

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

**LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE *FEM* Y OTROS ASOCIADOS
EN EL CONTEXTO DE LA ELECTRICIDAD, TRANSFORMANDO MODOS
DE HABLAR Y MANERAS DE EXPERIENCIAR**

**Análisis del diseño e implementación de una secuencia de enseñanza, en la
educación media.**

Tesis de Grado para aspirar al Título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales

MABEL DÍAZ PATIÑO
&
ALEJANDRA MARTÍNEZ MORALES

BOGOTÁ, 2015

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

**LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE *FEM* Y OTROS ASOCIADOS
EN EL CONTEXTO DE LA ELECTRICIDAD, TRANSFORMANDO MODOS
DE HABLAR Y MANERAS DE EXPERIENCIAR**

**Análisis del diseño e implementación de una secuencia de enseñanza, en la
educación media.**

Tesis de Grado para aspirar al Título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales

MABEL DÍAZ PATIÑO
&
ALEJANDRA MARTÍNEZ MORALES

Dirigido por:
ISABEL GARZÓN BARRAGÁN

BOGOTÁ, 2015

A nuestras familias por el apoyo permanente e incondicional

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

1. Información General	
Tipo de documento	TRABAJO DE GRADO EN MAESTRÍA DE PROFUNDIZACIÓN
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE <i>FEM</i> Y OTROS ASOCIADOS EN EL CONTEXTO DE LA ELECTRICIDAD, TRANSFORMANDO MODOS DE HABLAR Y MANERAS DE EXPERIENCIAR. Análisis del diseño e implementación de una secuencia de enseñanza, en la educación media.
Autor(es)	Díaz, Mabel; Martínez, Alejandra.
Director	Garzón, Isabel.
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional. 2015, 141p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	<i>FEM</i> , SECUENCIA DE ENSEÑANZA, ELECTRICIDAD, MODOS DE HABLAR, MANERAS DE EXPERIENCIAR.

2. Descripción
<p>Este trabajo, presenta la ruta seguida para el diseño e implementación de una secuencia de enseñanza sobre el concepto de <i>fem</i>, y los asociados a éste en el campo de la electricidad y en el contexto de la educación media. A partir de la construcción de los referentes teóricos asociados a la concepción particular que se tiene de conocimiento, de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y de sus objetivos, en el marco del paradigma social-constructivista; se organizan los aspectos más relevantes extraídos de la investigación sobre la construcción histórica y experimental del concepto de <i>fem</i>. Dicha organización permitió establecer la selección y secuenciación de los contenidos, experiencias y estrategias, considerados para el diseño de la secuencia de enseñanza.</p> <p>Dentro del diseño e implementación de la secuencia, no solo existió la preocupación por el desarrollo de los contenidos conceptuales y experimentales alrededor de la construcción del concepto de <i>fem</i>, sino también por el desarrollo de las habilidades científicas, que el tipo de actividades propuestas permitía que se complejizaran en los estudiantes; esto visto a partir del desarrollo de los denominados <i>contenidos procedimentales</i>, a través de las diferentes etapas de la secuencia.</p> <p>La lectura de los contenidos conceptuales y procedimentales, permitió caracterizar los <i>modos de hablar</i> de los estudiantes acerca de los fenómenos eléctricos abordados en la secuencia y su transformación a lo largo de ésta. A su vez, la identificación de los modos de hablar particulares de los estudiantes, ligados a las diferentes etapas de la secuencia y a los contextos de implementación, permitió organizar tres grandes categorías de descripción denominadas <i>maneras de experienciar</i>, desde las cuales es posible describir las formas en que los estudiantes se aproximan a vivenciar, analizar y construir explicaciones acerca de los fenómenos eléctricos abordados alrededor de la construcción del concepto de <i>fem</i>.</p>

3. Fuentes
<p>Fernández, M., Guisasola, J., & Montero, A. (2005). ¿Cómo se presenta el concepto de fuerza electromotriz? Visiones distorsionadas de la electricidad en los libros de texto. <i>Enseñanza de las Ciencias</i>(Extra, VIII Congreso).</p> <p>Fisher, L. H., & Varney, R. N. (1976). Contact potentials between metals: History, concepts, and persistent misconceptions. <i>American Journal of Physics</i>, 44(5), 464-475.</p> <p>Garzón, I. (2012). El concepto de fuerza electromotriz en cursos introductorios de Física en la universidad: Dificultades de aprendizaje y la presentación del concepto en libros de texto. <i>Tesis Doctoral</i>. Universidad de Valencia: Departamento de Didáctica de las ciencias experimentales y sociales.</p> <p>Garzón, I., Guisasola, J., Zusa, K., De Cock, M., & Van Kampen, P. (2013, Septiembre). <i>Dificultades de</i></p>

estudiantes universitarios de tres países en el aprendizaje del concepto de Fuerza Electromotriz en electricidad. Retrieved Noviembre 2013, from http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_536.pdf

Guisasola, J., Montero, A., & Fernández, M. (2005). Concepciones de futuros profesores de ciencias sobre un concepto "olvidado" en la enseñanza de la electricidad: la fuerza electromotriz. *Enseñanza de las ciencias*, 23(1), 47-60.

Guisasola, J., Montero, A., & Fernández, M. (2008). La historia del concepto de fuerza electromotriz en circuitos eléctricos y la elección de indicadores de aprendizaje comprensivo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(1), 1604-1 1604-2.

Leach, J., & Scott, P. (2002). Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing upon the concept of Learning Demand and a Social Constructivist Perspective on Learning. *Studies in Science Education*, 115-142.

Malagón, F., Sandoval, S., & Ayala, M. M. (2013). La Actividad Experimental: Construcción de Fenomenologías y Procesos de Formalización. *Praxis Filosófica Nueva Serie*(36), 119-138.

Varney, R. N., & Fisher, L. H. (1980). Electromotive force: Volta's forgotten concept. *American Journal of Physics*, 48(5), 405-408.

Zembylas, M. (2005). Three Perspectives on Linking the Cognitive and the Emotional in Science Learning: Conceptual Change, Socio-Constructivism And Poststructuralism. *Studies in Science Education*, 1(41), 91-115.

4. Contenidos

El documento se divide en cinco capítulos. En el Capítulo I se presenta la problemática inicial de la investigación desarrollada, se exponen: los lugares desde los que se plantea y justifica la preocupación por el diseño de una secuencia de enseñanza del concepto de *fem* y otros asociados en el contexto de la electricidad, para educación media; los antecedentes y límites de investigación desarrollada; y los objetivos de la misma.

En el Capítulo II Marco Teórico, se exponen la concepción de conocimiento, de los procesos de enseñanza y aprendizaje, de maestro y estudiantes desde la que se desarrolla la investigación. Igualmente se describen los elementos más relevantes dentro del trabajo para los procesos de construcción de conocimiento, entre ellos la experiencia, la experimentación y la preocupación por la construcción en el aula, de contenidos procedimentales y conceptuales. Por último a partir de los elementos expuestos se presenta la construcción histórica, experimental, procedimental y conceptual del concepto de *fem* y otros asociados en el campo de la electricidad.

En el Capítulo III se exponen los referentes metodológicos de la investigación, en términos de la organización de la secuencia de enseñanza y de los fundamentos de la metodología de análisis. En este capítulo se exponen las etapas de la secuencia de enseñanza, sus actividades y objetivos. Igualmente se caracterizan los dos contextos de implementación de la secuencia.

En el Capítulo IV, se presentan los criterios de organización y sistematización de los registros de la implementación de la secuencia de enseñanza y se exponen los resultados de dicha sistematización. Estos resultados parten de la caracterización de las demandas de aprendizaje en la primera etapa y continúan con la identificación de los modos de hablar de los estudiantes y su transformación a lo largo de la secuencia. La posterior organización de los modos de hablar permite exponer las maneras de experimentar de los estudiantes y su transformación.

En el Capítulo final se presentan las conclusiones de la investigación alrededor de cuatro ejes: La importancia y papel de los estudios históricos para la enseñanza de las ciencias, el diseño de secuencias de enseñanza frente a curso de ciencias panorámicos, los resultados de la implementación y análisis de la secuencia de enseñanza y las perspectivas de trabajo que quedan abiertas para futuras investigaciones.

5. Metodología

Teniendo en cuenta los apartes descritos en el contenido, la metodología utilizada en la investigación expuesta en el documento, para cada una de sus fases comprende principalmente, la recopilación, y análisis de los documentos desde los que es construido el marco teórico (en el marco del paradigma social constructivista) y metodológico (asociado a la construcción de la secuencia de enseñanza), la formulación

de la secuencia de enseñanza y su implementación, la recopilación de información por medio de registros escritos y su sistematización alrededor de la preocupación por la identificación y caracterización de los modos de hablar y las maneras de experimentar, en el marco de la perspectiva fenomenográfica. Estos elementos son expuestos en detalle en los capítulos II, III y IV, en los que se presenta respectivamente el Marco Teórico, el Marco Metodológico y los Resultados de la Investigación.

6. Conclusiones

Los resultados obtenidos durante los tres semestres que ha durado esta investigación nos permiten afirmar las siguientes conclusiones, en relación al papel del análisis histórico en la planificación de la enseñanza de temas de electricidad, como es el caso del concepto de fem; al diseño de la secuencia de enseñanza; a la implementación de la secuencia en el contexto de la educación media, y los resultados obtenidos tras dicha implementación. Además, considerando los hallazgos hechos, se presentan posibles perspectivas de trabajo futuro.

A propósito de Análisis histórico: La historicidad permite una organización adecuada de las etapas y actividades propuestas en la secuencia de enseñanza. Además, la búsqueda de construcción de explicaciones sobre los efectos observados en los fenómenos propuestos desde la secuencia, en respuesta a una ruta histórica, posibilita el establecimiento de relaciones entre las variables construidas e identificadas desde y en las experiencias.

A propósito del diseño de la secuencia: Poner en juego en el aula de clase diversas herramientas (actividades, experiencias, preguntas, socializaciones, analogías) de parte del profesor y de los estudiantes, para alcanzar el objetivo de poner a disposición el punto de vista científico en el plano social de la clase, a partir del recuento y exploración de los fenómenos seleccionados; y la continua exploración y monitoreo de los procesos de comprensión, por medio del diálogo de saberes entre profesor y estudiantes, permitió dar un sentido a los elementos históricos y experimentales considerados en el diseño. Además, la identificación de las demandas de aprendizaje, dio elementos para la selección de las actividades de la secuencia y permitió, en cierta medida, evaluar los alcances de esta.

A propósito de la implementación y los resultados: Se evidencia que entre las dos instituciones hay diferencia en cuanto al marco teórico referencial empleado por los estudiantes, situación ligada a la organización de contenidos curriculares en cursos previos, e igualmente se identificó un componente actitudinal y motivacional que influyó en los resultados obtenidos. La implementación de la secuencia de enseñanza, permitió un enriquecimiento del lenguaje de los estudiantes para la construcción de explicaciones a los fenómenos electrostáticos y electrocinéticos, y para el funcionamiento de una batería en circuitos simples. El interés de la investigación fenomenográfica de los efectos de la enseñanza, acerca de las diferentes formas en las que los sujetos visualizan los fenómenos, las capacidades que tienen para relacionarlos, y la manera en que estas formas se relacionan entre sí, contribuyó en el ejercicio reflexivo acerca de las lecturas que se pueden hacer de nuestra propia labor reflejada en los procesos de aprendizaje de los estudiantes

Respecto a las perspectivas de trabajo: Se propone que a partir del análisis de la construcción histórica, epistemológica y experimental de los conceptos, sean diseñadas secuencias de enseñanza que representen cambios frente a la enseñanza tradicional de los mismos y que impliquen niveles de apropiación mayores a los obtenidos a través de la enseñanza tradicional e incluso dentro de trabajos como este. Por otra parte, el contexto en el que se aborda el concepto de fem en esta investigación es muy particular e igualmente lo son los fenómenos que buscan ser explicados dentro de la secuencia, por lo que abordar este mismo concepto en el marco de la inducción electromagnética o ampliar las explicaciones acerca del funcionamiento de circuitos de corriente continua, permitiría ampliar las reflexiones sobre la enseñanza de conceptos en el campo del electromagnetismo en el contexto de la educación media.

Quien lidera los procesos de enseñanza y aprendizaje debe considerar que los estudiantes y los mismos maestros, llegan al aula con maneras particulares de observar, interactuar y hablar de su entorno, y que estas maneras determinan los lugares desde los que se parte en la clase y a los que se llegara, por lo que la identificación de las demandas de aprendizaje teniendo en cuenta lo que se quiere lograr en la clase, es una herramienta que permite contextualizar el trabajo propuesto y que en este sentido constituye un punto de apoyo en el diseño de cualquier tipo de secuencia de enseñanza y de investigación alrededor de ellas. En este mismo sentido, la preocupación por el desarrollo de contenidos conceptuales y procedimentales, implica el reconocimiento de una relación constitutiva entre las capacidades y los contenidos, y posibilita un campo más amplio de desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Elaborado por:	Díaz, Mabel; Martínez, Alejandra.
Revisado por:	Garzón, Isabel.

Fecha de elaboración del Resumen:	22	05	2015
--	----	----	------

ÍNDICE

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	9
1.1 Planteamiento del problema	9
1.2 Formulación del Problema	11
1.3 Justificación	12
1.4 Límites de la investigación	15
1.5 Antecedentes	17
1.6 Objetivos.....	21
1.6.1 Objetivo General	21
1.6.2. Objetivos Específicos	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	23
2.1. El conocimiento, una construcción social en continuo crecimiento	24
2.2. Concepción y propósitos de los sujetos constructores de conocimiento en la escuela y de los procesos de educación en ciencias.....	29
2.3. La experimentación, la experiencia y su papel en la construcción de conocimiento en el aula.....	32
2.4. La construcción histórica, conceptual, procedimental y experimental del concepto de fem y otros conceptos asociados.	36
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	45
3.1. Acerca de los elementos para el diseño de la secuencia.....	45
3.1.1. Las etapas y los contenidos de la secuencia.....	48
3.1.2. El proceso de enseñanza-aprendizaje	56
3.2. Población y muestra.....	61
3.3. La secuencia de enseñanza.....	62
3.3.1. Etapa 1: Conducta de entrada	63
3.3.2. Etapa 2: Electrostática.....	68
3.3.3. Etapa 3: Batería eléctrica	74
3.3.4. Etapa 4: Electrocínética y circuitos simples	81
3.4. Acerca de los elementos para el análisis	89
3.4.1. Enfoque Fenomenográfico	89
3.4.2. Lectura de las maneras de experimentar	92

CAPÍTULO IV. RESULTADOS	95
4.1. <i>Criterios generales de organización de los registros escritos</i>	95
4.2. <i>Estructura de organización de los testimonios según contenidos procedimentales y conceptuales</i> .	96
4.3. <i>Resultados y Análisis de la Secuencia de Enseñanza y Modos de hablar de los Estudiantes</i>	103
4.3.1. <i>Etapa 1: Conducta de Entrada - Demandas de Aprendizaje.</i>	103
4.3.2. <i>Etapa 2: Electrostática. Modos de hablar</i>	117
4.3.3. <i>Etapa 3: Batería eléctrica. Modos de hablar.</i>	125
4.3.4. <i>Etapa 4: Electrocinética y Circuitos simples. Modos de hablar</i>	132
4.4 <i>La Transformación de los Modos de Hablar: Caracterizando las Maneras de Experienciar</i>	139
4.4.1 <i>Maneras de experienciar los fenómenos eléctricos</i>	143
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES FINALES Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO	146
BIBLIOGRAFÍA	151

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En las últimas décadas, diferentes investigaciones, han mostrado cómo dentro del campo de la enseñanza de las ciencias existen diversas problemáticas. Algunos de estos trabajos hacen énfasis en el desajuste existente entre lo que se enseña en la escuela y lo que terminan por entender los estudiantes (Guisasola, Gras, Martínez , Almundi, & Becerra, 2004). Otros, abordan el abismo existente entre lo que se hace dentro y fuera de la escuela (Guidoni, 2001) o el escaso aporte de la enseñanza de las ciencias para la comprensión del mundo contemporáneo en el que viven los maestros y los estudiantes (Segura, Arcos, & Pedreros, 2005).

En este sentido, la desconexión entre los mundos escolares y extra-escolares, exige a los maestros de ciencias una reflexión y reformulación acerca de los contenidos de la clase de ciencias y de la manera como se presentan, así como de las estrategias utilizadas en la misma (Duschl, 1997). Igualmente se requiere de parte del maestro mayor conciencia acerca de los fundamentos que se instauran en su discurso y se visibilizan en su práctica.

En esas investigaciones, diversos elementos como los análisis histórico-críticos, epistemológicos y sociológicos de la construcción del conocimiento científico; o el estudio de los procesos cognitivos, comunicativos y culturales que tienen lugar dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Ayala, 2006), se muestran como elementos fundamentales a tener en cuenta para la construcción de nuevas estrategias que contrastan con lo que tradicionalmente se ha hecho en este campo.

