un caso particular de un conductor en un campo magnético.

En Wangsness<sup>15</sup> encontramos una presentación clara de la ley, explicando que cuando Faraday encontró que el flujo magnético a través de una espira no es constante, entonces existe una corriente provocada en la misma. Se dice que esta corriente fue “inducida” por el cambio de flujo. Como el valor numérico de esa corriente depende de la resistencia del circuito, es más conveniente expresar el resultado cuantitativo del experimento en función de la f.e.m. inducida, de acuerdo con la expresión (1).

Por otro lado, en cursos universitarios del ciclo superior de ingeniería (electrotecnia, máquinas eléctricas) en los que se retoma el tema, simplemente se enuncia verbalmente la ley, como en Liwshitz-Garik y Whipple<sup>16</sup>:

*“La ley de Faraday establece: si el flujo magnético concatenado con un circuito conductor cerrado varía, se induce una fuerza electromotriz en el circuito. Si  $\Phi$  representa el flujo concatenado con el circuito y  $d\Phi$  la variación de flujo durante el tiempo  $dt$ , entonces el valor de la f.e.m. inducida es proporcional a la velocidad de variación del flujo,  $d\Phi/dt$ . El sentido de la f.e.m. inducida viene determinado por la ley de Lenz, lo cual establece que la intensidad producida por la f.e.m. inducida se opone a la variación del flujo”.*

Algo semejante ocurre en el nivel secundario. El texto de física PSSC<sup>17</sup> trata el tema analizándolo exhaustivamente con diversas experiencias relativas al fenómeno de inducción magnética. Por otra parte, en los cursos de formación específica (electrotecnia, máquinas eléctricas) de las escuelas técnicas, éste es presentado partiendo de algún fenómeno particular como en Singer<sup>18</sup>, o de una explicación como en Moeller y Wolff<sup>19</sup>.

La revisión bibliográfica realizada relativa a investigaciones sobre el problema de la enseñanza de la ley de Faraday, mostró que a pesar de que ésta forma parte de los contenidos de los cursos de electricidad y magnetismo de niveles medio, superior y universitario, son escasos los trabajos que abordan dicho problema. La mayoría de ellos desarrollan propuestas de aparatos y dispositivos para la demostración cualitativa de la ley (Sankovich<sup>20</sup> y Casanova<sup>21</sup>). El experimento propuesto por Casanova se basa en la constatación de que la f.e.m. es proporcional a la rapidez temporal del cambio del flujo. Utiliza un sistema computarizado de adquisición de datos (f.e.m. e inducción magnética) y un software que calcula la rapidez de cambio del flujo. Finalmente se grafica y observa la dependencia de la f.e.m. con:  $-\frac{\partial \Phi_B(t)}{\partial t}$ .

García Canalle y Moura<sup>22</sup> proponen un montaje simple de una bobina suspendida en un imán permanente para “ilustrar” la ley de Faraday. Nicklin<sup>23</sup> a su vez presenta un dispositivo para realizar experimentos cuantitativos utilizando un programa de adquisición de datos.

Ninguno de estos trabajos considera una propuesta didáctica globalizadora para el tema. Salvo la experiencia de García Canalle y Moura para enseñanza media, las demás se realizan en la universidad, donde el nivel de análisis de ecuaciones diferenciales y de gráficas es muy superior a las que se logra en la secundaria.

Esta tesis intentará, a través de una propuesta didáctica, propiciar la reflexión y reconstrucción de significados partiendo de ensayos relativamente sencillos tratando de superar algunos de los aspectos de la educación tradicional en la que ha estado involucrado el propio tesista, pues ya son cinco los años que tiene a cargo las asignaturas relacionadas a máquinas eléctricas (ELECTROTECNIA II Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS I) y los resultados son magros, desalentadores en términos de comprensión y transposición didáctica.

La búsqueda de nuevos enfoques para facilitar la comprensión es lo que alienta a los docentes a imaginar diferentes medios para el abordaje de las temáticas en cuestión, de manera de que las aulas y laboratorios sean el reflejo de la especulación creadora, de la construcción del aprendizaje, del intercambio de opiniones.

Esta tesis da cuenta de un trabajo de investigación referido a la enseñanza y aprendizaje de la ley de inducción de Faraday en el nivel medio de escuelas técnicas, en el contexto de dos cursos: Electrotecnia II y Máquinas Eléctricas I. A partir de la identificación de los aspectos que dificultan la construcción de conceptos se elaboró y evaluó una propuesta de enseñanza<sup>24</sup> para favorecer una buena comprensión, desde el reconocimiento de la complejidad del fenómeno de inducción.

## 4. La enseñanza de la física y las máquinas eléctricas

Cuando el niño percibe su entorno, normalmente lo hace con bastante libertad interpretativa, sin interponer juicios o principios racionales en la medida de los adultos..., en este mirar, sentir y gozar, se desarrollan ideas que se acercan mucho a las concepciones de las antiguas civilizaciones... De esa manera se va construyendo una matriz conceptual que si bien no se ajusta a ninguna ley de las que aprenden en la escuela, son coherentes en términos de que satisfacen estos esquemas vivenciales. Al llegar la escolaridad, parte de estos esquemas experienciales empiezan a convivir con nuevos esquemas académicos, organizándose ambas estructuras casi por separado, estando débilmente conectados entre sí y a veces hasta con principios contradictorios u opuestos<sup>25</sup>. Vale decir que las teorías personales son muy resistentes o estables<sup>26</sup> y afectarán la forma en que se procesa la información. Esta manera compartimentada de asimilar y guardar lo que se va recibiendo es parte de las hipótesis que sostienen los psicólogos cognitivistas.

Driver, Guesne y Tiberghien<sup>27</sup> dirán al respecto: *“Este modelo se basa en la hipótesis de que la información se almacena en la memoria de diferentes formas y que todo lo que decimos y hacemos depende de los elementos o grupos, que han sido denominados esquemas (...) el modo de asimilación de un nuevo elemento de información depende tanto de la naturaleza de dicha información como de la estructura del aprendiz de “esquemas”. Por tanto, la misma experiencia facilitada a los estudiantes en sus clases de ciencias puede ser asimilada de maneras distintas por cada sujeto”*.

Por lo expresado hasta aquí, el sujeto cognoscente es protagonista de su propio aprendizaje, de ahí el epíteto “activo” con que se caracteriza al “conocimiento” dentro del marco del constructivismo. Claro está que ensayar la construcción activa del conocimiento como alternativa, implica cambiar el escenario del aula, el laboratorio y el taller, pasando de un aprendizaje “declarativo” o “fáctico” (saber “qué es”, que intenta nominar, clasificar y analizar para “explicar”) a un aprendizaje “procedimental” (saber cómo se usan las cosas, en qué situación, en que contexto, etc.) tal como sostiene Anderson<sup>28</sup>. Este aprendizaje adquiere el dinamismo y la coherencia que son naturales en los primeros años de infancia y asume el carácter metodológico o normativo para ser aplicado con regularidad al ambiente escolar.

### 4.1. La formación técnica

Marcelo Sobrevila<sup>29</sup> dice respecto a la educación técnica en la Argentina:

*“...es la parte de la educación general que entiende en las pericias o habilidades para usar los procedimientos y recursos de que se sirven las diversas ramas de una ciencia o arte, dentro del campo de lo que se conoce como tecnología”*

La intencionalidad mediata de la enseñanza de las asignaturas técnicas es la de formar sujetos con sentido práctico, de modo de disponer de competencias específicas que le permitan insertarse en el ámbito laboral relativo a su profesión. El sentido práctico alude a la facilidad que tienen los técnicos (en nuestro caso, electromecánicos o electricistas) de reconocer procesos complejos (por ejemplo, automatismos con lógica de relés, máquinas herramientas, sistemas de distribución de energía eléctrica, etc.) que se le presentan a diario (en fábricas, talleres, líneas y subestaciones eléctricas, laboratorios de ensayos, etc.) sea para operarlos o más aún, para solucionar los desperfectos ocasionales en el menor tiempo posible.

Las asignaturas Electrotecnia II y Máquinas Eléctricas I (ambas con contenidos comunes referidos a máquinas eléctricas, pero pertenecientes a escuelas diferentes) asumiendo el perfil del técnico al que se hace referencia en el párrafo anterior, intentarán abordar la enseñanza de las máquinas desde un aspecto funcional (o sea, reconocer para qué fueron hechas, lo que implica comprender: principios de funcionamiento, partes constitutivas, componentes necesarios para su puesta en marcha, características eléctricas y mecánicas, etc.) y operacional (cómo se montan y conectan).

Para esta asignatura, debe verse la física como una materia subsidiaria, con el criterio de que *“la materia no se enseña con el fin de preparar al estudiante para que sea un especialista en ella, sino para aumentar su capacidad de comprender su mundo e inferir sobre él”*<sup>30</sup>. En este sentido, teniendo en cuenta que la ley de Faraday es un contenido tratado en los cursos de Física, y que la aplicación de la misma es necesaria para comprender los fenómenos de inducción en las máquinas eléctricas, se propone abordar nuevamente el tratamiento de la ley de Faraday en las asignaturas Electrotecnia II y Máquinas Eléctricas I, desde un punto de vista formal, de acuerdo con la propuesta de Bruner, de avanzar en niveles de complejidad creciente (a la manera de curriculum en espiral).

Interesa fundamentalmente la comprensión de la relación entre la f.e.m. inducida y la velocidad de variación de flujo, lo cual requiere un nivel de abstracción superior al de representar al fenómeno con la imagen de corte de líneas de campo, utilizado en algunos libros, como por ejemplo en Singer<sup>31</sup>.

#### 4.2. La enseñanza de la física y los procesos de construcción de significados

Se puede distinguir dos principios que resumen los distintos enfoques que ha adoptado el constructivismo<sup>32</sup>, y que pueden ser complementarios entre sí:

1. El primero es que el conocimiento se produce desde un sujeto que trabaja activamente para desarrollar el conocimiento, es decir, que no se ciñe pasivamente a ninguna lógica externa, no al menos sin antes analizarla, interpretarla, meditarla.
2. El segundo justifica la acción del conocimiento como aquella herramienta que le permite ordenar las experiencias adquiridas, facilitándole el desenvolvimiento dentro del mundo circundante (función adaptativa).

Esta significación subjetiva del conocimiento que se hace colectiva a través de la interacción social y que ordena el campo experiencial, no asegura la

verdad si se asume a esta como correspondencia entre el objeto observado y el teórico (posición aristotélico-empirista)<sup>33</sup>.

Matthews<sup>34</sup> dirá: *“la epistemología constructivista está centrada en el sujeto, basada en la experiencia, y es relativista”*. La controversia surge de cómo se asume este relativismo, pues para la educación tiene una función diferente que en la ciencia. Mientras que en esta última la validación de una ley o enunciado teórico justifica su trabajo intelectual, para la primera cumple un rol desestructurante, generadora de interrogantes, que propicia un pensamiento divergente que quiebra la enseñanza puramente instruccional, unívoca y asimétrica en las relaciones de poder docente-alumno, estableciendo un nuevo orden que permite que el alumno pueda invocar “de primera mano” al saber, sin tener que acudir a la intermediación del profesor como traductor oficial, sino como un tutor cuyo conocimiento disciplinar le permite facilitar su propia tarea de aprendizaje.

Siguiendo a Bernstein<sup>35</sup> y especialmente en lo referente a la enseñanza de la física dentro del marco de la asignatura máquinas eléctricas, tenemos que diferenciar el contexto primario de producción y validación de las leyes que se da en los laboratorios de física (universitarios o privados), donde los significados están en constante (o deberían estarlo) transformación, del secundario (escuelas), que es de tipo reproductivo por cuanto recontextualiza lo que se origina en el anterior.

La didáctica específica intentará transformar el discurso disciplinar (física) en uno diferente, donde el problema se centrará en cómo enseñar una ley desde un escenario integrado por un profesor, unos alumnos y el curriculum escolar. Bernstein<sup>36</sup> dirá:

*“Las reglas de relación, selección, secuencia y ritmo (la tasa esperada de adquisición de las reglas de sucesión) no pueden derivarse de la lógica interna de la física ni de las prácticas de quienes la producen. Las reglas de la reproducción de la física son hechos sociales, no lógicos. Las de recontextualización no solo regulan la selección, la secuencia, el ritmo y las relaciones con otros temas, sino también la teoría de la instrucción de la que se derivan las reglas de transmisión”*.

Si educar es más que instruir, si es abrir el camino a la especulación, a la reflexión, a la imaginación permitiendo los planteos epistemológicos, pero sabiendo que no es el ámbito de producción de leyes o teorías, ¿cómo lograr la comprensión sin transformar la clase de electrotecnia en una de filosofía o metafísica?. De cómo se genere ese espacio dependerá el aprendizaje significativo que tanto se busca. Una primera aproximación a esta respuesta se puede encontrar en la deconstrucción del conocimiento declarativo (qué es) desde la práctica experimental (cómo es).

Matthews<sup>37</sup> cita a Driver y Oldhan:

*“Aunque podemos asumir la existencia de un mundo externo, no tenemos acceso directo a él; la ciencia como conocimiento público no es tanto un descubrimiento como una construcción cuidadosamente comprobada”*.

Todo proceso de enseñanza iniciado por un docente no implica necesariamente que los alumnos empiecen a aprender. Más bien se puede decir que hay un contenido que se quiere compartir y que para que se inicie un proceso de

aprendizaje tendrá que haber algo más que la sola presencia de los alumnos. Este planteo se distingue de la enseñanza bancaria en cuanto que el aprendizaje no es concebido como un cúmulo de conocimientos ya elaborados, a la espera de algún problema futuro para poder resurgir automáticamente.

Fenstermacher<sup>38</sup> caracteriza como tarea central de la enseñanza la de *“...permitir al estudiante realizar tareas de aprendizaje (...) El profesor más bien instruye al estudiante cómo adquirir el contenido a partir de sí mismo, del texto u otras fuentes. A medida que el estudiante se vuelve capaz de adquirir el contenido, aprende...”*. Desde esta perspectiva, se puede inferir que el aprendizaje se logra a través del esfuerzo compartido entre docente y alumno, y no sólo es responsabilidad del primero.

Como estrategias que apuntalan a la propuesta didáctica de esta tesis en la dirección que se viene señalando (constructivismo), se pueden mencionar el descubrimiento guiado (o redescubrimiento) y el curriculum en espiral. Ambos aportes fueron hechos por Jerome Bruner<sup>39</sup>.

Para este autor, los conceptos no están en la realidad, sino que son invenciones. El aprendizaje de nuevos conceptos se logra por complejos procesos de construcción que parten de re-estructurar los ya aprendidos. El lenguaje juega un papel importante pues es utilizado *“para construir un mundo social y operar en él”*<sup>40</sup>. Bruner concibe una organización del curriculum que partiendo de lo particular se encamina hacia lo general, con una secuenciación que se optimiza porque se considera el contenido específico a tratar, el nivel de desarrollo de los alumnos, como así también la individualidad de los mismos. Contempla a su vez la necesidad de estimular externamente a los alumnos como así también de atender y promover los que vienen de ellos (estímulo interno). En este esquema de clase, el docente propone situaciones problemáticas de modo que el alumno re-descubra conceptos desde su rol de participante activo.

Este re-descubrimiento, en primera instancia, se puede hacer generando inferencias valorativas que destaquen más los aspectos cualitativos que cuantitativos, encontrando la perspectiva de los fenómenos manifiestos y sus raíces conceptuales con que se edificarían las leyes y teorías.

Uno de los caminos que podría favorecer la comprensión de las leyes de la física sería a partir de la interpretación de los aspectos fenomenológicos particulares y de las aplicaciones tanto científicas como tecnológicas. De esta manera, las definiciones que permiten sintetizar las ideas con relación a la ley, surgirían del debate y posterior consenso de significados atribuidos a los fenómenos observados.

#### 4.3. Los problemas de la comprensión desde un abordaje matemático temprano

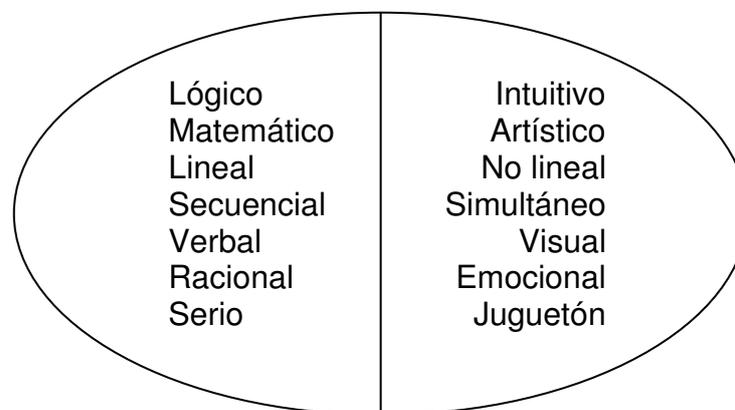
El tesista observó, en las clases de electrotecnia, que al rever la ley de Faraday desde su expresión matemática para explicar los fenómenos de inducción en

máquinas eléctricas, los estudiantes eran incapaces de aplicarla a situaciones concretas.

Supóngase que se intenta explicar qué es la corriente alterna de uso doméstico a un grupo de alumnos. Si se dibuja una secuencia de esquemas formados por un circuito compuesto por dos cables con una resistencia en un extremo y un generador en el otro, y se marca con flechas de magnitud creciente y decreciente el sentido de la corriente, seguramente entenderán mejor el fenómeno que si se representa una senoide en un par de ejes cartesianos (diagrama corriente-tiempo). Evidentemente los diagramas posicionales son más descriptivos y requieren menos conocimientos matemáticos previos para su entendimiento que los temporales, los cuales necesitan de una explicitación acerca de qué son los ejes cartesianos, qué quiere decir semiciclo positivo y negativo y cómo se relacionan con el comportamiento físico de la corriente.

Desde una perspectiva psicologista del problema del aprendizaje, Malvino en su libro "Principios de electrónica"<sup>41</sup> cita el modelo de Roger Sperry del cerebro humano, el cual ganó un premio Nobel por sus investigaciones con epilépticos a los que se le había cortado el "corpus callosum" (fibra nerviosa que separa los dos hemisferios del cerebro). Sus conclusiones fueron: a) El hemisferio izquierdo piensa con palabras y números, b) el derecho con imágenes y otros elementos no verbales, c) Ambos hemisferios procesan la información de forma tan diferente que es más exacto hablar de cerebro derecho y cerebro izquierdo, d) No se puede describir verbalmente cómo funciona el cerebro derecho.

Se caracteriza ambos hemisferios por distintas cualidades:



La incapacidad de describir el cerebro derecho hace referencia a la intuición, a la corazonada, a las soluciones que aparecen en el momento menos esperado, de forma imprevista, tal vez después de un sueño. Este pensamiento holístico y hermeneúico ¿se produce cuando se aborda la enseñanza desde la complejidad de una fórmula experimental<sup>42</sup> como la ley de Faraday? ¿No será que los símbolos matemáticos interfieren la captación de la esencia, al menos en una primera aproximación al fenómeno?

En la enseñanza de las ciencias fácticas se trabaja mucho con modelos explicativos que terminan siendo las "causas" de los fenómenos que se quieren interpretar. La teoría puesta en escena, que transparenta al objeto para su

inteligibilidad, termina siendo razón pura e incuestionable para el observador. La matemática en estas disciplinas, es tomada como el problema de fondo y no como una herramienta que facilita el desarrollo teórico. Las discusiones del "fenómeno eléctrico" se convierten en discusiones de las "operaciones matemáticas". Esta termina siendo una muletilla, generando en vez de un saber con capacidad operatoria y práctica aplicable en otro contexto que no sea el escolar, una conciencia rigidizada, que ciñe los objetos al molde, ineficaz en emitir juicios o apreciaciones aproximativas, insegura porque en su aprendizaje "dogmático", tal vez sin saberlo o por no poder criticarlo, le cambiaron el objeto.

Filloux<sup>43</sup> dirá al respecto:

*"En la ideología canónica de las ciencias naturales, la relación demasiado estrecha entre el observador y lo observado sigue siendo inmediata. No está mediatizada. Y sin embargo, el mundo no es exterior al científico, ya que este último se encuentra en este mundo. Uno se topa con las relaciones de incertidumbre de Hisenberg. Hoy en día, los mismos especialistas de las ciencias llamadas exactas cuestionan la noción de objetividad. Está en juego, o bien el abandono de la creencia en una verdad total, o bien, el fin de la misma ciencia. La dominación del lenguaje científico basado en las matemáticas, imperialismo de la cuantificación, cede terreno en favor de lo cualitativo. Como lo señala muy bien el físico Gérard Horton, las ecuaciones son incapaces de agotar las riquezas de lo real. En la tradición posterior a Bachelard, hay múltiples signos de la presencia de esta epistemología."*

En este sentido, podemos decir que la interdisciplinariedad que se pone en juego en el salón de clase de escuelas medias y técnicas (en área como electrotecnia), entre matemáticas y física, es a menudo de carácter un poco reduccionista, parcializada, perdiéndose de vista la perspectiva y la complejidad de los fenómenos. Como se dijo anteriormente, se corre el peligro de desviar la atención a las cuestiones específicas que hacen a las matemáticas. Signaceur<sup>44</sup> nos dice: "A menudo se cita el ejemplo de los físicos que han aplicado métodos matemáticos que hicieron necesaria para su legitimación, la creación de una nueva teoría". Cuándo fraccionamos el conocimiento en diversas disciplinas, ¿no estaremos banalizando la complejidad del saber?

Si bien el trabajo de Faraday comprende una faceta experimental, es bueno resaltar que este científico realizó un profundo trabajo teórico que le permitió ordenar y clasificar los variados y disímiles fenómenos eléctricos y magnéticos conocidos hasta su época. El avance en la sistematización de dichos fenómenos, sentó las bases para la estructuración de una teoría electromagnética. El método que Faraday empleó para sus investigaciones, consistió en una apelación constante a la experimentación como medio para testear la validez de sus ideas, reformulándolas constantemente. Contrariamente al estilo de algunos físicos que se acostumbraron a formas matemáticas establecidas de pensamiento, Faraday, en la publicación de sus investigaciones, se expresaba en un lenguaje verbal mejor ajustado a la ciencia que estaba en formación, tal como puede verse en sus propios escritos<sup>45</sup>.

La comprensión de los fenómenos de inducción en general, y la ley de Faraday en particular, no requiere de formulaciones matemáticas tempranas, si se

interpretan las observaciones que surgen de la experimentación tal como lo hizo Faraday.

#### 4.4. La perspectiva epistemológica: *El problema de la verdad*

Desde una perspectiva constructivista, el desarrollo en clase de una “*comunidad de investigación*”<sup>46</sup> podría ser uno de los caminos para superar las dificultades de comprensión. La confrontación de ideas, la identificación de presupuestos, el debate, la colaboración, etc., permitiría la necesaria intersubjetividad conducente a un acuerdo de significados que opere de “*marco de referencia compartido*”<sup>47</sup>. Bruner<sup>48</sup> dirá al respecto:

*“Las verdades son el producto de la evidencia, la argumentación y la construcción más que de la autoridad, ya sea textual o pedagógica”*

Dentro de nuestras aulas es posible ver cómo el docente enseña dogmáticamente su disciplina, extrayendo los problemas y cuestiones únicamente de los libros de textos, y dejan de lado los que se pudieran suscitar en su medio. Sumado a ello la poca participación, el libro y el agente *responsables* de la enseñanza se instituyen en la razón por la cual se debe “creer” en una ley o teoría<sup>49</sup>. Estas van conformando un metaconocimiento que reviste el carácter de unívoco e inequívoco por antonomasia. Unívoco pues el conocimiento parte unidireccionalmente (de fuentes alejadas del lugar de producción) de los actores exponentes e inequívoco porque no permiten pasar por la prueba del error. Un aforismo de Bacon<sup>50</sup> dice: “*La verdad surge más fácilmente del error (de los alumnos haciendo pruebas) que de la confusión.*”

Los libros de texto enseñan lo que sedimenta de las revoluciones científicas, es decir que se escriben en el período de ciencia normal y ratifican a lo sumo lo que el paradigma resultante de la controversia pasada les dicta<sup>51</sup>. Lo lamentable en términos de aprendizaje, no está con relación a los datos, leyes, etc. que se escribe y que son de suma importancia como fuente de información, sino a lo que no se dice o manifiesta, y tiene que ver con la cantidad de circunstancias que a diario encuentran aquellos que se esfuerzan en acercar sus trabajos a los objetivos científicamente propuestos y que no son fáciles de superar. Tomando el libro de textos de esta manera, los docentes forjan una cultura basada en manuales, sin referentes históricos y culturales que permitirían entender los entretelones de los descubrimientos, y que harían caer en la cuenta que la ciencia no es, como afirman algunos, “*un proceso comparado frecuentemente a la adición de ladrillos a un edificio*”<sup>52</sup>.

¿Porqué no abrir el horizonte de los mundos posibles para poder ayudar al proceso de enseñanza y aprendizaje?. En este sentido no se puede aspirar a otra verdad o a una mayor verosimilitud mientras se siga articulando a la educación (y sobre todo la relativa a las áreas de ciencias y técnica) desde dentro, es decir, sin tener en cuenta la enorme cantidad de determinantes sociales y culturales que inciden en las escuelas. Citando a Quine<sup>53</sup>: “*La verdad dice el relativista cultural, está ligada a la cultura. Pero si así fuera, él dentro de su propia cultura, debería considerar como absoluta su verdad culturalmente determinada. No puede proclamar el relativismo cultural sin levantarse por encima de él, y no puede levantarse por encima de él sin dejar de creer en él*”. Esta paradoja nos alienta a ser humildes con nuestras afirmaciones.

Tanto positivistas como neopositivistas establecen una relación entre significado y teoría sólo para términos teóricos (donde estos se pueden interpretar por medio de los postulados significantes; como ejemplo de término teórico: "electrón"), pero no para los observacionales (como ejemplo: la traza en una cámara de burbujas). Estos últimos se relacionan con la experiencia a través de la verificabilidad sin mediar una teoría o traductor del hecho en sí. Es como si lo observado fuera transparente a la conciencia. Por lo tanto, un cambio de teoría puede cambiar el significado de un término teórico pero no de un observacional<sup>54</sup>. De manera que este lenguaje observacional neutral es el pasamano del que se sostienen cuando los sacuden las anomalías en los laboratorios de investigación.

La palabra verdad, en el sentido aristotélico, establece un vínculo semántico entre nuestro pensamiento (lo que creemos sobre la realidad) y la realidad que existe fuera de nosotros. Dicho vínculo es concebido en términos de "adecuación" o "correspondencia", más no implica "conocer" la verdad o falsedad de esa realidad exterior<sup>55</sup>. Hay un uso cotidiano en que la palabra verdad es equivalente a conocido o probado<sup>56</sup>; es decir, si hay verdad, por lo tanto hay conocimiento y prueba. Klimovsky<sup>57</sup> dice al respecto:

*"en el lenguaje ordinario la palabra verdad se emplea con sentidos diversos (...) decimos, en medio de una discusión, "esto es verdad" o "esto es verdadero" para significar que algo está probado. En otras ocasiones, curiosamente, "verdad se utiliza no en relación a la prueba, sino a la creencia. Decimos: "esto es tu verdad, pero no la mía" (...) la noción aristotélica de verdad no tiene ingrediente alguno con el conocimiento"*

Este cuestionamiento nos lleva al núcleo de la discusión de si es o no posible distinguir entre términos teóricos y observacionales, si estos últimos se pueden considerar "sin carga teórica" o libres de toda "valoración subjetiva", como un "juego de lenguaje neutro" asumido como punto de apoyo o basamento para construir el árbol del conocimiento científico.

Mary Hesse<sup>58</sup> hace dos observaciones respecto del aprendizaje de palabras en asociación directa con situaciones empíricas. La primera refiere a la posibilidad de discernir un aspecto dentro de una infinidad de ellos que se presentan en toda situación física, como tal compleja. El hecho de existir esta posibilidad, implica reconocer "*grados de semejanza y diferencia entre situaciones diferentes*". Lo segundo también implica reconocer grados de semejanza y diferencia entre situaciones diferentes, pero por el hecho de que puede usarse correctamente la misma palabra en el nuevo contexto. Pero entonces sería apropiado tomar "conciencia" del punto de vista y explicitarlo antes de reconocer cualquier reiteración o repetición. Es decir, deberíamos "definir" un predicado para que se pueda aplicar<sup>59</sup>.

Contrariamente se podría decir que tal toma de posición llevaría a plantearse la dificultad de aprender tales predicados, pues toda definición presupone un repertorio amplio de predicados los cuales deberían ser aprendidos en las mismas condiciones, es decir, con definiciones. De esto resulta una regresión de la que no se podría salir, salvo que se contara con un conjunto de predicados conectados directamente a situaciones empíricas (es decir, que su significación surge de la experiencia directa) y cuyas condiciones necesarias y suficientes no se puedan

“especificar” (“no verbalizables”). Klimovsky parece haber encontrado este referente empírico al hablar de objetos directos<sup>60</sup>.

*“Cuando las disciplinas o las teorías científicas se ocupan de objetos, hay que formular una primera distinción. Nuestro conocimiento de alguno de estos objetos es directo, en el sentido de que no existe ninguna mediatización de instrumentos o teorías para que podamos tener conocimiento de ellos. Se ofrecen directamente a la experiencia y por lo tanto podrían denominarse provisoriamente objetos directos. Para tomar un ejemplo característico, si al contemplar un instrumento que posee un dial observamos que la aguja coincide con una marca de la escala, entonces el dial, la aguja, la marca y la relación de coincidencia pueden considerarse como entidades directas, por cuanto se ofrecen sin mediación a nuestra captación, a nuestro conocimiento”.*

Este ejemplo de Klimovsky llama a la reflexión sobre el conocimiento que se pretende indubitable o universalmente aceptado, en el caso de realizar una *observación directa*.

Es conocido que en las mediciones que se realizan con instrumentos analógicos en Medidas Eléctricas, la lectura de una magnitud por contraste de una aguja sobre la marca de un dial tabulado, tiene un error llamado de paralaje. Este se produce por la falta de perpendicularidad entre la línea de observación (línea que saliendo del ojo, pasa por el índice y termina en el dial) y la superficie del dial respectiva, provocando incertidumbre en la lectura. Esta falta de resolución se puede corregir colocando un espejo en la parte posterior del índice, sobre el plano de la escala, de modo que se logra la perpendicularidad pretendida cuando al mirar a través del índice, no se ve la sombra proyectada de este sobre el espejo<sup>61</sup>. La consideración del error siempre presupone un análisis TEÓRICO insoslayable que se hace tanto en las ciencias duras como en sus áreas de aplicación.

Suponiendo el caso en que se tiene tres tonos de un mismo color y se quiere explicar la diferencia y semejanza entre ellos; se podrá decir que uno es más claro o más oscuro que otro, pero seguramente se haría muy dificultoso describir con palabras el grado de tales o cuales semejanzas o diferencias. La complejidad de una clasificación de este tipo recuerda al tesista la dificultad con la que se encuentra a diario al intentar explicar verbalmente una ley ya sea en función de sus signos formales matemáticos como en la lectura que se hace de los fenómenos manifiestos, sin antes consultar a los protagonistas (los alumnos). Este proceso llega a un punto (no verbalizable) donde las palabras se vacían en su representatividad o significación, o bien entra en una circularidad en la cual las consecuencias empiezan a parecer como causas sin solución de continuidad.... Parece necesario primero dejar que el fenómeno se manifieste y luego abrir la ventana a las opiniones y reformulaciones de los alumnos (*comunidad de investigación*). Este proceso de reflexión va llevando lentamente a la confrontación de ideas, al análisis intersubjetivo en el que se negocian los significados entre alumnos y profesor, para luego llegar a un acuerdo en cuanto a lo que se entendió, y por supuesto, a una definición acordada entre todos los participantes.

Muchos predicados han cambiado a lo largo de la historia. Mary Hess<sup>62</sup> da como ejemplo el abandono (en el marco de la física relativista) del concepto de simultaneidad del tiempo newtoniano. La absolutización en el marco de la ciencia -del

predicado de un término-, responde más a cuestiones psicológicas (o al menos a intereses personales) que a la realidad. Hesse lo resume de la siguiente manera:

*“Otro punto que vale la pena notar aquí es que nosotros conocemos parcialmente el área comparativamente estable dentro de la cual se propone definir un lenguaje observacional, porque su estabilidad se explica por las teorías que ahora aceptamos. Ciertamente no queda suficientemente definida investigando cuáles enunciados observacionales han permanecido estables de hecho durante largos períodos, pues tal estabilidad bien podría deberse a accidentes, prejuicios o creencias falsas<sup>63</sup>(...). Es trivial que cualquier ley empírica puede abandonarse a la luz de los contraejemplos, pero esto se vuelve menos trivial cuando se encuentra que el funcionamiento de cualquier predicado depende esencialmente de uno u otros conjuntos de leyes, y al reconocer también que cualquier situación correcta de aplicación (aún aquella en términos de la cual se introdujo originalmente el término) puede volverse incorrecta con el fin de preservar un sistema de leyes y otras aplicaciones<sup>64</sup>*

Tomando el ejemplo de Hesse, si pensamos en el rojo como en un atributo o propiedad, para el caso de los objetos (como un libro o una pelota roja) o como un predicado relacional, en las circunstancias de los fenómenos observados en un laboratorio (el rojo de una estrella se debe a que ésta se aleja) es posible que estemos pensando que la física responde sólo a fenómenos no cotidianos y no a la vastedad de todas nuestras experiencias. Lo que se intenta esbozar sintéticamente, es que la lectura de los fenómenos observacionales llevan gafas teóricas (gestald) que condicionan o preforman los datos sensoriales lo que lingüísticamente hablando implica “ponerse de acuerdo” intersubjetivamente en el uso de enunciados, científicos en este caso<sup>65</sup>.

Ahora bien, esas leyes intersubjetivamente construidas (que sirven para conectar relacionalmente el rojo con alejamiento de la estrella), no supone su invarianza, al contrario (y aquí lo delicado de las definiciones), la ciencia avanza y hay conceptos que pueden cambiar (o abandonarse como el concepto de simultaneidad del tiempo newtoniano).

En orden a lo expuesto, Hesse habla de un “*modelo reticular de las teorías*”, por lo cual cada predicado se puede reemplazar por otros con menos compromisos hacia alguna ley (da ejemplos de reemplazar el enunciado “*aniquilación de un par de partículas*” por “*dos líneas blancas que se encuentran y terminan en un ángulo*”), pero esto no implica que los términos “*más atrincherados*” no tengan muchas implicaciones. “*Las razones por la cual estas implicaciones no parecen dudosas u objetables al purista observacional son que durante mucho tiempo se ha demostrado como verdaderas, o se las ha creído verdaderas, en sus dominios pertinentes, de modo que se ha olvidado su carácter esencialmente inductivo. De esto se sigue que cuando a veces se llegan a abandonar predicados bien atrincherados junto con sus implicaciones, bajo la presión del resto de la red, los efectos de tal abandono tendrá un mayor alcance y serán más perturbadores que cuando se modifican predicados menos atrincherados*”<sup>66</sup>

Cuando el pastor protestante Malthus expone su teoría económica “*pesimista*”<sup>67</sup> (porque evidencia el peligro inminente de la sociedad en cuanto a su nivel

de vida, producto de un desfase negativo entre el crecimiento demográfico y el de los alimentos necesarios para su supervivencia) a la sociedad inglesa de fines del siglo XVIII, lo hace bajo una concepción valorativa (pues habla de restricción moral) que naturalizaba la situación que se vivía. Michael Mulkey escribe al respecto<sup>68</sup>:

*“El argumento de Malthus tuvo tanta influencia debido a que le confirió sentido a alguno de los cambios sociales perturbadores que acompañaban la industrialización y debido a que explicaba estos eventos como consecuencias inevitables de la ley natural (Sandow, 1938). Numerosos miembros de la sociedad decimonónica estaban comprometidos en una lucha amarga por la existencia. Malthus intentaba mostrar que ésta había sido siempre la situación y siempre lo sería.”*

Los racionalistas como Popper y Putnam y los no racionalistas como Feyerabend y Kuhn atacan al positivismo bajo un solo mensaje: *“toda observación está cargada de teoría”*<sup>69</sup>. Popper, habla del acercamiento a la verdad, o lo que él llama la verosimilitud de una teoría o enunciado teórico. En la contrastación de teorías utiliza como elemento demarcatorio el falsacionismo, es decir que será más verosímil aquella teoría que resista mejor las anomalías, pero bastará una para derribarla<sup>70</sup>. Lákatos es menos extremista y considera lo que él llama Programa de Investigación Científica, con un núcleo formado por postulados teóricos, donde el programa no se abandona por la existencia de algunas anomalías (heurística negativa), en cambio se defiende por la compensación o corrección de los postulados o enunciados teóricos mediante las sugerencias surgidas dentro del propio programa (heurística positiva)<sup>71</sup>

Kuhn es el que mejor interpreta la realidad de la empresa científica pues presenta a la historia de la ciencia como un ciclo alternativo de ciencia normal, donde ésta trata de ajustar los hechos a los moldes paradigmáticos<sup>72</sup>, y otro de ciencia revolucionaria donde se produce el cambio de dicho paradigma. Este es el medio que unifica las distintas actividades que llevan a cabo los científicos dentro de una misma tradición, en época de ciencia normal. *“Los Paradigmas pueden ser anteriores, más inflexibles y completos que cualquier conjunto de reglas para la investigación que pudiera abstraerse inequívocamente de ellos”*<sup>73</sup> Es decir que esa comunidad científica puede desconocer tales reglas, pero intuir qué soluciones son aceptables en ese marco referencial paradigmático. En este sentido la historia es situacionista respecto a los descubrimientos y muestra la imposibilidad de que estos se hallan hecho en otro contexto espacio-temporal. ¿Podría otro Einstein plantearse la relatividad en un mundo desafiado por el paradigma de Newton de espacio y tiempo absolutos?<sup>74</sup>

Kuhn alude a la importancia de la tecnología en el surgimiento de nuevas ciencias por la importancia que juega las artesanías como fuente accesible de hechos que no podrían descubrirse fortuitamente.

Sin ser abusivo como el todo vale de Feyerabend, lo esotérico, lo pequeño pero potencialmente significativo (como Sherlock Holmes)<sup>75</sup> o el análisis informal<sup>76</sup> pueden ser fuentes de recursos válidos para aportar nuevas ideas a la ciencia en su acercamiento a la verdad. También se da el caso de Dalton que viniendo de otra disciplina, hizo un descubrimiento importante para la química con la ley que lleva su nombre.<sup>77</sup>

Es necesario la proliferación de teorías rivales, porque es atendiendo a las objeciones de sus proponentes respecto a las teorías supuestamente contrarias, que se encontrará mayor consenso y verosimilitud respecto a las explicaciones que se enuncien. Mill escribe<sup>78</sup>: *"puesto que la opinión general o predominante sobre cualquier tema raramente o nunca es toda la verdad, es sólo mediante la colisión de opiniones adversas como el resto de la verdad tiene alguna oportunidad de aparecer"*. Concomitantemente Feyerabend expresa<sup>79</sup> *"Lo que yo sostengo es que el anarquismo ayuda al progreso en todos los sentidos en que se prefiera entenderlo"*.

Se puede ser absolutamente racional y aceptar el anarquismo como fuente de consolidación de teorías, pues es en la crítica, producto de la confrontación, que se validan o no las distintas posturas. Los docentes tienen la posibilidad de crecer en ese sentido cuando se abren a los distintos juicios, donde tras un período de reordenamiento interior comienzan a descubrir y aceptar las múltiples transformaciones e interpretaciones que tienen sus asertos, y también la infinidad de caminos que se pueden abordar para un aprendizaje más auténtico.

Siguiendo a Bruner<sup>80</sup>, la educación valorada en términos de la cultura (y no fuera de ella) que denomina *"perspectiva culturalista"*, propone como uno de sus postulados al constructivismo, que concibe la realidad como la que se construye desde el sujeto (el alumno), con la *"caja de herramientas de formas de pensar"* que ésta le brinda. Este autor<sup>81</sup>, viendo a los niños como pensadores dice:

*"Los niños como los adultos, se representan como construyendo un modelo del mundo para ayudarles a construir su experiencia (...) Se estimula el entendimiento a través de la discusión y la colaboración, animando a la niña a expresar mejor sus propias opiniones para conseguir algún encuentro de mentes con otros que puedan tener otras opiniones (...) el conocimiento es lo que se comparte dentro del discurso, dentro de una comunidad textual"*.

Por otra parte, al docente se le presenta el problema de evaluar el grado de conceptualización alcanzado por los alumnos, que ya no se limita a separar respuestas válidas de las falsas. En el camino arduo de la construcción de significados, (de constante resignificación y negociación de conceptos entre los actores intervinientes), la evaluación pierde el carácter valorativo puramente numérico, para incorporar el discernimiento (por parte del profesor) de expresiones orales y escritas que se van desarrollando a través del lenguaje.

Se parte del supuesto de que una palabra establece una relación compleja con un campo de significados, y que cada una se relaciona con otras conformando los mensajes de lo que se pretende transmitir. A su vez, la evaluación por parte del docente de esos mensajes (por ejemplo en la forma de respuestas de los estudiantes a las preguntas o requerimiento de explicaciones referidas a fenómenos físicos) conlleva a un discernimiento complejo de los conceptos interrelacionados entre sí.

Como la ley de Faraday no es más que la expresión consensuada de la interpretación de un fenómeno físico, su comprensión conlleva una negociación de significados, y es ésta la que debe tratar de promoverse en el desarrollo del tema.

## 5.Desarrollo de la investigación:

Se diseñó, aplicó y evaluó una Propuesta Didáctica para la enseñanza de la ley de inducción de Faraday que tiene las siguientes características:

- a) No se presentó desde el inicio como una ecuación matemática.
- b) Se evitaron las definiciones.
- c) Se intentó reconstruir los conceptos elementales ya dados y construir los nuevos a partir de la observación y el debate, hasta integrarlos en una situación final.
- d) Se emplearon los conceptos y la ley en una situación física, consistente en una espira giratoria sometida a un campo magnético constante.

Desde un punto de vista metodológico se identificaron tres pasos secuenciales que a continuación se detallan:

- Primera fase o instancia preparatoria, conformada por un cuestionario escrito y entrevista posterior, llevadas a cabo con el fin de evaluar las ideas previas que tenían los alumnos en torno a la ley de Faraday y los conceptos asociados tales como campo magnético, f.e.m. inducida, etc.
- Segunda fase de diseño y aplicación de la propuesta didáctica propiamente dicha.
- Tercera fase o instancia evaluativa, compuesta por un cuestionario escrito y entrevista posterior, que trató de determinar el nivel de alcance que tuvo la propuesta didáctica en cuanto a generar una mejor comprensión de la ley de inducción de Faraday.

### 5.1.Propuesta didáctica

Esta propuesta se basa en una serie de experiencias de laboratorio ideadas de modo que al término de los mismos se pudieran establecer las conexiones causales entre la fuerza electromotriz inducida por un cuerpo magnético en una bobina y la variación de flujo magnético en su interior (ya sea por cambio en la intensidad del campo y/o la superficie transversal de la bobina).

Entre los conocimientos previos requeridos para la posterior construcción teórica, figura la idea de fuerza electromotriz que impulsa las cargas positivas en su mismo sentido (y al mismo tiempo o en fase, si obviamos el efecto inductivo) produciendo una corriente eléctrica, y la de campo magnético, con la modelización de líneas de fuerza cerradas que salen del polo Norte y entran al Sur, cuya densidad depende de la permeabilidad del medio (para los alumnos que presentaban dificultades interpretativas, se hizo una breve revisión de conceptos en una instancia posterior al primer cuestionario y previa al desarrollo de la propuesta didáctica). Como podemos advertir, tanto la f.e.m. como el campo magnético representan constructos que se desprenden de ensayos anteriores y cuya cabal comprensión implica la abstracción teórica de fenómenos uniformes y repetitivos.

Las experiencias fueron realizadas en los laboratorios de Electrotecnia de la Esc. Industrial Superior dependiente de la F.I.Q. (U.N.L.), y de la Esc. N° 478 Dr. Nicolás Avellaneda (Ex-ENET N°1) de la ciudad de Santa Fe. Ambas las identificaremos con siglas EIS y AVE respectivamente.

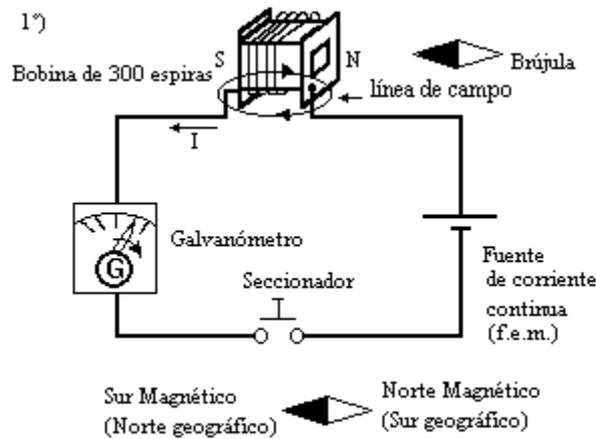
El contexto de estos laboratorios está conformado generalmente por productos adaptados a las tecnologías, por lo tanto basadas en estándares de fabricación. Se usaron bobinas y núcleos de hierro de transformadores didácticos, generadores didácticos, etc. Por otro lado, la ventaja de esto estribó en que fue una oportunidad más para ir familiarizándose con instrumentos y aparatos que serán para los estudiantes de uso diario en el futuro desempeño profesional.

Los encargados de los laboratorios de la AVE, generalmente hacen trabajos de mantenimiento de los equipos, pero no intervienen directamente en actividades docentes, razón por la cual, los experimentos de la propuesta didáctica fueron preparados por el tesista, donde los alumnos ayudaban, observaban, probaban y debatían las conclusiones con este y entre ellos. Las fases de las observaciones se iban apuntando individualmente como así también los conceptos teóricos y las conclusiones finales.

En la EIS, el desarrollo de la actividad fue programado al igual que antes por el tesista, pero la preparación y desarrollo de los distintos pasos las hizo en colaboración con el ayudante de trabajos prácticos, contando siempre con la participación activa de los alumnos que también observaban, probaban, apuntaban, etc. El resto del programa fue igual al de la AVE.

En el desarrollo de las experiencias se diferenciaron 8 pasos que a continuación se detallan:

1º) Relación entre el sentido de la corriente y la orientación del campo magnético. En la siguiente figura se muestra una manera de identificar y relacionar el sentido que tiene la corriente que circula por el circuito cerrado (generado por una fuente eléctrica de origen químico, como una batería o pila seca o bien una fuente de corriente continua implementada con un transformador de corriente alterna y un puente rectificador de diodos semiconductores) con el sentido que tiene el campo magnético derivado de tal circulación. Para ello se hizo uso de un galvanómetro que es un instrumento que indica el pasaje de la corriente a través de un índice superpuesto a un cuadrante semicircular tabulado. Con el cero en el centro de la escala, la aguja se mueve hacia la izquierda o derecha según el sentido horario o antihorario de la corriente en el circuito. Como esa corriente es proporcional y del mismo sentido de la f.e.m. que la genera, observando la aguja en este instrumento se pueden realizar ciertas inferencias sobre la f.e.m.: a mayor o menor deflexión, mayor o menor f.e.m.; si la deflexión cambia de sentido, cambia el sentido de la f.e.m.



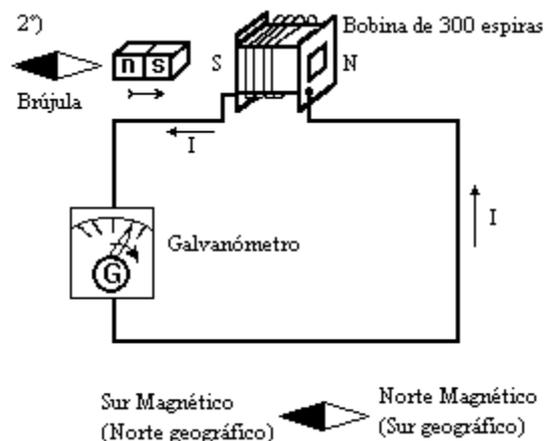
La figura del imán al pie del circuito, representa la convención gráfica empleada para representar la brújula.

Para la determinación del sentido del campo magnético se empleó una brújula que permitió la identificación de los polos norte y sur que se producen en la dirección del eje de la bobina (conjunto de espiras).

Antes de usar la brújula se aclaró que el norte de la brújula apunta al sur magnético y viceversa, y que las líneas de campo magnético van de sur a norte dentro de la bobina y de norte a sur fuera de ella.

El sentido de la corriente puede modificarse cambiando la polaridad de la fuente.

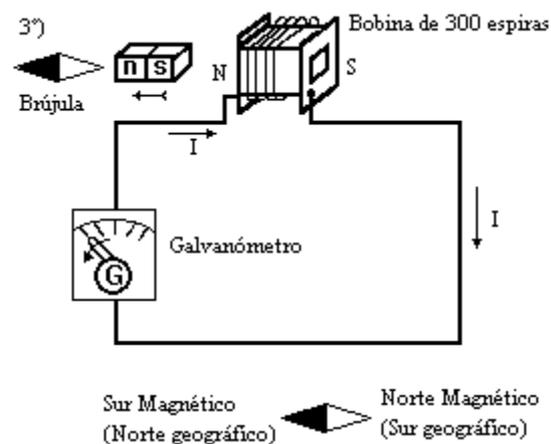
2°) Una vez establecida la relación *sentido de corriente-sentido del campo*, se retiró la fuente y el interruptor del circuito eléctrico, y se introdujo un imán permanente dentro de la bobina dejándolo inmóvil, comprobándose que no circulaba corriente. Luego al mover el imán acercándolo a la bobina, el galvanómetro acusó la existencia de una corriente tal como indica la siguiente figura:



Luego se repitió la experiencia dejando inmóvil el imán y acercando la bobina, y el sentido y la magnitud de la corriente se reprodujo exactamente como antes.

Se pudo también observar, por el sentido de la corriente, que el polo generado por la bobina en el extremo más próximo al imán, era del mismo signo que el del imán, por lo tanto se oponía a que éste se introduzca.

3º) Se repite la experiencia ahora alejando el imán de la bobina. Se observó, por el sentido de la corriente, que el polo de la bobina más cercano al imán, era opuesto al del imán atrayéndolo hacia la misma. En las experiencias 2º) y 3º) el movimiento del imán produce una variación en la intensidad de campo dentro de la bobina. Esta variación induce una corriente que a su vez genera un campo de inducción magnética que se opone a dicha variación.



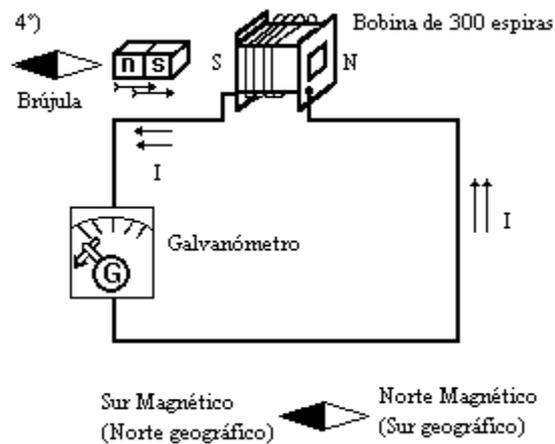
Las experiencias anteriores pusieron en evidencia tres aspectos fundamentales en la producción de f.e.m.:

a) Se genera f.e.m. cuando hay un *movimiento relativo* entre imán y bobina.

b) Para generar una f.e.m. es necesario realizar un trabajo, que se pone de manifiesto por la fuerza que se hace tanto al introducir (dos polos iguales se repelen) como retirar (dos polos distintos se atraen) el imán de la bobina, lo cual está de acuerdo al *Principio de Conservación de la Energía*.

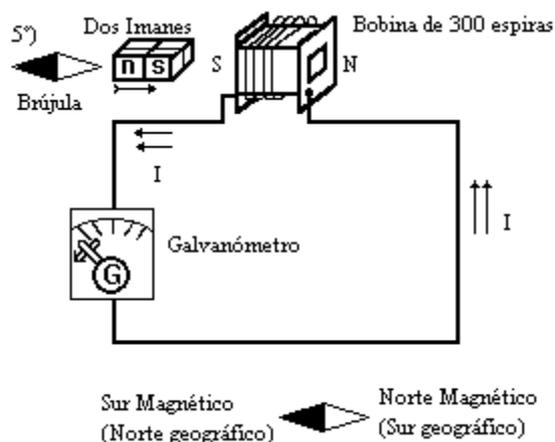
c) El sentido de la corriente inducida es tal que el campo magnético que ella produce en la bobina, se opone al incremento o decremento del campo magnético primario (el producido por el imán dentro de ella), es decir, genera un efecto que *se opone a la causa que la provoca*, tal como se enuncia en la *Ley de Lenz*.

4º) En una instancia posterior, se aumentó la velocidad con que se introducía y retiraba el imán, lo que arrojó como resultado, un incremento de f.e.m. inducida que se visualizó a través de un incremento de la deflexión de la aguja del galvanómetro.

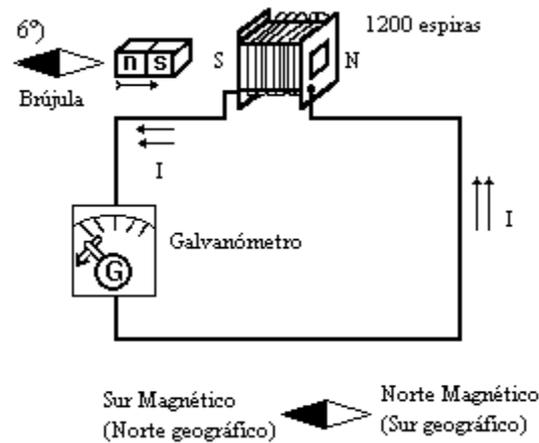


Esto mostró que existe una relación directa entre la f.e.m. inducida y la *velocidad* de cambio del campo magnético.

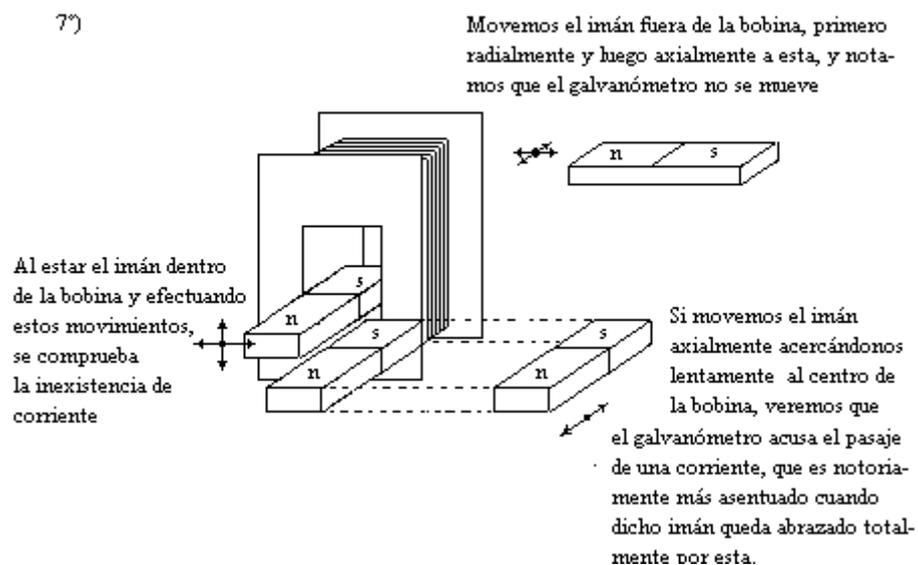
5º) Seguidamente, se aumentó la intensidad del campo magnético juntando dos imanes permanentes, y al moverlos dentro de la bobina de la misma manera que se efectuó en los pasos 2º) y 3º), la f.e.m. inducida también se incrementó con respecto a la producida en esas experiencias.



6º) Se reemplazó luego la bobina de 300 espiras por una de 1200, y al mover el imán como en las figuras 2º) y 3º), se verificó que la f.e.m. también se incrementaba con relación a la inducida en las experiencias 2º) y 3º).



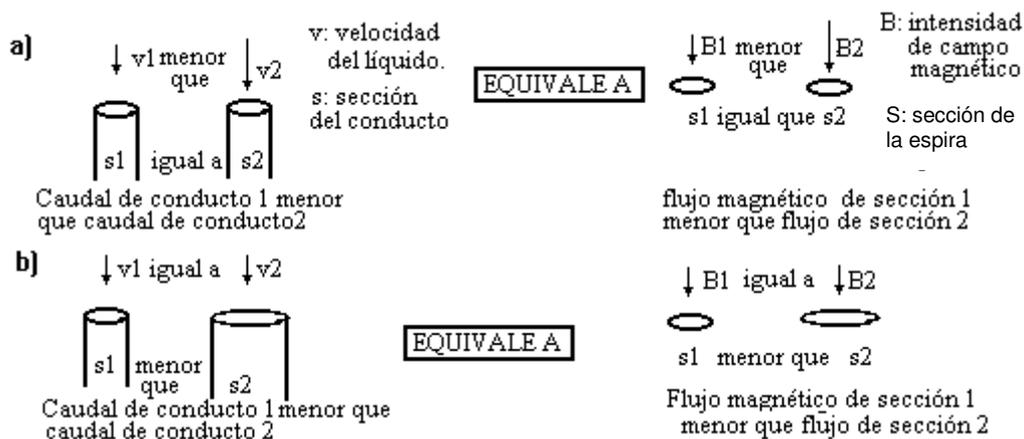
7º) Finalmente se ensayaron diferentes movimientos entre el imán y la bobina de modo de poder determinar aquellos que producían f.e.m. inducida, y el resultado fue el que muestra la siguiente figura:



Después de finalizar estas siete experiencias, el tesista en conjunto con los alumnos, reseñaron los distintos pasos y concluyeron que la f.e.m. inducida en la bobina depende del *número de espiras* (ítem 6º) y de la *velocidad de variación de la intensidad de campo magnético* (ítem 4º y 5º) siendo su sentido tal que se *opone* a tal variación (ítem 2º y 3º). De las experiencias Nº7 se pudo deducir que la magnitud de la f.e.m. inducida depende de la orientación relativa de la bobina respecto del campo magnético.

8º) En esta instancia de la clase se desarrolló el último paso de la propuesta didáctica, consistente en la construcción del concepto flujo magnético (*“término teórico”*<sup>82</sup>) para poder distinguirlo de las variables que lo constituyen, a saber, la intensidad de campo y la superficie transversal a éste. De este modo se facilitó la comprensión de la experiencia posterior donde la f.e.m. inducida es producida, no por la *velocidad de cambio de la intensidad del campo*, sino por la *velocidad de variación de la superficie* que es atravesada por el mismo.

Para explicar el fenómeno de inducción magnética, el docente estableció una analogía entre el flujo de inducción magnética y el caudal de un líquido. En dicha analogía se estableció la relación: la intensidad de campo con la velocidad de desplazamiento del líquido, y la sección transversal con la de una vena de fluido. Al preguntárseles a los alumnos, en qué circunstancia habrá más flujo para las dos figuras siguientes, las respuestas más frecuentes fueron las que se consignan debajo de ellas, lo que evidencia la comprensión de la analogía:

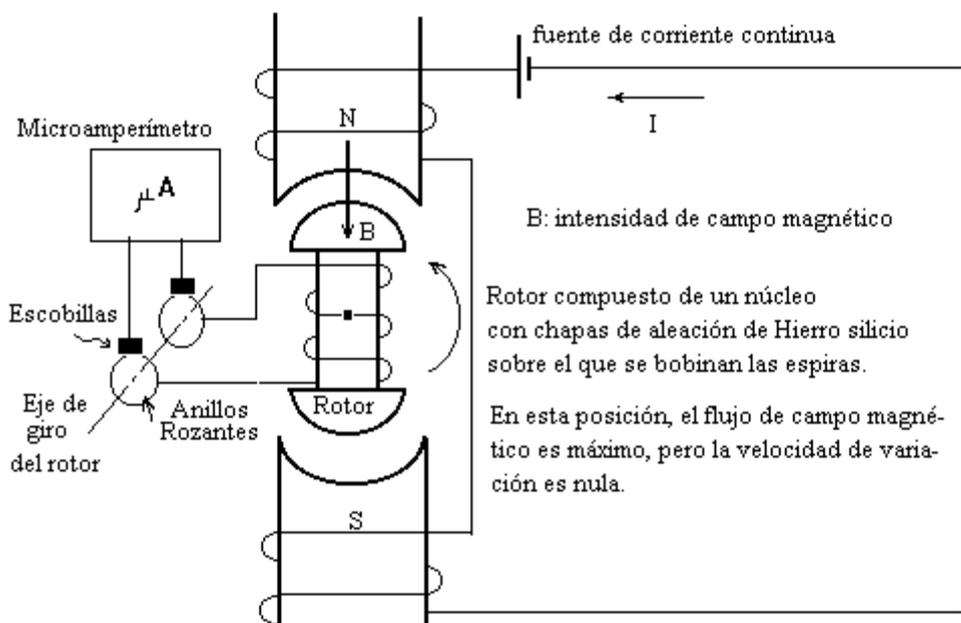


Vale decir que el flujo en este caso (campo normal a la sección de la espira) se puede evaluar como el producto de la intensidad del campo por la superficie abrazada (a mayor intensidad, manteniendo la superficie, mayor flujo, o a mayor superficie manteniendo la intensidad, también mayor flujo).

Establecido este concepto, se pudo finalmente conectar la f.e.m. inducida en una bobina con la variación del flujo magnético y el número de espiras.

En una clase posterior y a modo de ejemplo de aplicación, se analizó la producción de una f.e.m. inducida en una espira cerrada que giraba en un campo magnético. Para poder interpretar lo que sucedía, se hizo primeramente un ensayo que reproducía experimentalmente tal situación.

Para esta circunstancia, se contó con un kit de prueba compuesto por un par de polos, con sendas bobinas arrolladas para producir el campo magnético inductor, constituyéndose de esta manera, el estator de una máquina bipolar. En el eje de dicho estator, estaba dispuesto un bobinado de varias espiras (rotor) donde se inducía una f.e.m., la cual era medida indirectamente por medio de un microamperímetro conectado en serie con ella, tal como muestra el siguiente circuito.



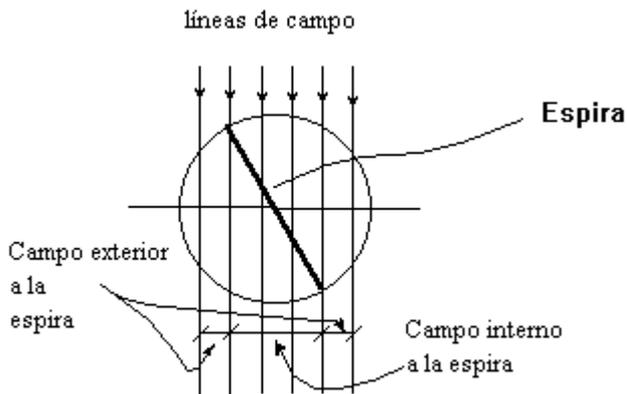
Cuando se hacía girar lentamente al rotor, se apreciaba que, en su posición horizontal (espiras en posición vertical), la corriente, y por ende, la f.e.m. inducida que la impulsaba, eran máximos.