Particularmente, en el caso de la física y especialmente para los fenómenos eléctricos, diferentes investigaciones (Guisasola, Montero, & Fernández, 2005) (Fernández, Guisasola, & Montero, 2005) (Furió & Guisasola, 1997), evidencian cómo efectivamente la enseñanza tradicional

y los textos de apoyo o difusión desconocen el carácter construido e histórico de los fenómenos estudiados, así como las relaciones que pueden establecerse entre los conceptos que se derivan de estos y las explicaciones que los estudiantes pueden construir para los mismos.

En la enseñanza de la electricidad, las barreras epistemológicas y ontológicas enfrentadas a lo largo de la historia de la construcción de los diferentes modelos explicativos para aquellos fenómenos, constituyen igualmente en el aula barreras que se convierten en dificultades para la enseñanza y aprendizaje de conceptos relacionados, como los de carga eléctrica, campo eléctrico, potencial eléctrico, diferencia de potencial o el de *fem*. Además, teniendo en cuenta que la naturaleza de tales conceptos se encuentra permeada por diferentes corrientes de pensamiento, aparece una problemática adicional, pues tales corrientes resultan “mezcladas” en las fuentes como los libros de texto, lo que lleva a que no se establezca una diferenciación clara y significativa entre los mismos (Fernández, Guisasola, & Montero, 2005).

Lo anterior, lleva tanto al maestro como, en consecuencia, al estudiante a no lograr un aprendizaje más comprensivo y menos memorístico de éstos conceptos, impidiéndole una mayor profundización y claridad en su aplicación, tanto en el campo de la electrostática, como en el de la electrocinética; específicamente en la explicación del funcionamiento de dispositivos como las pilas eléctricas o el de circuitos sencillos de corriente continua (DC).

Por ejemplo, la confusión entre el concepto de *fem* y el de diferencia de potencial, por su estrecha relación en la explicación del funcionamiento de las pilas y de los circuitos DC, resulta ser un asunto conflictivo en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Guisasola, Montero, & Fernández, 2005). Situación que lleva a que, en la mayoría de los casos, estos dispositivos sean tratados como “cajas negras” y se evada la explicación y comprensión de su funcionamiento.

Particularmente, en el contexto de la enseñanza de la electricidad en la educación media, al abordar conceptos como el de *fem*, se suele hacer de manera superficial y carente de significado, e

incluso en algunos casos, se omite. El *salto* que se da de la electrostática a la electrocinética, no considera los obstáculos epistemológicos que fueron enfrentados a finales del siglo XVIII, con experiencias como la de la electrificación por contacto de Alessandro Volta, que en su polémica con Galvani, acerca del origen de un tipo en particular de fenómenos eléctricos, entró a contrariar las consideraciones que hasta el momento se tenían para los fenómenos electrostáticos (Guisasola, Montero, & Fernández, 2005). Dicha experiencia, raramente es referida por los profesores para dar introducción a la electrocinética o en los libros de texto empleados en este nivel o superiores (Fernández, Guisasola, & Montero, 2005).

1.2 Formulación del Problema

El considerar entonces, elementos como el carácter evolutivo de dichos conceptos, su desarrollo histórico, la importancia de reconocer la epistemología que subyace a los mismos, así como el papel relevante que tiene la experimentación en su construcción; nos invita a repensar las maneras, las rutas o las secuencias que se siguen en la educación media para la enseñanza y aprendizaje de estos, al igual que el significado que adquieren o no para los estudiantes al permitirles una comprensión del mundo que los rodea.

En esta investigación, para la construcción del concepto de *fem*, el cual surge en un contexto particular, se hace necesario considerar dichos elementos y construir a la par una red conceptual que permita darle un significado claro al concepto en el contexto de la electricidad y en el caso de la educación media posibilitar la articulación de éste en las maneras de los estudiantes de aproximarse a la comprensión de fenómenos relacionados.

Es por esto que se formula como problemática, el pensar acerca de la manera de conseguir esa construcción significativa por medio del diseño e implementación de una secuencia de enseñanza del concepto de *fem* en la educación media, que considere dichos elementos. En este orden de ideas ésta investigación se propone dar respuesta al siguiente interrogante:

*¿Considerar la construcción histórica, epistemológica y experimental del concepto de **fem**, en el diseño e implementación de una secuencia de enseñanza en la educación media, posibilita una construcción significativa de este concepto y su uso comprensivo en la explicación del funcionamiento de una batería en un circuito eléctrico simple?*

1.3 Justificación

En el campo de investigación de la docencia de las ciencias naturales, pueden identificarse dos perspectivas de trabajo alrededor de la manera en que se asume la formación en ciencias. La primera puede denominarse “la formación "preparatoria" de una pequeña élite de futuros científicos y especialistas; y la segunda, la educación científica básica para formación de futuros ciudadanos (Gómez, 1996). La investigación propuesta, se identifica con la segunda perspectiva y sus fundamentos, los cuales responden a la integración de las dimensiones sociales, culturales y políticas, de la ciencia y la tecnología en la educación en ciencias, y le apuesta ala formación de un conjunto de competencias básicas requeridas por el ciudadano en la sociedad moderna.

Estas competencias críticas, creativas, comunicativas, científicas básicas, tecnológicas, socio-históricas, entre otras han sido y son ampliamente discutidas desde diversos modelos (Mulder, 2007). Sin pretender ahondar en dicha discusión, la investigación propuesta parte de la hipótesis de la importancia de “la formación científica básica del ciudadano de la sociedad moderna, que le permita comprender la importancia creciente de la Ciencia y la Tecnología en la vida cotidiana, y le forme tanto la conciencia ética como la capacidad política de participación en las decisiones sociales de política científico-tecnológica” (Gómez, 1996). Igualmente, se tiene en cuenta que dicha perspectiva considera los objetivos y funciones sociales que en la sociedad se le asignan a la educación secundaria básica y media.

Desde la preocupación por la formación ciudadana se piensan las problemáticas asociadas con

la dificultad de comprender los contenidos por la ausencia de una apropiación consciente de la racionalidad que les da sentido; la dificultad por parte de los estudiantes de resolver verdaderos problemas, que son muy distintos de los ejercicios de aplicación mecánica que se hacen en clase o se proponen como tareas; la ausencia de la conciencia sobre el proceso de aprendizaje y la enorme distancia entre los intereses de los jóvenes y la razón de ser de la academia, que busca responder a las necesidades del contexto de los individuos desde el trabajo de la escuela (Hernández C. , 1999).

En este sentido la construcción de una propuesta que permita superar las dificultades mencionadas, se enmarca en la preocupación por la contribución del conocimiento de la ciencias al desenvolvimiento de los estudiantes en la actualidad, es decir propiciar la apropiación de los aspectos de la cultura científica que en la formación integral de los estudiantes posibilitan la formación de ciudadanos críticos y conscientes, tanto de la importancia del conocimiento como de la relación que se puede establecer entre lo que se aprende en la clase de ciencias y los avances tecnológicos actuales.

Por otra parte, se asume que la reformulación de cursos de ciencias panorámicos con extensos programas, en términos de otros que tratan a profundidad algunos temas de ciencias seleccionados, permite superar muchas de las dificultades que actualmente los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia presentan (Duschl, 1997). Tal reformulación genera para el maestro una oportunidad de proponer el diseño y desarrollo de secuencias de enseñanza que permiten superar un buen número de dificultades en los procesos de enseñanza y aprendizaje, a la vez que resultan ser nuevas alternativas para las propuestas curriculares, ya que se ocupan de la solución de problemas específicos que el maestro considera cruciales y relevantes en términos de lo que estas posibilitan dentro y fuera de un aula de clase.

Es necesario en este punto, señalar que dentro de las escuelas de investigación sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, nos identificamos con aquellas "...para las cuales la ciencia es esencialmente una actividad humana y el conocimiento es un proceso de construcción... así como de formulación de soluciones a problemas que surgen de la interacción con el mundo natural..."

(Orozco, 1996); por lo tanto desde este enfoque y dentro de este trabajo, se considera que elementos como la historia, epistemología y sociología de las ciencias, así como las dinámicas de construcción y socialización del conocimiento científico, deben ser tenidos en cuenta en una investigación que desde dicha perspectiva se busca formular, reconociendo su papel generalmente olvidado en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

En este sentido, en el campo del electromagnetismo, particularmente en el caso de los fenómenos eléctricos y electrocinéticos, el desarrollo y transformación de modelos explicativos, que tuvo lugar en contextos históricos, sociales y políticos específicos; constituyeron momentos importantes en la construcción de la teoría del electromagnetismo actual. Cuya aplicación se refleja en el desarrollo tecnológico actual.

El conocimiento acerca de los cambios trascendentales, en el desarrollo del electromagnetismo, y de los aportes hechos por los protagonistas de dichos cambios, permite reconocer el carácter humano de la actividad científica. Igualmente, dentro de la investigación en enseñanza de las ciencias, resulta muy valioso recurrir a esas mismas problemáticas, para comprender la importancia y significado de los aportes, así como las barreras epistemológicas que tuvieron que superarse en la construcción de los fenómenos, los conceptos y las teorías (Guisasola, Montero, & Fernández, 2005).

El proceso de construcción del conocimiento científico, puede ser tomado como base para el diseño de una secuencia de enseñanza de la electricidad que aterrice aquellos conceptos abstractos, traídos a lugar, para dar respuesta a aquellos interrogantes; como lo cita Garzón (2012): “Conocer cómo el desarrollo de ideas explicativas lleva al modelo científico actual, puede proporcionar información importante para establecer objetivos de aprendizaje y para *seleccionar conocimiento*¹

¹ La *selección de conocimiento* es entendida, por las autoras de este proyecto, como la consideración de los elementos históricos, epistemológicos y experimentales particulares, en la configuración de los contenidos, procedimientos y reflexiones de la secuencia de enseñanza.

que apoye el diseño de secuencias de enseñanza.”

Específicamente, para la comprensión y construcción del significado de los fenómenos eléctricos asociados al funcionamiento de baterías eléctricas y de circuitos simples, el proceso de construcción de conceptos como el de *fem* deberá involucrar o considerar el desarrollo de las ideas explicativas propuestas para resolver problemáticas particulares; por ejemplo la generación de una corriente continua gracias al contacto entre dos metales diferentes y un electrolito. Esta investigación a partir de la consideración de tal desarrollo, busca abordar explícitamente tales dificultades de manera que los estudiantes logren desarrollar una comprensión funcional del tema en cuestión (Garzón, 2012).

Finalmente, haciendo una revisión de las diferentes perspectivas de investigación en docencia de las ciencias naturales (Orozco, 1996), es esencial para esta investigación la puesta en escena del *maestro como investigador*. Su labor se ha replanteado frente al papel que desempeñaba en la educación tradicional; en actividades como la identificación de problemáticas, el diseño de diferentes estrategias de enseñanza para los estudiantes o para otros maestros, o en la aplicación de estrategias innovadoras y en el análisis de los resultados, (Ayala, 1992), (Segura D. , 2003), (Segura, Arcos, & Pedreros, 2005). Este replanteamiento del papel del maestro no sólo se ha dado por los resultados de las investigaciones de las diferentes perspectivas teóricas, sino por las exigencias y necesidades de cada uno de los contextos sociales, culturales, políticos y económicos, en los que el maestro de ciencias se desempeña. Es importante, en este sentido, realizar investigaciones como ésta, que reorienten las prácticas de los maestros en ciencias y permitan a quienes la conozcan considerarla como un elemento de reflexión para sus propias prácticas.

1.4 Limites de la investigación

En el contexto particular de la educación media vocacional, las dinámicas escolares de los colegios en los que se llevó a cabo esta investigación, Colegio Cooperativo de los Álamos y Colegio

Santa María², limitan los alcances de la misma. A continuación se presentan los aspectos principales a tener en cuenta en tales alcances en cuanto a la problemática que se ha abordado y al contexto en el que se ha trabajado.

- Si bien es cierto que el concepto de *fem* se aplica en el análisis de los fenómenos de inducción electromagnética, en esta investigación únicamente se abordará la *fem* para analizar el funcionamiento de una batería Voltaica.
- El campo de estudio de los circuitos de corriente continua es muy extenso. En esta investigación se llegará únicamente hasta el análisis de circuitos simples con resistencias en serie, es decir, están compuestos por una fuente *fem* (batería o adaptador), cables y resistencias (resistores o bombillos). Este análisis busca reconocer en las explicaciones construidas por los estudiantes, las relaciones que ellos establecen entre el concepto de *fem* y los conceptos de diferencia de potencial, corriente y resistencia, al explicar el funcionamiento de dichos circuitos.
- Cuando se estudia un concepto particular se pueden hacer diferentes acercamientos a dicho concepto. Un posible acercamiento, el más habitual, es la presentación formal de la magnitud que representa el concepto, su relación con otras magnitudes y las unidades de medida de todas ellas; luego se entrena a los estudiantes en el uso de estas magnitudes y sus relaciones en el análisis de situaciones hipotéticas (llamados ejercicios y problemas). Otro posible acercamiento reconoce la importancia de crear experiencias de los fenómenos que se explican con la ayuda del concepto que se quiere estudiar, este acercamiento se lleva a cabo a partir de la realización de experimentos. En este trabajo se privilegia la construcción de nociones y conceptos a partir de la observación y análisis experimental, haciendo énfasis en el significado de estos y su relación en la red conceptual que los acompaña. No se hace énfasis en las expresiones operacionales de las magnitudes a trabajar, ni en su aplicación en el análisis de situaciones hipotéticas (ejercicios y problemas).
- En la implementación de la secuencia se busca propiciar la elaboración de modelos explicativos por parte de los estudiantes para los fenómenos observados, sin embargo, por la limitación del tiempo y por los objetivos de cada institución, el papel del maestro no puede

²La caracterización de la población y la muestra se realiza en la sección 3.2.

limitarse a mediar tales construcciones, que podrían extenderse en tiempo para lograr conseguir elaboraciones más complejas y completas, sino que se propicia que se enriquezca el lenguaje del estudiante tras un dialogo de saberes escolares y científicos.

- Los contenidos curriculares de las dos instituciones: Colegio cooperativo de los Álamos y Colegio Santa María, son diferentes. Lo cual se ve reflejado en la forma en que se llevaron a cabo las actividades propuestas y en los análisis de los resultados de cada institución.

1.5 Antecedentes

En el marco de la problemática asociada con el papel que juegan los elementos históricos, epistemológicos y experimentales en el diseño e implementación de una secuencia de enseñanza; que permita construir de manera clara y significativa el concepto de *fem* y relacionarlo con otros propios del campo de la electricidad, se han identificado tres grupos de las investigaciones previas.

La reconstrucción histórica y epistemológica del concepto de *fem*, la construcción de secuencias de enseñanza de dicho concepto que consideren las dificultades asociadas con su aprendizaje, y los elementos teóricos y experimentales para la construcción de los fenómenos electrostáticos y electro-cinéticos relacionados con el concepto de *fem*, son los grupos en los que se han organizado los aportes de las múltiples investigaciones que se han desarrollado en las últimas décadas.

Respecto a la reconstrucción histórica y epistemológica del concepto de *fem*, el trabajo de Varney y Fisher (1980), hace énfasis en el origen del concepto y su evolución hasta la concepción actual. Es de notar que esta evolución pocas veces se considera en los textos (Fernández, Guisasola, & Montero, 2005) o en la enseñanza tradicional de la electricidad (Guisasola, Montero, & Fernández, 2005); tampoco se considera esta evolución en las implicaciones que en la comprensión del mundo contemporáneo en el que viven los estudiantes tendría dicho concepto y los fenómenos asociados a éste.

Por otra parte, trabajos como los de Fisher y Varney (1976) y Guisasola, Montero y Fernández (2008), hacen énfasis en los aportes realizados teórica y experimentalmente por Volta, y en las barreras epistemológicas enfrentadas en la transición de la electrostática a la electrocinética alrededor de la construcción del concepto *fem*, en el siglo XVIII. Los aportes de estos autores dan elementos que se consideran fundamentales en el diseño de cualquier secuencia de aula que pretenda abordar la enseñanza del concepto de *fem*, ya que en la organización curricular para la enseñanza de la electricidad, difícilmente se suelen considerar tales elementos; más bien suele darse un privilegio a las definiciones “aceptadas” actualmente sin considerar su origen y evolución.