De acuerdo con la propia experiencia del tesista, en esta asignatura la dificultad que se presenta es que los alumnos no comprenden por qué la f.e.m. inducida es máxima si el flujo que abraza la espira en la posición horizontal es nulo.

Se aplicó una estrategia didáctica para presentarles un modelo explicativo que facilitara la comprensión de este fenómeno.

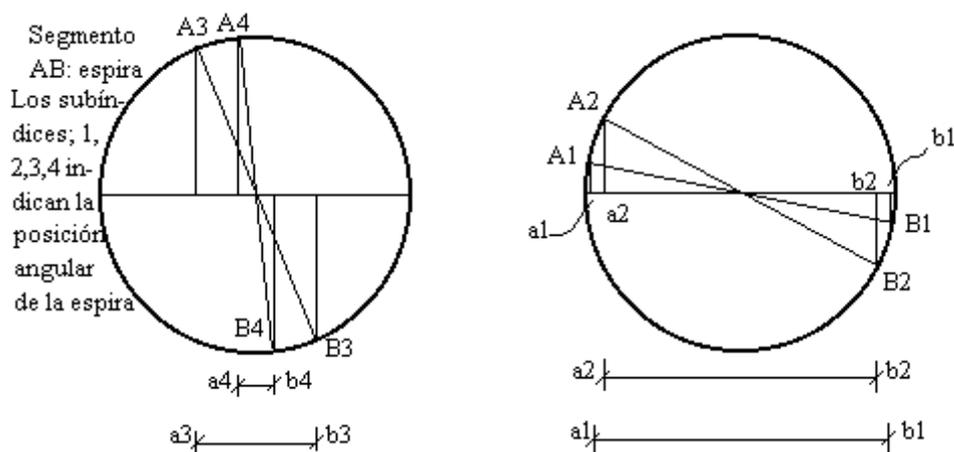
Sabiendo que el flujo depende de la intensidad de campo y de la superficie transversal a este, se utilizó como instrumento interpretativo para

comprender la velocidad de variación del flujo, el cociente incremental de la proyección de la superficie de la espira sobre el eje horizontal, para dos situaciones diferentes y extremas:



En esta figura se puede apreciar que el flujo de campo transversal a la espira es proporcional a la proyección horizontal de ésta.<sup>83</sup>

En el siguiente gráfico se lleva a cabo los cocientes incrementales de esta proyección horizontal relativo al tiempo, para períodos iguales referidos a dos trayectos de la espira



variación de tiempo  $(t_4 - t_3) =$  variación de tiempo  $(t_2 - t_1)$

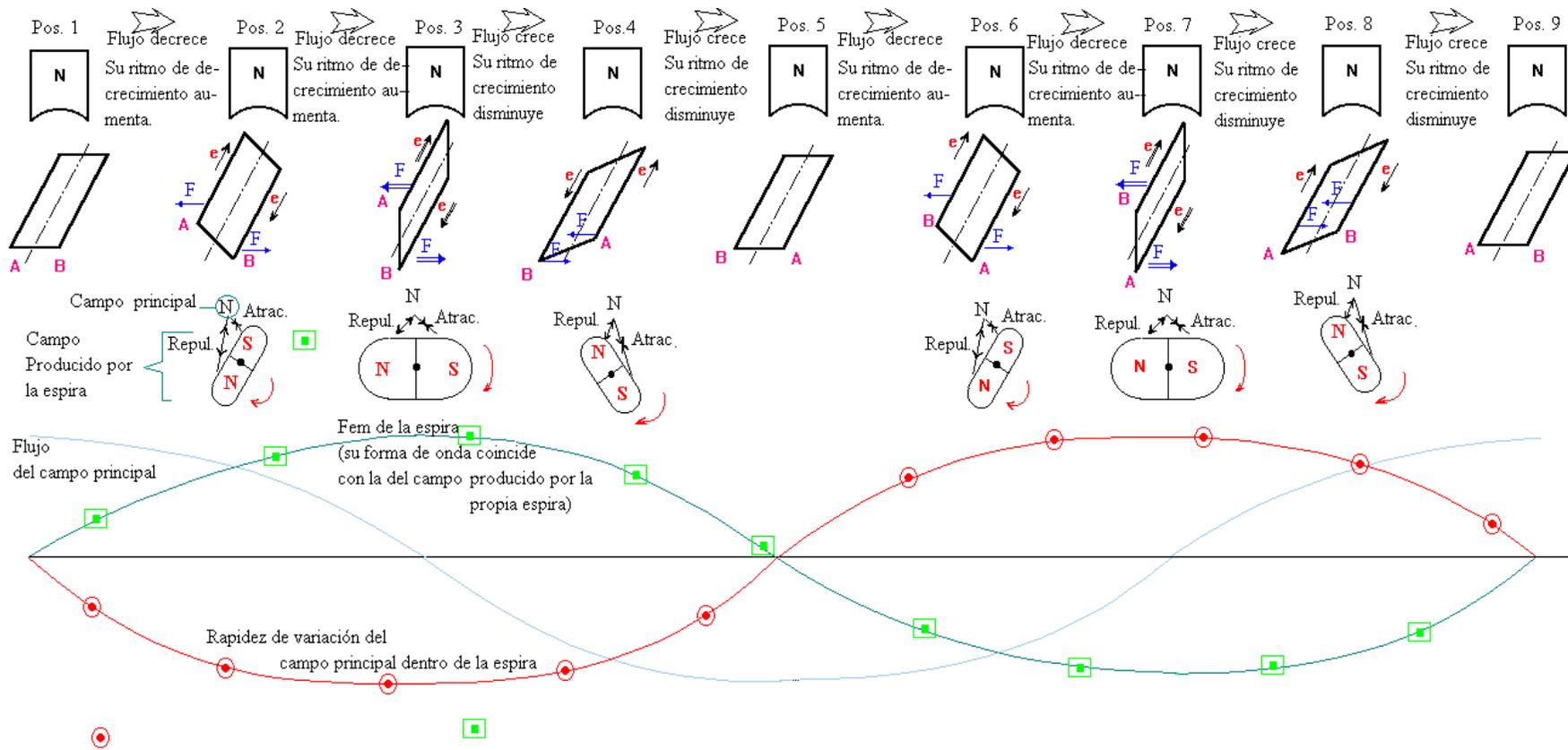
Suponiendo que la velocidad angular de la espira AB es constante (barre a igualdad de tiempo, el mismo ángulo) y considerando que el ángulo que barre desde la posición 1 a la 2 es idéntico al que hace de la posición 3 a 4, se pueden hacer los siguientes cocientes que relacionan la *variación de la proyección* de la espira sobre el eje horizontal respecto al *incremento de tiempo*:

$$\begin{aligned} &\text{Velocidad de variación} \\ &\text{de la proyección de la} \\ &\text{espira cuando va de 1 a 2} = \frac{\text{segmento a1b1} - \text{segmento a2b2}}{\text{variación de tiempo (t2 - t1)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Velocidad de variación} \\ &\text{de la proyección de la} \\ &\text{espira cuando va de 3 a 4} = \frac{\text{segmento a3b3} - \text{segmento a4b4}}{\text{variación de tiempo (t4 - t3)}} \end{aligned}$$

Siendo iguales los tiempos que figuran en los cocientes, la velocidad está determinada por el numerador más grande, valor que recae en el trayecto que va de las posiciones 3 a la 4. Por lo tanto se demuestra que la espira en la posición vertical, tiene la máxima velocidad de variación de superficie de proyección y mínima en la posición horizontal<sup>84</sup>, razón que explica que la f.e.m. inducida sea máxima.

Luego, a través de una representación esquemática compuesta de 9 posiciones de la espira del rotor, se llegó a representar la forma de la onda del flujo, la velocidad de variación del flujo en el tiempo y su onda inversa, o sea, la de la f.e.m. inducida.



## 6. Metodología

### 6.1. Selección de muestra

El trabajo de campo se realizó en el ámbito del cursado de las asignaturas: Electrotecnia II, en la Esc. Industrial Superior (EIS) y Máquinas Eléctricas I en la Esc. Dr. Nicolás Avellaneda (AVE).

Ambas escuelas poseen en general, buenos recursos humanos y materiales. Más allá de sus diferencias, representan referentes educativos de importancia para nuestro medio en cuanto a formación media técnica.

La AVE (ex-Nº1 del CONET), que en el año 1993 fue transferida a la provincia, está ubicada en el Barrio 7 Jefes, a una cuadra de la avenida Costanera. La vía ferroviaria que está detrás del establecimiento, representa no solamente la demarcación entre dos barrios, sino también de dos niveles socioeconómicos bastante diferenciados (la escuela estaría en el sector de más alto nivel económico y social). Los alumnos que concurren a ella son en su mayoría de extracción baja, o baja tendiendo a media; hijos de obreros, empleados públicos, técnicos y en menor medida, de profesionales universitarios.

Cuenta con un edificio relativamente moderno, con buenas instalaciones y equipamiento en general. En cuanto a la actuación docente del tesista en la escuela, se remonta a seis años de antigüedad en áreas de electrónica, y uno en las de electricidad (Máquinas Eléctricas I).

Los profesores de las asignaturas relativas a la formación profesional, son técnicos e ingenieros que en algunos casos, han empezado a realizar cursos (la mayoría cortos) de formación docente, motivados por el advenimiento de la implementación de la Nueva Ley Federal de Educación. La mayoría de ellos tiene un trabajo aparte a la función educativa, tales como taller mecánico, comercio, empleo municipal, etc.

La escuela posee una estructura jerárquica conformada por el director y tres regentes, uno para cada turno (mañana, tarde y noche). Las terminalidades profesionales son de orientación técnica (construcciones, electromecánica, electricidad, electrónica e informática) y está en proceso de incorporar el octavo año del 3º ciclo de la EGB, en vistas a la transformación educativa promovida por el Ministerio de Educación Provincial.

La otra institución es la denominada Escuela Industrial Superior anexa a la Facultad de Ing. Química de la U.N.L., está ubicada en el casco céntrico de la ciudad. Recibe alumnos de distintas niveles socioeconómicos (alto, medio y bajo), aunque los altos y bajos están en menor proporción. Muchos de ellos son hijos de profesionales universitarios (médicos, arquitectos, etc.), pero también están los empleados de la construcción, públicos, talleristas, comerciantes, etc.

Los docentes de las áreas profesionales específicas son de nivel universitario. La mayoría de ellos no hacen cursos de formación docente pues entre otras cosas, en el escalafón educativo, pesa la experiencia profesional, criterio que se opone casi diametralmente con el esgrimido en el ámbito provincial (al menos oficialmente). Se están produciendo cambios curriculares de acuerdo a la Ley Federal, pero evitando o reformulando algunos pasos. La mayoría de ellos también tiene un trabajo profesional aparte, siendo pocos lo que tienen dedicación exclusiva.

Los laboratorios están relativamente bien equipados y mantenidos, aunque como en la escuela anterior, no están modernizados. El tesista reviste una antigüedad en esta, y en la asignatura de máquinas eléctricas (Electrotecnia II), de aproximadamente 5 años.

La escuela se estructura jerárquicamente en forma similar a la anterior, pero el director depende del decano de la Facultad de Ing. Química y su designación se lleva a cabo por elecciones internas como sucede en los claustros universitarios. Esto le da cierto grado de independencia curricular, como así también mayor status y aprobación social, lo que sumado a un examen de ingreso (en la anterior hay sólo un período de nivelación de contenidos) determina en cierto modo que los alumnos tengan que predisponerse con mayor empeño al estudio, independientemente de sus capacidades individuales.

La investigación realizada la llevó a cabo personalmente el tesista en los tres cursos donde se desempeña como docente de la asignatura, dos de la EIS, y uno de la AVE, hecho que sumado a la importancia a la que se hace anteriormente referencia (ambas representan referentes educativos de importancia para nuestro medio en cuanto a formación media técnica), se constituyeron en los motivos fundamentales por los cuales se seleccionaron ambos establecimientos. Además se consideró la economización de tiempo, de gastos operativos y materiales, pues fueron asumidos en su mayor parte por el propio tesista.

Se conformaron tres grupos de cinco alumnos por curso, uno de la AVE, perteneciente al 2ºE ciclo superior de Electricidad (17 años de edad) con 15 alumnos, y dos de la EIS, pertenecientes al 6ºMa y 6ºMc de la especialidad Mecánico- Electricista (18 años de edad), con 25 y 24 alumnos respectivamente. La elección de alumnos se hizo aleatoriamente partiendo de la lista de asistencias a principio de año, donde todavía el tesista no los conocía, evitando de esta manera cualquier valoración subjetiva.

Su cantidad permitió adaptar la investigación a las posibilidades de tiempo y esfuerzo personal con que contaron los alumnos y el propio tesista. El trabajo se desarrolló dentro del ciclo lectivo y en lo posible, en los horarios normales de clase, salvo las entrevistas personales en que se apeló, en algunas oportunidades, al permiso de otros docentes para ocupar a los alumnos involucrados en esta tarea.

## **6.2. Instrumentos**

Se llevó a cabo un primer cuestionario escrito, previo al desarrollo de la propuesta didáctica, con el fin de conocer las ideas previas de los alumnos con relación

al tema central. El objetivo de este primer cuestionario fue determinar qué esquemas conceptuales poseían los estudiantes en torno a los fenómenos electromagnéticos de inducción estudiados por Faraday. Como se expuso en la presentación del problema, el tema de inducción electromagnética y la ley de Faraday en particular, debía haber sido desarrollado ya antes en los cursos previos de Física, de acuerdo al programa correspondiente de dicha asignatura. Se recuerda que en las asignaturas Electrotecnia II y Máquinas Eléctricas I se tratan temas en los que la Ley de Faraday se aplica.

Las preguntas para el diagnóstico previo se organizaron en núcleos conceptuales significativos relacionados con la ley de Faraday. Estas se formularon de una por hoja, retirando su respuesta previamente a la siguiente, de modo que no se pudiera corregir la anterior. No se impuso límite de horario, pero en general no se sobrepasó la hora. Si bien fue un cuestionario escrito, las preguntas y las dudas que surgían en torno a las mismas fueron aclaradas, en particular la pertenencia del conductor a una espira.

Se eligió como período para hacer el cuestionario, el principio del ciclo lectivo para tratar de evitar (aunque no siempre fue posible) que los nuevos aprendizajes influyeran en las respuestas, y para abordar lo más rápido posible la ley a través de la propuesta didáctica, pues como se dijo, es el referente que da fundamento a algunos fenómenos que se suscitan en las máquinas eléctricas. Se desarrolló en clase con los cinco alumnos elegidos, mientras el resto se dedicaba a otras actividades relacionadas con la asignatura (ensayo de motores, búsqueda bibliográfica, etc.). Se adjunta el primer cuestionario en el ANEXO A.

Unos días después, luego de que se leyeron las respuestas anteriores, se hizo una entrevista personalizada semiestructurada de modo de mejorar la interpretación de estas, sobre la base de una categorización de las respuestas dadas.

En la clase siguiente a la entrevista, se desarrolló la propuesta didáctica, al cabo de la cual, se esperaron unos días (veinte aproximadamente) para hacer el segundo cuestionario. No se avisó a los alumnos que existiría tal cuestionario, tratando de evitar que se recitaran los pasos y conclusiones a las que se habían arribado. De esta manera se propiciaría mayor libertad interpretativa y reflexiva en las respuestas que se elaborarían seguramente sobre la base de las estructuras o esquemas conceptuales que supuestamente habían incorporado en el proceso de ensayos y debates de dicha propuesta (en el ANEXO B se transcribe este segundo cuestionario).

Entre las preguntas estuvieron las que se elaboraron con la intención de evaluar el grado de evolución (respecto al primer cuestionario) de los conceptos de los alumnos y aquellas que requerían una aplicación de la ley y de conocimientos de otras asignaturas previas (electrotecnia I). La pregunta 2-7) fue considerada para ver el grado de integración entre los conceptos previos (los conceptos de f.e.m. continua, continua pulsante y alterna fueron dados en los cursos previos de electrotecnia) y los adquiridos en la propuesta didáctica. La pregunta 2-2) (en la que se explicitó oralmente a los alumnos que lo único que variaba era el número de espiras de la bobina y que además se movía) se incluyó por ser relevante la relación entre la f.e.m. y el número de espiras en el contexto de aplicación de la ley de Faraday a las máquinas eléctricas. Esta identificación constituye un tema central de la asignatura.

Al término del segundo cuestionario, y luego de que el tesista leyó y analizó personalmente las respuestas, se preparó la segunda entrevista personal semiestructurada para mejorar, al igual que la primera, la interpretación de las respuestas dadas, elaborando según el caso, nuevas preguntas con referencia más directa a lo que se quería averiguar. (Resultados de las primera y segunda entrevistas se presentan en forma conjunta en el ANEXO C)

### 6.3.Otros datos utilizados:

A través de informantes claves como los preceptores, docentes de otras cátedras y los propios alumnos involucrados, se pudo perfilar mejor el ámbito de la investigación y generar otras variables que tienen que ver con una perspectiva de contexto. Uno de los datos extras que se obtuvo fue el de los alumnos que hacen cursos paralelos, información que fue recabada en charlas informales con los mismos actores de la investigación. Estos son:

Nº1-Coria-2ºE-AVE: cursa Electricidad de tarde y Electromecánica de noche

A-Eguiazu-6Mc-EIS: cursa Electromecánica de tarde y Radio y Televisión de noche.

E-Tur-6Mc-EIS: ídem Eguiazu.

E-Vera-6Ma-EIS: cursa Electromecánica de tarde y además el año anterior cursó de noche Radio y Televisión.

Con la información de los docentes y preceptores se pudo definir tres nuevas variables con el propósito de dilucidar aspectos más generales de los individuos indagados. Estas variables se detallan en el punto siguiente (6.4.2).

Otros datos utilizados y que son relevantes a la hora de evaluar los niveles de interpretación o conceptualización que se tuvieron con la propuesta, se obtiene del propio conocimiento que tiene el tesista de las situaciones concretas en que se llevaron a cabo tal investigación.

### 6.4.Definición de variables y valores asignados

#### 6.4.1. Definición de variables relacionadas con la conceptualización de Ley de Faraday

A continuación, se presentan las variables identificadas con sus preguntas asociadas, tanto del primer cuestionario, como del segundo:

A: Conceptualización de campo magnético:  
Preguntas del primer cuestionario: 7, 8, 9.

B: Conceptualización de flujo magnético:  
Preguntas del primer cuestionario: 10, 11.  
Preguntas del segundo cuestionario: 1, 6.

C: Conocimientos de fenómenos de inducción magnética.

Preguntas del primer cuestionario: 1, 2, 3, 4, 5, 6.

D: Identificación de la relación entre f.e.m. inducida y la velocidad de variación de flujo magnético:

Preguntas del primer cuestionario: 3, 4, 5, 12.

Preguntas del segundo cuestionario: 3, 4, 5.

E: Identificación de la relación entre la f.e.m. inducida y el número de espiras de la bobina en cuestión:

Pregunta del segundo cuestionario: 2.

F: Comprensión de la ley de Lenz:

Preguntas del segundo cuestionario: 4.

G: Integración de información nueva con conocimientos previos.

Preguntas del segundo cuestionario: 4, 7.

Seguidamente se describen los distintos aspectos que se quisieron conocer con las preguntas de ambos cuestionarios:

#### Primer cuestionario:

Pregunta 1: ¿Diferencian los estudiantes la generación de corriente por inducción magnética, de otras formas de generación (electrolítica, fotovoltaica, etc.)?

Pregunta 2: ¿Consideran la posibilidad de generación de corriente por medio de un campo magnético?

Pregunta 3: ¿Determinan la imposibilidad de circulación de corriente, para un imán y un conductor inmóviles entre sí?

Preguntas 4-5: ¿Establecen la necesidad del movimiento relativo en la producción de corriente?

Pregunta 6: ¿Consideran la dependencia que tiene la corriente, de la generación de f.e.m. inducida?

Preguntas 7-8-9: ¿Conceptualizan la producción de campo magnético?

Pregunta 10: ¿Interpretan el cambio de flujo cuando varía la superficie de la espira, manteniendo fija la inducción magnética?

Pregunta 11: ¿Interpretan el cambio de flujo cuando varía la inducción magnética, manteniendo fija la superficie de la espira?

Pregunta 12: ¿Conceptualizan la generación de corriente como dependiente de la velocidad de variación de campo magnético?

### Segundo cuestionario:

Pregunta 1: ¿Relacionan la producción de f.e.m. inducida como dependiente de la velocidad de variación del flujo en la espira, cuando cambia la superficie de ésta, y se mantiene fija la inducción magnética?

Pregunta 2: ¿Establecen la dependencia de la f.e.m. inducida con el número de espiras que tiene la bobina en cuestión?

Pregunta 3: ¿Diferencian la producción de f.e.m. inducida como dependiente de la velocidad de variación del flujo en la espira, cuando cambia la superficie expuesta a las líneas de campo?

Pregunta 4: ¿Establecen el sentido de la f.e.m. inducida y de la corriente que ésta impulsa?. Además, ¿determinan el sentido de la fuerza producida por la corriente, y que se vincula con el principio de conservación de la energía (ley de Lenz)?

Pregunta 5: ¿Establecen la dependencia de la f.e.m. inducida con la velocidad de variación del flujo magnético?

Pregunta 6: ¿Conceptualizan la f.e.m. inducida como dependiente de la velocidad de variación del flujo en la espira, cuando cambia la inducción magnética y se mantiene la superficie?

Pregunta 7: ¿Interpretan la naturaleza de la f.e.m. inducida?

En el análisis de las respuestas a ambos cuestionarios, se detectó que algunas de las preguntas fueron insuficientes para evaluar aquellos aspectos relacionados con la ley de Faraday que se habían propuesto. En consecuencia, durante las entrevistas se formularon nuevas preguntas asociadas a cada uno de los aspectos deficientemente evaluados. La evaluación de las variables se completó de este modo con los resultados de las entrevistas (ver ANEXO C). Este es el caso de la pregunta 1 del segundo cuestionario. Dado que en la copia impresa suministrada al alumno no se explicitó el movimiento de la espira, las respuestas dadas no permitieron determinar si los estudiantes relacionaban la producción de f.e.m. inducida como dependiente de la velocidad de variación del flujo en la espira, cuando cambia la superficie de ésta, y se mantiene fijo la inducción magnética. En cambio, algunas respuestas, junto con las de la entrevista, permitieron evaluar la conceptualización de flujo.

Como el objetivo de esta evaluación es establecer el grado de conceptualización, se asignaron tres valores a cada una de las variables definidas, a saber: B: bueno, R: regular y N: pobre o deficiente. Salvo en la primera variable, donde se considera solamente la primera fase de la investigación, las restantes (a través de las respuestas de ambos cuestionarios y entrevistas) intentan determinar la efectividad de la propuesta didáctica.

#### 6.4.2. Definición de variables que surgen de informantes claves:

Como se mencionó en el punto anterior (6.3.Otros datos utilizados), a través de informantes claves como son los docentes de otras cátedras y los preceptores, se definieron las variables que a continuación se detallan:

PGA: el promedio general de todas las materias a lo largo de un año: Esta variable es considerada como un índice de desempeño académico que permite tener una idea aproximada del nivel de dedicación del alumno.

Para la escuela AVE, donde la eximición trimestral se logra con una puntuación de 6 y una anual de 5.66, se asignaron tres valores B: Bueno -promedios de 6 a 10, R: Regular - promedios mayores de 4 a menores de 6, N: deficientes o pobres - de 0 a 4.

Para la escuela EIS, con una puntuación de 7 para la eximición trimestral y anual, también se tomaron tres niveles: B: Bueno -promedios de 7 a 10, R: Regular -promedios mayores de 5 a menores que 7 y N: pobre o deficiente - promedios de 0 a 5.

CPC: el concepto de cada individuo desde el punto de vista de profesores de cátedra de otras materias. Esta variable se construyó sobre la base de la opinión de los profesores sobre el alumno con relación a su capacidad interpretativa, tipo de preguntas que formula, nivel de seguimiento de las clases, de interés general, etc. También se fijaron tres valores: B: Bueno, R: Regular y N: pobre o deficiente.

CP: el concepto de cada individuo según el criterio del preceptor del curso. Esta variable se construyó sobre la base de la opinión del preceptor sobre el alumno respecto a su dedicación, asistencia e interés en la escuela. Se fijaron tres valores como en el caso anterior.

## 6.5. Análisis e interpretación de resultados

En la tabla I se presentan los resultados del primer cuestionario de las variables A a la D obtenidos por alumno y por curso. De la misma manera se presentan en la tabla II los resultados del segundo cuestionario para las variables B, D, E y F obtenidos por alumno y por curso. En ambas tablas se presentan también los resultados promedios por alumno (a la derecha de la tabla) y por variable en cada curso (en la parte inferior de la tabla). Además se consignan promedios totales por curso y de toda la muestra<sup>85</sup>.

	A Conc. de campo	B Conc. de flujo	C Concimi entos acerca de fenom. De ind. mag.	D Ident. Relac. f.e.m. inducida con vel. de var. flujo	% B	% R	% N
<b>AVE-2ºE</b>							
Nº1	B	N	R	R	25	50	25
Nº3	B	R	N	N	25	25	50
Nº8	R	N	R	N	0	50	50
Nº10	R	R	R	N	0	75	25
% por curso	%B: 50 %R: 50 %N: 0	0 50 50	0 75 25	0 25 75	total AVE-2ºE		
					12,5	50	37,5
<b>EIS-6ºMa</b>							
A	B	R	B	B	75	25	0
B	B	B	B	B	100	0	0
C	B	B	B	B	100	0	0
D	B	B	R	N	50	25	25
E	B	N	R	B	50	25	25
% por curso	%B: 100 %R: 0 %N: 0	60 20 20	60 40 0	80 0 20	total EIS-6ºMa:		
					75	15	10
<b>EIS-6ºMc</b>							
A	B	B	R	N	50	25	25
B	R	N	R	N	0	50	50
C	R	R	R	N	0	75	25
D	R	R	R	N	0	75	25
E	B	R	B	N	50	25	25
% por curso	%B: 40 %R: 60 %N: 0	20 60 20	20 80 0	0 0 100	total EIS-6ºMc		
					20	50	30
% total para cada variable					total de los tres cursos		
					37,5	37,5	25
% B	64,3	28,6	28,6	28,6			
% R	35,7	42,8	64,3	7,1			
% N	0	28,6	7,1	64,3			

**TABLA I:** resultados del primer cuestionario por alumno y por curso de las variables A a D. Totales por curso y totales de la muestra.

	B Conc. de flujo	D Ident. relac. F.e.m. inducida con vel. de var. flujo	E Ident. rela. entre f.e.m. inducida y n° espiras.	F Comp. Ley de Lenz	G Integrac. De informac. Nueva con con. previos	% B	% R	% N	
<b>AVE-2ºE</b>									
Nº1	B	R	B	N	B	60	20	20	
Nº3	B	B	B	N	B	80	0	20	
Nº8	R	N	B	N	N	20	20	60	
Nº10	B	N	N	N	N	20	0	80	
% por curso	%B: %R: %N:	75 25 0	25 25 50	75 0 25	0 0 100	50 0 50	total AVE-2ºE		
						45	10	45	
<b>EIS-6ºMa</b>									
A	B	B	B	B	B	100	0	0	
B	B	B	B	R	R	60	40	0	
C	B	B	B	B	N	80	0	20	
D	B	R	B	B	B	80	20	0	
E	B	B	B	B	R	80	20	0	
% por curso	%B: %R: %N:	100 0 0	80 20 0	100 0 0	80 20 0	40 40 20	total EIS-6ºMa		
						80	16	4	
<b>EIS-6ºMc</b>									
A	B	R	B	N	N	40	20	40	
B	R	R	B	N	N	20	40	40	
C	B	R	B	N	N	40	20	40	
D	B	N	B	N	N	40	0	60	
E	B	R	B	N	B	60	20	20	
% por curso	%B: %R: %N:	80 20 0	0 80 20	100 0 0	0 0 100	20 0 80	total EIS-6ºMc		
						40	20	40	
						total de los tres cursos			
% total para cada variable						55,7	15,7	28,6	
% B	85,7					35,7	92,8	28,6	35,7
% R	14,3					42,9	0	7,1	14,3
% N	0					21,4	7,2	64,3	50

**TABLA II:** resultados del segundo cuestionario por alumno y por curso de las variables B, D, E y F. Totales por curso y totales de la muestra.

En la tabla III se presentan los resultados de las variables PGA, CPC y CP también por alumno y por curso.

		PGA:	CPC: concepto prof. Cátedra		CP			
Curso		Prom. Gral. Anual	Prof. A (*)	Prof. B (*)	Concepto Preceptor	%B	%R	%N
AVE-2ºE								
Nº1		B	B	B	R	75	25	0
Nº3		B	B	B	B	100	0	0
nº8		B	R	B	B	75	25	0
Nº10		B	R	R	R	25	75	0
% por curso	%B	100	50	75	50	Total AVE- 2ºE		
	%R	0	50	25	50			
	%N	0	0	0	0			
						68,7	31,3	0
EIS-6Ma								
A		B	B	B	B	100	0	0
B		B	R	R	R	25	75	0
C		B	R	B	B	75	25	0
D		B	R	R	R	25	75	0
E		R	R	R	R	0	100	0
% por curso	%B	80	20	40	40	TotalEIS-6Ma		
	%R	20	80	60	60			
	%N	0	0	0	0			
						45	55	0
EIS-6Mc								
A		B	B	B	R	75	25	0
B		R	N	N	R	0	50	50
C		B	N	R	R	25	50	25
D		B	N	N	R	25	25	50
E		B	B	B	B	100	0	0
% por curso	%B	80	40	40	20	total EIS-6Mc		
	%R	20	0	20	80			
	%N	0	60	40	0			
% total para cada variable						45	30	25
% B		85.7	35.7	50.0	35.7			
% R		14.3	42.9	35.7	64.3			
% N		0	21.4	14.3	0			

TABLA III: resultados de las variables PGA, CPC y CP por alumno y por curso

(\*) Esc. AVE: Asignatura que dicta profesor A: Electrotecnia II; Asignatura que dicta profesor B: Hidráulica y Máquinas hidráulicas.

Esc. EIS: Asignatura que dicta profesor A: Electrónica, Asignatura que dicta profesor B: Computación

Antes de analizar los resultados, cabe mencionar el inconveniente que particularmente se presentó al comenzar el año en el curso de 2ºE de la AVE, donde el tesista entra en contacto por primera vez con este y con la asignatura en esta escuela, en carácter de docente reemplazante hasta mediados de año, donde pasa a revistar como interino.

Los alumnos de esta especialidad (eléctrica) y escuela, se diferencian sustancialmente con los de la EIS en cuanto a la capacidad de generar teorizaciones, hecho que se puede atribuir en gran medida a las deficientes conceptualizaciones desarrolladas años anteriores, como al nivel general de exigencias. El tesista, desconociendo la magnitud de estas diferencias, y tras cinco años de enseñar esta asignatura en la EIS, intentó abordar los temas analíticamente, por medio de desarrollos teóricos como usualmente lo hacía, lo que provocó un enfrentamiento con los alumnos que duró unos pocos días, y que terminó con algunas reuniones entre el docente, los alumnos y el regente. En este clima se llevó a cabo el primer cuestionario. Afortunadamente esta situación se había revertido bastante para cuando se hizo la primera entrevista.

En dichas reuniones se aclararon los puntos de vista, facilitándose algunos cambios de actitud en ambas partes. Por un lado el docente disminuyó en proporción la cantidad de desarrollos analíticos, e incrementó los trabajos prácticos de laboratorio, y los alumnos por su parte, hicieron un mayor esfuerzo por atender y participar en clase.

Se analizarán a continuación los resultados por variable.

Los resultados de la variable PGA (promedio general anual) de la tabla II indican que la mayoría de la muestra de alumnos es homogénea en cuanto a la disponibilidad de estos para obtener resultados positivos en las escuelas (%B: 85,7; %R: 14,3; %N: 0). Por otro lado las variables CPC (concepto profesor de cátedra) y CP (concepto de preceptor) hay que enmarcarlas en los propios establecimientos educativos de forma independiente, pues los criterios de los profesores y preceptores fueron diferentes. En este sentido, dichas variables corroboran la diferencia sustancial que hay en los resultados de las variables de las tablas I y II (y que a posteriori se analizan) entre los cursos 6ºMa-EIS y 6ºMc-EIS.

Variables que tienen en cuenta para su análisis, las respuestas del primer cuestionario y entrevista posterior

Variable A: (conceptualización de campo magnético) De la lectura de los porcentajes referidos al total de los alumnos (indicados en la tabla I), se constata que la mayoría de ellos tenían conocimientos de la producción de campo magnético por imanes naturales o electroimanes. Este resultado era esperado, dado que este tema había sido tratado en los cursos de Física.

Entre los casos evaluados, se pudo percibir que un gran porcentaje de los encuestados (%B: 64,3) reconocían la existencia de un campo producido por el imán natural y el electroimán. Además se encuentran (evaluados con R: 35,7%) los que identificando a ambos imanes, generaban sus propias representaciones, como por ejemplo, establecer la necesidad de una corriente grande para producir el campo, o los que carecían de fundamento o manifestaban inseguridad, hecho que se evidenciaba a través del uso profuso del "creo". También estaban quienes consideraban solamente al electroimán como productor de campo magnético.

Variable C: (conocimientos de fenómenos de inducción magnética) De los encuestados, la mayoría tenía conocimientos de los fenómenos de inducción

magnética en cuanto a que reconocían, de alguna manera, la necesidad de existencia de un campo magnético para producir una corriente inducida (de tabla I: %B: 28,6; %R: 64,3; %N: 7,1), aunque presentaban distintos niveles de interpretación respecto a los casos particulares. Al igual que la variable A, la cantidad de resultados evaluados con B y con R al ser mayoritarios, permitieron proseguir con los ensayos y teorizaciones de la propuesta didáctica, pues se trabajaría con temas relacionados a estos.

De los evaluados con R se pueden mencionar: el N°8-AVE que consideraba la posibilidad de producir corriente si se movía el conductor respecto a un imán fijo, pero no para el caso contrario (conductor fijo e imán en movimiento); otro que confirió propiedades magnéticas intrínsecas al conductor como si fuera un imán; y cuatro que asumían la posibilidad de existencia de una corriente aún cuando estuvieran quietos entre sí el conductor y el imán. El único evaluado con N porque no sabía de la generación de una corriente inducida con un campo magnético (N°3-AVE), también es el único de ese curso que tiene un total de 100% de B en la tabla III, según la opinión de los informantes claves. Más adelante, en el análisis de la variable D, se vuelve sobre este alumno.

#### Variables que tienen en cuenta para su análisis, las respuestas del segundo cuestionario y entrevista posterior

Variable E: (Identificación de la relación entre la f.e.m. inducida y el número de espiras de la bobina en cuestión). Los resultados de esta variable son favorables (de tabla II: %B: 92,8; %R: 0; %N: 7,2). De todos los encuestados, uno no reconoce la proporcionalidad entre la f.e.m. y el número de espiras de la bobina. Otro evaluado con B, establece primeramente la correspondencia entre el número de espiras primarias y secundarias con las corrientes respectivas, en un transformador de energía eléctrica (el transformador es el eje temático de una unidad didáctica de la materia) aunque después interpreta correctamente la relación a que hace referencia la pregunta (2 del segundo cuestionario).

Variable F: (comprensión de la ley de Lenz), se constata en la tabla II que muy pocos se aproximaron a una comprensión de la Ley de Lenz (%B: 28,6; %R: 7,1; %N: 64,3), donde se evaluó con B los que utilizaron uno de los dos criterios siguientes: la consideración de la oposición de la fuerza al sentido del movimiento de la espira (2 casos), o la determinación de la generación de f.e.m. inducida a través de la oposición de ésta a la causa que la genera (2 casos). Hubo un alumno (evaluado con R) que advirtió en la entrevista (tras el cuestionamiento del tesista respecto a la inversión del sentido de la fuerza que se observaba en la respuesta 4) que la fuerza en la espira no debía invertirse entre la entrada y salida de ésta al campo magnético, si se aplicaba la ley de Lenz.

Algunos utilizaron la regla de la mano derecha para determinar la fuerza sobre la base de una suposición equivocada del sentido de la corriente. Estos alumnos (siete) no advirtieron que la fuerza así deducida resultaba con un sentido invertido en una de las posiciones de la espira (entrada o salida al campo). Tres de ellos reconocieron el error en la entrevista. Esto evidencia que no aplicaron dicha regla en el marco de postulados o principios más generales (como la conservación de la energía o la misma ley de Lenz), sino que lo hicieron *mecánicamente*. Para el caso hubiera bastado considerar la configuración de espira y campo como un generador,

donde al aplicar el principio de conservación de la energía se habría deducido que la producción de f.e.m. se hace a costa de una fuerza que se opone al movimiento. Se percibe la dificultad de los alumnos en la generación y aplicación de modelos abstractos, funcionales y flexibles que, basados en principios o leyes, permiten interpretar la naturaleza del fenómeno y de este modo, hacerlo extensivo a otros casos concretos.

Variable G: (Integración de información nueva con conocimientos previos) (de tabla II: %B: 35,7; %R: 14,3; %N: 50). Entre los alumnos que reconocían la inversión del sentido de la f.e.m. en la espira (respuesta 4) y su caracterización como alterna (respuesta 7) suman 4 casos (35,7%)

Entre los encuestados, encontramos algunos que presentan el sentido<sup>86</sup> de la corriente como opuesta al sentido de la f.e.m. inducida (respuesta 4 del segundo cuestionario) por asociación con el motor de corriente continua, ya sea que lo vieron en otra asignatura (es el caso de un alumno que hace dos especialidades) o porque fue el tema desarrollado unos días antes al segundo cuestionario, dentro de la propia asignatura del tesista (3 casos), evidenciándose de esta manera la interferencia de temas. Esta explicación fue confirmada a través de las entrevistas personales.

Otros representaban una corriente (y por ende una f.e.m.) que invertía su sentido entre la entrada y la salida de la espira al campo (respuesta 4 del segundo cuestionario), sin embargo afirmaban luego que la f.e.m. era continua en la respuesta 7 (1 caso) o continua pulsante (2 casos). Es decir, no establecieron la diferenciación que hay entre una corriente continua, una alterna y una continua pulsante, o bien no correlacionaron ambos fenómenos.

Algunos dieron una respuesta al azar (confirmado en la entrevista) en la pregunta 7 (f.e.m. alterna, continua o continua pulsante) del segundo cuestionario (3 casos).

Hubo interpretaciones con perfiles muy particulares. Por ejemplo, uno de los encuestados asoció el sentido de la circulación de la corriente (y por ende el de la f.e.m. inducida) con el del movimiento: era continua si la espira pasaba continuamente bajo los polos girando en torno a un eje vertical imaginario externo a esta, y separado del espacio interpolar, y alterna si pasaba de ida y vuelta alternativamente. En una situación similar, otro alumno estableció una relación de sentido de f.e.m. inducida con las posibilidades de giro de la espira (considerando la espira de la propuesta didáctica, que giraba bajo los polos): como la espira en el segundo cuestionario no gira, la f.e.m. inducida no se invierte.

Analizando brevemente los tipos de respuestas para esta variable, se intenta interpretar los problemas de representación en términos de asociaciones incorrectas:

- a) sentido de la corriente con el sentido de la f.e.m. inducida (por asociación con el motor de corriente continua)
- b) sentido de circulación de corriente con sentido del movimiento de la espira, o con sus posibilidades de giro.

Esta *falta de coherencia* entre lo que se dibujaba y lo que se afirma luego, como sucedió en la determinación de la inversión del sentido de la corriente y la

posterior declaración como continua o continua pulsante, así también como la *interferencia de los temas* de la asignatura (o los vistos en otras materias) con los de la investigación propiamente dicha, pone en evidencia las dificultades que tienen los alumnos para *integrar* conocimientos nuevos con los adquiridos. En cierto modo esta presunción se reafirma con los magros porcentajes de éxito obtenidos con la variable F.

Variables que tienen en cuenta para su análisis, las respuestas de ambos cuestionarios y entrevistas posteriores

Variable B: (Conceptualización de flujo magnético). De la comparación de los porcentajes totales consignados en las tablas I y II para esta variable (de tabla I: %B: 28,6; %R: 42,8 y %N: 28,6; de tabla II: %B: 85,7; %R: 14,3; %N: 0) se puede inferir (salvo para aquellos que tenían el concepto claro desde el inicio, que suman cuatro casos) que la mayoría logró esta conceptualización a través de la propuesta didáctica. El flujo magnético es un término teórico construido al finalizar los ensayos experimentales, donde el tesista se valió de una analogía con el caudal del fluido líquido, por ser una entidad directamente observable y habitualmente experimentada por las personas desde la infancia. Esta analogía permitió generar un esquema del flujo magnético donde se podía interpretar su dependencia de la intensidad de campo y de la superficie de la espira.

Incluidos en el grupo de alumnos que tienen dificultades conceptuales en el primer cuestionario respecto a la variable B, que logran después revertir estos inconvenientes a través de la propuesta (evaluados con B en el segundo cuestionario), están aquellos que identificaban flujo solamente como la intensidad de campo magnético (4 casos) o como directamente proporcional a la superficie (1 caso). También se dio la situación del alumno N°8 de AVE que consideraba ( en el primer cuestionario y evaluado con N) al flujo como la intensidad de campo magnético, y establecía una proporcionalidad inversa entre ésta y la superficie. En las respuestas del segundo cuestionario (evaluado con R) se evidencia que este alumno pudo establecer la proporcionalidad directa del flujo con la intensidad de campo y la superficie de la espira, pero también le asignó la propiedad de fluir por el conductor. En la entrevista, al aclarar la respuesta 1 del segundo cuestionario, considera que en la espira redonda se produce más corriente que en la cuadrada, por no tener curvas. Esto señala la extensión de la analogía que se usó en la propuesta, a otras propiedades del flujo de fluidos que no estaban contempladas en la propuesta - pérdida de carga -(ver comentario más adelante en variable D, relativo a la conceptualización de este alumno)

Variable D: (Identificación de la relación entre f.e.m. inducida y la velocidad de variación de flujo magnético). Se evaluó con B cada respuesta individual en que se consideró (para su análisis) tanto la rapidez de variación de flujo magnético como la rapidez de corte de líneas de campo magnético, o ambos (ejemplos del segundo cuestionario: A-6°Ma-EIS, E-6°Ma-EIS y C-6°Ma-EIS respectivamente). Se puede percibir la persistencia de esquemas conceptuales adquiridos previamente (rapidez de corte de líneas de campo magnético) que si bien pueden servir para analizar los nuevos casos concretos, obstaculizan la incorporación de otras formas de interpretar los fenómenos de inducción, como por ejemplo la desarrollada en la propuesta (rapidez de variación de flujo magnético).

La evaluación de esta variable, al igual que B, surge de la comparación de los porcentajes totales que resultan consignados en las tablas I y II (tabla I: %B: 28,6; %R: 7,1; %N: 64,3 – tabla II: %B: 35,7; %R: 42,9; %N: 21,4). Estos porcentajes nos indican, de alguna manera, una leve mejora de los resultados de esta variable a partir de la propuesta didáctica. De los alumnos evaluados que pasaron de una calificación de N a R, hay 3 que explican sus respuestas en términos de la proporcionalidad entre la f.e.m. y la rapidez de variación de flujo magnético, o entre la f.e.m. y el corte de líneas de campo magnético, pero dos de ellos (A y C-6ºMc-EIS) consideran en la respuesta 3 que la f.e.m. es máxima si la espira se mueve de arriba abajo en el espacio interpolar y no lateralmente sobre un plano horizontal, y para el restante (E-6ºMc-EIS) no hay f.e.m. en ninguno de los dos casos.

Estas respuestas parecen sugerir que los modelos que surgen de las diferentes interpretaciones de los casos observados (como los de la propuesta) no son lo suficientemente “*complejos*” (no contemplan simultáneamente todas las variables) como para permitir el análisis de nuevas situaciones. Sólo un caso de todos los evaluados mostró una evolución ostensible (evaluado con N en el primer cuestionario y con B en el segundo), y fue el que no sabía (antes de la propuesta) de la posibilidad de generación de una corriente inducida con un campo magnético (Nº3-AVE). A diferencia de los otros miembros del mismo grupo (2ºE-AVE) tenía %B: 100 en la tabla III según la opinión de informantes claves, es decir, es un alumno potencialmente bueno. Además, en la opinión del tesista, éste tuvo especial interés en el desarrollo de toda las instancias de la investigación, evidenciado a través de las preguntas, conceptualizaciones, intervenciones, etc. que hacía en forma sostenida.

De los evaluados con N en el segundo cuestionario, el Nº8-AVE relacionó la producción de f.e.m. inducida como dependiente de la cantidad de flujo magnético, sin tener en cuenta su rapidez de variación. Este aspecto es uno de los más complejos de relacionar, pues es más sencillo vincular f.e.m. inducida con una cantidad de flujo, que hacerlo con una variación temporal del mismo. El último alumno tuvo además dificultad en percibir la espontaneidad del fenómeno, pues consideró que no habría f.e.m. si la espira pasaba rápidamente bajo los polos (respuesta 5 del segundo cuestionario- ver también entrevista), como si el flujo magnético tuviera la inercia de un fluido. Anteriormente (variable B) se hizo un comentario sobre este participante respecto a su conceptualización del flujo que refería a esta asociación. Probablemente hizo una extrapolación de otras características físicas del fluido cuando se planteó la analogía del flujo en la propuesta didáctica.

#### Análisis comparativo entre 6ºMa y 6ºMc

En la tabla I se puede apreciar que los porcentajes de B y R por variable y los totales por curso eran sustancialmente superiores para 6ºMa respecto a 6ºMc. Es decir, previamente a la propuesta, los alumnos del primero curso tenían mayores conocimientos de los temas referidos a la inducción magnética. Si incluimos en este análisis el mayor rendimiento académico de 6ºMa respecto a 6ºMc (que se pone en evidencia por las variables CPC y CP de la tabla III y corroborada por el tesista a través de la mayor predisposición al trabajo de conceptualización observados durante el desarrollo de la investigación) es posible entender lo que en cierto modo se observa en la tabla II. Tanto para las variables que habían estado contempladas en el primer cuestionario y en el segundo (por lo tanto servirían de referencia para evaluar el nivel de eficacia de la propuesta), como aquellas que sólo lo estaban en el segundo, se

puede constatar que los porcentajes de B y R son mayores para 6ºMa respecto a 6ºMc. Se puede concluir que, si bien ambos grupos mejoraron con la propuesta, 6ºMa tuvo mayor facilidad para comprender los nuevos casos concretos presentados en el segundo cuestionario que 6ºMc (tabla II), en parte, debido a sus conocimientos previos a la investigación, y por otro lado, a sus mayores esfuerzos cognitivos aplicados durante la propuesta didáctica.

Cabe informar sobre algunos aspectos contextuales relacionados con la aplicación de la propuesta. Cuando a los alumnos el docente les preguntaba qué pensaban sobre lo que observaban (las experiencias realizadas), tuvo que batallar en contra de expresiones como las que siguen: “*explíqueme profe, no entiendo...*”, “*y Usted ¿qué dice?, el docente es Usted...*”, “*si no lo sabe Ud., ¿qué me pregunta a mí...?*”; cuando se obtenían conclusiones, muchos reclamaban que se les dicte el texto; cuando había que analizar una situación nueva aplicando las conclusiones anteriores, debatían muy poco entre sí, aun después del expreso pedido de que se agruparan para tal fin.

Estas demandas estarían reflejando uno de los modos habituales con que se suele desarrollar el dictado de clases en estas escuelas medias técnicas. El cuestionamiento, los tiempos para observar, relacionar y reflexionar sobre los temas tratados, no es frecuente y la propuesta desarrollada subvertiría esta modalidad.

## 7. Reflexiones y otros interrogantes:

En la tercera fase de la investigación, y mediante el posterior análisis de variables, se trató de determinar el nivel de conceptualización respecto del tema en cuestión que habrían alcanzado los alumnos a través de la propuesta didáctica. A continuación se destacan las principales derivaciones que surgen de esta etapa final y que replantean fundamentalmente a la didáctica de las ciencias naturales en el campo de la física y especialmente de la electrotecnia.

Entre otras cuestiones, se pudo observar el problema de la comprensión de una magnitud (f.e.m. inducida) que depende de otra que varía en el tiempo (velocidad de variación del flujo magnético), tal como se anticipara en la “presentación del problema y antecedentes” de la presente tesis.

Rela y Sztrajman<sup>87</sup> advierten sobre los enredos físicos y cotidianos en la relación de una magnitud con sus derivadas e integrales y dan entre otros ejemplos el siguiente. Algunos creen que para aumentar la velocidad de calentamiento del agua de un termotanque, hay que girar la perilla del termostato a una posición de mayor temperatura, hecho que suscita un incremento del calor suministrado al líquido, pero en un periodo mayor de tiempo, lo que no le permitirá adelantar su uso. En estas situaciones, vendría bien valerse de esquemas o modelos funcionales que permitirían comprender y diferenciar entre sí los aparatos de características similares (un termotanque y un calefón básicamente entregan agua caliente, pero el último se caracteriza por hacerlo casi instantáneamente). Al respecto, y para mejorar la interpretación, se podrían dar otros ejemplos que se sitúan fuera de la disciplina, pero que dan cuenta de las dificultades en la comprensión de estas variables.

Otros de los inconvenientes en la comprensión del enfoque propuesto, que se manifestaron con especial énfasis, se debieron en parte, a la utilización del esquema de “*corte de líneas de fuerza*” enseñado en cursos anteriores y que afectó las interpretaciones previas y posteriores a la propuesta didáctica. Si bien esa imagen es potencialmente útil para la interpretación de casos sencillos (por ejemplo una espira cuadrada que se mueve con velocidad constante en un campo homogéneo), en otras situaciones donde obtener la f.e.m. inducida mediante el cálculo matemático o el corte de líneas pudiera ser más complejo, el análisis cualitativo de la velocidad de variación de flujo podría conducir a una estimación de la f.e.m. de un modo más directo. Ejemplo de esta situación es la planteada en la pregunta 1 del segundo cuestionario (considerando un movimiento igual para ambas espiras).

Este inconveniente podría tal vez resolverse si se tratara de consensuar, a través del debate, en qué situaciones la adopción del esquema de “*corte de líneas de fuerza*” o el de “*rapidez de variación de flujo magnético*” facilitan, uno más que el otro, o no, la interpretación de los fenómenos de inducción magnética (con independencia de que ambos sean correctos en sus aplicaciones a casos concretos).

En la enseñanza tradicional ocurre con mucha frecuencia que los alumnos no construyen sus propios esquemas conceptuales, sino que los adoptan (de la explicación de un profesor o de un libro de textos) sin un reprocesamiento o

reconstrucción de su significado, como podría tal vez suceder con el corte de líneas de fuerza, o también con el de rapidez de variación de flujo magnético. Cuando una nueva situación fenomenológica o problemática se presenta, intentarán comprenderla o resolverla con esas herramientas cognitivas prestadas, aplicándolas mecánicamente como si se tratara de conectar piezas de encastre, mediante un instructivo o recetario, y al carecer de un sentido propio para el sujeto, alienta las fundamentaciones mágicas o esotéricas (esta última solución se ve en la conexión causal “sentido de la circulación de la corriente-movimiento de la espira” o “f.e.m. inducida-posibilidades de giro de la espira” que se analizó en la variable G). Pro Bueno y Saura Llamas<sup>88</sup> dirán: *“se ha encontrado que el alumno suele adornar sus razonamientos con concepciones mágicas o con ciertos aires de peligrosidad”*.

La interpretación de fenómenos físicos plantea un cambio en la actitud del sujeto, pasando de la simple observación de datos donde el interlocutor acepta ingenuamente la realidad tal como es, a otra realidad re-construida desde el análisis multireferencial. En este sentido, el enfoque sistémico podría superar la causalidad lineal, generando esquemas o modelos funcionales<sup>89</sup>. Esta nueva mirada implica un replanteo epistemológico y psicológico pasando del “yo observo la realidad” a “nosotros construimos la realidad”, que conlleva también un cambio ontológico que intenta al menos poner en tela de juicio las fantasías o pensamientos enigmáticos que surgen en torno a los objetos.

Trabajar positivamente con la imaginación también implicaría para nuestro ámbito educativo específico, desmitificar lo que es ciencia. El creer que es un conocimiento incuestionable, indubitable, aséptico y objetivo, que no tiene nada que ver con la empresa cotidiana (visión que se ve alimentada reiteradamente a través de los medios masivos de comunicación, distorsionando no tan sólo la imagen de la labor científica, sino también su contenido), la protege de las nuevas preguntas que los alumnos le puedan formular, produciendo adicionalmente un desinterés que progresivamente va destruyendo su aprendizaje<sup>90</sup>.

Del análisis comparativo entre los grupos 6ºMa y 6ºMc se pudo inferir que un mayor grado de conocimientos proposicionales o conceptuales respecto al tema abordado (previo a la propuesta didáctica), sumado a una mayor predisposición de los alumnos al trabajo de conceptualización (durante el desarrollo de la propuesta), favoreció la comprensión de nuevas situaciones concretas.

Se puede remarcar la importancia de la voluntad de aprender que aplican algunos estudiantes. Esa predisposición del sujeto que está involucrado conscientemente en el proceso de aprendizaje (como 6ºMa-EIS y el N°3-AVE mencionado en las variables C y D), es un factor de importancia en la obtención de niveles altos de conceptualización. John Bransford y Nancy Vie<sup>91</sup> dirán al respecto: *“un supuesto mayor compartido por muchos científicos cognitivos es que el conocimiento debe ser construido activamente”*.

Si bien en la propuesta se intentó trabajar desde la reconstrucción de significados, la diferencia en el grado de participación entre los alumnos podría marcar, de alguna manera, la separación entre los considerados exitosos y los que no lo son.

Los autores<sup>92</sup> anteriormente aludidos, haciendo una referencia a una investigación de Dweck, comentan:

*“En general, los alumnos que piensan que rasgos como la inteligencia cambia con la práctica son mucho más propensos a aceptar desafíos y persistir en las tareas. En cambio, aquellos que piensan que la inteligencia es algo fijo, tienden a desempeñarse pobremente después de un fracaso inicial. La observación de Dweck de diferencias motivacionales entre los alumnos se relaciona con diferencias cognitivas y metacognitivas, pues en ambos casos los mejores alumnos elaboran y van más allá de la información inicial”.*

En el mismo sentido, Bruner<sup>93</sup> analizando las distintas alternativas del desarrollo humano, refiere a que *“lo que los niños piensan del aprendizaje y el recuerdo y el pensamiento (especialmente los suyos propios), y cómo “pensar en” las propias operaciones cognitivas afecta a los propios pensamientos mentales”*. Estas reflexiones podrían abonar el suelo de futuras propuestas facilitando la elaboración de estrategias didácticas tendientes a incrementar el *deseo* por aprender.

Otros de los aspectos que surgieron del análisis de variables, fue la dificultad que tuvieron los alumnos de generar modelos interpretativos en el marco de la propuesta didáctica. Estos modelos necesarios para entender, por ejemplo, cómo se produce una f.e.m. inducida en una bobina eléctrica determinada, permiten el desarrollo de ciertas capacidades de análisis que se transfieren a nuevas situaciones concretas.

Estos modelos se van reconstruyendo a partir de las concepciones previas de los estudiantes. Giordan y De Vecchi<sup>94</sup> dirán respecto a la modelización en la enseñanza:

*“...la mecánica intelectual que permite apropiarse del saber científico no es nada sencillo y no produce resultados inmediatos. Hemos demostrado que la construcción del conocimiento pasa por tener en cuenta las concepciones de los que aprenden, y que estas evolucionan partiendo de la curiosidad, a través de actividades de comparación con las concepciones de los otros y con los hechos”.*

La curiosidad es una de las actitudes de los alumnos que se puede abordar más conscientemente en una futura propuesta didáctica, con la idea de mejorar los problemas de la atención que requiere el trabajo de conceptualización. Una manera de favorecerla, en el ámbito de la asignatura de electrotecnia, sería posiblemente mostrarles los innumerables productos tecnológicos que funcionan gracias al fenómeno de inducción magnética, hacer visitas a plantas industriales, etc. En cuanto a las *“actividades de comparación con las concepciones de los otros y con los hechos”* a que hacen referencia Giordan y De Vecchi, se podrían incrementar incorporando, al finalizar la propuesta, nuevas situaciones concretas donde los fenómenos observados se puedan interpretar y debatir entre docentes y estudiantes, de modo de poder avanzar paulatinamente hacia una conceptualización compartida.

Los problemas de integración de conocimientos, aludidos en el análisis de variables, ¿podrían nuevamente estar relacionados con la aplicación, por parte de los estudiantes, de un pensamiento preponderantemente causal lineal, carente de un enfoque sistémico que aborde la complejidad de los fenómenos y de su conocimiento?

En primera instancia podemos mencionar que el ser humano es el que más tarda en llegar a la plena madurez cerebral, lo que lleva a pensar que las

dificultades en la comprensión tienen un correlato biológico que sólo el tiempo podría resolver. En Goleman<sup>95</sup> encontramos:

*Mientras cada área del cerebro se desarrolla a un ritmo diferente durante la infancia, el inicio de la pubertad marca una de las etapas más radicales de poda del cerebro. Diversas áreas del cerebro que son críticas para la vida emocional se encuentran entre las más lentas en madurar. Mientras las áreas sensoriales maduran durante la primera infancia y el sistema límbico durante la pubertad - sede del autodomio emocional, la comprensión y la respuesta ingeniosa- continúan desarrollándose en la última etapa de la adolescencia, hasta algún momento entre los dieciséis y los dieciocho años de edad.*

Si la situación de que algunos alumnos no aprendan como se esperaba, se debe a cuestiones de madurez neurológica, ¿estaremos los docentes a merced de su tiempo biológico?

Sin embargo los cuestionamientos de algunos alumnos (“y Ud. profe, ¿qué dice?”), parecería indicar que la resistencia de los mismos a participar activamente no es sólo relativa a dificultades en la comprensión debido a inmadurez biológica, sino además a cómo conciben el acto de aprender en su escuela, donde no todo las pautas de la formación educativa son tan explícitas, ni tan obvias como se podría pensar. Esta reflexión genera nuevos interrogantes a los ya planteados como por ejemplo: ¿Qué piensan del profesor?, ¿Estaban lo suficientemente cómodos como para relajarse y pensar libremente, en el marco del laboratorio y de la institución?, ¿Cómo enseñan los otros profesores?, ¿Hay algún acuerdo compartido entre los docentes sobre cómo enseñar, o se deja esta cuestión al criterio de cada uno?

Se denota en las expresiones y actitudes de los alumnos, la aceptación tácita a tomar lo que explica el profesor como certificado de *veracidad*, y si además lo entienden dentro de los códigos de inteligibilidad que fija la escuela o el propio docente (llámese a estos: fórmulas matemáticas, expresiones mnemotécnicas, etc.), la incumbencia se extiende hasta la *comprensión*. Es decir, la satisfacción del alumno devendría de la aprobación casi acrítica de lo que se le enseña. ¿Pero es satisfacción o acostumbramiento?. ¿Es comprensión o aclimatamiento?. Cuando Reichenbach<sup>96</sup> cita a Hegel en su libro “*la filosofía científica*”, transcribe lo siguiente:

*“La razón es sustancia, así como fuerza infinita. Su propia materia infinita sustenta toda vida natural y espiritual, así como la forma infinita, que pone a la materia en movimiento. La razón es la sustancia de que todas las cosas derivan su ser”.*

Luego en tono crítico dice: “*el estudiante de filosofía generalmente no se disgusta con las formulaciones oscuras. Por el contrario, al leer el pasaje citado muy probablemente se convencerá de que debe ser culpa suya si no lo entiende. Por lo tanto lo leerá una y otra vez hasta llegar a una etapa en que crea haberlo entendido. En ese punto le parecerá obvio que la razón consiste en una materia infinita que está en la base de toda vida natural y espiritual y que es por ello la sustancia de todas las cosas”.*

Para lograr una práctica profesional transformadora, la crítica ideológica puede superar el antagonismo ancestral entre una investigación educativa aparentemente neutral y los problemas sociales que entrecruzan el discurso

pedagógico en el aula. En este sentido, Porlán<sup>97</sup> cita a Carr y Kemmis que plantean lo siguiente:

*“...el positivismo contempla la reforma de la educación como un asunto técnico, mientras que para la investigación interpretativa tiene carácter práctico. Una ciencia educativa crítica, en cambio, atribuye a la reforma los predicados de participativa y colaborativa; plantea una reforma de investigación educativa concebida como análisis crítico que se encamina a la transformación de las prácticas educativas de las personas que intervienen en el proceso, así como de las estructuras sociales e institucionales que definen el marco de actuación de dichas personas. En este sentido, la ciencia educativa crítica no es una investigación sobre o acerca de educación, sino en y para la educación”*

Investigaciones futuras tendrían que tomar en cuenta las consideraciones anteriormente enunciadas, pero especialmente, deberían estar acompañadas institucionalmente como parte de un programa de mejoramiento de la calidad educativa, donde se debata el marco teórico desde el cual se sincronizarían los esfuerzos para que estos se sumen, y los resultados no se diluyan por falta de apoyo o de consenso.

El trabajo colaborativo y participativo entre docentes permitiría llevar al aula cuestiones como la provisionalidad del conocimiento<sup>98</sup>. En ese marco de continua especulación, estaría permitido plantear dudas sobre la aplicabilidad de leyes, la validez de enunciados y teorías sin quedar atrapados o envueltos en los prejuicios y miedos de ser reprobados (por la institución o por los pares). En vez de trabajar desde la resignación que impone la transcripción de textos y fórmulas, se haría desde el redescubrimiento, la crítica, el desafío (individual y grupal), integrando y no compartimentando al curriculum de ciencias. A diferencia de educar en la “seguridad” de una fórmula o en el miedo al error (que lleva a los alumnos a estudiar más para aprobar que para aprender), se puede hacerlo en la libertad de asumirse en constante debate frente a la problemática de comprender a la naturaleza y a lo que “decimos” de ella, que en muchas circunstancias es muy diferente de lo que “dicen” de ella (conocimiento cotidiano y conocimiento científico<sup>99</sup>).

En este sentido, la presente tesis ha sido una fuente de constante aprendizaje para el tesista, donde los errores le permitieron reconocer algunas de las propias limitaciones en su rol como docente, debido entre otras cosas, a que su formación estuvo únicamente relacionada con el ejercicio de la profesión como técnico o ingeniero, por lo tanto, desprovisto de herramientas que vienen de la didáctica. Sin embargo, la práctica directa en fábrica junto a otras personas que tenían diferentes habilidades y especialidades (en ciudades socialmente organizadas para tal fin, como Campana y San Nicolás de los Arroyos), lo indujo a tratar de abordar el tema de la ley de Faraday desde una perspectiva más cercana a la práctica, en tanto herramienta cognitiva facilitadora en la interpretación de problemas de orden práctico (los que a diario se presentan en la industria).