En las investigaciones de Varney y Fisher (1980) y Garzón (2012), que mencionan las dificultades de enseñanza-aprendizaje y/o los indicadores de un aprendizaje comprensivo del concepto de *fem*, se encuentran elementos importantes a considerar en el diseño e implementación de una secuencia que busque superar tales dificultades y alcanzar un aprendizaje significativo del mismo. Estos trabajos abordan la manera en que éste concepto es presentado en los libros de texto y cómo tal presentación puede contribuir a las diversas dificultades y confusiones que surgen alrededor de su enseñanza. Por ejemplo, Varney y Fisher (1980), realizan un análisis de más de cien referencias, en el que hallan un grupo de regularidades acerca de la manera en que el concepto es presentado; estas regularidades reflejan aspectos acerca de la definición de *fem*, acerca de su uso operacional, acerca de su aplicación en diferentes situaciones y de su carácter experimental, en los que el uso de otros conceptos relacionados con el de *fem*, como diferencia de potencial, campo eléctrico, carga eléctrica, corriente eléctrica, entre otros, da lugar a diversas confusiones o errores al no aplicar en todos los casos en los que se involucra el uso del concepto de *fem*. Este aporte es importante si se tiene en cuenta que la mayoría de los docentes de física recurren a los libros de texto, para planear y diseñar sus clases y actividades, y por lo tanto se pone en evidencia la necesidad de contar con otras fuentes que permitan tener más elementos de juicio para un manejo adecuado del concepto, así como del diseño de estrategias de enseñanza-aprendizaje.

Por otra parte, Guisasola et al. (2008) proponen una serie de “indicadores de aprendizaje”

que muestran los diferentes estadios que se deben trabajar en una secuencia de enseñanza, y establecen los principales conceptos y formas de razonamiento que deben aprender los estudiantes. Además, afirman que “...en el caso del concepto de fuerza electromotriz, el conocimiento de las dificultades históricas y de las ideas que contribuyeron a superarlas nos proporcionan una información útil para diseñar secuencias de enseñanza y objetivos de aprendizaje bien fundamentados”. En este trabajo se identifican los aspectos que los autores consideran fundamentales para la enseñanza del concepto y para dar cuenta del aprendizaje del mismo, dentro de un modelo denominado el “modelo de Kirchhoff”, el cual según los autores, recoge finalmente los elementos necesarios que combinados con los conceptos actuales de carga eléctrica, energía y trabajo, permite un desarrollo importante del concepto de *fem* y sus aplicaciones en el funcionamiento de circuitos de corriente continua, para estudiantes de bachillerato (16-18 años) en España. Los cinco indicadores que seleccionan para este caso en particular involucran la razón por la cual es necesario considerar este concepto para explicar el funcionamiento de una pila en un circuito de corriente continua, su relación con el de diferencia de potencial, en términos de campos conservativos y no conservativos, la medida cuantitativa del mismo a nivel interpretativo y empírico, y su relación con la pila en el circuito, así como el uso de estrategias propias del pensamiento científico por parte de los estudiantes y su capacidad para relacionar lo aprendido con aplicaciones ciencia-tecnología-sociedad-medio ambiente.

El trabajo de Guisasola et al (2008), aporta elementos importantes en relación al cómo un estudio histórico y epistemológico contribuye en la selección de los contenidos y su organización en la secuencia, teniendo en cuenta las dificultades de aprendizaje asociadas a cada indicador; lo cual invita al diseño de una secuencia de enseñanza coherente con el contexto problemático de la educación media en la ciudad de Bogotá y que tenga en cuenta los limitantes de la programación curricular en las instituciones involucradas, ofreciendo así nuevas alternativas para los cursos de física en éstas y en otras instituciones educativas de secundaria.

Por último, la tesis doctoral de Garzón (2012), recoge un estudio acerca de las dificultades de aprendizaje asociadas al concepto de *fem* en cursos introductorios de física a nivel universitario, identificando en un grupo de estudiantes (de primeros semestres de formación en licenciatura en

física, e ingeniería en diferentes países), confusiones entre el significado del concepto *fem* y otros como: diferencia de potencial, corriente eléctrica, fuerza, energía y trabajo; así como confusiones entre las leyes que se aplican en el contexto de los circuitos eléctricos y la presunción equivocada de que existen dos conceptos diferentes de *fem*, uno asociado a los circuitos eléctricos y otro a la inducción electromagnética. Estas dificultades son tenidas en cuenta en el presente trabajo, con el propósito de identificarlas y abordarlas en el contexto de la educación media, contribuyendo así a reducir este tipo de confusiones. Asimismo, el trabajo de Garzón realiza una revisión bibliográfica que permite identificar aspectos que deben ser tenidos en cuenta para enfrentarse de manera crítica los libros de texto, respecto a la manera en la que presentan el concepto de *fem*, lo cual reitera la invitación para diseñar materiales complementarios que permitan una construcción apropiada y significativa tanto del concepto de *fem*, como de los conceptos asociados a éste en el contexto de la electricidad para la educación media.

Investigaciones como las citadas anteriormente, permiten caracterizar los elementos relevantes que dentro de la historia, epistemología, teoría, experimentación, didáctica y pedagogía, deben considerarse en el diseño de secuencias de aula que pretendan afrontar las dificultades más comunes al abordar el concepto de *fem* en un aula de clase.

En la siguiente tabla se resumen los trabajos abordados como antecedentes de la investigación.

Tabla 1.1. Antecedentes

AUTOR	AÑO	TÍTULO
Fisher, L. H. & Varney, R. L.	1976	<i>Potencial de contacto entre metales diferentes, historia conceptos y errores conceptuales persistentes.</i>
Varney, R. L.& Fisher, L. H.	1980	<i>Electromotive force: Volta's forgotten concept.</i>
Fernández, M. Guisasola, J. & Montero, A.	2005	<i>¿Cómo se Presenta el Concepto de Fuerza Electromotriz? Visiones Distorsionadas de la Electricidad en los Libros de Texto.</i>

Guisasola, J., Montero, A. & Fernández, M.	2005	<i>Concepciones de futuros profesores de ciencias sobre un concepto «olvidado» en la enseñanza de la electricidad: la fuerza electromotriz.</i>
Guisasola, J. , Montero, A. & Fernández, M.	2008	<i>La historia del concepto de fuerza electromotriz en circuitos eléctricos y la elección de indicadores de aprendizaje comprensivo.</i>
Garzón, I.	2012	<i>El Concepto de Fuerza Electromotriz en Cursos Introductorios de Física en la Universidad: Dificultades de Aprendizaje y la Presentación del Concepto en los Libros de Texto.</i>

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Analizar el diseño e implementación de una secuencia de enseñanza para la educación media, en la que se consideren los elementos históricos, epistemológicos y experimentales de la construcción del concepto de *fem* y se busque de parte de los estudiantes una construcción significativa del mismo, que permita establecer relaciones entre éste concepto y otros propios del campo de la electricidad, en la explicación del funcionamiento de baterías eléctricas y circuitos simples de corriente continua.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un marco referencial en el que se evidencie la manera en que los elementos históricos, epistemológicos y experimentales son considerados en el desarrollo del proyecto.
- Identificar las “demandas de aprendizaje” que tienen los estudiantes frente a la comprensión y explicación de fenómenos eléctricos en los que se involucre el concepto de *fem* u otros conceptos asociados a su construcción; para abordarlas y trabajarlas desde la secuencia de enseñanza.
- Diseñar las actividades de la secuencia de enseñanza de manera que respondan al proceso de

construcción del concepto de *fem* en relación con otros conceptos del campo de la electrostática y la electrocinética y contemplen los elementos del marco referencial.

- Aplicar, sistematizar y analizar la implementación de la secuencia de enseñanza diseñada, identificando la construcción significativa del concepto de *fem* de parte de los estudiantes al relacionarlo con otros conceptos propios de la electricidad, en las explicaciones que proponen para los fenómenos eléctricos asociados a éste.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los referentes teóricos desde los que es planteada y desarrollada la investigación. Dentro de este, en los apartes iniciales se presenta la concepción de conocimiento, de los sujetos constructores de conocimiento en el contexto escolar y del contexto mismo de construcción de conocimiento, desde los que se abordan las preocupaciones expuestas en el Capítulo I. En segundo lugar se aborda la discusión sobre el papel de la experimentación y la experiencia en la construcción de conocimiento, teniendo en cuenta el desarrollo conceptual de uno de los ejes transversales a la investigación. Por último, se expone la construcción histórica, conceptual, procedimental y experimental del concepto de *fem* y de otros conceptos asociados a este, como el de potencial eléctrico, resaltando la importancia de los elementos caracterizados en los demás apartes del capítulo.

Desde el siglo XVIII en el campo de la enseñanza y más recientemente en el de la enseñanza de las ciencias naturales, se han construido y puesto en práctica múltiples perspectivas de trabajo bajo el principio de que el aprendizaje “no consiste en una asimilación pasiva de datos y contenidos culturales” (Nussbaum, 2010, pág. 39). Dependiendo del papel de factores epistemológicos, ideológicos, sociales, culturales, entre otros, los elementos que subyacen a estas perspectivas son distintos. Igualmente, los propósitos, implicaciones y resultados que en cada contexto tienen dichas formas de proceder dentro del aula, son diferentes.

A pesar de que no se pueda tener una respuesta definitiva para el problema de la enseñanza de las ciencias, cada vez se dispone de criterios más exigentes para analizar y evaluar las diferentes propuestas (Campanario & Moya, 1999). Dichos criterios se enmarcan principalmente alrededor de preguntas como las siguientes: ¿Cómo concibe el maestro el conocimiento, particularmente el conocimiento científico dentro y fuera del aula?, ¿Cuáles son las estrategias y las dinámicas que utiliza el maestro para desarrollar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias? y ¿Cuál es la imagen de conocimiento que va construyendo el estudiante? Como señala Campanario et al. (1999), el conocimiento que se posee, la naturaleza de lo que se enseña, la organización social de la

enseñanza, las características sociales y cognitivas del estudiante, sus conocimientos y destrezas, las relaciones psicosociales, los factores motivacionales y los recursos y medios disponibles, deben hacer parte de los criterios bajo los cuales deben pensarse las estrategias de trabajo dentro del aula de ciencias naturales.

Reconociendo la particularidad de los contextos de enseñanza de las ciencias naturales y particularmente de la física, sus actores y las ideas anteriormente mencionadas, a continuación se presentan los elementos que constituyen la perspectiva teórica que se asume en esta investigación. ¿Cómo se entiende el conocimiento que circula en los contextos escolares y de la clase de ciencias?, ¿Qué elementos se consideran cruciales en la construcción de conocimiento y como se aplican para el caso disciplinar específico que se aborda en este trabajo?, son las preguntas que a continuación serán respuestas.

2.1. El conocimiento, una construcción social en continuo crecimiento

El conocimiento, como un proceso de creación del pensamiento, es esencial para vivir en el mundo (Jiménez, Vargas, & Méndez, 2013; Flórez, 1994; Arca, Guidoni, & Mazzoli, 1991). Como señalan Arca et al. (1991), la propuesta de Wittgenstein sobre los *modos de pensar, hablar y hacer*, que en conjunto se traducen en los *modos de observar y relacionarse* con la realidad, permite hablar del conocimiento como diferentes sistemas, individuales y colectivos, que no se desarrollan linealmente y constituyen al individuo y su relación con el entorno. Además, podemos entender el conocimiento como un proceso de construcción de significados, producto de la interiorización de la *experiencia*, que determinan las maneras en que observamos, interpretamos, e interactuamos con el mundo (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1999).

En este sentido, para esta investigación es fundamental considerar los elementos de los contextos en los que se da la construcción de conocimiento, ya que el conocimiento es producto del ser humano en sus contextos. Teniendo en cuenta que la transformación de las ideas que tenemos del

mundo, depende de la misma transformación de las relaciones del ser humano con su entorno, como lo plantea (Hernández C. , 1999) desde una perspectiva constructivista de la enseñanza de la ciencias, se puede afirmar que todo conocimiento es construido, en un momento dado de la historia, con las herramientas que tiene el ser humano a su disposición.

Reconocer entonces el conocimiento como una construcción del individuo en un contexto histórico, social y cultural específico, permite explorar la particularidad de los conocimientos que circulan en los contextos de formación en ciencias naturales y las dinámicas que tienen lugar en estos. Es así, que la clase de ciencias naturales constituye un espacio donde el conocimiento científico, del maestro y del estudiante, al igual que las maneras y contextos desde los que cada uno de ellos construye dicho conocimiento, se encuentran y deben ser reconocidas. Por lo tanto, el maestro de ciencias tiene el deber de estudiar la naturaleza del conocimiento que aborda y de su construcción, al igual que las dinámicas de construcción de conocimiento propias y de sus estudiantes, posibilitando que la clase de ciencias naturales adquiera sentido para quien participa en ella y el contexto en el cual se desarrolla.

Un lugar de partida, en este sentido, es reconocer que existen diferentes tipos de conocimientos y que cada uno de ellos es muy particular. El conocimiento científico, por ejemplo, generalmente organiza los fenómenos (construidos desde la experiencia) en estructuras conceptuales o teorías, siguiendo ciertas pautas y recogiendo, criticando y sintetizando el conocimiento anterior, a través de un diálogo entre la experiencia y la teoría – esta relación se amplía en el numeral 2.3 de este capítulo -. Afirmaciones similares, pueden hacerse sobre la construcción de conocimiento de los maestros y la construcción de conocimiento de los estudiantes, quienes construyen conocimiento en contextos particulares, que les plantean problemas y les ofrecen herramientas para pensar (Hernández C. , 1999).

Es necesario llamar la atención del papel jugado, en la construcción de conocimiento científico, por los procesos de formalización asociados a la construcción de conceptos y redes conceptuales, las dinámicas dentro de la sociedad de la validación de dichos productos y su relación

con los procesos de aprendizaje. Al estudiar la naturaleza de la ciencia, elementos como los patrones utilizados para evaluar las explicaciones científicas que cambian generacionalmente, no son más o menos correctas que otras en el tiempo y están estrechamente ligados a las creencias vigentes de la sociedad (comunidad científica) en cada momento de la historia; permiten hablar del conocimiento científico como una “lógica del desarrollo” similar a las pautas de los procesos de aprendizaje, en los que “teorías, métodos y problemas compiten por la supremacía” o dialogan entre sí (Duschl, 1997). Igualmente, considerar estos elementos visibiliza una nueva cara de las ciencias, permitiendo una mejor comprensión de los procesos asociados a la construcción de conocimiento científico y generando un amplio rango de pautas útiles para que los profesores las usen en la selección, secuenciación y evaluación de estrategias didácticas.

Así, considerar elementos como la historia, la epistemología y la sociología de las ciencias en la construcción de un nuevo significado de estas, para esta investigación representa beneficios como: reconocer el carácter construido del conocimiento científico y su historicidad, y estudiar la actividad científica ligada a los contextos en los que se realiza y dentro de los que responde a las exigencias e intereses generados en ellos, entre otros, superando los mitos que regularmente se tejen alrededor de la ciencia, el conocimiento científico y los científicos (Allchin, 2002). Esto puede verse reflejado en diferentes planos del trabajo del maestro, desde el de la motivación y de la caracterización de la naturaleza del conocimiento científico, hasta el de la estrategia didáctica, ya que el establecimiento de paralelos entre el desarrollo científico y el desarrollo del conocimiento individual permite formular elementos para el diseño de actividades en el aula (Ayala, 2006).

Ahora bien, en términos de las dinámicas de construcción de conocimiento de los maestros y los estudiantes y del sistema de relaciones que se establece en la clase de ciencias naturales, desde la perspectiva social-constructivista se reconocen diferentes elementos que permiten caracterizar el lugar desde el cual son abordados en esta investigación. Así, reconocer el papel del contexto social, los colectivos, las interacciones sociales, la dimensión cognitiva y emocional del estudiante, del aula de clases y del contexto extra escolar en los procesos de construcción de conocimiento (Zembylas, 2005), posibilita asumir la clase de ciencias naturales como un espacio social de desarrollo de dimensiones específicas (en el campo del conocimiento científico) y generales (en el campo de los

procesos de construcción de conocimiento) del individuo, para él y para el contexto en el que se desenvuelve –los elementos aquí mencionados serán ampliados en el numeral 2.2 de este capítulo-.

La preocupación por el desarrollo de estas dimensiones dentro de la investigación, se traduce en lo que, se ha denominado como contenidos declarativos (que en adelante se denominaran contenidos conceptuales) y contenidos procedimentales (De Pro Bueno, 1998). Si bien se ha hecho énfasis en la distinción entre el conocimiento y las dinámicas de construcción de conocimiento del científico, del maestro y del estudiante, rescatando elementos como naturaleza de las ciencias, del trabajo dentro del aula, de los contextos de construcción de conocimiento, entre otros; un lugar común que permite plantear una perspectiva de trabajo dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, es la preocupación por los contenidos conceptuales y procedimentales y su desarrollo dentro del aula.