Tras el análisis de las distintos aspectos considerados en torno a la enseñanza y aprendizaje de la ley de la inducción de Faraday, se pueden advertir que si bien existen dificultades propias en la comprensión de la física, el discurso en el aula no es el mismo que el producido en los laboratorios científicos<sup>100</sup>. En este sentido no es

diferente hablar de didáctica de las ciencias naturales, de las matemáticas o ciencias sociales.

La consideración de la didáctica en la enseñanza de las ciencias debería ser una cuestión de fondo, pues además de trabajarse con los aspectos vinculados con la especificidad de la materia que se está tratando y que tienen que ver con la formación científica (adquisición y posterior análisis de datos, formulación de hipótesis, demostración empírica de leyes y teorías, etc.), tendría que interesarse en cómo es tratada la información, qué procedimientos seguir para lograr un aprendizaje significativo, qué presupuestos se tiene respecto del proceso de la enseñanza y de las actuaciones del aprender, qué vínculos se propician entre el docente, los alumnos y el conocimiento, qué relaciones de poder establecen estos actores, etc., cuestiones curriculares que van más allá de lo puramente instruccional, y que tienen que ver esencialmente con la Educación.

Esta apreciación se hace cada vez más clara cuando los involucrados con la enseñanza se animan a incursionar por fuera de sus propios espacios de conformidad, donde el riesgo adquiere la fisonomía de búsqueda y el desafío se traslada desde el tranquilo refugio de seguridad, sugerida por la credulidad en el éxito alcanzado, a sentirse comprometido con la integridad de los que día a día nos cuestionan: *“los alumnos”*.

Vaya mi sincero agradecimiento a los alumnos de la Esc. Avellaneda y de la Esc. Industrial, como así también al ayudante de laboratorio de esta última, por la colaboración que atentamente y en forma desinteresada brindaron en la consecución del trabajo de campo.

## Notas y Referencias de Bibliografía Citada

- <sup>1</sup>Hargraves, A. (1996). *Profesorado, cultura y postmodernidad*. Madrid: Morata.
- <sup>2</sup>Filardo Bassalo, J.M. (1998). Nascimentos da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. 20, (4), 363-372.
- <sup>3</sup>Las experiencias que se van a desarrollar se limitan a fenómenos de inducción en el aire, en consecuencia la inducción magnética **B** y el campo magnético **H** son proporcionales. En estas situaciones se puede hablar de campo de inducción magnética y campo magnético.
- <sup>4</sup>Moeller, F. y Wolff, F. (1972). *Fundamentos de la electrotecnia*. En F. Moeller y TH. Werr. *Electrotecnia general y aplicada*. Tomo I. (142-143). Barcelona: Labor.
- <sup>5</sup>Sobrevila, M. (1995). *La educación técnica argentina*. Buenos Aires: Academia Nacional de Educación.
- <sup>6</sup>Halliday, D. y Resnick. R. (1979). *Física. Vol. 2.*(1233-1234). México: C.E.C.S.A.
- <sup>7</sup>Por definición, el flujo de campo magnético  $\Phi$  en una sección S es:  $\Phi = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$ .
- <sup>8</sup>Moeller, F. y Wolff, F., op. cit., pag. 147.
- <sup>9</sup>Shipstone, D. (1989). Electricidad en circuitos sencillos. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (comps.) *Ideas científicas en la infancia y adolescencia*. (62-88). Madrid: Morata-Ministerio de Educ. y Ciencia.
- <sup>10</sup>Sears, F., Zemansky, M. y Young, H. (1986). *Física Universitaria*. (888-890). Mexico: Fondo Educativo Interamericano.
- <sup>11</sup>Getty, E., Keller, F. y Skove, M. (1993). *Física clásica y moderna*. España: McGraw-Hill.
- <sup>12</sup>Halliday, D. y Resnick. R., op. cit.
- <sup>13</sup>Giancoli, D. (1985). *Física. Principios y aplicación*. Barcelona: Reverté.
- <sup>14</sup>Serway, R. (1995). *Física, Tomo II*. México: McGraw-Hill.
- <sup>15</sup>Wangsness, R. (1997). *Campos electromagnéticos*. (326-327). España: Limusa.
- <sup>16</sup>Liwschitz-Garik, M y Whipple, C. (1976). *Máquinas de Corriente Continua*. Barcelona: C.E.C.S.A.
- <sup>17</sup>Physical Science Study Committe. (1970). *Física*. Barcelona: Reverté.
- <sup>18</sup>Singer, F. (1977). *Tratado de Electricidad. Tomo I*. Buenos Aires: Neotécnica.
- <sup>19</sup>Moeller, F. y Wolff, F., op. cit.
- <sup>20</sup>Sankovich, R. (1985). Faraday's law demonstration. *American Association of Physics Teachers*. 53, (1), pag. 89.
- <sup>21</sup>Casanova C., J. (1997). Un experimento para comprobar la ley de Faraday de la inducción. *Revista de enseñanza de la Física*. 10(1), pp. 59-65.
- <sup>22</sup>García Canalle, J. y Moura, R. (1997). Demonstre em aula. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. 14(3), p.p. 299-301.
- <sup>23</sup>Nicklin, R. (1986). Faraday's law-Quantitative experiments. *American Association of Physics Teachers*. 54(5), pp. 422-428.
- <sup>24</sup>Sánchez, D. y Concarí, S. (1999). La ley de la inducción de Faraday. Una propuesta para la enseñanza media técnica. *Memorias XI Reunión Nacional de Educación en Física*. Mendoza, 20 al 24 de Setiembre de APFA, pp. 94-100. (ver anexo D)
- <sup>25</sup>Porlán, Rafael. En el marco del seminario de Epistemología de las Ciencias Naturales que se llevó a cabo en julio de 1997 en FAFODOC (UNL) Santa Fe, Porlán habló de la memoria experiencial y la memoria académica, la primera organizada en torno a las vivencias cotidianas y la segunda al aprendizaje escolar.
- <sup>26</sup>Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). La idea de los niños y el aprendizaje de las ciencias. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (comps.). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (21). Madrid: Morata.

<sup>27</sup>Ibíd., pp. 23-25.

<sup>28</sup> En Bransford, J. y Vye, N. (1996). Una perspectiva sobre la investigación cognitiva y sus implicancias para la enseñanza. En L. Resnick. y L. Klopfer (comp.). *Curriculum y cognición*. (305). Bs.As.:Aique.

<sup>29</sup>Sobrevila, M., op. cit. pag. 3.

<sup>30</sup>Fenstermacher, G. (1989). Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre enseñanza. En M.C. Wittrock (comp.). *La investigación de la enseñanza. Enfoques, teorías y métodos I*. (175). México: Paidós.

<sup>31</sup>Singer, F., op. cit., tomo I, pag. 165; tomo II, pag. 9.

<sup>32</sup>Matthews, M.R. (1994). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*. 12, (1), 79-88.

<sup>33</sup>Otero, R., Papini, C., Elichiribehety, Y.. (1997). Fundamentos epistemológicos del constructivismo y la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*. 10, (1), pag. 8

<sup>34</sup>Matthews, M.R., op. cit., pag. 82.

<sup>35</sup>Bernstein, B. (1993). *La estructura del discurso pedagógico*. (196). Madrid: Morata.

<sup>36</sup>Ibíd., pag. 190.

<sup>37</sup>Matthews, M. R., op. cit., pag. 81.

<sup>38</sup>Fenstermacher, G., op. cit., pag.155.

<sup>39</sup>Bruner, J. (1966). *El proceso de la educación*. México: Uthea.

Moreira, M.A. (1985). *La teoría de enseñanza de Bruner*. Monografía. Porto Alegre: UFRGS.

<sup>40</sup>Bruner, J. (1984). *Acción, pensamiento y lenguaje*. (187). Madrid: Alianza.

<sup>41</sup>Malvino, A.P. (1991). *Principios de electrónica*. España: McGraw-Hill.

<sup>42</sup>Malvino distingue tres tipos de fórmulas: La de *definición*, como por ejemplo  $I=Q/t$  (la corriente es igual a la cantidad de carga eléctrica por unidad de tiempo que pasa a través de un conductor), la *experimental* que está compuesta por magnitudes previamente definidas como la ley de Faraday ( $e = -d\Phi/dt$ ) o de Coulomb  $f=q_1q_2/(k.d^2)$  - (la fuerza entre dos carga es proporcional a los productos de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separan)- y la *derivada* como  $y + 5 = 3x + 5$  que se deriva matemáticamente de  $y = 3x$ .

<sup>43</sup>Filloux, J.C.(1993). Algunas consideraciones sobre la investigación en educación. En P. Ducoing y M. Landesmann (comp. y Eds.). *Las nuevas formas de investigación en educación*. (41). México: Ambassade de France au Mexique – Universidad Autónoma de Hidalgo.

<sup>44</sup>Sinaceur, M.A.(1983) ¿Qué es la interdisciplinariedad?. En L. Apostel y otros. *Interdisciplinariedad y ciencias humanas*. (24-31). Madrid: tecnos/UNESCO

<sup>45</sup>Maxwell, J. C. (1954). *A treatise of electricity and magnetism*. V 1-2. USA: Dover.

<sup>46</sup>Lipman, M. (1997). Pensamiento y comunidad. *Pensamiento complejo y educación*. (314). Madrid: Ediciones de la Torre.

<sup>47</sup>Bruner, J. (1997). *La educación, puerta de la cultura*. (74). Madrid: Visor.

<sup>48</sup> Ibíd., pag. 75.

<sup>49</sup>Kuhn, T. (1995). *La estructura de las revoluciones científicas. Breviarios*. México: Fondo de Cultura Económica.

<sup>50</sup>En Kuhn, T. , op. cit., pag. 45, (lo que está entre paréntesis es un texto aclaratorio del tesista).

<sup>51</sup>Ibíd., pag.218.

<sup>52</sup>Ibíd., pag. 219.

<sup>53</sup>En Newton-Smith, W.H. (1987). *La racionalidad de la Ciencia*. (199). Barcelona: Paidós.

- <sup>54</sup>Ibíd., pag. 23.
- <sup>55</sup>Klimovsky, G. (1995). *La desventura del conocimiento científico*. (24). Buenos Aires: A-Z.
- <sup>56</sup>Ibíd., pag. 26.
- <sup>57</sup>Ibíd., pp. 24-26.
- <sup>58</sup>Hesse, M. (1989). Teoría y observación. En L. Olivé y R. Pérez Tomayo (comp.). *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. (386). México: Siglo XXI.
- <sup>59</sup>Ibíd., pag. 388.
- <sup>60</sup>Klimovsky, G., op. cit., pag. 33.
- <sup>61</sup>Pérez, C. *Teoría de Errores*. Buenos Aires: C.E.I.
- <sup>62</sup>Hesse, M., op. cit., pag. 397.
- <sup>63</sup>Ibíd., pag. 400.
- <sup>64</sup>Ibíd., pag. 392.
- <sup>65</sup>Ibíd., pag. 396.
- <sup>66</sup>Ibíd., pag. 403.
- <sup>67</sup>Schuster, Félix G. (1997) Seminario de Epistemología de las Ciencias Sociales realizado en la F.A.F.O.D.O.C. de la U.N.L. Santa Fe, Julio- Agosto
- <sup>68</sup>Mulkay, M. (1994). La ciencia y el contexto social. En L. Olivé (comp.). *La explicación social del conocimiento*. (342). México: UNAM.
- <sup>69</sup>Newton-Smith, W.H., op. cit., pag. 24.
- <sup>70</sup>Perez Tomayo, R. (1993). *¿Existe el método científico? Historia y realidad*. (169-174). México: El Colegio Nacional/Fondo de Cultura Económica.
- Newton-Smith, W.H., op. cit., cap. 3.
- Popper, K. (1973). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- <sup>71</sup>Newton-Smith, W.H., op. cit., cap. 4.
- Perez Tomayo, R., op. cit., pp. 175-181.
- Lakatos, I. (1993). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos.
- <sup>72</sup>Kuhn, T., op. cit., pag. 57.
- <sup>73</sup>Ibíd., pag. 84.
- <sup>74</sup>Ibíd., pag. 217.
- <sup>75</sup>Grinzburg, C. (1987). Señales. Raíces de un paradigma indiciario. En A. Gargani (comp.). *Crisis de la Razón: Nuevos modelos en la relación entre saber y actividad humana*. (58). México: Siglo XXI.
- <sup>76</sup>Kneller, G. (1969). *La lógica y el lenguaje en la educación*. (231). Bs.As. : Troquel.
- <sup>77</sup>Kuhn, T., op. cit., pp. 204-211.
- <sup>78</sup>Newton-Smith, W.H., op. cit., pag. 149.
- <sup>79</sup>Ibíd., pag. 152.
- <sup>80</sup>Bruner, J. (1997), op. cit., pag. 38.
- <sup>81</sup>Ibíd., pp. 74-75.
- <sup>82</sup>Newton-Smith, W.H., op. cit., pag. 31.
- <sup>83</sup> Además, si se quiere expresar matemáticamente esta proyección, se puede decir que es el coseno del ángulo formado por la espira y el eje de proyección que pasa por el centro de la espira.
- <sup>84</sup>En el marco del seminario de Epistemología que dirigió el Dr. Rafael Porlán, el tesista utilizó como instrumento interpretativo para explicar la velocidad de variación del flujo magnético en una espira, la analogía que existe con la velocidad de variación de una sombra (creada por una hoja) que se proyectaba sobre un plano horizontal. En dicha oportunidad se invitó a los allí presentes a que tomen una hoja y traten de imaginar en qué situación es máxima la velocidad de variación de la sombra que se proyectaba en

el plano horizontal producida por una fuente luminosa que estaba por encima. Las respuestas en general fueron que se producía cuando la hoja estaba en posición horizontal y no vertical. El problema estriba en diferenciar la cantidad de flujo de su velocidad de variación, tal como ocurre con la espira.

<sup>85</sup>Como se consigna en el anexo C, se descarta de la muestra al integrante N°9 de AVE por decisión del investigador, al considerar que el mismo no toma la investigación con la seriedad requerida.

<sup>86</sup>Hablamos de *sentido* de f.e.m. y de *sentido* de corriente para referirnos a la polarización y al flujo de cargas respectivamente.

<sup>87</sup>Rela, A. y Sztrajman, J. (1997). Enredos físicos y cotidianos entre las magnitudes y sus derivadas e integrales. *Educación en Ciencias*. 1(1), 34-43.

<sup>88</sup>De Pro Bueno, A. y Saura Llamas, O. (1996). Una propuesta metodológica para la enseñanza y el aprendizaje de la Electricidad y el Magnetismo en Educación Secundaria. *Investigación en la Escuela*. N°28, 79-94.

<sup>89</sup>Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A.(1998). *Aprender y enseñar ciencia*. (211). Madrid: Morata.

<sup>90</sup>Ibíd., pag. 21.

<sup>91</sup>Bransford, J. y Vye, N., op. cit., pag. 288.

<sup>92</sup>Ibíd., pag. 288.

<sup>93</sup>Bruner, J. (1997), op. cit., pag. 76.

<sup>94</sup>Giordan, A. y De Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber*. (209). Sevilla:Díada.

<sup>95</sup>Goleman, D. (1996). *La inteligencia emocional*. (262). Buenos Aires: Javier Vergara.

<sup>96</sup>En Comesaña, M. (1994). La explicación como reducción a lo familiar y la teoría cuántica. *Análisis filosófico XIV*. N°1, pp. 49-59.

<sup>97</sup>Porlán, R. (1995). *Constructivismo y Escuela*. (133). Sevilla: Díada.

<sup>98</sup>Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A., op. cit., pag. 26.

<sup>99</sup>Ibíd., pag. 118.

<sup>100</sup> Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A., op. cit., pag. 69.

## Bibliografía adicional consultada:

- Orozco Cruz, J. (1996). Consideraciones sobre la ontología y la metafísica de Michel Faraday. *Física y Cultura: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, N°3, p.p. 39-50.
- Giordan, A. (1996). ¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas?. La utilización de las concepciones de los estudiantes. *Investigación en la escuela*. N°28.
- Smart. (1975). Explicación, leyes y teorías. *Entre ciencia y filosofía*. Madrid: Tecnos.
- Litwin, E. (1996). El campo de la didáctica: la búsqueda de una nueva agenda. En A. W. De Camilloni y otros. *Corrientes didácticas contemporáneas*. (91-115). Buenos Aires: Paidós.
- Litwin, E. (1997) *Las configuraciones didácticas. Una nueva agenda para la enseñanza superior*. Buenos Aires: Paidós.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.
- Mercer, N. (1997). *La construcción guiada del conocimiento*. Barcelona: Paidós.
- Gardner, H. (1995). *Mentes creativas*. Barcelona: Paidós.
- Apple, M. (1986). Historia curricular y control social. *Ideología y Currículo*. Madrid: Akal.

- Castells, M y otros. (1994). *Nuevas perspectivas críticas en educación*. Barcelona: Paidós.
- Cohen, L. y Manion, L. (1990). *Método de investigación Educativa*. Madrid: La Muralla.

### CUESTIONARIO N°1:

#### PREGUNTAS

- 1) ¿Cómo creen que se puede hacer para que circule corriente por una espira cerrada?
- 2) ¿Qué sucede si acerco un imán a una espira cerrada?
- 3) Si tengo un conductor y un imán cercanos e inmóviles entre sí, ¿se genera corriente en el conductor? ¿Por qué?
- 4) Si muevo el conductor dejando inmóvil el imán, ¿se produce corriente en el conductor? ¿Por qué?
- 5) Si ahora muevo el imán dejando inmóvil el conductor, ¿se produce corriente en el conductor? ¿Por qué?
- 6) ¿Se puede producir una corriente sin una fuerza electromotriz que impulse la misma? ¿Por qué?
- 7) ¿Cómo puedo producir un campo magnético? ¿Por qué?
- 8) ¿Se puede producir a través de un imán? ¿Por qué?
- 9) ¿Se puede producir a través de una corriente? ¿Por qué?
- 10) Si tengo dos espiras donde una de ellas tiene mayor superficie que la otra, suponiendo que las acercamos a un mismo imán, ¿cuál de ellas tendrá mayor flujo? ¿Por qué?
- 11) Si tengo dos espiras de igual tamaño y acercamos a cada una de ellas a un imán con distinto poder de imanación al de la otra espira, ¿ambas tendrán el mismo flujo o no? ¿Por qué?
- 12) En cuanto a la generación de corriente en el conductor (asumiendo que se debe al movimiento relativo entre este y el campo magnético producido por un imán o un electroimán), ¿es lo mismo que lo desplace (al conductor) lentamente o rápidamente frente al campo?

#### RESPUESTAS DE LOS ALUMNOS AL CUESTIONARIO:

ESC. : DR. N. AVELLANEDA

Curso: 2ºE

Nº1-Coria:

R1: Tomo la espira y un imán y por medio de la ley de Faraday le alejamos y le acercamos el imán a la espira y así obtenemos la generación de corriente.

R2: Hago circular un campo magnético por la espira.

R3: No, porque los campos magnéticos de cada uno están inmóviles y si no hay variación de flujo magnético no se genera corriente.

- R4: Si, porque hay una variación de flujo magnético.  
 R5: Sí, porque también circula un campo o flujo magnético produciendo corriente.  
 R6: Sí, porque se puede producir por medio de campos magnéticos.  
 R7: Por medio de una bobina porque cada electrón del cobre produce un campo magnético.  
 R8: Sí, porque el imán tiene su propio campo magnético.  
 R9: Sí, porque la corriente se produce por variación de campo magnético.  
 R10: Ninguna de las dos porque el flujo se propaga igual por todas las superficies.  
 R11: Sí, ambas tendrán el mismo flujo porque el poder de imantación no tiene nada que ver.  
 R12: No, porque obtendrá más o menos flujo magnético.

### Nº3-Martinon:

- R1: Yo diría que no se puede porque al colocar la fase y el neutro sobre la espira, se produciría un cortocircuito.  
 R2: Por dicha espira comienza a pasar el flujo magnético de dicho imán.  
 R3: Por el conductor no se generaría corriente porque el imán no es un generador de corriente.  
 R4: No se produce corriente por el conductor y que el imán no se la ofrece.  
 R5: No se produce corriente por el conductor porque el imán no le ofrece dicha corriente.  
 R6: No, no se puede porque si la corriente no es generada por una fuente, ya sea generador, pilas, baterías, no se puede producir por sí misma.  
 R7: Un campo magnético puede producirse haciendo pasar corriente por un conductor, alrededor de éste se origina un campo magnético. Si a éste conductor lo enrolla sobre un palito formando una bobina, el campo magnético será mayor.  
 R8: De hecho que el imán de por sí origina un campo magnético. Ya es natural en todos los imanes.  
 R9: Sí, porque si esta pasa por un arrollamiento origina un campo magnético. Así trabajan los transformadores y motores.  
 R10: Yo diría que por las dos pasa el mismo flujo porque el imán es el mismo y les ofrece el mismo flujo.  
 R11: No tendrán el mismo flujo porque al ser espiras iguales y los imanes con mayor imantación uno que otro, tendrá mayor flujo la espira del imán con mayor imantación.  
 R12: Si lo desplazo lentamente el flujo alcanzará a pasar por dicho conductor.

### Nº8-Miño:

- R1: Para que circule corriente por una espira cerrada es que abramos la espira y conectemos una fuente.  
 R2: Lo que sucede es que se produce un flujo magnético.  
 R3: No, no sé.  
 R4: Sí, porque se unen los polos y se produce un campo magnético.  
 R5: No, porque son rechazados por los polos.  
 R6: No, porque tiene que llegar a ella una corriente por un conductor.  
 R7: se puede producir un campo magnético si hacemos pasar una corriente por dicho conductor, al haber corriente hay campo magnético.  
 R8: Sí, porque podemos hacer pasar corriente por un conductor al imán y producimos un campo magnético.  
 R9: Sí, porque hay movimiento de electrones yendo y viniendo produciendo un campo magnético.

R10: El que tendrá mayor flujo será la espira menor porque concentrará más que la otra, llegará más rápidamente.

R11: Sí, porque las espiras son iguales y la corriente será la misma en ambas espiras.

R12: No contesta

#### Nº9-Aguirre:

R1: No se puede.

R2: Si acerco un imán a una espira cerrada, se induce la corriente.

R3: Sí se genera corriente en el conductor porque mueve las cargas.

R4: No se produce corriente en el conductor porque el imán no influye en la carga quedando inmóviles.

R5: No se produce corriente porque el imán no influye sobre los electrones del conductor.

R6: No se puede producir una corriente sin una fuerza electromotriz que impulse la misma porque sin una fuerza motriz no se genera corriente.

R7: Un campo magnético se puede producir acercando dos imanes de distintas polaridades porque al atraerse forman un campo magnético.

R8: No se puede producir a través de un imán, porque no hay otro imán para producir un campo.

R9: Sí se puede producir porque...

R10: La espira más pequeña tendrá mayor flujo, porque tiene menos superficie.

R11: No tendrán el mismo flujo porque tienen distinto poder de imantación.

R12: Sí, es lo mismo que lo desplace (al conductor) lentamente o rápidamente frente al campo.

#### Nº10-Chapesoni:

R1: El imán induce la corriente.

R2: En una espira cerrada no se puede.

R3: No se genera porque los electrones no se mueven.

R4: Sí, porque los electrones se empiezan a mover.

R5: Sí, porque los electrones se mueven.

R6: No se puede.

R7: Pasando corriente por un conductor.

R8: Sí, porque tiene un campo magnético.

R9: Sí se puede si es una corriente grande.

R10: la más chica porque tiene menos superficie.

R11: No, porque va a ver distinto campo magnético.

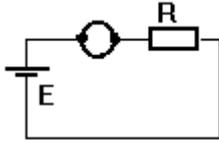
R12: No sé.

ESCUELA: ESC. IND. SUPERIOR.

Curso: 6Ma

#### A-Acosta:

R1: De esta forma se puede hacer circular corriente por la espira cerrada, haciéndola tomar parte de un circuito. Este puede ser de C.A. o C.C.



R2: El flujo magnético del imán atraviesa la espira.

R3: No, porque para que haya corriente en el conductor tiene que existir movimiento que genere un campo magnético, en el conductor.

R4: Sí, porque al moverse induce en el imán un flujo magnético.

R5: Sí, se produce siempre que uno esté en movimiento sin importar cual.

R6: No, porque se necesita una f.e.m. para poder producir una corriente, o sea, una diferencia de potencial.

R7: Se puede hacer circulando corriente por una espira ubicada alrededor de un núcleo metálico con lo cual se logra el campo, porque la espira produce en el núcleo un flujo magnético.

R8: No, porque este ya posee un campo magnético.

R9: Sí, porque se induce un núcleo generando un campo magnético.

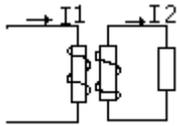
R10: Ambas tendrán el mismo flujo ya que están expuestas al mismo imán.

R11: No, porque el flujo del imán es variable.

R12: No, porque se genera mayor corriente cuando mayor es la velocidad de desplazamiento.

#### B-Fun:

R1: Para que la corriente circule, se debe inducir una f.e.m. y una resistencia que produzca una caída de tensión o se puede inducir a través de una espira conductora.



R2: Se acerca un imán a una espira cerrada, se produce un campo magnético, este genera un flujo que induce corriente a esa espira.

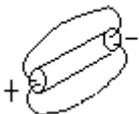
R3: No, porque para que se genere, el imán o el conductor tienen que estar en movimiento.

R4: Sí, porque el conductor se mueve a través del campo magnético y como varía la intensidad de este, se produce la corriente.

R5: Sí, porque al moverse el campo magnético, varía su intensidad y se produce la corriente.

R6: No, porque sin una fuerza electromotriz no se puede generar corriente.

R7: No se puede producir un campo magnético, porque este existe en el imán debido a sus polos.



R8: Sí, porque se puede hacer circular corriente por este y así generar un campo magnético.

R9: Sí, porque si circula por el imán, va a producir un campo magnético.

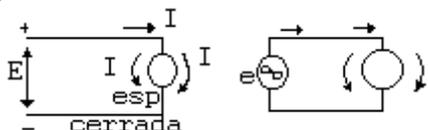
R10: La que tendrá más flujo es la de mayor superficie, porque esta encierra la mayor parte del campo magnético.

R11: No, porque el que tiene mayor poder de imantación tendrá mayor flujo ya que este varía debido al poder.

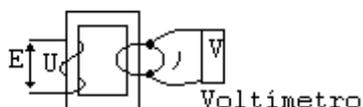
R12: No, porque cuando más rápido lo haga va a generar más corriente.

### C-Knuttzen:

R1: Se puede hacer circular corriente tanto en c.a. como en c.c., conectándola como parte de un conductor.

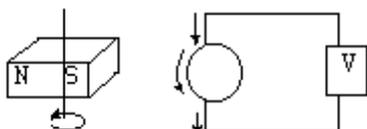


También creo que se induciría corriente si un campo magnético influye sobre la espira.



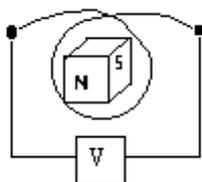
Siendo la corriente registrada por el voltímetro muy pequeño.

R2:



La corriente va a circular por el lado más corto, entonces se induciría corriente muy pequeña. La corriente circularía por un pequeño tramo y no por la espira entera.

R3: No se generaría corriente en el conductor, porque el imán no genera un campo magnético si este está estático.



R4: Sí se puede producir corriente si el conductor gira o se mueve sobre el imán inmóvil, porque el conductor capta los cambios magnéticos.

R5: Sí se produce corriente porque el movimiento del imán genera el campo magnético que induce corriente sobre el conductor.

R6: No se puede generar corriente en una bobina sin una f.e.m..

R7: Se puede producir con un electroimán o un imán. En caso de un imán porque los átomos de este están orientados hacia un sur o norte. En caso de un electroimán, los átomos se orientan por el paso de la corriente.

R8: Sí, porque los átomos están orientados.

R9: Un campo magnético se puede producir por el paso de la corriente (electroimán) porque la corriente fuerza a los átomos del núcleo del electroimán a orientarse.

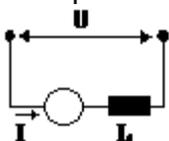
R10: La de más superficie porque la mayor superficie aumenta la captación del flujo.

R11: Ambas tendrán distinto flujo porque el imán más débil (menos campo magnético) forzaría un flujo más débil.

R12: Al aumentar el movimiento, el cambio del campo será más brusco y la f.e.m. se generará con mayor fuerza.

### D-Persello:

R1: se puede conectar en un circuito común y hacerla funcionar como una resistencia, o sea que se utilizaría como que si se colocara un conductor de mayor sección.



R2: Si hago pasar el imán por el centro de la espira, se producirán giros de la espira alrededor del imán, esto puede producir una pequeña corriente que circulará por la espira en el tiempo que introduzcamos el imán gracias al flujo electromagnético.

R3: Se genera una pequeña corriente que se produce por el flujo magnético que actúa como una pequeña carga que mueve los electrones libres del conductor haciendo que esa corriente tenga un sentido de circulación.

R4: Si muevo el conductor acercándolo al imán, la corriente que se generará será cada vez mayor, y si yo alejo el conductor la corriente disminuirá hasta hacerse cero, o sea que no actúa en el conductor el flujo magnético.

R5: Si muevo el imán, se producirá también una pequeña corriente, al igual que si movemos el conductor, o sea que actuará el campo electromagnético dando mayor circulación si lo acercamos y dando menos circulación de corriente si lo alejamos.

R6: Sí se puede producir una corriente si hacemos conectar una batería o carga a los extremos del conductor, se conoce como corriente continua.

R7: Con sólo hacer circular un pequeño paso de corriente por una espira con c.c., o por medio de una batería, este magnetismo se verá alrededor de la espira.

R8: En un imán, el campo magnético se conoce ya que gracias a este, los otros metales son atraídos.

R9: Como ya se menciona en la pregunta nº7, si hacemos circular corriente se produce un campo alrededor de las espiras.

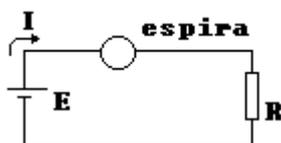
R10: Si tenemos dos espiras de distinta superficie, el imán se acercará más a la de menor superficie porque en la de mayor superficie se repelen más fácilmente, o sea que la de mayor superficie tendrá más flujo.

R11: Si el tamaño es igual pero la imantación es diferente, no tendrán el mismo flujo, porque a medida que disminuye el campo magnético, el flujo será menor.

R12: No, no es lo mismo, porque la corriente depende de la velocidad con que circula en el campo electromagnético, que no es lo mismo que en el conductor, ya que en el campo disminuye a medida que nos alejamos del imán y en el conductor tiene la misma velocidad en toda su sección.

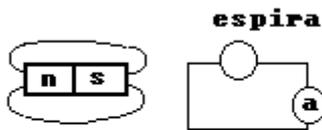
### E-Vera:

R1:



Para que circule corriente por la espira cerrada, se lo puede colocar en serie con una resistencia o carga para que no produzca un cortocircuito si se la coloca directamente a la fuente, de este modo puede circular toda la corriente que soporte la espira o el circuito.

R2:



No sucede nada, el flujo magnético del imán atraviesa la espira sin producir ningún efecto en ella y si indujera una f.e.m. se agotaría al estar cerrado el circuito. O sea, que por un pequeño instante puede circular una muy baja corriente de un extremo de la espira al otro.

R3: No se genera corriente porque el conductor tiene que cortar las líneas de flujo magnético del imán y al estar estático no corta ninguna de las líneas de fuerza.