En este sentido, una mirada general sobre los modos de pensar, hablar y hacer dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias permite hacer múltiples diferenciaciones, entre ellas, la diferenciación entre los contenidos y las habilidades presentes dentro de los mismos. Así, una cosa es hablar de los contenidos que generalmente se abordan en el aula como por ejemplo el campo de la electricidad y otra cosa es hablar del desarrollo de habilidades como la descripción de las observaciones o el planteamiento de hipótesis a propósito de la experiencia. Aun así, hacer dicha diferenciación no implica plantear que estos dos tipos de contenidos no están relacionados, es más, evidencia y reconoce dicha relación y la relevancia que deben tener para quien plantea, pone en práctica y evalúa, dinámicas y procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

En esta investigación, se adoptan los planteamientos hechos por diferentes autores a propósito de la diferenciación de los contenidos conceptuales y procedimentales (De Pro Bueno, 1998; Córdón, 2008), lo que se traduce en uno de los ejes transversales desde los que se plantea la secuencia de enseñanza descrita en el siguiente capítulo y los parámetros desde los que se organizan, sistematizan y analizan las evidencias recopiladas en el Capítulo IV. Así, se diferencian los contenidos conceptuales priorizados en la enseñanza tradicional de las ciencias y que caracterizan a

cada disciplina, de los contenidos procedimentales que “son las habilidades, destrezas y estrategias cognitivas, manipulativas, comunicativas y de investigación, de mayor o menor complejidad, que se deben utilizar para construir conocimiento o dar solución a un problema” (Cordón, 2008, pág. 46)

Ahora bien, frente a la manera en que se aborda esta diferenciación en la investigación es necesario considerar algunos elementos. Inicialmente se debe resaltar la diferenciación entre un proceso de la ciencia y un contenido procedimental, ya que ni la motivación para aprenderlos, ni su desarrollo, ni quien los construye, ni la utilidad y finalidad que tiene para el que los usa son iguales. Esto implica considerar el contexto científico donde tiene su origen el conocimiento científico, pero «acondicionarlo» como contenido académico, válido para la formación de cualquier ciudadano y no sólo para científicos (De Pro Bueno, 1998).

Igualmente, las actividades deberán facilitar los propósitos educativos de la investigación, teniendo en cuenta que cuando se propicia la construcción de conceptos probablemente también se están construyendo contenidos procedimentales y viceversa, por lo que la preocupación por cómo se hace y cuáles son los resultados que se buscan obtener, deben ser preguntas transversales a los procesos desarrollados.

Por último, cabe resaltar que la descripción de las observaciones o el planteamiento de hipótesis, no son los únicos contenidos procedimentales o habilidades en el campo de las ciencias y su enseñanza, “hay un enorme número de habilidades de investigación, de destrezas comunicativas, de estrategias cognitivas... que posiblemente sean generadoras de una mayor cantidad de conocimientos y de aprendizajes” (De Pro Bueno, 1998, pág. 22). Las que en este sentido se priorizan dentro de la investigación serán descritas en el Capítulo III.

Así, retomando lo señalado por diferentes autores (Furió & Guisasola, 1997; Guisasola, Gras, Martínez, Almudi, & Becerra, 2004; Guisasola, Montero, & Fernández, 2005; Garzón, 2012); para el caso específico del campo de la electricidad, del concepto de *fem* y otros asociados, reconocer los

elementos propios de la construcción histórica, social, cultural, contextual, procedimental y conceptual del conocimiento, permite identificar y afrontar las problemáticas que generalmente se tienen al abordar dichas temáticas en los espacios de formación en ciencias. Considerar el aprendizaje como una construcción y ampliación activa del conocimiento, en un contexto cada vez más tecnologizado, permite dentro de esta investigación afrontar los problemas descritos en el capítulo inicial.

2.2. Concepción y propósitos de los sujetos constructores de conocimiento en la escuela y de los procesos de educación en ciencias

Retomando las ideas de la sección anterior, relacionadas con quienes construyen conocimiento en el contexto de la clase de ciencias naturales, y las dinámicas de construcción de conocimiento de los mismos; en este numeral se amplían dichos elementos abordando dos preguntas: cómo se concibe al estudiante y al maestro como sujetos constructores de conocimiento y la relación maestro estudiante, y cuáles son los propósitos a los que responden los procesos de educación en ciencias para esta investigación.

Como ya se ha mencionado, las dinámicas, los contextos de desenvolvimiento y de construcción de conocimiento del estudiante y del maestro son particulares y diferentes entre sí. Por tal razón, el reconocimiento de estas diferencias es necesario, ya que no sólo son de contexto y de los elementos que constituyen estos contextos. Desde la perspectiva social constructivista se asume que el conocimiento se construye a través de la interacción entre los conocimientos, actitudes y valores de un individuo, por un lado, y las interacciones sociales en un contexto social-cultural por el otro (Zembylas, 2005). Así, no solo la dimensión cognitiva sino también la emocional y actitudinal tanto del maestro como del estudiante son importantes; además de las interacciones sociales y culturales que posibilitan la construcción de conocimiento dentro y fuera de la escuela.

El estudiante como sujeto activo constructor de su conocimiento, dentro y fuera de la clase, construye interpretaciones y evaluaciones basadas en su conocimiento previo y las creencias que

trae. Además, considerar que la dimensión emocional del estudiante se fundamenta en el contexto social particular que lo constituye, es una parte importante para hablar del contexto en el que el aprendizaje tiene lugar. Así, es conveniente tener en cuenta que los aspectos emocionales y los aspectos cognitivos no deberían considerarse separados; la relación entre estos dos aspectos del estudiante hace parte de un proceso dinámico que permite la reestructuración continua de las dinámicas de aprendizaje (Zembylas, 2005).

En este sentido, la relación entre la dimensión cognitiva y la emocional del sujeto que construye conocimiento, en el marco de la perspectiva social constructivista puede entenderse alrededor de la preocupación por los elementos motivacionales, los cuales también determinan las dinámicas de construcción de conocimiento. El sujeto constructor de conocimiento, está inmerso en diferentes dinámicas dentro y fuera de la escuela, y dentro de estas debe “comprometerse en el acto de construir sentido” del proceso de aprendizaje (Garzón, 2012, p. 97); en este sentido las dinámicas que se propicien dentro del aula deben buscar dicha construcción de sentido. Así, la perspectiva social constructivista, puede ser un marco teórico orientador al juntar el contexto social del aprendizaje con la respuesta individual del estudiante, en la acción misma de construcción de conocimiento.

El maestro, además de estar inmerso en las dinámicas en las que el estudiante construye conocimiento, es “el vínculo clave entre la cultura científica y los estudiantes” (Garzón, 2012, p. 97). Es en este sentido, que la preocupación por la naturaleza del conocimiento científico y las dinámicas de construcción del conocimiento científico y escolar, debe estar presente en el discurso y práctica del maestro. Además, la puesta en escena del *maestro como investigador* es esencial, ya sea identificando problemáticas, diseñando diferentes estrategias de enseñanza, para los estudiantes o para otros maestros, o aplicando estrategias innovadoras y analizando los resultados; la labor del maestro se ha replanteado frente al papel que desempeñaba en la educación tradicional, no sólo por los resultados de las investigaciones de las últimas décadas, sino también por las exigencias y necesidades de cada uno de los contextos sociales, culturales, políticos y económicos en los que el maestro de ciencias se desempeña.

Por otra parte, reconocer que el contexto actual en el que tienen lugar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencias es altamente tecnologizado y está ampliamente influenciado por múltiples movimientos sociales alrededor de diferentes problemáticas (como las ligadas a cuestiones ecológicas), determina un lugar diferente desde el que deben pensarse las estrategias de enseñanza y los propósitos de las mismas. Las dinámicas actuales implican que “los individuos deben buscar (y a veces exigir), validar y sintetizar una enorme cantidad de informaciones complejas; deben después comunicar, manifestar, ocupar y tratar de ampliar todos los espacios de deliberación democráticos, etc.” (Sauvé, 2013, pág. 1) y es en este contexto, que lo que se haga dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales debe adquirir sentido para quien participa de estos.

En un contexto en el que el poder y el desarrollo de la ciencia están vinculados, es necesario reconocer la actividad científica y la enseñanza de la ciencias en un campo de significación y resignificación social, que permite que los estudiantes elaboren modos particulares de relacionarse con el mundo, reconociendo otros diversos modos de conocerlo, y otras posibilidades de constitución entre los diferentes tipos de saberes. Es en este sentido, que dentro de las dinámicas de construcción de conocimiento en la escuela, se conveniente propiciar el desarrollo de una educación científica en la que se relacionen los contenidos conceptuales, procedimentales, actitudinales y axiológicos. La formación de ciudadanos trasciende la construcción de contenidos conceptuales y procedimentales, ya que se trata de formar ciudadanos críticos y reflexivos capaces de asumir una visión global de las problemáticas de su contexto para afrontarlas.

Entonces, es importante formar ciudadanos capaces de identificar la dimensión científica de las problemáticas de sus contextos y de comprometerse con la búsqueda de cambios, formar ciudadanos en una cultura científica que les permita apreciar y desmitificar el saber científico, y buscar e interpretar la información disponible, formar “ciudadanos capaces de contribuir a construir un saber válido y de hacer elecciones sabias”. Igualmente, es necesario llamar la atención sobre la formación de docentes, ya que “si nuestras instituciones de enseñanza deben contribuir a formar nuevas generaciones de científicos y de ciudadanos comprometidos, se vuelve urgente formar aquellos que los formarán y que contribuirán a la educación científica” (Sauvé, 2013, págs. 2, 4).

Por último, cabe señalar que desde el marco del paradigma social constructivista, el desarrollo del pensamiento en los individuos procede en gran parte de las interacciones sociales, las dinámicas de construcción de conocimiento y de interacción dentro del aula, que pueden verse favorecidas a través del desarrollo de secuencias de enseñanza que tengan en cuenta esto. Esto, teniendo en cuenta principalmente que las dinámicas dentro de la clase de ciencias dan la posibilidad de hacer que los estudiantes desarrollen un rango de modos de hablar, pensar y conocer acerca del mundo (Leach & Scott, 2002). Así, retomando una de las ideas enunciadas en el Capítulo I, como señala Duschl (1997), un elemento de la educación tradicional que debe ser superado, son los cursos de ciencias panorámicos, en los que se intenta enseñar un poco de todo. En este sentido, dentro de la investigación desarrollada, la preocupación por el desarrollo de programas que aborden a profundidad algunos temas de ciencias seleccionados, se traduce en el diseño de una secuencia de enseñanza y de las estrategias de implementación de la misma, buscando la construcción de contenidos conceptuales y procedimentales y con ello una nueva visión del conocimiento científico para el sujeto y su contexto.

En el Capítulo III, se presentan posturas metodológicas que se asumen en el diseño e implementación de la secuencia de enseñanza, a partir de los referentes presentados en este capítulo.

2.3. La experimentación, la experiencia y su papel en la construcción de conocimiento en el aula

En el primer aparte de este capítulo se ha expuesto la perspectiva desde la que se entiende el conocimiento dentro de esta investigación y algunas de sus principales características e implicaciones para la misma, sin embargo hay un elemento dentro del proceso de construcción de conocimiento científico y de construcción de conocimiento en la enseñanza de la física, que adquiere especial importancia en este trabajo y que el equipo de investigación considera necesario exponer: la experimentación, la experiencia y su papel en la construcción de conocimiento científico y en la clase de física, específicamente en el campo de la electricidad.

Inicialmente, para abordar la discusión sobre la actividad experimental y la experiencia respecto a la construcción de conocimiento, se considera pertinente explicitar lo que se entiende por estas. Teniendo en cuenta que “lo que se entiende por expresiones como fenómeno y fenomenología, así como experimento, experiencia y experimentación... permiten nuevas formas de actuar, nuevas formas de pensar y nuevas formas de hacer en el aula” (Malagón, Sandoval, & Ayala, 2013, pág. 123), es necesario diferenciarlos y aclarar lo que cada uno de estos significa para el docente. Es más, esta diferencia, sobre todo en el campo de la física, se hace más necesaria si se incluyen elementos como la medición, dentro de la actividad experimental (Ferreiros & Ordóñez, 2002).

La actividad experimental está relacionada principalmente con la construcción y comprensión de las fenomenologías de estudio, con la ampliación y organización de la experiencia de los sujetos, con la formalización de relaciones y con la creación de supuestos conceptuales. Igualmente la actividad experimental está vinculada con la construcción de conceptos, de magnitudes y de formas de medida para la conformación de fenomenologías. En este sentido, se entiende al fenómeno como “lo que aparece frente a una conciencia... que no es en sí mismo, no existe en sí mismo... se presenta tal como es”, se construye y transforma dependiendo de las organizaciones que continuamente se hagan de él, como consecuencia de la construcción y transformación de la propia conciencia del sujeto que conoce; y se entiende la fenomenología como “la organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas, esto es una descripción detallada del fenómeno” (Malagón, Sandoval, & Ayala, 2013, pág. 122).

Ampliando estos elementos, se pueden retomar planteamientos como los de Romero y Aguilar (2013), quienes además de plantear la necesidad de una reflexión crítica sobre el rol de la experimentación en su relación con la actividad científica y su papel en la manera de proceder en el planteamiento y transformación de estrategias en el campo de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, exponen diferentes elementos que permiten ampliar los lugares desde los cuales tradicionalmente se aborda dicho rol. Así, reconocer que campos como la historia y la filosofía de

las ciencias visibilizan una relación distinta entre la teoría y el experimento, la existencia de diferentes roles desde los cuales se puede hablar de la experiencia y la experimentación en la construcción de conocimiento, y cómo la manera en que se entienda dichos roles refleja la concepción misma de ciencias y de enseñanza de las ciencias que tenga el maestro, revela un campo que no debe asumirse a la ligera y que efectivamente posibilita la transformación de los propósitos y resultados de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

En este sentido, es necesario señalar cómo históricamente la relación teoría, experiencia, experimento ha sido entendida y abordada desde diferentes puntos de vista, dentro de los cuales jerárquicamente algunos elementos se han organizado sobre los otros. El Teoriticismo (Ferreiros & Ordóñez, 2002), que comprende el conjunto de elementos que principalmente durante el siglo XIX y aun actualmente, ubica a la teoría en lugar superior frente a la experiencia o la actividad experimental; establece cómo la teoría, los conceptos, el mundo de las ideas ocupa un lugar privilegiado frente a la experiencia y la actividad experimental, recurriendo solo a ella en un carácter de comprobación o verificación de la misma (tradicción que coincide con la manera en que tradicionalmente se recurre a la experiencia y la actividad experimental en la clase de física). Sin embargo, un lugar en donde la relación no sea jerárquica y unidireccional, sino más bien paralela y bidireccional, es más favorable dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencias naturales y particularmente en el caso del electromagnetismo, pues es en la construcción y estudio de este campo que es más evidente esta relación dialógica y mutuamente constitutiva.

Por lo tanto para este trabajo, la actividad experimental juega un papel fundamental en la enseñanza de las ciencias y la formulación de propuestas y actividades donde los estudiantes y los profesores están comprometidos con la construcción y comprensión de los fenómenos que se estudian, ya que “contribuye a ampliar la base de hechos de observación, favorece el planteamiento de problemas conceptuales y orienta y dinamiza la formalización de procesos de organización de la experiencia” (Romero & Aguilar, 2013, pág. 6).

Particularmente, para el caso de la electricidad la actividad experimental adquiere aún más importancia; la cual se puede describir resaltando tres elementos. Primero, la construcción y comprensión de fenomenologías, gracias a la preocupación por construir un conjunto de efectos observables desde los cuales se pueda caracterizar la construcción de la experiencia que se asocie con la construcción de las fenomenologías de estudio. En segundo lugar, la ampliación de la experiencia, ya que la actividad experimental resulta útil para construir las observaciones, relaciones y lenguajes desde los que puede posibilitarse la construcción de conocimiento. Por último, la construcción de modos de hablar del fenómeno, teniendo en cuenta que si la experiencia se transforma también se transforman los modos de hablar sobre la experiencia (Malagón, Sandoval, & Ayala, 2013).

Estos tres elementos adquieren relevancia al caracterizar las dinámicas de construcción de conocimiento en el campo de la electricidad. Si partimos de la idea de que las explicaciones sobre lo que ocurre, sólo se pueden dar en términos de una organización de lo que se percibe y la íntima relación entre los modos de hacer y de hablar que se pone de presente dentro de dichas explicaciones (Malagón, Sandoval, & Ayala, 2013), la experiencia o lo que se percibe en el campo de la electricidad, es limitada. Por lo tanto la ampliación de la experiencia que propenda a la construcción y comprensión de fenomenologías en este campo es vital y estará íntimamente vinculada con la construcción de nuevos fenómenos, fenomenologías y nuevos modos de hablar para describirlos, comprenderlos y explicarlos.

A continuación, se describen los elementos que bajo las perspectivas expuestas permiten abordar la construcción del concepto de *fem*, las experiencias y transformación de los modos de hablar sobre el mismo, resaltando el lugar de los contenidos conceptuales, procedimentales la actividad experimental, en dicha construcción.

2.4. La construcción histórica, conceptual, procedimental y experimental del concepto de fem y otros conceptos asociados.