R4: Sí se produce corriente porque el conductor corta las líneas del flujo magnético y genera una circulación de corriente entre ambos extremos. El imán en forma de U y el conductor dentro de la U.

R5: Sí se genera corriente porque se cortan líneas de fuerza del imán. El imán tiene que ser en forma de U y el conductor dentro de la U.

R6: Sí se puede producir corriente mediante una pila, o sea, por la química que produce una circulación de electrones mediante elementos químicos que en un extremo el elemento tiene ion positivo y el otro un ion negativo.

R7: Mediante un imán o un electroimán. El imán puede ser natural o artificial. El electroimán se produce haciendo pasar corriente por una bobina y genera el campo magnético, porque la corriente genera un campo magnético por cada espira que pasa.

R8: Sí, pero el campo magnético es permanente, cosa que en el electroimán el campo lo podemos generar sólo si pasa corriente.

R9: Está respondida en el nº 7.

R10: Las dos estarán afectadas por el mismo campo magnético, en la de mayor superficie se podrá obtener mayor corriente que la de menor sección, o sea que las dos tendrán el mismo flujo porque las afecta el mismo campo.

R11: No, porque el flujo magnético va disminuyendo al alejarse del imán y al tener distinto poder de imantación, no tendrán el mismo flujo.

R12: No, porque el flujo de corriente también depende de la velocidad con que corte las líneas de fuerza del imán, más lento menor corriente, mayor velocidad más corriente.

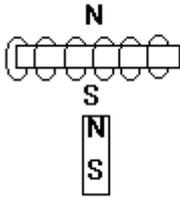
### Curso: 6Mc

#### A-Equiazu:

R1: con un imán. Produce un campo magnético que en conjunto con el campo magnético de la espira, circula corriente.

R2: Produce un campo magnético.

R3: En el caso de que el imán y el conductor se atraigan no se produce energía, pero si se repelen sí...



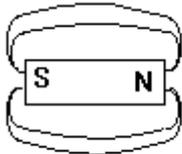
R4: Sí se produce corriente porque chocan los campos magnéticos del conductor con el del imán y los electrones tratan de repelerse y atraerse al mismo tiempo haciendo que circule corriente de un lado al otro con distintas direcciones.

R5: Pasa lo mismo que en el caso anterior. Se produce corriente.

R6: Sí, se puede producir corriente por medio de combinaciones químicas, por medios fotoeléctricos, etc.

R7: Poniendo un conductor en una bobina y mandándole corriente se produce un campo magnético, de esta manera se imanta el conductor y tiene un campo magnético.

R8: Los imanes tienen la propiedad de tener los electrones distribuidos de tal manera que aparece un campo magnético propio.



R9: Sí, en el caso de un conductor que pasa por una bobina, se produce un campo magnético.

R10: La que tenga mayor superficie tendrá más flujo porque depende de la superficie de la espira ya que el campo magnético se produce alrededor de la sección de la espira y más superficie más campo magnético.

R11: No, porque el campo magnético del imán más grande es mayor y hace que el flujo sea mayor.

R12: No es lo mismo, porque si se lo desplaza con mayor velocidad, el cambio constante de dirección de los electrones hace que el conductor levante temperatura.

#### B-Arber:

R1: No sé.

R2: Se produce un campo magnético alrededor de la espira.

R3: Sí, porque se movilizan los electrones.

R4: Sí, por la misma razón que la pregunta nº 3.

R5: Ídem anterior.

R6: No, porque la f.e.m. es la que impulsa la corriente.

R7: Un campo magnético se puede producir con un imán porque tienen polos opuestos y se repelen.

R8: Sí, la justificación la di en la respuesta nº7.

R9: No sé.

R10: No sé.

R11: No sé.

R11: No sé.

R12: No tengo idea.

#### C-Malisani:

R1: Conectando la fuente a la espira.

R2: No sé.

R3: Sí, porque el imán produce un campo magnético que afecta al conductor.

R4: Sí, no sé por qué.

R5: No sé.

R6: Sí, porque se puede producir la corriente a través de otra fuente de energía como por ejemplo la energía solar.

R7: No sé.

R8: Sí, porque el imán está cargado magnéticamente.

R9: Sí, no sé por qué.

R10: Tendrán el mismo flujo, no sé por qué.

R11: No, porque creo que el poder de imantación es directamente proporcional a la cantidad de flujo que se produce.

R12: No, pero no sé por qué.

#### D-Pereyra:

R1: Creo que con un imán, una fuente de corriente.

R2: Creo que comienza a circular corriente pero no estoy seguro.

R3: Sí, porque el imán puede producir un campo magnético.

R4: Sí, porque el conductor se mueve alrededor del imán, produciendo corriente en el mismo.

R5: Creo que sí, porque no varía que el móvil sea el conductor o el imán, yo lo veo así.

R6: Sí, porque hay varias formas de producir corriente que no sea con una fuerza electromotriz, puede ser corriente mediante el calor, químicas, etc.

R7: Se le hace circular corriente a un conductor, más o menos creo que es así, no sé por qué.

R8: Creo que el imán tiene un campo magnético, así que se puede producir.

R9: Sí, no sé por qué.

R10: Creo que la de mayor superficie, no sé por qué.

R11: No, porque la espira que esté con el imán de mayor imantación, creo que tendrá mayor flujo.

R12: No, no es lo mismo.

#### E-Tur:

R1: Si muevo un imán dentro o cerca de la espira se produce una circulación de corriente.

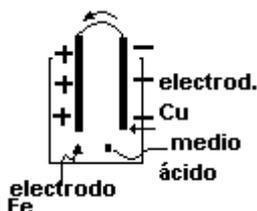
R2: Se produce un campo magnético que atraviesa la espira y se produce una circulación de corriente.

R3: No, porque el conductor no corta (no se mueve) las líneas de fuerza del imán.

R4: Supuestamente sí, porque al mover el conductor y atraviesa las líneas de fuerza del imán se produce corriente.

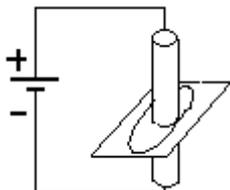
R5: Sí, por el mismo principio, o sea, si muevo el imán, muevo el campo del mismo, y si los electrones que están en dicho campo chocan con los átomos del conductor, se produce el desequilibrio de los electrones y se produce circulación de corriente.

R6: Existen métodos de generar corriente. Ej. :

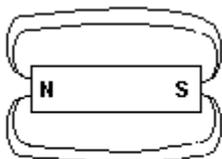


Si coloco dos electrodos en un medio ácido de distintos materiales como puede ser uno de hierro y otro de cobre, estos materiales tienen distintos números atómicos por lo que con la necesidad de equilibrarse se producen los huecos y el “corrimiento” de los electrones produce la circulación de corriente.

R7: Si hago circular corriente por un conductor y le pongo una hoja de papel y le tiro limadura de hierro, la misma tomará la forma de las líneas de fuerza del campo magnético generado.

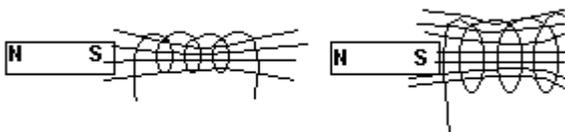


R8: Un imán tiene campo magnético.



R9: No sé, (me mató).

R10: La espira de mayor superficie tendrá mayor flujo debido a que podrán pasar más líneas del campo por dicha sección.



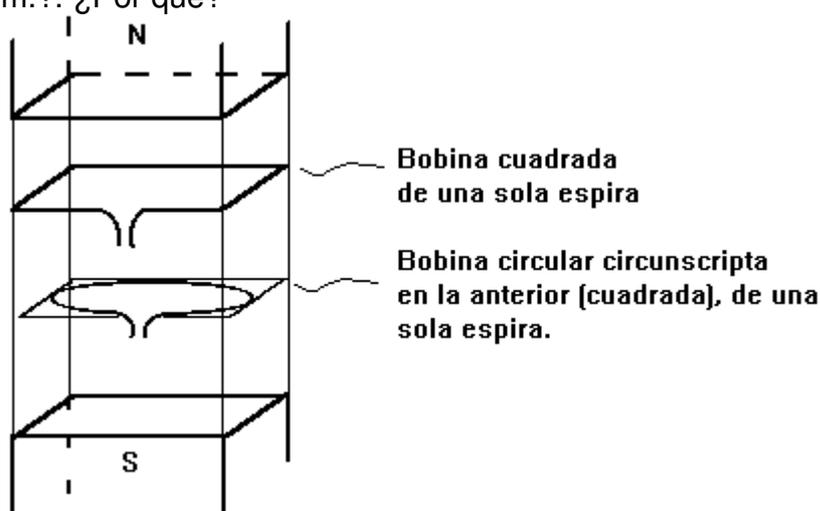
R11: Sí, porque ambas tienen la misma sección.

R12: No veo la diferencia. Supongo que no debe ser lo mismo. Puede ser que al moverlo rápidamente corte más veces el campo y suba más la corriente.

## CUESTIONARIO N°2:

### PREGUNTAS:

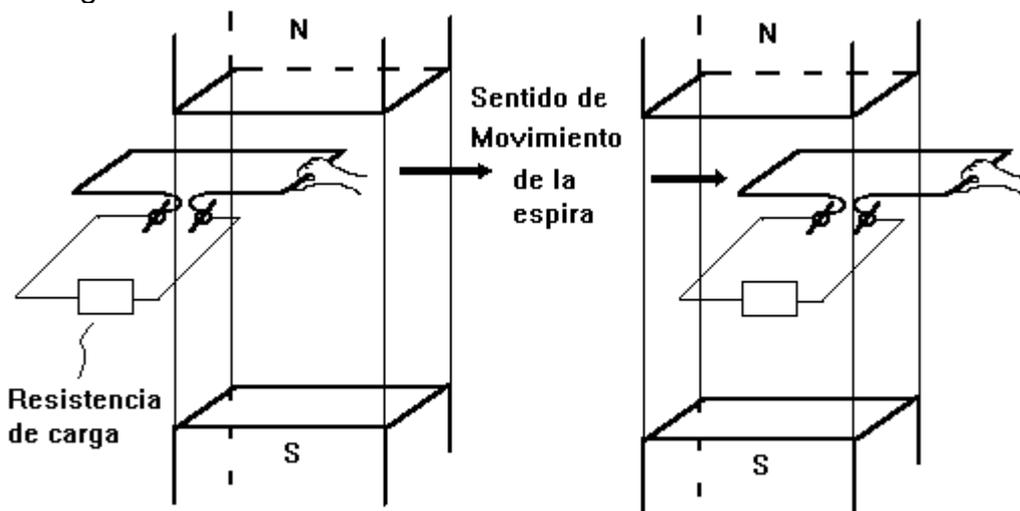
1) Si tengo dos imanes permanentes (N y S) y dos espiras que guardan la relación de tamaño que se observa en la figura, ¿cuál de las dos elegiría para producir máxima f.e.m.? ¿Por qué?



2) Si pudiéramos incrementar el número de espiras por bobina, ¿qué efecto produciría sobre la f.e.m.?

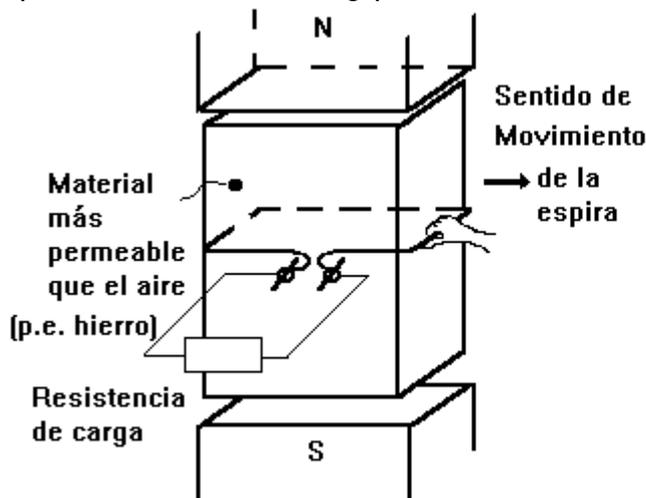
3) Supóngase que la espira se pudiese mover en el espacio interpolar hacia arriba y abajo, o lateralmente sobre un plano horizontal, ¿en ambos casos produciría f.e.m.? ¿En cuál más? ¿Por qué?

4) ¿Cuál sería el sentido de la f.e.m., la corriente y la fuerza para la espira que se mueve (por la mano) en el espacio interpolar y para las dos posiciones indicadas en la figura siguiente?



5) ¿Qué sucede con la f.e.m. de la espira anterior, si aumenta la velocidad de desplazamiento de esta? ¿Por qué?

6) Si pudiéramos introducir un material más permeable que el aire dentro de la espira y repito la acción anterior, ¿qué sucede con la f.e.m.? (Ver figura). ¿Por qué?



7) La f.e.m. obtenida, es ¿continua, continua pulsante o alterna?

(Los términos “continua”, “continua pulsante” y “alterna” son conocidos por los estudiantes en el contexto de las asignaturas relativas a electrotecnia).

## RESPUESTAS DE LOS ALUMNOS AL CUESTIONARIO

### ESC. DR. N. AVELLANEDA:

Curso : 2º E

#### Nº1-Coria:

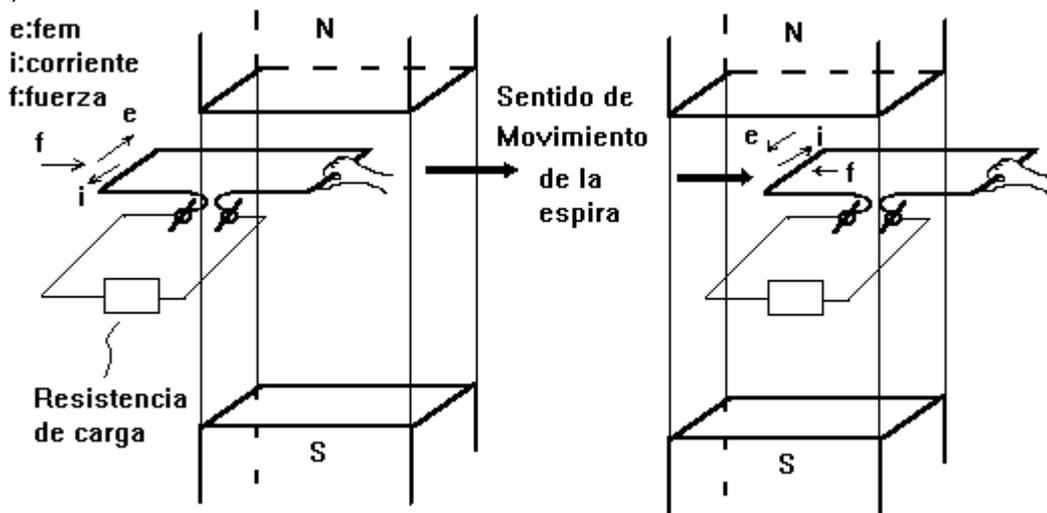
- 1) Elegiría la espira cuadrada porque su superficie es mayor y cortarían más el campo magnético.
- 2) El efecto que producirá sobre la f.e.m. será de incrementarla porque al ser mayor el nº de espiras, cortarían más el campo magnético.
- 3) Sí, en ambos casos produce f.e.m. por el movimiento de un conductor bajo el efecto de un campo magnético. Produce más yendo de arriba hacia abajo porque el flujo magnético es máximo.
- 4) El sentido de f.e.m. es contrario al de la corriente y la fuerza, de sentido opuesto al de la mano.
- 5) Aumenta la f.e.m. porque corta más rápido el campo magnético.
- 6) Se haría aún mayor la f.e.m. que con la resistencia del aire porque el campo sería mayor.
- 7) Es alterna porque variamos el sentido al moverla de un lado hacia el otro.

#### Nº3-Martinon:

- 1) Cualquiera de las dos es lo mismo al ser igual la variación de superficie de ambas.
- 2) Como la f.e.m. es proporcional al nº de espiras, mayor cantidad de nº de espiras mayor f.e.m..
- 3) Al mover una espira, varia su campo magnético originando la f.e.m., por lo tanto en ambos casos se producirá, pero será mayor en la que la espira se desplaza

horizontalmente sobre el plano porque dentro del flujo magnético habrá mayor variación de superficie.

4)



5) Si aumenta la velocidad de desplazamiento, aumentará la f.e.m. ya que es proporcional a esta

6) Al introducir un material más permeable, dejará pasar más cantidad y con mayor facilidad el flujo magnético lo cual incrementará la f.e.m..

7) La f.e.m. obtenida será alterna porque la onda descrita por la espira tendrá una parte positiva y otra negativa sucesivamente.

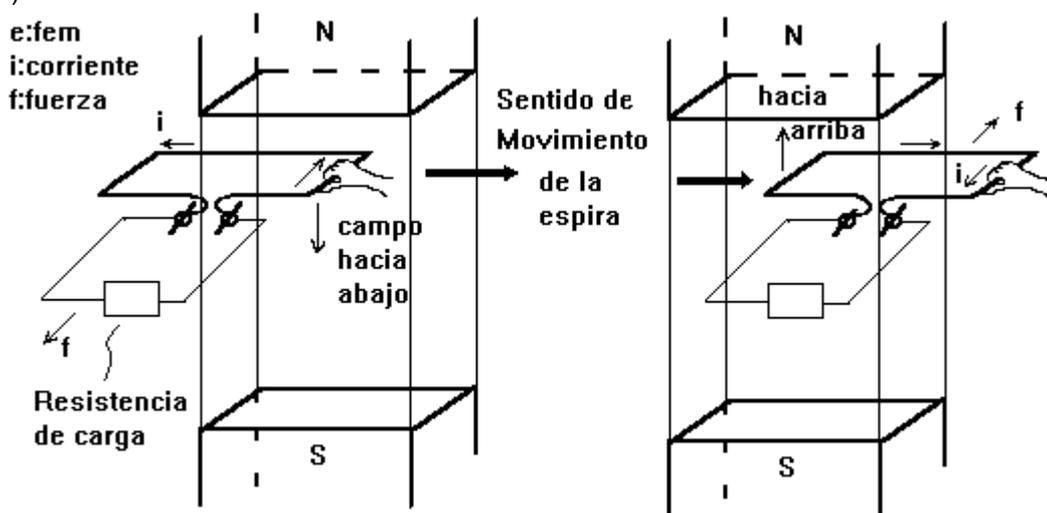
Nº8-Miño:

1) Elegiría la bobina circular para producir máxima f.e.m. porque habrá corriente y producirá mayor velocidad y fuerza al ser circular y no rectangular que toma otras curvas.

2) Para incrementar el número de espiras produciría un campo magnético para la bobina.

3) Se produce más f.e.m. en el espacio interpolar hacia arriba y abajo, porque en este caso hay un flujo máximo de la espira.

4)



5) La f.e.m. es nula porque no habrá un flujo magnético.

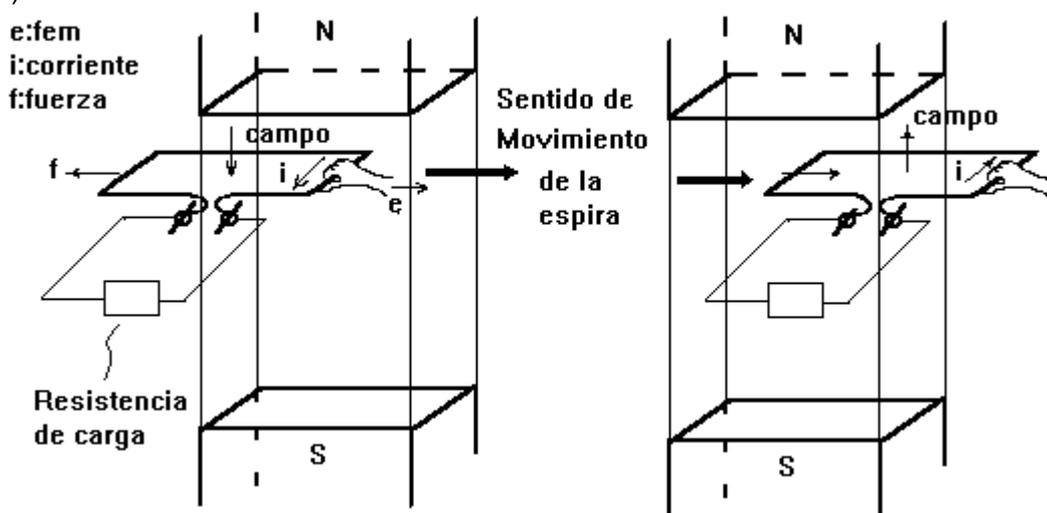
- 6) Produce una disminución de la f.e.m. porque la línea de flujo del hierro es más y mucha más que el aire.
- 7) Es pulsante la f.e.m. obtenida porque va a tener ciertos picos de flujo.

Nº9-Aguirre:

- 1) Elegiría la redonda porque produce mejor (f.e.m.).
- 2) El efecto que produciría sobre la (f.e.m.) será de disminuir el trabajo de la (f.e.m.).
- 3) En ambos casos se produce f.e.m.. En el que va hacia arriba produce más, porque se acerca a la atmósfera.
- 4) NO SÉ.
- 5) NO SÉ
- 6) La (f.e.m.) varía porque cambia el conductor.
- 7) La (f.e.m.) es alterna por el movimiento hacia arriba.

Nº10-Chapesoni:

- 1) Par mí es lo mismo porque no importa la forma si son iguales de grande.
- 2) No produciría ningún cambio.
- 3) Estando en un lado o en el otro se va a producir la misma f.e.m.
- 4)



- 5) La f.e.m. sigue igual.
- 6) La f.e.m. es menor porque hay más líneas de flujo.
- 7) Es continua porque es igual cuando está en un lado o en el otro.

ESC. INDUSTRIAL SUPERIOR

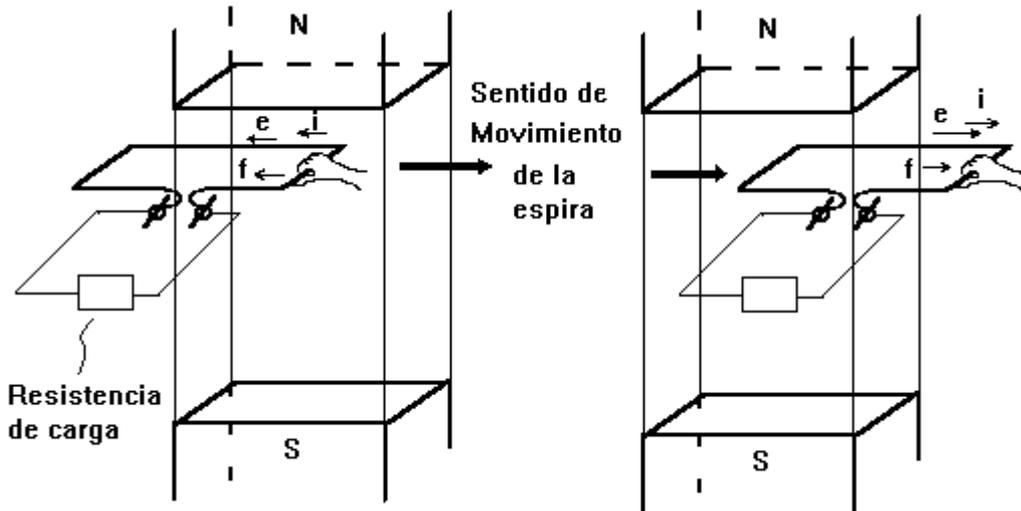
Curso : 6ºMa

A-Acosta:

- 1) La bobina que utilizaría es la cuadrada, porque posee una mayor sección donde inciden las líneas de campo.
- 2) Aumentaría porque la f.e.m. es proporcional al nº de espiras.
- 3) Sí, en ambos casos. En el movimiento lateral porque se hace variar el flujo magnético

$$e \propto d\Phi/dt$$

4)



5) Aumenta la f.e.m. porque una mayor velocidad de variación del flujo debido al aumento del desplazamiento.

6) La f.e.m. aumenta porque este material permite la concentración del campo magnético.

7) La f.e.m. que se obtiene es alterna porque inicialmente la f.e.m. posee una dirección (espira entrante) y al salir invierte el sentido.

### B-Fun:

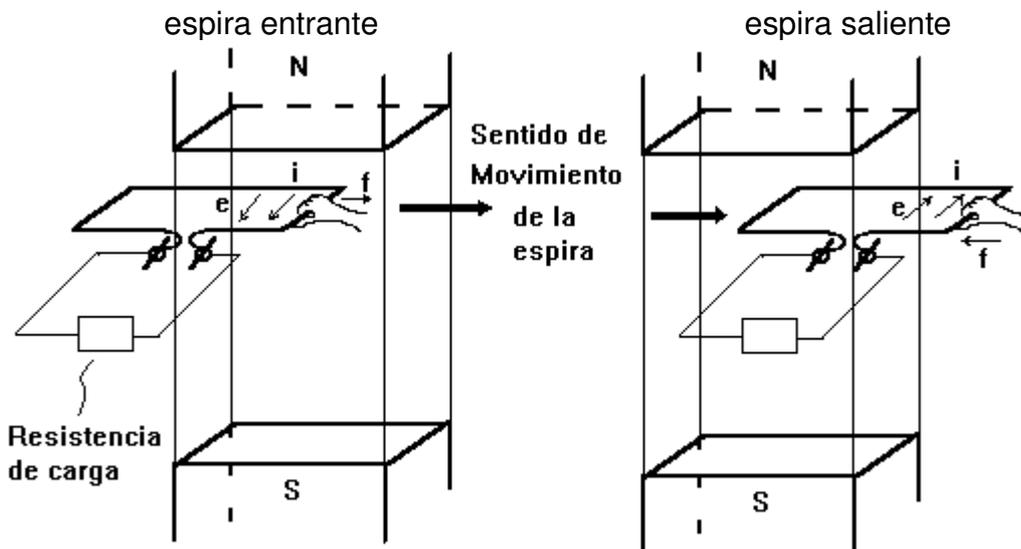
1) La bobina que utilizaría sería la cuadrada porque esta corta más líneas de campo y tiene más sección.

2) Si aumentamos el nº de espiras por bobina, la f.e.m. sería mayor.

3) Sí, en los dos casos.

Será mayor cuando se mueva de arriba a abajo; al moverla de esta forma la espira producirá más f.e.m. por la variación del campo ( la f.e.m. se genera por la variación del campo).

4)

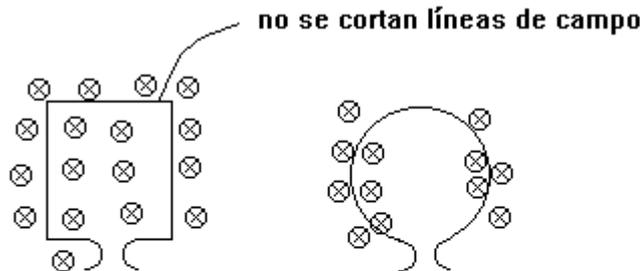


5) Si se aumenta la velocidad, la f.e.m. aumenta porque corta más rápido las líneas del campo y el flujo de este.

- 6) La f.e.m. aumenta porque este material permite una mayor concentración en la espira.  
 7) La f.e.m. obtenida es continua pulsante.

**C-Knuttzen:**

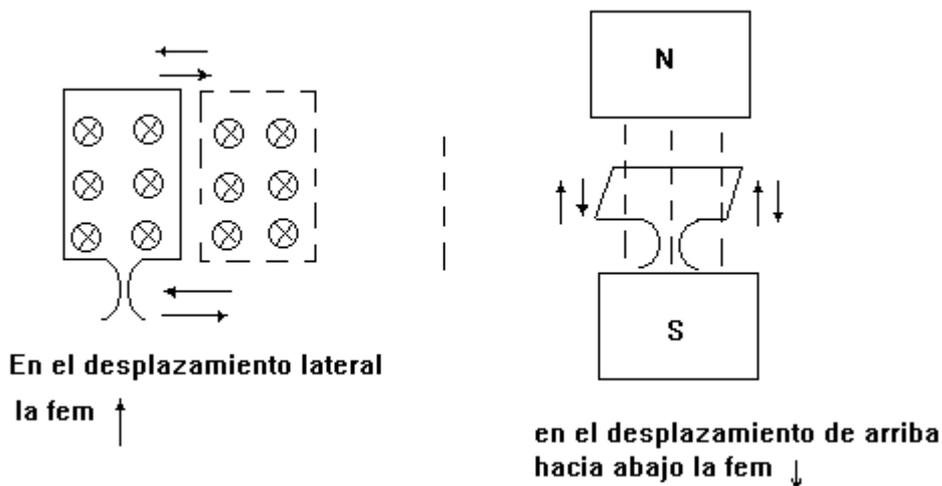
1) Elegiría la bobina redonda de una sola espira porque tiende a cortar más líneas de campo. Porque la bobina cuadrada en los lados opuestos a la entrada del conductor no corta ninguna línea.



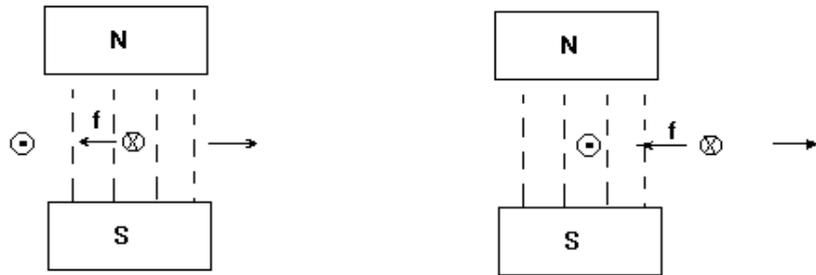
2) Al aumentar el número de espiras, aumenta la corriente porque son proporcionales  $N_1/N_2 = I_1/I_2$

Por lo tanto producirá un aumento de la f.e.m., además esta aumenta porque se cortan más líneas de fuerza.

3) En ambos casos se producirá f.e.m.. En el segundo caso la f.e.m. será máxima porque la sección de la espira cortará más líneas de campo que en el 1º caso.



4)



La f.e.m. y la corriente van en el mismo sentido en un generador la fuerza es contraria al movimiento de la mano.

5) El aumento de la variación de campo, aumenta la producción de f.e.m..

6) Si aumentamos la permeabilidad introduciendo otro material como el hierro, la f.e.m. aumentará.

Porque el campo magnético se mueve con más facilidad en el hierro (mayor permeabilidad) que en el aire.

7) La f.e.m. que se origina, es continua y va de un mínimo a un máximo y vuelve a ser cero.

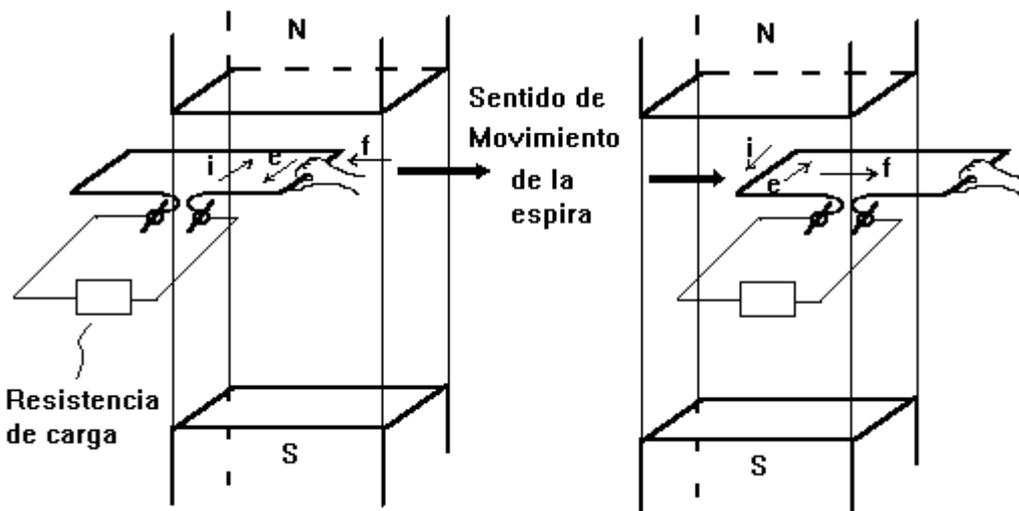
#### D-Persello:

1) Para obtener la máxima f.e.m. elegiría la bobina cuadrada, porque al ser más grande tiene mayor longitud por la cual transporta corriente, y esta corriente hace que sea mayor la f.e.m.. Al tener mayor recorrido, la f.e.m. que contiene la espira es más grande que la circular, que solo actúa en la mitad de la espira.

2) Si aumentamos el nº de espiras por bobina, aumenta la f.e.m. porque aumenta la cantidad de espiras, entonces aumenta la cantidad de corriente en la bobina y el motor tiene más fuerza.

3) Verticalmente no varía la f.e.m., pero se produce mayor f.e.m. en el movimiento lateral porque desviamos el flujo electromagnético, disminuyendo a medida que nos alejamos del centro, por lo cual es mayor la producción de f.e.m..

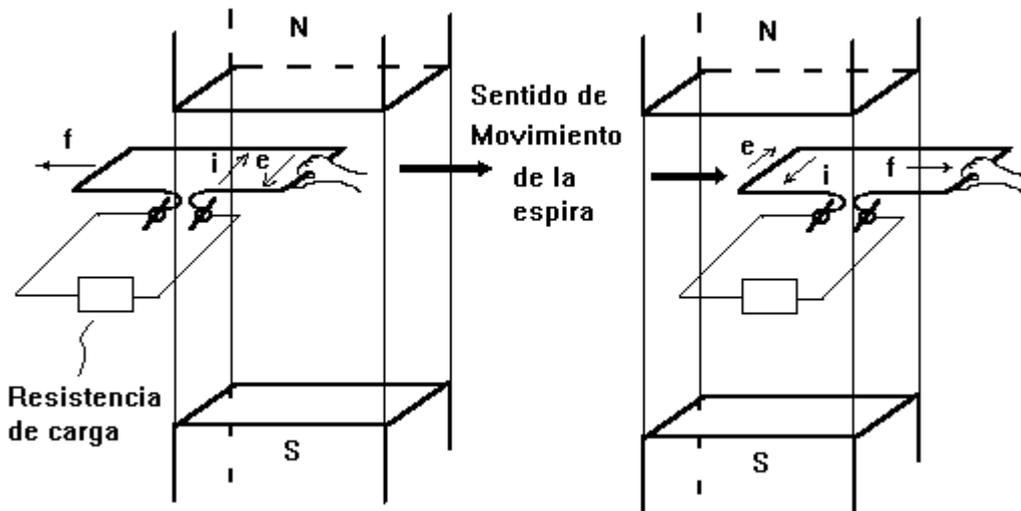
4)



- 5) Si aumenta la velocidad de desplazamiento, la f.e.m. varía muy rápidamente el sentido tendiendo a ser cero teniendo cambios bruscos de corriente y no producir campo para controlar el flujo magnético.
- 6) Si introducimos un material más permeable, se saturaría, y trataría de imantarse, por lo cual se anularía la f.e.m. y la corriente sería muy elevada, produciendo la rotura del mismo.
- 7) La f.e.m. obtenida es alterna, y de una frecuencia muy elevada, ya que los cambios son muy rápidos y muy bruscos, y tiene cambio de sentido de la corriente.

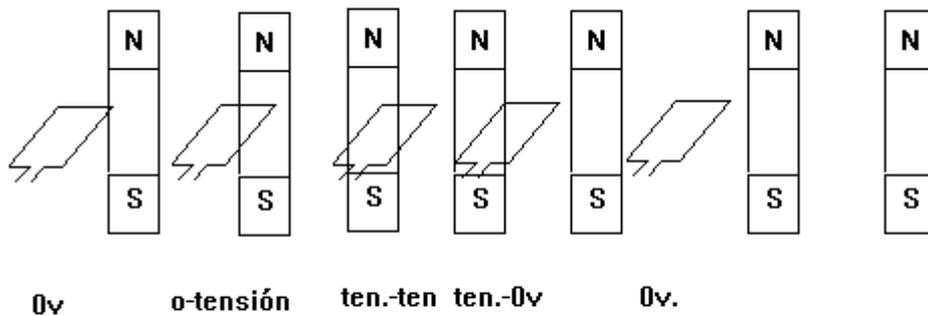
E-Verá:

- 1) La espira circular. La máxima f.e.m. se produce cuando está a 90° (si se toma el dibujo como 0°) entonces la espira al ser circular corta más líneas de fuerza que la sección cuadrada.
- 2) Si incrementamos el nº de espiras, incrementamos el valor de la f.e.m..
- 3) Arriba hacia abajo no, porque va paralelo a las líneas de fuerza, y lateralmente es la mayor porque ahí sí corta las líneas de fuerza y esta produciría más.
- 4)



- 5) Aumenta la f.e.m. porque corta más líneas de fuerza en menos tiempo.
- 6) Aumenta la f.e.m. porque hay más densidad de campo. El campo tiene menos resistencia.
- 7)

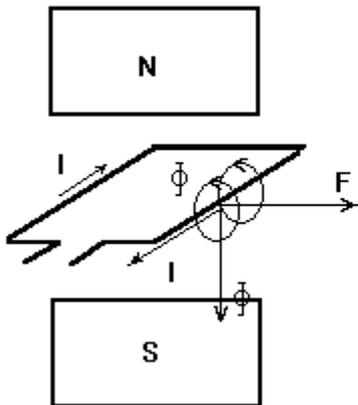
**ALTERNA**



## Curso: 6Mc

### A-EQUIAZU:

- 1) Elegiría la bobina cuadrada para producir mayor f.e.m. ya que tiene mayor superficie para cortar el campo magnético N-S y producir mayor flujo magnético.
- 2) Al incrementar el nº de espiras en la bobina incrementa la f.e.m., ya que aumenta la cantidad de superficie que corta el campo N-S y produce más f.e.m..
- 3) Si la superficie se moviera hacia arriba y hacia abajo, produciría f.e.m. al igual que si la moviera lateralmente. Si la movemos de arriba hacia abajo se produce más f.e.m. porque corta más superficie y produce más flujo magnético.
- 4)



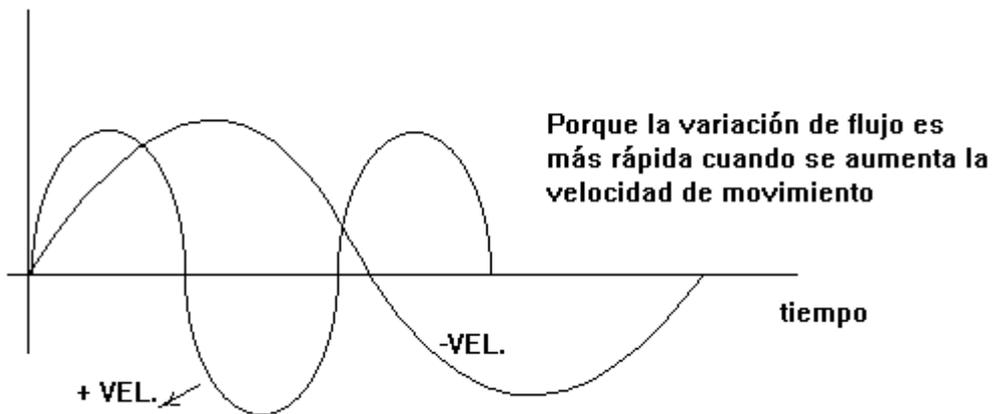
- 5) Si aumentamos la velocidad de la espira corta más superficie en menos tiempo lo que produciría una f.e.m. mayor.
- 6) Si colocamos un material más permeable, la espira produciría mucho más f.e.m. porque el hierro hace que el campo magnético se concentre y pase por dentro de la espira.
- 7) Creo que es continua.

### B-Arber:

- 1) Elegiría la bobina cuadrada de una sola espira para producir máxima f.e.m. porque tiene mayor superficie.
- 2) El efecto que se produciría sobre la f.e.m. sería que aumentaría.
- 3) No. Se produciría más f.e.m. en el caso de moverla lateralmente.
- 4) No sé.
- 5) No sé.
- 6) La f.e.m. obtenida es continua pulsante.

### C-Malisani:

- 1) Elegiría la cuadrada, porque...
- 2) Haría que la f.e.m. se incremente.
- 3) Sí, en el caso que se mueve de arriba hacia abajo se producirá mayor f.e.m.. Porque se producirá mayor variación de flujo.
- 4) No sé.
- 5) Ocurrirá que...



Porque la variación de flujo es más rápida cuando se aumenta la velocidad de movimiento.

6) La f.e.m. aumenta porque el material opone menos resistencia.

7) Es continua pulsante porque la f.e.m. pasa de un máximo + a cero, vuelve a pasar a un máximo +.

#### D-Pereyra:

1) La f.e.m. máxima se produciría en la bobina cuadrada porque al tener mayor superficie la f.e.m. que se produce es mayor.

2) Si una bobina tiene mayor nº de espiras la f.e.m. producida será mayor.

3) Sí, pero en el que se mueve lateralmente se produce mayor f.e.m. que la otra.

4) No sé.

5) No sé tampoco

6) No sé.

7) La f.e.m. obtenida es continua, pero no sé si es pulsante o alterna.

#### E-Tur:

1) La f.e.m. se produce según la velocidad de variación del flujo. El flujo es proporcional a la sección de la espira, por lo tanto la variación de flujo será mayor en la espira cuadrada porque tiene mayor sección que la espira redonda.

2) Si una bobina tiene mayor nº de espiras experimenta mayor flujo por lo que se vería aumentada la f.e.m..

3) Si no varía la sección de la espira no se produce variación de flujo por lo tanto no se produce f.e.m..

4) No sé. No se produce para mí f.e.m..

5) No sé.

6) Un material permeable trabajaría mejor que si hubiese aire por lo tanto pasaría o absorbería mayor líneas de fuerza del campo generado por los imanes. En cuanto al movimiento del mismo no tengo idea qué provoca en la f.e.m..

7) Si se produce f.e.m., es alterna, porque cuando ingreso la espira y corto las líneas de campo se produce una f.e.m. (+) y cuando sale el imán se produce una f.e.m. (-).

### RESULTADO DE LAS ENTREVISTAS

En las páginas siguientes se vuelca el resultado de ambas entrevistas ordenadas, primero por alumno, y luego por variable a identificar, donde a cada pregunta le corresponde como primer dígito el número de la entrevista (primera o segunda) y separado por un guión, el número de pregunta del cuestionario que correlativamente a esta se intenta indagar.

#### 2ºE-AVE:

##### Nº1- Coria:

##### Variable A:

1-9) -P: ¿A qué se refiere cuando dice que la corriente se produce por variaciones de campo magnético?

-A: Interpreta que el campo magnético al variar también produce una corriente,, es decir que es un efecto reversible.

##### Variable B:

1-10)-P: ¿Qué quiere decir con que el flujo se propaga igual por toda la superficie?

-A: Considera que el flujo se distribuye igualmente por toda la superficie con independencia del poder del imán.

2-1) a) -P: ¿Por qué si la superficie aumenta, se cortan más líneas de campo magnético?

-A: Relaciona la f.e.m. con el perímetro de la espira, a través del corte de líneas de campo. La superficie sería una manera de evaluar la magnitud del perímetro, es decir, a mayor superficie, mayor perímetro, mayor f.e.m..

b) -P: ¿Cuál de los dos flujos será más grande, el de la cuadrada o el de la redonda?

-A- Elige el de la cuadrada pues deja pasar más líneas de campo.

2-6) a) -P: ¿Cómo relaciona incremento de f.e.m. con incremento de campo magnético?

-A: Considera que al aumentar las líneas de campo dentro de la espira, ésta corta más líneas al desplazarse.

b) -P: ¿Qué sucede con el flujo en la espira si introducimos el material más permeable que el aire?

-A: Determina que el flujo aumenta.

##### Variable C:

1-2) -P: ¿Cuál es la consecuencia de la circulación de un campo magnético en la espira?

-A: Considera que solamente se produce un campo pues la corriente se desvanece al no haber salida.

1-3): ver variable D.

1-6) -P: ¿Distingue la corriente producida por el campo magnético, de la f.e.m.? (¿La corriente producida por el campo magnético es independiente de la f.e.m. inducida?)

-A: Establece que la corriente se induce por el campo, pero no depende de la f.e.m..

Variable D:

1-3) -P: ¿ A qué se refiere cuando dice “los campos magnéticos de cada uno están inmóviles?”

-A: Al decir esto hace referencia a los dos polos del imán y no de que la espira tenga un campo.

2-4) a) -P: ¿Por qué el sentido de la f.e.m. es contrario al de la corriente?

-A: Estos sentidos lo atribuye al motor (manifiesta haberlo visto en asignaturas anteriores).

2-5) -P: ¿Hay otra manera de relacionar f.e.m. con campo magnético?

-A: Considera que no.

Variable E:

2-2) -P: ¿Por qué cortaría más el campo magnético?

-A: Establece que el efecto se multiplica pues las espiras están en serie.

Variable F:

2-4) b) -P: ¿El sentido de la fuerza obedece algún principio?

-A: Simplemente lo asocia con el motor de corriente continua que aprendió el año anterior, en otra asignatura de la especialidad.

Variable G:

2-4) a): ver variable D; 2-4) b): ver variable F.

2-7) -P: ¿Cómo determina que es alterna la f.e.m.?

-A: La situación no es nueva para el alumno pues lo analizó en otras asignaturas anteriores a esta y también en la actualidad (curso dos especialidades: electricidad y electromecánica). Considera que una espira que sale y entra en un campo magnético invierte el sentido de la f.e.m.

### Nº3- Martinon:

Variable B:

2-1) -P: ¿Cuál de las dos superficies tiene mayor flujo?

-A: Considera que el flujo de la cuadrada es mayor.

Variable C:

1-1) -P: ¿Cómo respondería la pregunta si la espira no tiene conexión eléctrica?

-A: Interpreta que no habría corriente.

1-2) -P: ¿Qué consecuencias tiene para la espira que pase dicho flujo magnético?

-A: Considera que ninguna.

1-3), 1-4) y 1-5): ver variable D.

Variable D:

1-3) -P: ¿No hay ninguna influencia del imán sobre la espira?

-A: Estipula que no.

1-4) y 1-5): -P: ¿Qué es lo que no le frece el imán al conductor?

-A: Compara al imán con una batería y determina que este no puede generar corriente como esta última.

1-12) -P: ¿Si desplaza rápidamente el conductor, el flujo no pasa por este?

-A: Considera que si el conductor pasa rápidamente por el campo, este no lo percibiría, contrariamente a lo que sucedería si pasase lentamente.

2-4) a) -P: ¿Cómo determina el sentido de la f.e.m. y la corriente, y por qué son opuestos?

-A: Supone arbitrariamente un sentido de la corriente y considera que el sentido de la f.e.m. es opuesto por asociación al motor de corriente continua visto en el curso de esta asignatura.

Variable F:

2-4) b) -P: ¿Cómo determina el sentido de la fuerza?

-A: Lo determina con la regla de la mano derecha.

c) -P: ¿Está afectado por un campo el conductor externo de la espira entrante?

-A: Considera que sí.

Variable G:

2-4) a): ver variable D, 2-4) b): ver variable F.

2-7) -P: ¿Cómo deduce la alternancia de la f.e.m.?

-A: La deduce del esquema de la respuesta 2-4.

Nº8-Miño:

Variable A:

1-8) -P: ¿Qué quiere decir “pasar corriente por un conductor al imán?”

-A: Considera al conductor como un imán. El imán para él no tiene campo magnético.

Variable B:

1-10) -P: ¿Por qué considera que la espira menor concentra al campo?

-A: Interpreta al flujo como un conjunto de líneas de campo que son obligadas a entrar apretadamente en la espira menor.

1-11) -P: ¿Por qué dice que ambas corrientes son iguales?

-A: Al establecer que los flujos son iguales, le atribuye a ambas espiras la misma corriente generada.

2-1) a) -P: Explique la respuesta.

-A: Considera que el flujo (además de pasar por la espira) se introduce en el conductor, entonces la espira circular al no tener curvas, produce mayor corriente que la cuadrada.

b) -P: ¿Si considera el campo magnético que atraviesa transversalmente a las espiras, cuál tendrá mayor flujo?

-A: Piensa que la cuadrada por tener mayor superficie.

Variable C:

1-2) -P: ¿Existe alguna consecuencia para la espira, el hecho de la existencia de un flujo?

-A: Considera que no.

1-4) y 1-5): ver variable D.

1-6) -P: ¿Para que se produzca corriente en una espira, la única manera posible sería a través de un cable?

-A: Considera que sí, pues otra corriente debería impulsarla.

Variable D:

1-4) y 1-5) -P: ¿Cómo explica estas respuestas?

-A: Interpreta que el imán tiene que tocar al conductor para producir corriente.  
2-4) a) -P: ¿Cómo determina el sentido de la f.e.m. y la corriente?  
-A: Supone un sentido arbitrario para la corriente y el sentido de la f.e.m. lo iguala a ésta.  
2-5) -P: ¿Por qué dice que no habrá flujo magnético?  
-A: Considera que al pasar rápidamente la espira por el campo, este no la atraviesa.

Variable E:

2-2) -P: ¿Puede explicar la respuesta?  
-A: Considera que al incrementarse el número de espiras, aumenta el flujo por la bobina y de este modo la f.e.m. crece.

Variable F:

2-4) b) -P: ¿Cómo determina el sentido de la fuerza?  
-A: Lo hace a través de la regla de la mano derecha.

Variable G:

2-4) a): ver variable D, 2-4) b): ver variable F.  
2-7) -P: ¿Cómo deduce que la f.e.m. es pulsante? ¿A qué se refiere con los picos de flujo?  
-A: Considera que la f.e.m. variaba dentro de la misma espira, produciendo lo que él llamó "picos de flujo".

Nº9- Aguirre: En la segunda entrevista el alumno manifiesta expresamente que no tomó con la seriedad requerida el trabajo de responder los cuestionarios abordados, condición que lleva al investigador a dejar sin efecto la participación del mismo.

Nº 10: Chapesoni:

Variable A:

1-7) y 1-9) -P: ¿Por qué dice que tiene que pasar una gran corriente?  
-A: Interpreta que de ser lo contrario no existiría campo magnético.

Variable B:

1-10) -P: ¿Por qué la espira más chica tiene más flujo?  
-A: Considera que al ser más chica la espira, ésta concentra más líneas de fuerza.  
1-11) -P: ¿En cuál de ellas habrá mayor flujo?  
-A: Establece que el flujo será más grande en la espira cuyo imán tenga mayor poder de imantación.  
2-1) a) -P: ¿Son iguales de grandes ambas espiras?  
-A: Explica que se había confundido, que la cuadrada era más grande, por ende supone que la f.e.m. será mayor en esta.  
2-1) b) -P: ¿Cuál de las dos espiras tendrá mayor flujo?  
-A: Elige la cuadrada porque tiene mayor superficie.  
2-6) -P: ¿Por qué considera que la f.e.m. es menor?  
-A: Arriesga una respuesta para el cuestionario. Expresa que tenía idea de la existencia de una relación, pero no sabía qué poner.

Variable C:

1-1) y 1-2) -P: ¿Cómo relaciona estas dos respuestas?

-A: Advierte una contradicción para la cual no tiene respuesta.  
1-4) y 1-5): ver variable D.

Variable D:

1-4) y 1-5) -P: ¿Por qué se mueven las cargas? ¿Se basa en algún principio?

-A: Simplemente sabe que se mueven pero no puede fundamentarlo.

2-3) -P: ¿Por qué es lo mismo?

-A: No sabe por qué.

2-4) a) -P: ¿Cómo deduce el sentido de la corriente?

-A: Supone un sentido arbitrario.

b) -P: ¿Cómo determina el sentido de la f.e.m.?

A-: No sabe por qué lo dibujo de esa manera.

Variable F:

2-4) c) -P: ¿Cómo determinó el sentido de la fuerza?

A-: Por aplicación de la regla de la mano derecha.

d) -P: ¿El conductor de afuera de la espira entrante está influenciado por el campo?

-A: Advierte que no.

Variable G:

2-4) a) y b): ver variable D, 2-4) c) y d): ver variable F.

2-7) a) -P: ¿Cómo deduce que la f.e.m. es continua?

-A: Considera que tiene el mismo valor a través del tiempo.

## 6ºMa-EIS:

A-Acosta:

Variable B:

1-11) -P: ¿A qué se refiere cuando dice que “*el flujo del imán es variable?*”

-A: Se refiere a que el flujo de ambas es diferente y será mayor para aquella cuyo imán tenga mayor poder de imantación.

2-1) -P: ¿Qué relación establece entre f.e.m. y sección de la espira?

-A: La f.e.m. depende de la velocidad de variación de flujo la que a su vez depende del tamaño de la superficie.

2-6) -P: ¿Qué relación establece entre la f.e.m. y la concentración del campo magnético?

-A: Considera que la f.e.m. depende de la velocidad de variación del flujo, y que el flujo de la intensidad del campo, entonces la f.e.m. depende de la intensidad.

Variable D:

2-3) -P: ¿Ud. quiere decir que la f.e.m. es mayor en el movimiento lateral?

-A: Responde afirmativamente.

Variable F:

2-4) a) -P: ¿Cómo determina la fuerza?

-A: En la determinación de la fuerza aplica la regla de la mano derecha. Previamente establece la corriente como aquella que se debía a la oposición al cambio del flujo utilizando la regla del tirabuzón. Sabía que la f.e.m. generada impulsaba a la corriente, por lo tanto sería del mismo sentido que esta.

b) -P: ¿Por qué cambia el sentido de la fuerza entre la espira cuando entra y cuando sale?

-A: Advierte en el momento este error (que devino de aplicar la regla de la mano derecha al conductor externo de la espira saliente que no estaba sometido al campo), pues sabe que la fuerza debe oponerse al movimiento de la espira en las dos situaciones (entrada y salida).

Variable G:

2-4) a) y b): ver variable F.

B-Fun:

Variable A:

1-8) -P: ¿A qué se refiere cuando dice “hacer circular corriente por este?”.

-A: Quiso decir que al hacer circular una corriente por una espira se produce un campo en el imán.

1-9) -P: ¿Qué quiso decir con “*si circula por el imán?*”.

-A: Se refiere a la corriente que circula en la espira alrededor del imán.

Variable B:

2-1) a) -P: ¿Se puede vincular la f.e.m. con la sección de la espira sin tener en cuenta el corte de líneas de fuerza?

-A: No puede establecer otra relación.

b) -P: ¿Cuál de las dos espiras tiene mayor flujo?

-A: Elige la cuadrada por tener mayor superficie.

2-6) a) -P: ¿Cómo relaciona la f.e.m. con la concentración de líneas de campo?

-A: Sabe que la f.e.m. aumenta debido al incremento del corte de líneas de fuerza.

b): -P: ¿La espira tendrá mayor flujo, con hierro o sin él?.

-A: ¿Considera un mayor flujo con hierro?

Variable C:

1-1) -P: ¿Porqué debe existir una resistencia en el circuito?

-A: Necesita de la existencia de una resistencia para justificar la presencia de una f.e.m. debido a que esta produce una caída de potencial.

Variable D:

2-3) -P: ¿Por qué considera que la variación de campo será mayor cuando la espira se mueve de arriba a abajo?.

-A: En este caso imagina un campo horizontal producido por dos polos horizontales, y la espira moviéndose transversalmente en un plano vertical.

2-4) a) -P: ¿Cómo determinó el sentido de la f.e.m. y la corriente en el circuito?

-A: Aplica la regla del tirabuzón para determinar el sentido de la corriente. Sabe que el sentido de la f.e.m. coincide con el de la corriente pues sabe que la produce.

2-5) -P: ¿Por qué habla de flujo?

-A: Considera que al aumentar la velocidad de la espira, se incrementa la velocidad de variación del flujo aumentando la f.e.m..

Variable F:

2-4) b) -P: ¿Cómo determina la fuerza?

-A: Aplica la regla de la mano derecha.

c) -P: ¿Por qué cambia el sentido de la fuerza?

-A: Advierte por sí mismo que no debería invertirse, que debería oponerse de acuerdo a la Ley de Lenz.

Variable G:

2-4) a): ver variable D, 2-4) b) c): ver variable F.

2-7) -P: ¿Por qué la f.e.m. es continua pulsante?

-A: Supone que el sentido de la f.e.m. de la espira se invierte, pero no tenía claro la diferencia entre alterna y continua pulsante.

C-Knuttzen:

Variable B:

2-1) a) -P: ¿Se puede interpretar la producción de f.e.m. de otra manera que no sea a través del corte de líneas de fuerza?.

-A: Considera que no.

b) -P: ¿Cuál de las dos espiras tendrá mayor flujo?

-A: Establece que la cuadrada pues tiene mayor superficie.

2-6) -P: ¿La espira tendrá mayor flujo con hierro o sin él?

-A: Considera que será mayor cuando tenga hierro, pues las líneas de campo se concentran.

Variable C:

1-1) -P: ¿El voltímetro marcará una tensión?

-A: Reflexiona que no. Colocaría un galvanómetro intercalado en la espira.

1-2) -P: ¿Por qué cree que la corriente circulará de esa manera?.

A-: Considera que al girar el imán, la espira cortará las líneas de campo y se producirá corriente, pero sacaría el voltímetro y pondría un galvanómetro intercalado en la espira.

Variable D:

2-4) a) -P: ¿Lo que se ve en el gráfico es f.e.m., corriente o ambas?.

-A: Dibuja el sentido de la f.e.m..

b) -P ¿Cómo determinó la f.e.m., la corriente y la fuerza?.

-A: La fuerza la supone contraria al sentido del movimiento de la espira por principio de conservación de la energía, y conociendo el sentido del campo, a través de la mano derecha determinó la corriente. La f.e.m. la supone de igual sentido que la corriente.

2-5) -P: ¿Con qué variación de campo relaciona a la f.e.m.?

-A: Al hablar de variación de campo, se refiere al corte de líneas de fuerza.

Variable F:

2-4) b): ver variable D.

Variable G:

2-4) a) y b): ver variable D.

2-7) -P: ¿Por qué dice que la f.e.m. es continua y que va de una mínima a un máximo?

-A: Asocia el sentido de la corriente con el sentido del movimiento: es continua si la espira pasa continuamente bajo los polos girando en el mismo sentido en torno a un eje vertical imaginario separado del espacio interpolar, y es alterna si pasa de ida y vuelta alternativamente.

D-Persello:

Variable B:

1-10) -P: ¿Puede explicar la respuesta?

-A: Imagina dos espiras de distinta superficie. Supone que al acercar un imán a ambas, se produciría mayor repulsión en la mayor de ellas, hecho que asoció a un mayor flujo magnético.

1-11) -P: ¿A qué se refiere con campo magnético?

-A: Hace referencia al poder de imantación.

2-1) a) -P: ¿Por qué piensa que un aumento de longitud de espira produce mayor f.e.m.?

-A: Relaciona f.e.m. con perímetro basándose en el corte de líneas de campo. Al decir que la redonda actúa en la mitad de la espira, se refiere a que está contenida dentro de la cuadrada.

b) -P: ¿Cuál de las dos espiras tendrá mayor flujo?

-A: Elige la cuadrada porque tiene mayor superficie.

2-6) a) -P: ¿Puede explicar la respuesta?

-A: Arriesga una respuesta. No sabe por qué responde de esa manera.

b) -P: ¿La espira tendrá mayor flujo con hierro o sin él?

-A: Considera que será mayor con hierro, pues aumenta la intensidad de campo magnético.

Variable C:

1-2) -P: ¿Por qué considera que la espira produce giros alrededor del imán?

-A: Piensa que el flujo magnético produce una fuerza que la hace girar.

1-3): ver variable D.

Variable D:

1-3) -P: ¿A qué se refiere con una pequeña carga?

-A: Se refiere a que el campo produce corriente en la espira.

1-12) -P: ¿Puede explicar la respuesta?

-A: Cuando habla de campo electromagnético se refiere al campo magnético que imagina como portador de electrones y por eso expresa: "la corriente depende de la velocidad con que circula en el campo electromagnético". La diferencia de la corriente en el conductor cuya velocidad es constante.

2-3) -P: ¿A qué se refiere con la expresión "desviamos el flujo electromagnético"?

-A: Se refiere a que la f.e.m. aumenta con la velocidad de variación del flujo.

2-4) a) -P: ¿Cómo determinó el sentido de la f.e.m. y la corriente? ¿Por qué la f.e.m. tiene sentido opuesto a la corriente?

-A: Sabe que la f.e.m. debe oponerse a la velocidad de variación del flujo. Aplica este concepto pero se equivoca en la espira saliente. Supone que el sentido de la f.e.m. se opone al de la corriente por asociación con el motor de corriente continua que se vio en la asignatura unos días antes.

2-5) -P: ¿Puede explicar la respuesta?

-A: Considera que al pasar rápidamente la espira bajo el campo se produce una variación brusca de la f.e.m. que se achica mientras se aleja, y esto no permite que el campo de la espira interactúe con la del imán.

Variable F:

2-4) b) -P: ¿Cómo determinó el sentido de la fuerza?

-A: Aplica la regla de la mano derecha.

Variable G:

2-4) a): ver variable D, 2-4) b): ver variable F.

2-7) a) -P: ¿Por qué dice que los cambios son muy bruscos?

-A: Imagina que la espira pasa velozmente por el campo.

b) -P: ¿Por qué dice que es alterna si dibuja la f.e.m. en el gráfico de la figura 4 como continua?

-A: Tomó como referencia el dibujo creyendo que cambiaba de sentido, pero advierte que la dibujó como continua.

#### E-Vera:

Variable B:

2-1) a) -P: ¿Por qué considera que la espira circular produce más f.e.m.?

-A: Elige la redonda porque corta más líneas de flujo.

b) -P: ¿Cuál de las dos espiras tiene mayor flujo?

-A: Considera la cuadrada por tener mayor sección.

2-6) a) -P: ¿Cómo puede explicar el incremento de f.e.m. por el aumento de densidad de campo?

-A: Piensa que al aumentar las líneas de campo la espira va a cortar más de ellas en menor tiempo, por lo tanto la f.e.m. aumenta.

b) -P: ¿La espira tendrá mayor flujo con hierro o sin él?

-A: Establece que el flujo aumenta con el hierro.

Variable C:

1-2) -P: ¿Se induce f.e.m. en la espira?

-A: Considera que no.

Variable D:

2-4) a) -P: ¿Cómo determina el sentido de la f.e.m. y la corriente? ¿Por qué son de sentido distinto?

-A: El sentido de la corriente se deriva de aplicar la regla de la mano derecha, conociendo el sentido del campo y el de la fuerza. Establece que el sentido de la f.e.m. se opone al de la corriente por asociación con el motor de corriente continua que se vio en la asignatura uno días antes.

Variable F:

2-4) b) -P: ¿Cómo determina el sentido de la fuerza?

-A: Establece un sentido de oposición de la fuerza al movimiento de la espira entrante. De esta manera identifica el sentido de la corriente en esta posición por aplicación de la regla de la mano derecha, y lo traslada al de la espira saliente, donde al aplicar nuevamente la regla, resulta una fuerza que está a favor del sentido del movimiento.