Para el estudio de la electricidad y en particular del concepto de *fem*, la preocupación por su construcción histórica a la luz del interés por su desarrollo conceptual, procedimental y experimental, permite establecer los lugares particulares desde los cuales se plantea en esta investigación la secuencia de enseñanza sobre el concepto de *fem*. Los campos temáticos que deben ser abordados, los conceptos que deben ser construidos, los procedimientos que deben ser desarrollados o que pueden ser utilizados durante el proceso de construcción de conocimiento y las experiencias en torno a las cuales se posibilita dicha construcción, son elementos extraídos de una lectura crítica de la construcción histórica del concepto de *fem* y otros asociados, como el concepto de potencial eléctrico.

Siguiendo principalmente la presentación realizada por (Garzón, 2012) en la Tesis Doctoral: *El Concepto de Fuerza Electromotriz en Cursos Introductorios de Física en la Universidad: Dificultades de Aprendizaje y la Presentación del Concepto en los Libros de Texto*, en el aparte 1.2.2 *Evolución del concepto de fem desde su origen en el siglo XVIII hasta el momento actual* y de otros autores (Furió & Guisasola, 1997; Guisasola, Montero, & Fernández, 2008; Whittaker, 1973; Guisasola, Gras, Martínez, Almundi, & Becerra, 2004; Guisasola, Montero, & Fernández, 2005); se extraen los elementos que permiten construir el orden de las etapas propuestas dentro de la secuencia que se diseñó, sus contenidos conceptuales, procedimentales y experimentos que se propusieron. A continuación se organizan dichos elementos y una reflexión sobre cada uno de ellos.

La construcción de la *Electricidad* como campo de estudio y disciplina desde la antigüedad y principalmente durante los siglos XVI, XVII y XVIII, está enmarcada en el estudio de los efectos de atracción, la clasificación de materiales, los tipos de electrificación, los fenómenos de conducción eléctrica y la diferenciación de los fenómenos eléctricos y magnéticos. En un principio se le daba prioridad a las explicaciones de carácter cualitativo a partir de la descripción detallada de las observaciones y la definición de las propiedades de lo observado dentro de la experiencia. Igualmente, la construcción de magnitudes como la de cantidad de electrificación y la de grado de

electrificación, fue desarrollada gracias al detalle de las observaciones realizadas sobre las experiencias creadas y las abstracciones que sobre las mismas se realizaron.

La atracción y repulsión entre cuerpos, como efectos visibles, son los que inicialmente propiciaron la construcción de nuevas fenomenologías. Preguntarse por ¿Cómo clasificar los materiales según su comportamiento eléctrico? Y ¿Cómo diferenciar los fenómenos eléctricos y magnéticos? permitió ampliar la experiencia a propósito de los efectos de atracción y repulsión de cuerpos y construir los cimientos del campo de los fenómenos eléctricos y su diferenciación con los magnéticos. De la mano de personajes como Gilbert (1544 - 1603), Gray (1666 - 1736), Dufay (1698 - 1739), Franklin (1706-1790), Cavendish (1731-1810) y Coulomb (1736 - 1806) entre otros y desde la antigüedad, se constituye el campo de la Electroestática.

Históricamente la construcción de las explicaciones a propósito de los fenómenos electrostáticos, ha atravesado diferentes etapas. En la antigüedad, dentro de los modos de describir lo observado, se asignaban características antropomórficas a los cuerpos involucrados en las experiencias. En el siglo IV la diferenciación de los elementos verificables y no verificables en la descripción de los efectos observables de atracción y repulsión asociados a la clasificación de los materiales permitió ampliar y modificar las explicaciones construidas. En los siglos XII y XIII, se abordó la preocupación por la diferenciación de los fenómenos electrostáticos y magnéticos, que solo fue aclarada para el siglo XVII. Y durante este siglo y el XVIII se construyeron las explicaciones que no se asocian a otro tipo de características como la masa de los cuerpos u otro tipo de fenómenos como los térmicos, ampliando las experiencias y construyendo o reinterpretando los términos que designan lo observado (Roller & Roller, 1967); (Garzón, 2012).

Así, el establecimiento de relaciones entre las variables construidas e identificadas desde y en las experiencias, posibilitaron la transformación de los elementos que conformaban las explicaciones construidas y por lo tanto el campo de estudio denominado hoy en día Electroestática. La matematización que para el siglo XIX tuvo lugar alrededor de este campo (dentro del paradigma Mecanicista Newtoniano) enmarcó la construcción de nuevas magnitudes que permitían hablar de lo observado y de lo experienciado. Particularmente la carga y el grado de electrificación (hoy entendido como potencial eléctrico) fueron diferenciados a partir de la relación entre la forma o tamaño de conductores diferentes en contacto y su electrificación.

Cavendish propuso que “dos cuerpos de formas distintas enlazados por un hilo conductor, no tienen la misma carga, pero sí el mismo grado de electrificación” (Garzón, 2012, p. 32). Estas dos magnitudes, la de carga y la de grado de electrificación, siendo la primera la asociada a la cantidad de electrificación y la segunda a su distribución, permiten caracterizar la electrificación de los cuerpos y por lo tanto los efectos observados alrededor de los mismos y constituyen elementos fundamentales en el diseño de la secuencia de enseñanza que se presenta en esta investigación, junto con las experiencias que dieron lugar a su construcción.

Por otra parte, para finales del siglo XVIII, observaciones como las de Galvani (1737 - 1798) y Volta (1745 - 1827), sobre los efectos eléctricos observados por el contacto de dos metales diferentes, dieron lugar a la necesidad de crear explicaciones que para ese entonces no tenían cabida desde la perspectiva electrostática. El surgimiento de modos de hablar como la electricidad animal propuesta Luigi Galvani y la electrificación por contacto propuesta Alessandro Volta y los elementos procedimentales y experimentales relacionados con dichas explicaciones, constituyen elementos fundamentales en el proceso de construcción del concepto de *fem*.

A finales de 1780, Galvani preocupado por la susceptibilidad de los nervios a la irritación, desarrolló diferentes experimentos con ranas, para así analizar los efectos de la electricidad en los nervios. En uno de estos experimentos, tras diseccionar la rana y ubicarla sobre una mesa cerca de una maquina eléctrica, por accidente uno de sus asistentes tocó el nervio crural con la punta del escalpelo y observó que los músculos de las piernas de la rana convulsionaron violentamente. Posteriormente ampliando las observaciones sobre este hecho Galvani descartó que fuera la presencia de la maquina eléctrica lo que causaba las convulsiones y concluyó que era la conexión de los nervios y los músculos con los metales lo que las producía. El transporte desde los nervios a los músculos, de un fluido peculiar, un fluido eléctrico llamado Electricidad Animal o Galvanismo, que actuaba como un conductor era lo que para Galvani explicaba lo observado. (Whittaker, 1973).

El trabajo de Galvani generó una controversia entre quienes compartían sus hipótesis, un grupo quienes afirmaban que lo que se llamó Electricidad Animal era un fluido distinto a la electricidad ordinaria y el otro grupo quienes refutaban que los efectos observados eran provocados por un fluido contenido en el sistema nervioso. Entre estos últimos, Volta replica los experimentos de Galvani y encuentra que los estímulos observados en las experiencias se deben esencialmente a la

conexión de dos metales diferentes a través de un cuerpo húmedo. Aunque inicialmente el combinó su teoría del estímulo metálico en cierto grado con la Electricidad Animal de Galvani, en 1793 negó la existencia de esta. Volta evidenció que al tomar un disco de cobre y uno de zinc, cada uno con una pinza aislante y poniéndolos en contacto entre sí por un instante, al separarlos después y ponerlos en contacto con un electroscopio sensible, este instrumento indicaba que los discos estaban electrificados, de hecho que por un lado el zinc adquiriría una carga positiva y el cobre una negativa (Whittaker, 1973).

Así, construir una explicación sobre el efecto producido cuando dos piezas descargadas de metales diferentes se ponen en contacto, ya sea directamente o con la intervención de un electrolito, los dos metales llegan a cargarse (exhiben características de cuerpos electrificados) y permanecen cargados; la preocupación por magnificar los efectos perceptibles producidos por dicho contacto y la construcción de extensiones de los propios sentidos para ampliar la experiencia, y los elementos desde los cuales podía ser descrita la electrificación por contacto, superando la electricidad animal como explicación de lo observado, permitió a Volta ampliar el campo de fenómenos asociados a la electricidad y el conocimiento respecto a la misma.

Aunque inicialmente Volta, “más que explicar propone un término para describir”, el de *fuerza electromotriz* (Garzón, 2012, p. 34), sus hipótesis permiten resaltar su trabajo, ya que enmarcan sus observaciones en un campo diferente al de la electrostática. Dentro de estas hipótesis se destacan las de *motor de electricidad*, para designar a los metales, ya que su simple contacto produce el desequilibrio de los fluidos eléctricos y los mueve; la hipótesis de *tensión de fluido eléctrico*, posteriormente asociada al concepto de potencial eléctrico, mediante la que se designa la energía o el esfuerzo del fluido eléctrico (carga) para empujarse así mismo fuera del metal; la hipótesis de fuerza o esfuerzo producida por el contacto de metales diferentes y que causa la separación del fluido eléctrico de uno de los metales y lo empuja hacia el otro; y la hipótesis de *medida de la perturbación del equilibrio* entre los metales en contacto, para explicar lo que llamó *fuerza electromotriz*. Así, el movimiento, lo motriz y lo dinámico establecen los pilares a propósito del campo de la electrocinética, y de la construcción de nuevos modos de hablar acerca de lo observado.

Por otra parte, los trabajos de Volta alrededor de su pila voltaica y la construcción de explicaciones sobre los efectos observados permiten llamar la atención sobre algunos elementos. La transformación de las maneras de percibir los efectos dentro de las experiencias planteadas partiendo de los sentidos (gusto) para llegar a la construcción de sus propios instrumentos (electrómetros), la ampliación de la experiencia observable partiendo de la preocupación por la clasificación de materiales, la adopción de ideas como las de fluido eléctrico en la construcción de sus explicaciones y la construcción de explicaciones más allá del campo de la electrostática.

Para ampliar las explicaciones a propósito de la electrificación por contacto y de la construcción del concepto de *fem* actual, es necesario profundizar la reflexión acerca del concepto de potencial eléctrico. Este concepto, inicialmente se construyó como señala Garzón (2012) a través de trabajos como los de Gauss (1777 - 1855), Lagrange (1736 - 1813), Laplace (1749 - 1827), Green (1793 - 1841) y Poisson (1781 - 1840), durante los siglos XVIII y XIX, de la mano de la matemática y de la búsqueda de la caracterización de la electrificación de los cuerpos.

Para construir con más claridad el concepto de potencial eléctrico actual, es necesario considerar la transformación de los paradigmas asociados a este, dentro de la historia de la construcción del electromagnetismo. Es importante, tener en cuenta que el concepto de potencial eléctrico, que originalmente puede asociarse a los acercamientos de Watson (1715 - 1787) al caracterizar la densidad de la electrificación de los cuerpos, es interpretado de una manera dentro del paradigma de la acción a distancia, y de otra manera dentro del paradigma del campo, siendo la última la actual. Así, la idea mecanicista de la electricidad constituida por una sustancia fluida o dos fluidos que se evidenciaba en la interacción de los cuerpos, fue remplazada por las de un estado especial de las fuerzas asociadas al cuerpo cargado, las cuales se evidencian en el espacio circúndate al mismo, idea propuesta por Faraday (1791 - 1867). Esta idea permite instaurar una nueva manera de hablar de la interacción eléctrica, una en la que el concepto de energía potencial fuera tenido en cuenta (Furió & Guisasola, 1997).

Actualmente, al definir el concepto de potencial eléctrico, es útil considerar la definición del potencial gravitacional. Como plantea (Hewitt, 1999), al recordar la relación entre el trabajo (se realiza un trabajo cuando una fuerza desplaza un objeto en la dirección de la fuerza) y la energía potencial (un objeto tiene energía potencial en virtud de su posición en un campo de fuerza), la

realización de un trabajo sobre un cuerpo hace que aumente su energía potencial gravitacional; análogamente, un objeto cargado puede tener energía potencial en virtud de su posición en el campo eléctrico y del mismo modo que se requiere trabajo para alzar un objeto, se necesita trabajo para mover una partícula cargada dentro de un campo eléctrico. La energía potencial eléctrica de una partícula cargada aumenta cuando se realiza trabajo para empujarla en contra del campo eléctrico generado por algún otro objeto cargado. Esta analogía permite hablar del potencial eléctrico (V) en términos del trabajo (W) requerido hipotéticamente para ubicar una de carga (q) respecto a un campo eléctrico y de la diferencia de potencial en términos de la relación entre puntos en dicho campo. Igualmente podemos expresar el potencial eléctrico en términos de la variación de la energía potencial eléctrica por unidad de carga, como equivalente del trabajo realizado por unidad de carga.

El potencial eléctrico igualmente puede ser entendido como una propiedad de las cargas fuente (que generan campos eléctricos), y la energía potencial eléctrica se puede entender como la energía de interacción del campo (generado por las cargas fuente) con cuerpos cargadas. Mientras que el potencial da cuenta de la capacidad de interacción del campo con una partícula cargada, sin que exista está de por sí; la energía potencial eléctrica es la energía de dicha interacción (Knight, 2007). Además, es necesario considerar que una vez es generado el campo eléctrico, su caracterización es la que se vuelve fundamental y no la de la carga fuente.

Además, para el caso específico de los circuitos de corriente continua, el concepto de potencial eléctrico y diferencia de potencial, está asociado a la existencia de la corriente. Esta relación puede entenderse, ya sea porque se genera una corriente dentro del circuito por la existencia de dos puntos a diferente potencial eléctrico, o bien porque el trabajo necesario para mover una carga implica la variación de la energía potencial de la carga. Ahora bien, para analizar la relación del concepto de potencial eléctrico y el de *fem*, es necesario ampliar la descripción sobre este último.

Respecto a la relación dentro de la historia del electromagnetismo, del concepto de potencial eléctrico con el concepto de *fem*, es necesario considerar que Volta asoció el concepto de *tensión de fluido eléctrico* (hoy potencial eléctrico), con el que él construyó para describir los efectos de la electrificación por contacto, es decir el de *fuerza de movimiento eléctrico* o *fuerza electromotriz*.

Así, la *fuerza electromotriz* constituyó para volta una medida de las diferencias de *tensión de fluido eléctrico* que se producían entre los metales diferentes en contacto y de la perturbación del equilibrio natural de los metales (Garzón, 2012), es decir una medida de las diferencias de potencial eléctrico que se producían por la electrificación de metales diferentes en contacto.

Como la mayoría de los conceptos construidos en ciencias, al igual que el de potencial eléctrico, el concepto de *fem* se fue transformando desde sus orígenes, y actualmente no es entendido de la misma manera que planteaba Volta a finales del siglo XVIII. La transformación y construcción de nuevos paradigmas en el campo de las ciencias, y en particular de la física, supone ampliaciones o transformaciones de los conceptos, nuevas formas de describir y comprender los fenómenos. Especialmente para el caso del concepto de *fem*, el paradigma energeticista, que implicó la introducción del concepto de energía a partir del interés por unificar las fuerzas mecánica, eléctrica, química y magnética (Furió & Guisasola, 1997), y que involucra principios como los de conservación de la energía, constituye una nueva etapa en la evolución del concepto de *fem*, es decir hubo un transformación de este.

En el paradigma energeticista, aparece el concepto de *fuerzas electroscópicas* de Ohm (1789 - 1854), considerado como el antecedente inmediato del concepto de potencial eléctrico para el caso de los circuitos eléctricos, y asociado a la *densidad de carga*, cuyas diferencias al poner dos cuerpos en contacto hace posible la conducción de electricidad. El concepto de fuerzas electroscópicas no fue directamente relacionado con el concepto de potencial, sino hasta mediados del siglo XIX en los trabajos de Kirchhoff (1824 - 1887), quien estudió los trabajos de Ohm, en un contexto donde el electromagnetismo estaba mucho más desarrollado, y la separación entre los trabajos de Volta y Galvani con la electrostática ya no era tan amplia. Esta relación fue la que permitió “la vinculación de dominios aparentemente inconexos” (Garzón, 2012, p. 45), la electrostática y la electrocinética.

Los trabajos de Ohm realizan un aporte importante en las explicaciones acerca de los circuitos eléctricos, ya que es a partir de los resultados experimentales que obtiene él, que se construye la primera teoría coherente de la conducción eléctrica. Ohm definió las *fuerzas electroscópicas* como la magnitud que caracteriza el estado eléctrico de un cuerpo, y la *tensión* como la diferencia entre las *fuerzas electroscópicas* en los extremos de un circuito; y solamente se podía establecer una interacción, un flujo de corriente, si existía una diferencia entre las *fuerzas electroscópicas*. Estas

definiciones, la de *fuerzas electroscópicas* y la de *tensión*, anteceden la noción de potencial; sin embargo, hay que tener en cuenta que en de los trabajos de Ohm, las *fuerzas electroscópicas* se medían con instrumentos electrostáticos y sobre esta magnitud reposaba su modelo, haciendo “de la cantidad de electricidad la variable crítica”, por esto se puede afirmar que “el modelo de Ohm se encontraba situado en el paradigma electrostático” (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008, pág. 8).