Variable G:

2-4) a): ver variable D, 2-4) b): ver variable F.

2-7) -P: ¿Por qué dice que es alterna si en el gráfico de la respuesta 4 la dibuja como continua?

-A: Quiso decir que la f.e.m. era continua pulsante pero confunde el término.

#### 6ºMc-EIS:

A-EQUIAZU:

Variable A:

1-7) -P: ¿Qué quiere decir con: “se imanta el conductor?”

-A: Hace referencia a que el conductor tiene corriente y el campo se produce alrededor.

Variable B:

2-1) a) -P: ¿Se puede relacionar la f.e.m. con la superficie de la espira sin tener en cuenta el corte de líneas de fuerza?

-A: Considera que no.

b) -P: ¿Considera que la producción de flujo es causa o consecuencia de la generación de f.e.m.?

-A: responde que en el cuestionario había considerado al flujo como una consecuencia.

c) -P: ¿Cuál de las dos espiras tendrá mayor flujo?

-A: Estima que el flujo aumenta con la superficie de la espira, por lo tanto elige la cuadrada.

2-6) a) -P: ¿Cómo explica el aumento de f.e.m. por una mayor concentración de líneas de campo?

-A: Establece un aumento de f.e.m. por incremento de corte de líneas de campo.

b) -P: ¿La espira tendrá mayor flujo con hierro o sin él?

-A: Estipula que el flujo aumenta con el hierro.

Variable C:

1-1) -P: ¿Por qué dice “en conjunto?”

-A: Interpreta que la espira tiene también un campo magnético.

1-3), 1-4) y 1-5): ver variable D.

Variable D:

1-3) -P: ¿De qué tipo es la atracción o repulsión?

-A: Lo interpreta como una interacción entre dos imanes. Expresa que hubo una experiencia pasada que él recuerda con dificultad y que hizo que pensara de esa manera.

1-4) y 1-5) -P: ¿Puede explicar la respuesta?

-A: Considera que si hay atracción entre conductor e imán hay corriente.

2-4) a) -P: ¿Cómo determina la corriente en la figura?

-A: Supone un sentido arbitrario de la corriente.

2-5) -P: ¿Se puede relacionar la f.e.m. con la superficie de la espira sin tener en cuenta el corte de líneas de flujo?

-A: Considera que no.

Variable E:

2-2) -P: ¿Puede aclarar cómo interpreta el aumento de f.e.m.?

-A: Responde que al aumentar el número de espiras, más líneas de campo serán cortadas.

Variable F:

2-4) b) -P: ¿Cómo determina el sentido de la fuerza?

-A: La determina por la regla de la mano derecha.

c) -P: ¿El sentido de la fuerza obedece a algún principio?

-A: Considera que no.

Variable G:

2-4) a): ver variable D, 2-4) b): ver variable F.

2-7) -P: ¿Por qué cree que es continua?

-A: Responde la pregunta sin fundamento. Arriesga una respuesta.

#### B-Arber:

Variable B:

2-1) a) -P: ¿Cómo relaciona incremento de f.e.m. con incremento de superficie?

-A: Simplemente supone esta relación.

b) -P: ¿Cuál de las dos espiras tendrá mayor flujo?

-A: Estima que la cuadrada tendrá mayor flujo porque tiene mayor superficie.

2-6) -P: ¿La espira cuadrada tendrá mayor flujo con hierro o sin él?

-A: No sabe.

Variable C:

1-3), 1-4) y 1-5): ver variable D.

Variable D:

1-3), 1-4) y 1-5) -P: ¿Por qué se movilizan los electrones?

-A: Establece la movilidad de los electrones por una interacción magnética de atracción o repulsión entre los electrones y el campo magnético.

2-3) -P: ¿Por qué?

-A: Considera que la variación de flujo es máxima cuando se desplaza la espira lateralmente.

Variable G:

2-7) -P: ¿Cómo explica que la f.e.m. es continua pulsante?

-A: Arriesga una respuesta.

#### C-Malisani:

Variable B:

1-10) -P: ¿Por qué estima que tiene el mismo flujo?

-A: El flujo depende del poder del imán.

2-1) a) -P: ¿Por qué elige la cuadrada?

-A: Considera que al haber mayor superficie, hay mayor f.e.m..

b) -P: ¿Cuál de las dos espiras tendrá mayor flujo?

-A: Supone que el flujo de la espira es mayor pues tiene mayor superficie.

2-6) a) -P: ¿Cómo relaciona el aumento de f.e.m. con la menor resistencia?

b) -P: ¿La espira tendrá mayor flujo con hierro o sin él?

-A: Estima que será mayor con hierro pues aumenta las líneas de campo en su interior.

Variable D:

2-3) -P: ¿Por qué dice que se produce mayor variación de flujo?

-A: Asocia la f.e.m. producida en la espira giratoria que era máxima bajo los polos con la espira que va hacia abajo y arriba.

2-5) -P: ¿Qué quiso expresar con la figura?

-A: Solamente hizo un bosquejo asociado al análisis de la espira giratoria. Puntualmente no está seguro qué es cada curva.

Variable G:

2-7) -P: ¿Cómo deduce que la f.e.m. es continua pulsante?

-A: Considera que al entrar la espira al campo se produce una f.e.m. máxima positiva, se hace cero bajo los polos y vuelve a ser positiva al salir. Establece una relación de sentido de la f.e.m. con la posibilidad de giro de la espira: como no gira, la f.e.m. no se invierte.

#### D-Pereyra:

Variable A:

1-7), 1-8) y 1-9) -P: ¿Por qué usa profusamente la palabra “creo?”

-A: Tiene una leve idea, pero no está seguro.

Variable B:

1-10) -P: ¿Por qué cree en la de mayor superficie?

-A: Cree que el flujo es más grande cuando la espira tiene más sección, pero no está seguro.

2-1) a) -P: ¿Cómo relaciona la f.e.m. de la espira con la superficie de la misma?.

-A: En su análisis establece una relación directa entre ambas.

b) -P: ¿Cuál de las dos espiras tendrá mayor flujo?

-A: Considera la cuadrada, porque cree que el flujo aumenta con la superficie.

2-6) -P: ¿La espira tendrá mayor flujo con hierro o sin él?

-A: Elige con hierro, pues cree que el flujo aumenta con él.

Variable C:

1-1) -P: ¿A qué se refiere cuando dice: “con una fuente de corriente?”

-A: Se refiere a que mediante de un imán puede hacer circular una corriente por una espira como si fuera una fuente que produce corriente.

Variable D:

1-12) -P: ¿Por qué no es lo mismo?.

-A: No sabe.

2-3) -P: ¿Por qué?

-A: Arriesga una respuesta.

Variable G:

2-7) -P: ¿Cómo deduce que la f.e.m. es continua?

-A: Lo supone arriesgando una respuesta, pero no sabe cómo fundamentarlo.

#### E-Tur:

Variable A:

1-9) -P: ¿Entiende la pregunta?

-A: No interpretó la pregunta en ese momento. Considera ahora, que la respuesta tenía que ver con la siete.

Variable B:

2-6) a) -P: ¿Qué quiere decir con que trabaja mejor?.

-A: Con mejor hace referencia a mayor concentración de líneas de campo.

b) -P: ¿La espira tiene mayor flujo con hierro o sin él?

-A: Establece que el flujo es mayor con hierro por el aumento de líneas de fuerza.

Variable C:

1-6) -P: ¿A qué se refiere cuando dice que existen métodos de generar corriente?.

-A: Se refiere a que existen modos de generar corriente. Entiende que la f.e.m. impulsa a la corriente.

Variable D:

2-4) -P: ¿Por qué?

-A: Considera que no existe f.e.m. porque no varía la sección expuesta al campo.

Variable E:

2-2) a) -P: ¿Por qué dice que el flujo aumenta?.

-A: Toma la bobina con espiras de sección creciente, por ello el mayor flujo a que hace referencia.

b) ¿Y si las espiras son de igual sección, qué sucede con la f.e.m.?

-A: Identifica que la f.e.m. es proporcional al número de espira.

## ANEXO D

Sánchez, D. y Concari, S. (1999). La ley de la inducción de Faraday. Una propuesta para la enseñanza media técnica. *Memorias XI Reunión Nacional de Educación en Física*. Mendoza, 20 al 24 de Setiembre de APFA, pp. 94-100.

# Memorias

**RFP XI**

**20 al 24 de Setiembre de 1999**



Asociación de  
Profesores de  
Física de la  
Argentina

**www.apfa.org.ar**

*1- Propuestas didácticas y estrategias de transferencia de contenidos al aula.*

## LA LEY DE INDUCCIÓN DE FARADAY. UNA PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA MEDIA TÉCNICA

Daniel Sánchez<sup>1</sup> y Sonia B. Concari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Industrial Superior Anexa a la Facultad de Ingeniería Química -  
Universidad Nacional del Litoral - Junin 2850

<sup>1</sup>EET Nro. 478 Dr. Nicolás Avellaneda - Calceña 955 - (3000) Santa Fe - Argentina  
Fax: 342 4571162 E-mail: dsanchez@fiqus.unl.edu.ar

<sup>2</sup>GIDEAF - Departamento de Física - Facultad de Ingeniería Química -  
Universidad Nacional del Litoral - Stgo. del Estero 2829 (3000) Santa Fe - Argentina  
E-mail: sconcari@fiqus.unl.edu.ar

### RESUMEN

Se presenta una propuesta para la enseñanza de la ley de Faraday centrada en la experimentación que permite a los estudiantes manejar las múltiples variables que condicionan y determinan el fenómeno de inducción: campo magnético, área circunscripta a la espira conductora, y orientación relativa entre ambos, a través de la variación temporal del flujo magnético.

La estrategia de enseñanza está organizada en secuencias de actividades que los estudiantes deben realizar y a partir de la reflexión sobre los resultados obtenidos mediante un análisis cualitativo, pueden progresivamente construir significados del fenómeno de inducción, que se sintetiza en la ley de Faraday.

### INTRODUCCIÓN

Las máquinas eléctricas poseen espiras conductoras que al ser sometidas a la acción de campos magnéticos de intensidad variable en el tiempo, generan una fuerza electromotriz (fem) que a su vez da origen a una corriente eléctrica que circula por el circuito de un generador y por el circuito secundario de un transformador, o una fuerza contraelectromotriz (feem) que se opone a la circulación de corriente, como en los motores y en el circuito primario de un transformador. La explicación de esta fem o feem se fundamenta en la ley de la inducción de Faraday. De aquí la importancia de esta ley en la enseñanza media técnica, sobre todo en las terminalidades con orientación en electricidad.

En la enseñanza tradicional generalmente se presenta la ley de Faraday expresada en forma matemática, y limitada al caso particular de  $N$  espiras iguales sometidas a un campo de inducción uniforme.

La comprensión del fenómeno de inducción que explica la ley de Faraday requiere entender la relación entre la fem inducida y la velocidad de variación del flujo magnético, que involucre a su vez los conceptos de campo magnético, sección del conductor, y orientación relativa entre ambos y, en un grado de complejidad aún mayor, de la variación temporal de cualquiera de esas tres.

Se presenta una propuesta para la enseñanza de la ley de Faraday basada en la experimentación que posibilite a los estudiantes manejar estas variables de manera progresiva, en orden creciente de complejidad. La misma está dirigida a docentes de áreas de física aplicada tales como las asignaturas Electrotecnia y Máquinas Eléctricas, generalmente dictadas en escuelas de enseñanza técnica. Esto requiere el dominio del lenguaje técnico específico, además del conocimiento físico.

### LA PEDAGOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN DE SIGNIFICADOS EN FÍSICA

Respecto al problema del conocimiento, el constructivismo ha adoptado distintas posiciones epistemológicas y ontológicas. Se pueden distinguir dos principios que resumen las distintas formas que ha adoptado el constructivismo (Matthews, 1994). La primera es que el conocimiento es construido por un sujeto activo, es decir, que no se ciñe pasivamente a ninguna lógica externa, no al menos sin antes meditarla, discutirla, criticarla. La segunda justifica la acción del conocimiento, como aquella herramienta que permite al sujeto ordenar sus experiencias para poder desenvolverse con mayor facilidad en el mundo (función adaptativa). Esta significación subjetiva que se hace colectiva a través de la interacción social y que ordena el campo

experiencial, no asegura la verdad si se asume a ésta como correspondencia entre el objeto observado y el teórico (Otero et al. 1997).

Si educar es más que instruir, si es abrir el camino a la especulación, a la reflexión, a la imaginación permitiendo los planteos epistemológicos, pero sabiendo que la escuela no es el ámbito de producción de leyes o teorías, ¿cómo lograr la comprensión sin transformar la clase de física o electrotecnia en una de filosofía o metafísica? Del modo como se genere ese espacio dependerá el aprendizaje que se produzca. Una primera aproximación a esta respuesta se puede encontrar en la deconstrucción del conocimiento declarativo (qué es) desde la práctica experimental (cómo es), como un proceso de desmenuzamiento que intenta superar esta circularidad interpretativa. "Aunque podemos asumir la existencia de un mundo externo, no tenemos acceso directo a él; la ciencia como conocimiento público no es tanto un descubrimiento como una construcción cuidadosamente comprobada" (Mattheus citando a Driver y Oldhan, pág. 81).

Esta construcción, en primera instancia, se puede hacer generando inferencias que destaquen los aspectos cualitativos sobre los cuantitativos, encontrando la perspectiva del fenómeno y sus raíces conceptuales con las que se edifican las leyes y las teorías.

Cuando un niño percibe su entorno, normalmente lo hace con bastante libertad interpretativa, sin interponer juicios o principios racionales en la medida en que lo hacen los adultos. En este mirar, sentir y gozar, se desarrollan ideas que se acercan mucho a las concepciones de las antiguas civilizaciones. De esta manera se va construyendo una matriz conceptual que satisface esquemas vivenciales. Al llegar a la escolaridad, parte de estos esquemas experienciales empiezan a convivir con nuevos esquemas académicos, organizando ambas estructuras casi por separado, estando débilmente conectados y hasta a veces con principios contradictorios u opuestos. Porlán (1997) habla de la memoria experiencial y la memoria académica, la primera organizada en torno a las vivencias cotidianas y la segunda al aprendizaje escolar.

Estas teorías personales son muy estables y resistentes afectando la forma en que se procesa la nueva información. El modelo de aprendizaje de los psicólogos cognitivos "se basa en la hipótesis de que la información se almacena en la memoria de diferentes formas y que todo lo que decimos y hacemos depende de los elementos o grupos, que han sido denominados esquemas. (...) el modo de asimilación de un nuevo elemento de información depende tanto de la naturaleza de dicha información como de la estructura del aprendiz de "esquemas". Por tanto, la misma experiencia facilitada a los estudiantes en sus clases de ciencias puede ser asimilada de maneras distintas por cada sujeto" (Driver et al. 1989, pág. 23).

### LOS PROBLEMAS DE LA COMPRENSIÓN DESDE UN ABORDAJE MATEMÁTICO TEMPRANO Y LA ENSEÑANZA DE LA LEY DE FARADAY

Desde una perspectiva psicologista del problema del aprendizaje, Malvino (1991) cita el modelo del cerebro humano de Roger Sperry, quien ganara un premio Nobel por sus investigaciones sobre el cerebro. Sus conclusiones fueron: a) el hemisferio izquierdo piensa con palabras y números, b) el derecho con imágenes y otros elementos no verbales, c) ambos hemisferios procesan la información de forma tan diferente que es más exacto hablar de cerebro derecho y cerebro izquierdo, y d) no se puede describir verbalmente cómo funciona el cerebro derecho. Esta incapacidad que existe de describir el cerebro derecho hace referencia a la intuición, a la corazonada, a las soluciones que aparecen de forma imprevista. Este pensamiento holístico y hermenéutico ¿se produce cuando se aborda la enseñanza desde la complejidad de una fórmula experimental<sup>1</sup> como la que expresa la ley de inducción de Faraday? ¿No será que los símbolos matemáticos interfieren la captación de la esencia, al menos en una primera aproximación al fenómeno?

Malvino dice al respecto: "los números son bonitos, pero no hay nada como el pensamiento ascendente-descendente o análisis incremental como ayuda para entender los circuitos. La idea es la que sigue. Cualquier circuito tiene variables independientes (tales como tensiones y resistencias en las ramas) y

<sup>1</sup> Malvino distingue tres tipos de fórmulas: la de definición, como por ejemplo  $I=Q/t$  (la corriente es igual a la cantidad de carga eléctrica por unidad de tiempo que pasa a través de un conductor), la experimental que está compuesta por magnitudes previamente definidas como la ley de Faraday ( $\mathcal{E} = -d\phi/dt$ ) o de Coulomb ( $F = k q_1 q_2 / d_{1,2}^2$ ) y la derivada como  $y = 5 = 3x - 5$  que se deriva matemáticamente de  $y = 3x$ .

variables dependientes (tensiones en las resistencias, corriente, potencias, etc.). Cuando una variable independiente aumenta, cada una de las variables dependientes usualmente responderá aumentando o disminuyendo. Si uno entiende cómo funciona realmente el circuito (conocimiento procedimental), entonces será capaz de predecir si una variable aumentará o disminuirá. Para realizar el pensamiento ascendente-descendente no es necesario calcular cuánto cambia una cantidad: únicamente es necesario saber si aumenta, disminuye o si no cambia (...). En pocas palabras, el pensamiento ascendente-descendente proporciona perspectiva, profundidad y control sobre la situación". (Pág. 70-71)<sup>2</sup>.

La ley de Faraday es introducida en los textos a través de su representación matemática:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

Esta expresión es aplicable a una bobina de  $N$  espiras iguales, donde  $\phi$  es el flujo del campo magnético a través de la sección de la bobina,  $\varepsilon$  es la fem, y  $d\phi/dt$  es la velocidad de variación del flujo magnético (Singer, 1977; Moeller y Wolff, 1972; Liwshitz-Garik y Whipple, 1976). Luego se procede a explicar las distintas variables que intervienen en el fenómeno de inducción, como la densidad de líneas de campo, el flujo magnético, etc.

Para el caso particular de  $N$  espiras iguales, generalmente los alumnos comprenden la dependencia directa de  $\varepsilon$  con  $N$  y con la variación de la intensidad del campo de inducción, pero difícilmente la proporcionalidad directa entre la fem y la velocidad de variación del flujo magnético, sobre todo si se expresa en la forma diferencial  $d\phi/dt$ . Para una situación cualquiera, más complicado aún resulta para los estudiantes comprender el principio de conservación de la energía aplicado al fenómeno de inducción expresado en la forma de un signo negativo a través de la ley de Lenz. Otra situación de interés, como la de una espira girando en un campo de inducción constante, resulta aún más compleja.

En la práctica docente, muchas veces los profesores adoptan esquemas interpretativos como el de "corte de líneas de fuerza" que no explican acabadamente el fenómeno (no observable directamente), de inducción de fem (Sánchez, 1999). La presentación de la ley se debate entre la imposición de una fórmula o una definición verbal. En el primer caso resulta una adhesión dogmática ya sea a los símbolos matemáticos o a la constatación posterior a través de su experimentación y en el caso de las definiciones verbales, lejos de aclarar los conceptos, se problematiza con el significado de las palabras.

Esta forma de abordar la enseñanza resulta unívoca pues el conocimiento parte unidireccionalmente de fuentes alejadas de los actores e inequívoco porque no permite pasar por la prueba del error. El aforismo de Bacon dice: "*La verdad surge más fácilmente del error (de los alumnos haciendo pruebas) que de la confusión*". (Kuhn, 1995, pág. 45)

Interpretar la ley de Faraday requiere comprender la lógica multicausal del fenómeno de inducción. Se debe valorar que gran parte de los aparatos eléctricos que nos rodean, se inventaron y perfeccionaron gracias a personas que supieron aplicar dicha ley independientemente de cuál es el nombre que lleva y tal vez su expresión matemática.

Esta propuesta trata de resolver el problema de comprensión del fenómeno de inducción a través de la identificación y control de las variables intervinientes en distintas situaciones experimentales, integrándose en una situación final de interés técnico.

## PROPUESTA DIDÁCTICA

La estrategia didáctica para la enseñanza de la ley de inducción de Faraday propuesta, tiene las siguientes características:

- Intenta construir los conceptos elementales desde la observación y el debate, hasta integrarlos en una

<sup>2</sup> El subrayado y las palabras en cursiva son de los autores.

situación final.

- Evita las definiciones verbales.
- Aplica los conceptos a una situación física determinada, constituida por una espira giratoria sometida a un campo magnético constante.
- Prioriza el análisis cualitativo.

Esta propuesta comienza con una serie de experiencias de laboratorio ideadas de modo que al término de las mismas se puedan establecer las conexiones causales entre la fem y aquellas variables de las que depende, como son el número de espiras de la bobina y la velocidad de variación del flujo magnético a través de ellas (ya sea que cambie la intensidad del campo y/o la superficie expuesta de la bobina)<sup>3</sup>.

Los elementos y dispositivos utilizados son productos adaptados a las tecnologías aplicadas, por lo tanto basadas en estándares de fabricación tales como bobinas y núcleos de hierro de transformadores didácticos, generadores didácticos, etc., disponibles en los laboratorios de las escuelas técnicas. Las experiencias son realizadas por los estudiantes, en grupos de entre tres y cinco alumnos.

La propuesta se desarrolla a través de un proceso de significación y conceptualización progresiva en el que se pueden diferenciar siete instancias que a continuación se detallan:

1. Identificación del sentido de circulación de la corriente en un circuito cerrado alimentado con una fuente de corriente continua (batería de 6 V) y su relación con el sentido del campo de inducción magnético generado por esa corriente. Para ello se utiliza un galvanómetro y una brújula de modo de identificar el movimiento del índice del primero con la orientación de la brújula (polo norte y sur) (Ver figura 1). Se altera la polaridad de la fuente y se repite la experiencia.

Con este procedimiento, el sentido de circulación de corriente queda identificado con el sentido de desviación del índice del galvanómetro y la intensidad con el ángulo deflexionado, así como la polaridad del campo generado.

2. Una vez establecida la relación *sentido de corriente-sentido del campo*, se retira la fuente y el interruptor del circuito eléctrico, y se introduce un imán permanente dentro de la bobina dejándolo inmóvil, comprobándose que en esas condiciones no circula corriente. Luego se mueve el imán acercándolo a la bobina y se observa el índice del galvanómetro. Éste acusa la existencia de una corriente, cuyo sentido puede ser identificado.
3. Se deja ahora inmóvil el imán y se acerca la bobina a él, y se observa el índice del galvanómetro. El sentido y la magnitud de la corriente detectada puede compararse con la correspondiente a la experiencia anterior.

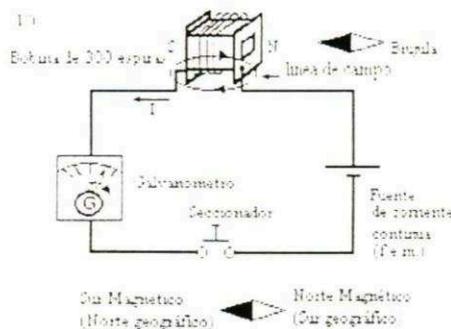


Figura 1: esquema del dispositivo utilizado en la experiencia 1.

Se puede observar por el sentido de la corriente, que el polo del campo generado por la bobina es del mismo signo que el polo más próximo del imán, por lo tanto se opone a que éste se introduzca. Del mismo modo, si se saca el imán, el polo magnético equivalente de la bobina es ahora opuesto al polo más próximo del imán, atrayéndolo, e impidiendo que el mismo se aleje. Los dos pasos anteriores ponen en evidencia tres aspectos fundamentales en la producción de fem:

<sup>3</sup> La situación más general de un bobinado de espiras de sección distinta no es considerado por dos razones: introduce una variable adicional (sección de la espira) y carece de interés tecnológico.

- a) Lo importante es el *movimiento relativo* entre imán y bobina y no el movimiento absoluto de alguno de ellos.
  - b) Para generarla hay que realizar un trabajo, que se pone de manifiesto por la fuerza que se debe ejercer tanto al introducir (dos polos iguales se repelen) como al retirar (dos polos distintos se atraen) el imán de la bobina, de acuerdo con el Principio de Conservación de la Energía.
  - c) El sentido de la corriente generada es tal que el campo magnético que ella produce, se opone al incremento o decremento del campo magnético externo (el producido por el imán dentro de la bobina), es decir, *se opone a la causa que provoca la variación*, tal como se enuncia en la Ley de Lenz.
4. En una instancia posterior, se aumenta la velocidad con que se introduce y retira el imán. Como resultado, hay una mayor producción de fem que se visualiza a través de un incremento de la deflexión del índice del galvanómetro. Esto comprueba que la fem es proporcional a la *velocidad de cambio* de la intensidad del campo magnético en la región de las espiras.
  5. Seguidamente, se incrementa la intensidad del campo magnético juntando dos imanes permanentes, y moviéndolos dentro de la bobina de la misma manera que se efectuó en los pasos 2 y 3. En estas condiciones, la fem también se relaciona con la rapidez con que se mueven los imanes respecto de la bobina.
  6. Se reemplaza luego la bobina de 300 espiras por una de 1200, y al mover el imán, se verifica que la fem también se incrementa.
  7. Finalmente se ensayan diferentes movimientos entre el imán y la bobina de modo de poder identificar aquellos que producen mayor fem. El resultado es que el movimiento axial del imán dentro de la bobina produce fem en forma notoriamente mayor respecto a los otros movimientos.

De esta última experiencia surge un aspecto crucial: la orientación relativa entre el campo y la sección de las espiras conductoras. Queda evidenciado el carácter complejo de la relación causal, que permite visualizar la forma de sintetizar los resultados alcanzados. Se puede deducir que la magnitud de la fem depende de cuanto superficie transversal de la bobina es atravesada por el campo magnético. En este punto circunstancia es necesario construir el concepto de flujo magnético (término teórico, de acuerdo con Newton-Smith (1981, pag. 31) para poder distinguirlo de las variables que lo constituyen, a saber, la intensidad de campo y la superficie transversal a éste. Para analizar esta situación, el docente puede establecer una analogía con el caudal de un líquido, en la que se asocia intensidad de campo con velocidad de desplazamiento del líquido y la sección transversal de las espiras, con la de la vena de fluido.

Después de finalizar el ensayo el docente reseña los distintos pasos y junto con los estudiantes concluye que la fem inducida en la bobina depende del *número de espiras* de la misma (item 6) y de la *velocidad de variación de la intensidad de campo magnético* (item 4 y 5) siendo su polaridad tal que se opone a dicha variación (item 2 y 3). Finalmente, integrando estas experiencias con la 7, se puede concluir que *la fem inducida es proporcional a la rapidez de variación del flujo magnético y su polaridad es tal que se opone a dicha variación*.

Con referencia a la experiencia 7 se plantea a los estudiantes el problema inverso de modificar la orientación de la superficie de las espiras respecto del campo y averiguar si tendría el mismo efecto sobre la producción de fem. Se propone como última experiencia, generar una fem por la variación del flujo provocado por la variación del área de la superficie que es atravesada por el campo, que se desarrolla en una clase posterior.

En esa clase y a modo de ejemplo de aplicación, se analiza la producción de fem de una bobina que gira en un campo magnético uniforme. Para estos fines, se debe contar con un equipo sencillo compuesto por un par de polos, con sendas bobinas arrolladas para producir el campo magnético inductor, constituyéndose de esta manera, el estator de una máquina bipolar. En el eje de dicha máquina está el rotor, en el que se dispone un bobinado de varias espiras conectado a un colector compuesto por dos anillos rozantes con sendos carbones que lo conectan eléctricamente a un galvanómetro. Observando el índice del galvanómetro a medida que se hace girar este bobinado, se constata que el sentido de circulación de la corriente inducida en la bobina se

invierte sucesivamente y por lo tanto es alterna (¡se tiene un generador de corriente alterna!), y que su máximo (y por lo tanto el máximo de la fem generada) se produce cuando el plano de las espiras de la bobina está paralelo al eje polar.

Este hecho puede explicarse analizando la posición de la bobina en el tiempo. En el Anexo se representa gráficamente la situación descripta. En la Figura 3 se puede apreciar que el flujo del campo a través de una espira está determinado por la proyección de ésta en la dirección normal al campo. A medida que la espira gira, se produce una variación de dicho flujo, siendo máxima cuando la espira está paralela al campo (paralela al eje polar). Esto último no es evidente y los estudiantes preguntan: ¿Por qué la fem es máxima si el flujo sobre la espira en la posición horizontal es nulo?

Para contestar esta pregunta, debe analizarse el cambio de flujo en un intervalo de tiempo en distintas posiciones. Como instrumento interpretativo de la velocidad de variación de la proyección de la superficie, se puede emplear la analogía del flujo magnético con el flujo luminoso. Se propuso la siguiente experiencia a docentes universitarios: tomar una hoja y hacerla girar alrededor de un eje contenido en el plano de la misma (y que la divide en dos), se solicitó determinar en qué situación es máxima la velocidad de variación de la sombra que se proyecta en el plano horizontal de la luz proveniente de una fuente luminosa colocada por encima de la hoja. La respuesta general fue que ésta se producía cuando la hoja estaba en posición horizontal y no vertical.

## CONCLUSIONES

Ha sido descripta una propuesta para comprender el fenómeno de inducción que es explicado con la ley de Faraday. La misma ha sido diseñada para que la ley sea re-construida desde el análisis multireferencial, de modo que el enfoque sistémico que supera la causalidad lineal, permita generar esquemas conceptuales adecuados (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Esta mirada implica un replanteo epistemológico y psicológico pasando del "yo observo la realidad" a "nosotros construimos una explicación de la realidad".

La propuesta ha sido aplicada y evaluada en dos escuelas de enseñanza técnica (Sánchez, 1999). EL mayor obstáculo en la comprensión de la ley estuvo relacionado con la dificultad para diferenciar una magnitud (la cantidad de flujo  $\phi$ ) de su velocidad de variación ( $d\phi/dt$ ) que, como lo puntualizan Rela y Sztrajman (1997), en general se presenta en el intento de diferenciar una magnitud de sus derivadas e integrales.

## REFERENCIAS

- DRIVER, R., GUESNE, E. Y TIBERGHIE, A. 1989. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. (Madrid: Morata).
- KUHN, T. 1995. *La estructura de las revoluciones científicas*. (pág.13) (México: Breviarios Fondo de Cultura Económica).
- LIWSCHITZ-GARIK, M. Y WHIPPLE, C. 1976. *Maquinas de corriente continua*. (Barcelona: C.E.C.S.A.).
- MALVINO, A. P. 1991. *Principios de electrónica*. (España: McGraw-Hill).
- MATTHEWS, M. 1994. Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, (1), 79-88.
- MOELLER, F. Y WOLFF, F. 1972. *Fundamentos de electrotecnia*. (Barcelona: Labor).
- NEWTON-SMITH, W. H. 1987. *La racionalidad de la Ciencia*. (Barcelona: Paidós).
- OTERO, R., PAPINI, C., ELICHIRIBEHETY, Y. 1997. Fundamentos epistemológicos del constructivismo y la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 10, (1), pag. 8.
- PORLÁN, R. 1997. Seminario de Epistemología de las Ciencias Naturales. FAFODOC (UNL) Santa Fe.
- POZO, J. I. Y GÓMEZ CRESPO, M. A. 1998. *Aprender y enseñar ciencia*. (Madrid: Morata).
- RELA, A. Y SZTRAJMAN, J. 1997. Enredos físicos y cotidianos entre las magnitudes y sus derivadas e integrales. *Educación en Ciencias*, 1, (1), pp 34-43.
- SÁNCHEZ, D. 1999. Tesis de Maestría. No publicada.
- SINGER, F. 1977. *Tratado de electricidad*. (Buenos Aires: Neo-Técnica).