Como ya se mencionó, es en los trabajos de Kirchhoff, acerca de los trabajos de Ohm sobre la conducción, que se identifica la *fuerza electroscópica* de Ohm con la diferencia de potencial. Esta identificación, surge dentro del paradigma energeticista, la introducción del concepto de energía, y la interpretación macroscópica de circuitos eléctricos. En este sentido, es de notar que lo que hoy se conoce como Ley de Ohm y las Leyes de Kirchhoff, no son de la misma naturaleza, pues la primera es aplicable sólo a las resistencias dentro de los circuitos (mientras sean de materiales óhmicos), relacionando las caídas de potencial en ellas con la intensidad de corriente que circula a través de las mismas; mientras que las Leyes de Kirchhoff expresan el principio de conservación de la energía (ley de las mallas) y el principio de conservación de la carga (ley de los nodos), aplicados a los circuitos.

Así, en el contexto de la electricidad, al abordar los elementos que hacen posible la construcción concepto de *fem* actual, se pueden entender mejor con ayuda de analogías como las del modelo de la escalera de carga, propuesto por Knight (2007, pág. 915). Las reacciones químicas que se producen al interior de una pila, posibilitan la separación y movimiento de cargas de un electrodo al otro; esto se puede comparar con la función que cumple una escalera al llevar personas de un piso bajo a un piso superior, en el caso del movimiento de cargas en la pila, la energía necesaria para realizar el trabajo requerido por unidad de carga para lograr dicho movimiento, se denomina *fem*. En este sentido, dentro de la pila, el trabajo realizado por acciones no conservativas, generadas por las reacciones químicas, hace posible la separación de las cargas eléctricas hasta tener un polo de la pila cargado positivamente, y el otro polo cargado negativamente; este trabajo por unidad de carga es la magnitud *fem*. Así, dentro de la pila, se da una transferencia de energía por unidad de carga asociada a un trabajo no conservativo; a su vez, la separación de cargas genera una diferencia de potencial al ubicar la pila dentro de un circuito cerrado, lo que hace posible la existencia de una corriente eléctrica. La relación entre la *fem*, la diferencia de potencial suministrada por la batería, la

resistencia eléctrica y la corriente generada en el circuito, permite dar cuenta del balance de energía en todo el circuito y visto así el circuito es un sistema (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008), es decir no se puede pensar el circuito en términos de sus partes, se debe pensar como un todo. Las relaciones entre las magnitudes mencionadas, son las que se busca construir a partir de la secuencia de enseñanza diseñada y que se expone en el siguiente capítulo.

Teniendo en cuenta la descripción realizada, los elementos de tipo conceptual, procedimental y experimental, que se extraen de los diferentes momentos históricos identificados en torno a la construcción del concepto de *fem* y otros conceptos asociados; permiten definir los ejes que orientaron el diseño de la secuencia de enseñanza. Es importante señalar, que si bien se hace una presentación temporal del desarrollo de estos conceptos, no por esto se debe suponer que ellos evolucionaron en forma lineal, o que todos corresponden a los mismos contextos, simplemente es una manera práctica de presentarlos y de nutrir el planteamiento y organización de la secuencia de enseñanza.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se abordarán los elementos referentes y metodológicos, considerados para el diseño y análisis de la secuencia de enseñanza propuesta. Inicialmente, se expondrán los criterios de selección y organización de los contenidos conceptuales y procedimentales que hacen parte de las diferentes etapas que componen la secuencia, y luego se describirá cada una de estas etapas mostrando su estructura general, las guías diseñadas para su implementación y las particularidades y propósitos de la implementación misma. Finalmente, se presentará el enfoque fenomenográfico como perspectiva para la investigación del aprendizaje y la enseñanza y la manera en que este se articula en este trabajo, para el análisis de la implementación de la secuencia.

3.1. Acerca de los elementos para el diseño de la secuencia

A partir del análisis realizado sobre los elementos históricos, epistemológicos y experimentales acerca de la construcción del concepto de *fem*, surge la necesidad de involucrar estos elementos en el diseño de una secuencia de enseñanza, que permita vislumbrar su importancia e integrarlos en actividades de enseñanza. Esto con el ánimo de que los estudiantes hagan una construcción significativa del concepto de *fem*, a la par del desarrollo de la red conceptual en la que éste concepto aparece en el contexto de la electricidad. Así mismo, procurar que los estudiantes avancen en la construcción de conocimiento declarativo (como el conceptual), así como en la construcción de conocimiento procedimental y actitudinal, aportando en la formación de ciudadanos críticos frente al uso de dicho conocimiento.

Existen diversos referentes acerca del diseño de secuencias de enseñanza, particularmente en el área de las ciencias, este trabajo comparte las posturas y propuestas de Sánchez & Valcárcel (1993) en: *Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales*; y de Leach & Scott (2002) en: *Diseño y evaluación de secuencias de enseñanza de las ciencias: Un enfoque basado en el concepto de aprendizaje por demanda y una perspectiva social-constructivista del aprendizaje*, ya que estos aportan elementos importantes que coinciden con el proceso y con algunos de los elementos tenidos en cuenta para el diseño de la secuencia de enseñanza que aquí se presenta;

igualmente por enmarcarse dentro de una concepción de conocimiento, de ciencia y del proceso enseñanza-aprendizaje compartida por las autoras de esta investigación.

La planificación es una necesidad compartida por los docentes, sin embargo, las acciones que se siguen para tal efecto regularmente se centran en los contenidos y las actividades de enseñanza con objetivos implícitos, que son extraídas principalmente de los textos, y que en la mayoría de los casos no consideran elementos didácticos, procedimentales o actitudinales. Existen diferencias entre las fuentes que emplean los profesores para la toma de decisiones acerca de la planificación, pasando por el diagnóstico de los estudiantes o la selección de secuencias curriculares particulares; las cuales llegan a constituir el inicio y fin de la planificación. (Sánchez & Valcárcel, 1993).

Para el diseño de la secuencia de enseñanza presentada en este capítulo, las fuentes empleadas para la decisión acerca de los contenidos y actividades que se incluirían, así como los objetivos particulares de cada etapa, variaron en virtud de los objetivos perseguidos en la tesis; se buscaba considerar de manera articulada todos los elementos históricos, epistemológicos y experimentales expuestos en el anterior capítulo. Principalmente, considerar el desarrollo histórico del concepto de *fem* implicó evaluar y definir la *red conceptual* que existe alrededor del surgimiento de éste concepto, y la necesidad de involucrar esta red dentro de los contenidos de la secuencia; así como considerar los *procesos cognitivos* que se requieren para la construcción de conceptos abstractos, como los asociados al estudio de la electricidad: carga eléctrica, potencial eléctrico, campo eléctrico, corriente eléctrica y *fem*. Este proceso se propone a partir del uso de las *habilidades de investigación* por parte de los estudiantes, las cuales se ponen en juego desde la actividad experimental, y en procura de que tales construcciones permitan la elaboración de explicaciones significativas para los fenómenos vivenciados en el contexto de la clase y trasladadas a la cotidianidad de los estudiantes.

Sánchez y Valcárcel, proponen un modelo para la planificación de la enseñanza que considera elementos como los contenidos (conceptuales y procedimentales), los procesos cognitivos y el planteamiento de los objetivos de la enseñanza teniendo en cuenta dichos contenidos y

procesos. Ellos asumen que los factores considerados en la planificación se relacionan con la formación científica del profesor, con su formación didáctica y con su modelo educativo, y a partir de estos recogen cinco acciones que proponen deben llevarse a cabo en dicha planificación: análisis científico, análisis didáctico, objetivos, estrategias didácticas y evaluación (1993).

En el presente trabajo se piensa la secuencia alrededor del contenido relacionado con el concepto de *fem*, los resultados esperados y las actividades que se propondrían para tal fin. Desde la perspectiva de Sánchez y Valcárcel, estos son elementos básicos en todo proceso de enseñanza y aprendizaje y se puede conseguir la concreción de los mismos a través de una ruta que considere tanto “el análisis de los posibles contenidos de enseñanza y el análisis de los potenciales aprendizajes de los alumnos” (1993, p. 35); a lo que denominan Análisis científico y Análisis didáctico; tareas que, según este modelo, deben ser previas a la selección de los objetivos de enseñanza.

En el diseño de la secuencia propuesta, dentro de lo que puede considerarse el análisis científico, inicialmente se establecieron las etapas que organizan los contenidos conceptuales, según su relación con el proceso de construcción del concepto de *fem* y a partir del establecimiento de los objetivos que se esperaban para cada etapa; con esto se inició la selección de las actividades. Las etapas propuestas se relacionan con la red conceptual que se considera necesaria para la construcción del concepto de *fem* y se busca a partir de estas vislumbrar igualmente las necesidades conceptuales y las barreras epistemológicas enfrentadas en la transición de la electrostática a la electrocinética durante la primera mitad del siglo XIX; las cuales dieron lugar al surgimiento del concepto de fuerza electromotriz a partir de los trabajos de Volta (Guisasola, Montero, & Fernández, 2008). En esta investigación se concede gran importancia a la actividad experimental y al papel del estudiante en la construcción de su conocimiento. Para esto se proponen ciertos fenómenos eléctricos particulares, que permitan ir construyendo el concepto de *fem* y su correspondiente articulación con la red conceptual de la que hace parte, de tal manera que le permita al estudiante construir modelos explicativos para los fenómenos propuestos y para el funcionamiento de circuitos eléctricos simples.

3.1.1. Las etapas y los contenidos de la secuencia

A cada etapa de la secuencia le corresponde un conjunto de fenómenos seleccionados. Dentro de la etapa nombrada ELECTROSTÁTICA se abordan los fenómenos de electrificación, conducción de la electricidad, atracción y repulsión entre cuerpos electrificados, y descargas eléctricas. A través de la construcción de explicaciones para estos fenómenos se abordan diferentes contenidos que se consideran la base para la construcción del concepto de *fem*, los cuales están presentes dentro de la secuencia en diferentes etapas y asociados a fenómenos diferentes. La siguiente etapa dentro de la ruta propuesta, corresponde a los fenómenos que permiten establecer los LÍMITES entre la electrostática y la electrocinética; tanto por el hecho de dar paso al estudio de fenómenos distintos a los primeros, como por corresponder históricamente con momentos que dan lugar al surgimiento de la idea de *fem* como una acción no electrostática que permite explicar el funcionamiento de una batería eléctrica (voltaica). Esta etapa resulta de gran importancia dentro del proceso de la secuencia, porque es en la que se propicia la construcción del concepto de *fem* y su articulación dentro de la red conceptual de la que hace parte; de tal manera que se pueda usar para explicar fenómenos eléctricos, particularmente los asociados con el funcionamiento de baterías eléctricas en circuitos simples. De acuerdo con esto, a esta etapa se le denomina BATERÍA ELÉCTRICA. Finalmente, la tercera etapa denominada ELECTROKINÉTICA Y CIRCUITOS SIMPLES, recoge los fenómenos asociados al paso de una corriente eléctrica a través de un circuito simple, como son los efectos macroscópicos u observables en términos de las transformaciones de energía evidenciadas en los efectos térmico, químico y magnético.

La **Figura 3.1**, muestra un mapa mental en el que se articulan los contenidos conceptuales que hacen parte de la secuencia de enseñanza, los cuales están asociados a los fenómenos eléctricos trabajados; este mapa muestra una ruta en la que se pretende enlazar el concepto de *fem* con el de energía y transformación de la energía a través de toda la secuencia, esto teniendo en cuenta nuestra experiencia, acerca del uso recurrente del concepto de energía de parte de los estudiantes para reflexionar alrededor de este tipo de fenómenos.

Enmarcados con el color rojo se agrupan los fenómenos que corresponden con la etapa de ELECTROSTÁTICA y los conceptos que a partir de ellos se abordan. Empezando por el fenómeno de la **ELECTRIFICACIÓN** de los cuerpos, se pretende a partir de la construcción de explicaciones para este fenómeno, identificar las principales formas de electrificar un cuerpo y caracterizar el estado que éste adquiere tras ese proceso; posibilitando a su vez la construcción, diferenciación e integración de los conceptos de carga eléctrica y potencial eléctrico en dichas explicaciones. Siguiendo la ruta propuesta en el mapa, en el sentido contrario a las manecillas del reloj, ubicamos el fenómeno de **CONDUCCIÓN DE LA ELECTRICIDAD**, a partir del cual se busca presentar las características que permiten diferenciar los materiales aislantes de los materiales conductores. Finalmente propiciando la modelación de los fenómenos de **ATRACCIÓN Y REPULSIÓN** entre cuerpos electrificados, se espera que los estudiantes puedan dentro de sus modelos explicativos, reconocer la necesidad de variables que permitan caracterizar el espacio alrededor de los cuerpos electrificados; tales como campo eléctrico, energía potencial eléctrica y diferencia de potencial eléctrico.

Enmarcados en azul, se ubican los fenómenos que permiten establecer los LÍMITES entre la electrostática y la electrocinética. Las **DESCARGAS ELÉCTRICAS** producidas a partir de un generador de Van de Graaff y las observaciones que alrededor de este fenómeno se proponen, en relación con la distancia, el tamaño y las características de los cuerpos involucrados en una de tales descargas; buscan ampliar la construcción del concepto de diferencia de potencial, así como el de conductividad, además de construir las nociones de equilibrio y desequilibrio electrostático, las cuales resultan relevantes para la comprensión del funcionamiento de una batería eléctrica. Se espera igualmente que los modelos explicativos propuestos, contemplen una diferenciación entre los procesos físicos que tienen lugar “dentro” y “fuera” del generador. Una diferenciación apoyada en la construcción conceptual realizada previamente y que permita una extrapolación posterior, a lo que en una batería voltaica ocurre, ya que el generador así como la batería genera una diferencia de potencial, aunque con procedimientos diferentes. Finalmente la etapa denominada **BATERÍA ELÉCTRICA**, concluye con el análisis del fenómeno de **ELECTRIFICACIÓN POR CONTACTO DE DOS METALES DIFERENTES con electrolito**. Se aborda este fenómeno a partir de la fabricación de una batería voltaica con discos de cobre (monedas), discos de zinc (arandelas) y una solución salina (SO_4) y se espera que los modelos explicativos propuestos, para

dar cuenta de lo que ocurre “dentro” de la batería, permitan comprender su funcionamiento y avanzar en la construcción del concepto de *fem*.

Por último, en la etapa de ELECTROKINÉTICA enmarcados en verde, se encuentran los fenómenos que se observan asociados a los **EFFECTOS** macroscópicos **DE LA CORRIENTE ELECTRICA**, y se proponen con el fin de hacer una caracterización de la corriente eléctrica y relacionar tal caracterización con las **TRANSFORMACIONES DE ENERGÍA** que tienen lugar en los **CIRCUITOS ELÉCTRICOS**. Se espera que tanto la caracterización de la corriente eléctrica como el análisis de los procesos que tienen lugar en los circuitos simples de corriente continua, permitan complementar la construcción del concepto de *fem* y relacionarlo con las caídas de potencial en el circuito, a través de la ley de la trayectoria de Kirchhoff; así como relacionar la corriente eléctrica a través del circuito, con esas caídas de potencial. Así mismo, relacionar las caídas de potencial con la resistencia eléctrica en los elementos resistores del circuito, haciendo uso de la ley de Ohm.

Tal organización igualmente vislumbra una intención didáctica y permite establecer de manera general los objetivos a alcanzar en cada una de estas etapas en relación con los contenidos conceptuales y con los fenómenos que se pretende modelar. Cabe anotar que aunque en la propuesta de Sánchez y Valcárcel los objetivos de enseñanza surgen al final del proceso, en el ejercicio desarrollado para el diseño de la secuencia presentada en este trabajo, el análisis hecho hasta este punto permite proponerlos objetivos como punto de partida para el diseño mismo. En la siguiente tabla se muestran las etapas propuestas junto con los contenidos conceptuales asociados a cada una, así como los aprendizajes esperados (objetivos para los estudiantes) y los objetivos que se persiguen desde la tesis:

Tabla 3.1. Etapas, contenidos conceptuales y objetivos

ETAPA	Contenidos conceptuales asociados	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	OBJETIVOS DE LA TESIS
ELECTROSTÁTICA	Estado de electrificación Carga eléctrica Potencial eléctrico Equilibrio electrostático Diferencia de potencial Campo electrostático Conducción de la electricidad Materiales conductores y aislantes	1. Construir un modelo explicativo para dar cuenta de los fenómenos de: electrificación de cuerpos, atracción y repulsión entre cuerpos electrificados y conducción de la electricidad. 2. Construir, diferenciar y comprender algunos de los conceptos asociados al estudio de los fenómenos eléctricos: Equilibrio electrostático, carga eléctrica, potencial eléctrico y diferencia de potencial.	Posibilitar la construcción de modelos explicativos a partir de la experiencia para los fenómenos de: -Electrificación (carga): por fricción, contacto e inducción. -Atracción y repulsión entre cuerpos electrificados. -Conducción de la electrificación. -Descarga eléctrica
LA BATERÍA ELÉCTRICA	Carga eléctrica Potencial eléctrico Equilibrio eléctrico Diferencia de potencial Campo eléctrico Batería eléctrica Fem	1. Construir explicaciones para el funcionamiento de baterías eléctricas: Batería de Volta. 2. Reconocer el papel que juega la batería en aquellos dispositivos que la requieren. 3. Construir la noción de <i>fem</i> a partir de la caracterización de los efectos producidos por una batería.	1. Crear las condiciones que ilustren los límites de la electrostática para explicar el funcionamiento de una batería y la necesidad de involucrar una noción no electrostática. 2. Facilitar la construcción del concepto de fem para explicar el funcionamiento de una batería, diferenciándolo del de diferencia de potencial.
ELECTROCINÉTICA	Carga eléctrica	1. Caracterizar la corriente	1. Facilitar la construcción

Y CIRCUITOS SIMPLES	Fem Diferencia de potencial Corriente eléctrica Resistencia eléctrica Ley de Ohm Ley de la trayectoria de Kirchoff	eléctrica a partir de los efectos observables asociados a ésta. 2. Profundizar en la construcción del significado de los conceptos de <i>fem</i> y diferencia de potencial en el análisis de circuitos simples. 3. Comprender, relacionar y aplicar los conceptos de <i>fem</i> , diferencia de potencial, corriente eléctrica y resistencia eléctrica en el análisis y explicación del funcionamiento de circuitos simples.	de los conceptos de corriente eléctrica, voltaje, y resistencia eléctrica asociados con el concepto de <i>fem</i> . 2. Posibilitar la integración de los conceptos construidos y sus relaciones, en las explicaciones elaboradas acerca del funcionamiento de circuitos simples.
--------------------------------	---	--	---

La selección y organización presentada, permite la identificación de los contenidos conceptuales, la interpretación que de estos se hace en términos de las teorías y modelos a considerar para las explicaciones de los fenómenos y la aplicación de los mismos en el contexto inmediato de la clase y de la cotidianidad de los estudiantes, por lo tanto, esta primera estructura permite delimitar las intenciones de las actividades que se proponen en cada etapa y serán descritas en la sección 3.4.

Por otra parte, no independiente ni desligada a lo anterior, a la par de este conocimiento se reconoce la importancia del conocimiento procedimental en términos del papel que juegan las habilidades de investigación, con las que cuentan y las que se desarrollan o fortalecen en los estudiantes desde las clases de ciencias, al llevar a cabo procesos básicos e integrados como la observación o la formulación de hipótesis para la construcción de explicaciones, aún más en relación con la intención de la secuencia, de resaltar el papel de la actividad experimental en la elaboración de los modelos explicativos para los fenómenos eléctricos asociados con el concepto de *fem*. De Pro Bueno (1998), presenta una colección de contenidos procedimentales tras hacer una taxonomía de estos a partir de las concepciones de otros autores. En su clasificación, se agrupan las que denominan habilidades de investigación, destrezas manipulativas y de comunicación, recogiendo una gran variedad de contenidos que resultan de gran utilidad para este trabajo y para el análisis científico como se propone en el modelo de planificación de la enseñanza de Sánchez y Valcárcel. Al igual que los conceptos, los contenidos procedimentales no se presentan de forma aislada y tampoco pueden trabajarse separadamente en la construcción del conocimiento, por lo que es

importante tener en cuenta que: “*esta propuesta no pretende excluir la existencia de relaciones lógicas y epistemológicas entre los contenidos diferenciados y, mucho menos, establecer una jerarquía de complejidad o de relevancia didáctica*” (De Pro Bueno, 1998, p. 25); en la siguiente tabla se presenta la clasificación propuesta por este autor:

Tabla 3.2. Contenidos procedimentales

CONTENIDOS PROCEDIMENTALES

A. Habilidades de investigación

A.1. Identificación de problemas

- Conocimiento del motivo del problema.
- Identificación de variables, obtención de datos, contexto ...
- Identificación de partes del problema.
- Planteamiento de cuestiones.

A.2. Predicciones e hipótesis

- Establecimiento de conjeturas contrastables.
- Deducción de predicciones a partir de experiencias, resultados ...
- Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico.

A.3. Relaciones entre variables

- Identificación de variables (dependiente, independiente...).
- Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables.
- Establecimiento de procesos de control y exclusión de variables.

A.4. Diseños experimentales

- Selección de pruebas adecuadas para contrastar una afirmación.
- Establecimiento de una estrategia de resolución de un problema.

A.5. Observación

- Descripción de observaciones y situaciones.
- Representación esquemática de una observación, hecho ...
- Identificación de propiedades, características ...
- Registro cualitativo de datos.

A.6. Medición

- Registro cuantitativo de datos.
- Selección de instrumentos de medida adecuados.
- Estimación de medidas sin «medir».
- Estimación de la precisión de un instrumento.

A. 7. Clasificación y seriación

- Utilización de criterios de clasificación.
- Diseño y aplicación de claves de categorización propias.
- Realización de series a partir de características o propiedades.

A.8. Técnicas de investigación

- Utilización de técnicas elementales para el trabajo de laboratorio.
- Utilización de estrategias básicas para resolución de problemas.

A.9. Transformación e interpretación de datos

- Organización de datos (cuadros, tablas...).
- Representación de datos (gráficas), extrapolación de datos.
- Interpretación de observaciones, datos, medidas ...

A.10. Análisis de datos

- Formulación de tendencias o relaciones cualitativas.
- Realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos.
- Identificación de posibles fuentes de error

A.11. Utilización de modelos

- Uso de modelos analógicos o a escala.
- Uso de fórmulas químicas, de modelos matemáticos y teóricos.

A.12. Elaboración conclusiones

- Inferencias inmediatas a partir de los datos o del proceso.
- Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.
- Juicio crítico de los resultados y del proceso de obtención.

B. Destrezas manuales

- Establecimiento de una estrategia de resolución de un problema.

B.1. Manejo de material y realización de montajes.

- Manipulación del material, respetando normas de seguridad.
- Manipulación correcta de los aparatos de medida.
- Realización de montajes previamente especificados.

B.2.- Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones ...

C. Comunicación

C.1. Análisis de material escrito o audiovisual

- Identificación y reconocimiento de ideas.
- Inferencia próxima a partir de la información.
- Establecimiento de implicaciones y consecuencias.

C.2. Utilización de diversas fuentes

- Búsqueda de datos e información en diversas fuentes.
- Identificación de ideas comunes, diferentes, complementarias ...

C.3 Elaboración de materiales

- Informe descriptivo sobre experiencias y procesos vividos.
- Informe estructurado a partir de un guión de preguntas.
- Informe abierto o ensayo.

De los contenidos expuestos en esta clasificación, en relación con los objetivos de la tesis y teniendo en cuenta los límites de la misma expuestos en el capítulo I; son seleccionados aquellos contenidos que tienen correspondencia con el tipo de actividades que se proponen en cada etapa y se especifica aquellos que se espera alcanzar por parte de los estudiantes en el desarrollo de cada actividad o guía de trabajo. De manera global se identifica a lo largo de la secuencia la relación entre el tipo de actividades y los objetivos propuestos, con las habilidades investigativas que se enlistan a continuación, y de las que se seleccionan algunos contenidos

particulares que se considera ilustran diferentes niveles de desarrollo (no jerárquicos) de dicha habilidad y se enumeran en la **Tabla 3.3**.

Tabla 3.3. Niveles de contenidos procedimentales

<ol style="list-style-type: none">1. Predicción e hipótesis<ol style="list-style-type: none">1.1 Establecimiento de conjeturas contrastables.1.2 Deducción de predicciones a partir de experiencias, resultados...1.3 Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico.2. Relaciones entre variables<ol style="list-style-type: none">2.1 Identificación de variables (dependiente, independiente).2.2 Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables.3. Observación<ol style="list-style-type: none">3.1 Descripción de observaciones y situaciones.3.2 Representación esquemática de una observación, hecho...3.3 Identificación de propiedades, características...3.4 Registro cualitativo de datos.4. Elaboración de conclusiones<ol style="list-style-type: none">4.1 Inferencias inmediatas a partir de los datos del proceso.4.2 Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.
--

Estos contenidos cuya concepción se ampliará en la sección 3.4, constituyen parte importante dentro de los elementos de análisis de los resultados de la implementación, en relación con los niveles obtenidos y esperados para cada uno de ellos. En la sección 3.3 se especificarán los niveles esperados para cada una de las etapas en relación con los contenidos procedimentales seleccionados. Según el modelo de Sánchez y Valcárcel (1993), el objetivo del análisis científico no solo es facilitar la estructuración de los contenidos de enseñanza, sino igualmente contribuir con la actualización científica del profesor, derivada del proceso seguido para la consulta y reflexión acerca de las intenciones de su propuesta.

3.1.2. El proceso de enseñanza-aprendizaje

Sánchez y Valcárcel (1993) en el modelo que proponen, sugieren hacer un análisis didáctico con el objetivo de delimitar las condiciones del proceso de enseñanza-aprendizaje, en relación

con factores como la capacidad cognitiva del estudiante, sus hábitos de trabajo, actitudes e intereses, el ambiente del salón de clase, los recursos de la institución o la competencia profesional del profesor. En el caso particular de esta investigación, el análisis didáctico se articula con el interés de las investigadoras por las condiciones cognitivas de los estudiantes en relación con sus conocimientos previos sobre el tema y el nivel esperado acerca de los contenidos procedimentales, teniendo en cuenta el grado de formación de la educación media; además de las diferencias propias de los tipos de instituciones educativas. Centrado en el primer aspecto, es decir los conocimientos previos de los estudiantes sobre el tema trabajar, se propone una etapa previa denominada CONDUCTA DE ENTRADA; con el propósito de identificar los conocimientos que tienen los estudiantes en el campo de la electricidad, y considerarlos como elementos de referencia dentro del diseño de la secuencia. Como señalan Sánchez y Valcárcel:

“La importancia de conocer las ideas de los alumnos no radica sólo en detectar errores sino, y con el mismo interés, también sus aciertos, pues ambos tienen la misma relevancia en la estructura cognitiva del alumno y ambos serán las herramientas conceptuales que utilice para hacer inteligible la nueva información que incorporemos en el proceso de enseñanza.”
(1993, p. 38).

Con dicho interés se busca identificar, a partir del análisis de los testimonios de los estudiantes en la conducta de entrada, los modos de hablar acerca de los fenómenos ya que estos son relevantes en la selección de las actividades de la secuencia y en el análisis de la implementación de la misma. En este punto se hace necesario referir el trabajo de Leach y Scott (2002), en el cual se presenta una perspectiva social-constructivista, referente para el diseño de la secuencia de enseñanza, ya que presenta un elemento importante para el análisis de la conducta de entrada, denominado por ellos “demandas de aprendizaje”, entendida esta demanda como una necesidad de aprendizaje. Para ellos, apoyados en la perspectiva de Vigostky sobre el desarrollo cognitivo y el aprendizaje, el lenguaje y otros símbolos semióticos como los símbolos matemáticos, los diagramas, entre otros; proveen el significado para las ideas a través de las que se habla y se comunican en el plano social; estas a su vez proveen herramientas para el

pensamiento individual, mostrándose así el habla y el pensamiento como íntimamente relacionados. Estos autores emplean la idea de lenguaje social como el “*conjunto de herramientas y de formas de hablar y conocer, que pueden ser utilizadas por el individuo en diferentes contextos*” (Leach & Scott, 2002, p. 120). Desde ésta perspectiva se considera al conocimiento científico como un lenguaje social que al ser introducido en la escuela ofrece a los estudiantes un rango de modos distintivos de hablar, pensar y conocer acerca del mundo.

Leach y Scott (2002), conceptualizan la enseñanza de las ciencias en términos de introducir a los estudiantes a una forma de lenguaje social de las ciencias (ciencia escolar) atribuyendo al profesor de ciencias el papel de mediador de dicho lenguaje para los estudiantes. En ese sentido describen tres aspectos claves a tener en cuenta para el diseño de la secuencia de enseñanza, que aportan al ejercicio mediador del profesor: 1. *Puesta en escena de la historia científica*, refiriéndose a la manera como el punto de vista científico se pone a disposición en el plano social de la clase, ofreciendo un recuento y exploración de fenómenos particulares expresados en términos de las ideas y convenciones del lenguaje social de la ciencia escolar y cuyo objetivo es por medio de un discurso dialógico (que involucre al profesor y los estudiantes) y a través de charlas, preguntas claves, analogías particulares o la creación de situaciones de conflicto, hacer que la historia científica aparezca razonable para los estudiantes. 2. *Apoyo a la internalización del estudiante*, este aspecto se centra en el continuo monitoreo de la comprensión de los estudiantes incluyendo oportunidades planeadas para esto, por ejemplo cuestiones y discusiones en grupo o actividades individuales de escritura, con el fin de que se de un sentido personal a esa historia y se esté en capacidad de usarla. Y, 3. *Entrega de la responsabilidad a los estudiantes*, este involucra el proveer oportunidades a los estudiantes para poner a prueba y practicar las nuevas ideas y hacerlas propias.

Estos tres aspectos complementan el ejercicio descrito anteriormente del análisis científico y didáctico, y son tenidos en cuenta en la selección y secuenciación de las actividades que acompañan las experiencias propuestas. Algunas de estas actividades son las preguntas y representaciones que se solicitan en las guías de trabajo, así como las actividades de socialización

y discusión. Sin embargo, estos aspectos son descritos aquí con el fin entender y caracterizar el concepto de *demanda de aprendizaje*, cuya identificación según Leach y Scott es un requisito para el diseño mismo de la secuencia.

El concepto de demanda de aprendizaje pone de manifiesto la manera de hacer uso de los conocimientos previos de los estudiantes, en relación con el contenido conceptual a ser abordado, y permite contar con elementos más precisos para el diseño y evaluación de la secuencia. Se basa en las *diferencias* que pueden existir entre el lenguaje social “cotidiano” de los estudiantes, aquel que traen al aula y está moldeado por la forma de percibir su entorno, y el lenguaje social de la “ciencia escolar” introducido formalmente en la escuela. Estas diferencias, o demandas de aprendizaje (DA), pueden ser identificadas para un grupo de estudiantes que está trabajando un contenido específico, ya que se supone que los estudiantes están inmersos en un lenguaje social común y tales DA están vinculadas concretamente con los lenguajes y los significados que transmiten.

El concepto de DA, identificada para este caso a partir de la conducta de entrada, contribuye con elementos claves para la selección de las actividades de la secuencia, de tal manera que gran parte de estas DA sean abordadas, facilitando la inmersión de los estudiantes en el lenguaje escolar y ampliando sus maneras de hablar acerca de los fenómenos eléctricos. La identificación de estas DA surge del análisis de las respuestas escritas a las preguntas planteadas en la conducta de entrada; en estas respuestas se analizan las *herramientas conceptuales usadas*, el *fundamento epistemológico* de esas herramientas conceptuales y la *ontología* sobre la cual esas herramientas se basan.

Finalmente, basados en el concepto de DA y en los aspectos que surgen de la perspectiva social-constructivista del aprendizaje, Leach y Scott (2002) consideran que la ruta para la planeación de la secuencia debe partir de especificar y justificar en detalle el conocimiento de ciencia escolar a enseñar. Este análisis puede conducir a la identificación de temas conceptuales y

epistemológicos que provean fundamentos a los principales objetivos de aprendizaje; como está presentado en la sección 3.1.1, acerca de la red conceptual propuesta para la construcción del concepto de *fem* y los correspondientes objetivos que se derivaron de esta. También es conveniente considerar la manera en que el conocimiento de ciencia es conceptualizado en el lenguaje social cotidiano de los estudiantes, para identificar la DA valorando la naturaleza del lenguaje mismo; y con esto diseñar la secuencia que aborde los aspectos de la o las DA, relacionadas con los objetivos de enseñanza.

De acuerdo a lo expuesto, es necesario ampliar la **Tabla 3.1**, involucrando los contenidos conceptuales y los objetivos propuestos para la etapa de la conducta de entrada:

Tabla 3.1. Etapas, contenidos conceptuales y objetivos

ETAPA	Contenidos conceptuales asociados	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	OBJETIVOS DE LA TESIS
CONDUCTA DE ENTRADA	Electrificación Materiales aislantes y conductores Batería eléctrica Circuito eléctrico Diferencia de potencial Corriente eléctrica	1. Construir explicaciones a partir de la experiencia sobre algunos fenómenos eléctricos propuestos. 2. Establecer posibles relaciones entre el funcionamiento de un circuito simple y un motor eléctrico con los fenómenos eléctricos.	1. Identificar cómo los estudiantes se aproximan a hablar acerca de fenómenos eléctricos, particularmente en el caso del uso de baterías (circuitos simples). 2. Establecer las demandas de aprendizaje encontradas a partir de las maneras de hablar de los estudiantes.
ELECTROSTÁTICA	Estado de electrificación Carga eléctrica Potencial eléctrico Equilibrio electrostático Diferencia de potencial Campo electrostático Conducción de la electricidad Materiales conductores y aislantes	1. Construir un modelo explicativo para dar cuenta de los fenómenos de: electrificación de cuerpos, atracción y repulsión entre cuerpos electrificados y conducción de la electricidad. 2. Construir, diferenciar y comprender algunos de los conceptos asociados al estudio de los fenómenos eléctricos: Equilibrio electrostático, carga eléctrica, potencial eléctrico y diferencia de potencial.	Posibilitar la construcción de modelos explicativos a partir de la experiencia para los fenómenos de: -Electrificación (carga): por fricción, contacto e inducción. -Atracción y repulsión entre cuerpos electrificados. -Conducción de la electrificación. -Descarga eléctrica

LA BATERÍA ELÉCTRICA	Carga eléctrica Potencial eléctrico Equilibrio eléctrico Diferencia de potencial Campo eléctrico Batería eléctrica Fem	1. Construir explicaciones para el funcionamiento de baterías eléctricas: Batería de Volta. 2. Reconocer el papel que juega la batería en aquellos dispositivos que la requieren. 3. Construir la noción de <i>fem</i> a partir de la caracterización de los efectos producidos por una batería.	Crear las condiciones que ilustren los límites de la electrostática para explicar el funcionamiento de una batería y la necesidad de involucrar una noción no electrostática.
ELECTRODINÁMICA Y CIRCUITOS SIMPLES	Carga eléctrica Fem Diferencia de potencial Corriente eléctrica Resistencia eléctrica Ley de Ohm Ley de la trayectoria de Kirchoff	1. Caracterizar la corriente eléctrica a partir de los efectos observables asociados a ésta. 2. Profundizar en la construcción del significado de los conceptos de <i>fem</i> y diferencia de potencial en el análisis de circuitos simples. 3. Comprender, relacionar y aplicar los conceptos de <i>fem</i> , diferencia de potencial, corriente eléctrica y resistencia eléctrica en el análisis y explicación del funcionamiento de circuitos simples.	1. Facilitar la construcción de los conceptos de corriente eléctrica, voltaje, y resistencia eléctrica asociados con el concepto de <i>fem</i> . 2. Posibilitar la integración de los conceptos construidos y sus relaciones, en las explicaciones elaboradas acerca del funcionamiento de circuitos simples.

3.2. Población y muestra

La implementación de la secuencia diseñada se llevó a cabo con una población de 60 estudiantes de educación media, de grado undécimo, de dos instituciones educativas de carácter privado, ubicadas en sectores urbanos de la ciudad de Bogotá. Una de estas instituciones fue el Colegio Cooperativo de los Álamos, de calendario A y modalidad mixta; el grupo estaba constituido por 30 estudiantes con edades entre 15 y 17 años, y de estrato socio económico entre el 3 y el 4. La segunda institución fue el Colegio Santa María, de calendario B y modalidad femenina; el grupo estaba constituido por 30 estudiantes con edades entre 17 y 19 años, y estrato socio económico entre el 4 y el 6.

En el Colegio Cooperativo de los Álamos, el currículo para la asignatura de física se contempla únicamente en el nivel de educación media, por lo cual los estudiantes de esta institución desarrollaron la secuencia, sin antes haber estudiado esta temática. En el caso del

Colegio Santa María, el currículo para la asignatura de física contempla programas introductorios de los principales capítulos de la física clásica, en el nivel de secundaria; particularmente en el grado noveno, el grupo de estudiantes que desarrolló la secuencia, había estudiado un capítulo de introducción a la electricidad y el magnetismo; esto significa que las estudiantes si tenían un conocimiento previo acerca de algunos de los contenidos abordados en la secuencia.

A propósito de la dotación de los materiales requeridos para implementar la secuencia, en el caso de Colegio Cooperativo de los Álamos, no se contaba con la totalidad del material necesario, por lo cual estos materiales fueron prestados por el Colegio Santa María. Algunos de los materiales prestados fueron un generador de Van de Graaff, multímetros digitales, protoboard y adaptadores AC/DC, entre otros.

3.3. La secuencia de enseñanza

De acuerdo con la **Tabla 3.1**, la secuencia está constituida por cuatro etapas, cada una a su vez se compone de una o dos guías de trabajo. En cada guía se presenta el nombre de la actividad, los objetivos de aprendizaje a alcanzar, la lista de materiales necesarios para realizar los experimentos, y se describen los diseños experimentales que se proponen a los estudiantes, para que ellos los lleven a cabo o para que la plenaria de la clase observe y analice. Cada guía también incluye preguntas orientadoras, algunas para desarrollar en el transcurso de la actividad y otras para abordar al final de la misma. En cada una de las etapas de la secuencia se les solicitó a los estudiantes llevar registro escrito detallado y apoyado con dibujos, acerca de sus observaciones, de sus preguntas y de las respuestas a las preguntas orientadoras. Para concluir cada guía se hacía una socialización y retroalimentación de la misma.

La implementación de las guías en los colegios Cooperativo de los Álamos y Colegio Santa María, se llevó a cabo con una diferencia de tiempo de aproximadamente un mes, lo que permitió hacer ajustes a las guías con el propósito de mejorar el lenguaje empleado en las mismas. Se implementó primero en el colegio Cooperativo de los Álamos. Con el propósito de unificar los criterios de implementación en las dos instituciones, las guías del estudiante fueron

complementadas para hacerlas guías para el maestro; en éstas se enuncian los objetivos de enseñanza de las actividades, las respuestas a las preguntas planteadas y orientaciones para llevar a cabo la actividad de socialización de las guías³.

A continuación se realiza una descripción detallada de las actividades propuestas en cada una de las guías que conforman la secuencia de enseñanza diseñada.

3.3.1. Etapa 1: Conducta de entrada

En ésta etapa se pretende identificar las demandas de aprendizaje, a partir de las explicaciones propuestas por los estudiantes acerca de los fenómenos eléctricos que observan. Aquellas DA que están relacionadas con objetivos de enseñanza y los objetivos de la tesis se consideraron como punto de partida para el planteamiento de varias de las actividades propuestas en las guías de las otras etapas.

En la ***Tabla3.4*** se presenta la estructura general de la guía correspondiente a la conducta de entrada, en la cual aparecen los objetivos de aprendizaje propuestos, los contenidos conceptuales que se abordan, y el nivel esperado de los cuatro contenidos procedimentales.

³Las guías del maestro se encuentran en el Anexo 2. Guías para el Maestro.

Tabla 3.4. Contenidos Etapa 1

NOMBRE DE LA GUÍA	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA GUÍA	CONTENIDOS CONCEPTUALES ABORDADOS	NIVEL A ALCANZAR DEL CONTENIDO PROCEDIMENTAL ⁴
CONDUCTA DE ENTRADA	1. Construir explicaciones a partir de la experiencia sobre algunos fenómenos eléctricos propuestos. 2. Establecer posibles relaciones entre el funcionamiento de un circuito simple y un motor eléctrico con los fenómenos eléctricos.	- Electrificación - Materiales aislantes y conductores - Circuito eléctrico - Diferencia de potencial - Corriente eléctrica	1.2. Deducción de predicciones a partir de experiencias, resultados... 2.1. identificación de variables 3.3. Identificación de propiedades, características... 4.2. Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.

A continuación aparece la guía No 1.

GUÍA DE TRABAJO No 1 - CONDUCTA DE ENTRADA

ELECTRICIDAD

OBJETIVOS:

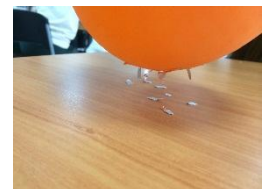
1. Construir explicaciones a partir de la experiencia sobre algunos fenómenos eléctricos propuestos.
2. Establecer posibles relaciones entre el funcionamiento de un circuito simple y un motor eléctrico con los fenómenos eléctricos.

ACTIVIDAD

En grupos de 4 estudiantes realicen las actividades indicadas en cada estación. Allí encontrarán una serie de materiales con los cuales deberán realizar prácticas siguiendo las instrucciones correspondientes y respondiendo a las preguntas sugeridas. Contarán con un tiempo de 15 minutos para cada estación. Al terminar el tiempo se indicará la rotación. **Entreguen una hoja con las observaciones realizadas en cada estación, sus explicaciones, los dibujos y las respuestas a las preguntas planteadas.**

Estación 1: Papelitos

- a. Frote el globo fuertemente con lana o con el cabello seco y limpio. Acerque el globo al montón de papelitos sin tocarlos.



⁴ La numeración de los contenidos procedimentales corresponde a la que está en la **Tabla 3.3.**

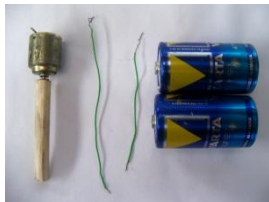
- b. Repita el procedimiento con el montón de trocitos de papel aluminio.
En cada caso describan lo que observan. ¿Cómo explican lo que sucede? Empleen dibujos para apoyar su explicación.

Estación 2: Lata

- a. Coloquen la lata acostada sobre la mesa de manera que no se deslice. Froten el globo fuertemente con lana o con el cabello seco y limpio. Acerquen el globo al costado de la lata sin tocarla, suavemente alejen el globo de la lata.
 - b. Permitan que la lata y la bomba se toquen por un corto tiempo luego aléjelos y vuelva a aproximar el globo.
- En cada caso describan lo que observan. ¿Cómo explican lo que sucede? Empleen dibujos para apoyar su explicación.



Estación 3: Motor Eléctrico



- a. Tomen la pila y los cables y establezcan la mejor manera de conectarlos al motor.
- ¿Cómo debe ser dicha conexión para que el motor funcione? ¿Por qué? Apoye su explicación con dibujos
- b. Conecte el motor a la pila con ayuda de los cables y observen los diferentes efectos que se producen.

- Describan lo que observan. ¿Cómo explican lo que sucede? empleen dibujos para apoyar su explicación.

Estación 4: Circuito Simple (Bombillo)

- a. Con ayuda de un cable, conecte el bombillo a las terminales de una pila. Sostenga la base del bombillo fuertemente sobre el terminal negativo de la pila. Enrolle un extremo del cable (pelado) en la rosca del bombillo, y conecte el otro extremo del cable con el terminal positivo de la pila.
- b. Realice nuevamente la conexión del bombillo a la pila, pero ahora utilizando la roseta. Discutan opciones para hacerlo y describan sus observaciones.
- c. Repita el procedimiento del punto a y b, ahora con las dos pilas conectadas. Discutan opciones para hacerlo y describan sus observaciones.

- En cada caso describan lo que observan. ¿Cómo explican lo que sucede? Empleen dibujos para apoyar su explicación.



Respondan las siguientes preguntas:

- ¿Qué relaciones pueden establecer entre las diferentes experiencias?
- ¿Consideran que todos estos fenómenos son de la misma clase? Expliquen su respuesta.
- Si la respuesta anterior es negativa, ¿cómo los clasificarían? Expliquen su respuesta.

Preparen una socialización de sus explicaciones y de las relaciones que establecen entre estas.

Como se mencionó en la sección 3.2, la secuencia de enseñanza se implementó en dos instituciones. En el Colegio Cooperativo de los Álamos la implementación de la primera guía tuvo lugar en el salón de clase, y en el Colegio Santa María en el laboratorio de Física. El tiempo empleado para aplicarla fue de un bloque de clase, en el caso del colegio Cooperativo de los Álamos con una duración de 120 minutos y en el caso del colegio Santa María la implementación se dividió en un bloque de 90 minutos y una parte complementaria de 45 minutos en un día distinto.

La disposición del espacio de trabajo se hizo por medio de *estaciones*. Estas son mesas en las que se dispone el material necesario para desarrollar las experiencias según las indicaciones de la guía. En cada estación había materiales para dos grupos de estudiantes, cada uno conformado por 4 o 5 integrantes, quienes desarrollaban las actividades correspondientes a dicha estación de manera simultánea. Los estudiantes expresaban en forma escrita sus observaciones y respondían las preguntas propuestas, apoyándose con dibujos. En cada estación los estudiantes tenían 15 minutos para desarrollar las actividades, una vez cumplido el tiempo cada grupo pasaba a la estación siguiente, y cuando todos habían pasado por las cuatro estaciones, ellos discutían las preguntas y preparaban la socialización de sus explicaciones. Por último, dos grupos escogidos de manera aleatoria compartían sus observaciones y explicaciones acerca de las actividades llevadas a cabo en una estación, los otros grupos tenían la posibilidad de complementar lo expuesto por ellos; y así, variando los grupos se socializaba las actividades llevadas a cabo en las otras estaciones. Finalmente cada grupo compartía sus respuestas a las *preguntas propuestas al final de la guía*.

De acuerdo con la *Guía No 1*, en las dos primeras estaciones correspondientes a temáticas de la electrostática, se exploró la manera en la que los estudiantes hablaban acerca de los fenómenos de atracción y repulsión entre cuerpos electrificados; así como de la relación entre el material de los cuerpos y los efectos observados. En la tercera y cuarta estación correspondientes a temáticas de electrocinética, se exploró la manera en la que los estudiantes hablaban acerca del funcionamiento de dos circuitos en los que se ponían en evidencia transformaciones de la energía proporcionada por las pilas a través de estos circuitos.

En todos los fenómenos observados en las distintas estaciones, se les pedía a los estudiantes fijarse en los efectos producidos y construir explicaciones acerca de estos; y durante la socialización se buscaba identificar en sus intervenciones, las maneras de hablar acerca de los fenómenos observados. Este análisis del discurso de los estudiantes se hace a partir de la identificación y análisis de los conceptos que empleaban, los significados que les asignaban a estos, y el carácter ontológico y epistemológico de dichos conceptos y del discurso mismo, así como las relaciones que entre los conceptos se podían establecer. También se buscaba identificar si los estudiantes diferenciaban los fenómenos electrostáticos de los electrocinéticos o si los agrupaban como del mismo tipo, esto último con el propósito de retomar más adelante en la Etapa 3, esa posible diferenciación o relación como punto de partida para la introducción de una noción no electrostática como lo es la noción de *fem*.

Durante la discusión surgieron preguntas que no estaban planteadas en la guía, algunas de ellas quedaron sin resolver. Tanto el profesor como los estudiantes, tomaron nota de esas preguntas, para retomarlas en las discusiones realizadas en el desarrollo de las siguientes guías. El objetivo es reconocer la validez de las explicaciones construidas por los estudiantes e invitarlos a pensar alrededor de sus propias maneras de hablar y los significados que a estas subyacen, así como los posibles vacíos existentes en su discurso, además de reconocer la posible similitud o relación entre sus explicaciones y las ofrecidas en diferentes momentos de la historia de la física.

3.3.2. Etapa 2: Electrostática

En esta etapa se pretendía que a partir de experiencias sencillas los estudiantes pudieran avanzar en la construcción de las nociones de electrificación, carga eléctrica, equilibrio electrostático, materiales aislantes y conductores, fuerza eléctrica, campo eléctrico y potencial eléctrico. De acuerdo a la experiencia de una de las autoras de esta investigación, una de las principales demandas de aprendizaje del estudio de la electricidad es la necesidad de propiciar experimentar en los estudiantes que les permitan diferenciar lo más claramente posible la naturaleza diferente entre los fenómenos eléctricos y los fenómenos magnéticos; y para prevenir que se siguiera hablando de manera indistinta de lo eléctrico y lo magnético se consideró necesario abordar en esta etapa esta demanda de aprendizaje.

En la **Tabla 3.5** se presenta la estructura general de las dos guías correspondientes a la Etapa de Electrostática, en la cual aparecen los objetivos de aprendizaje propuestos, los contenidos conceptuales que se abordan, y el nivel esperado de los cuatro contenidos procedimentales.

Tabla 3.5. Contenidos Etapa 2.

NOMBRE DE LA GUÍA	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS CONCEPTUALES ABORDADOS	NIVEL A ALCANZAR DE CONTENIDO PROCEDIMENTAL
ELECTROSTÁTICA I	1. Construir un modelo explicativo para dar cuenta de los fenómenos de: electrificación de cuerpos, atracción y repulsión entre cuerpos electrificados, y conducción de la electricidad.	<ul style="list-style-type: none">- Estado de electrificación- Carga eléctrica- Potencial eléctrico- Conducción de la electrificación- Materiales conductores y aislantes	1.2. Deducción de predicciones a partir de experiencias, resultados... 2.1. Identificación de variables. 3.3. Identificación de propiedades, características... 4.2. Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.

ELECTROSTÁTICA II	2. Construir, diferenciar y comprender algunos de los conceptos asociados al estudio de los fenómenos eléctricos: Equilibrio electrostático, carga eléctrica, potencial eléctrico y diferencia de potencial.	<ul style="list-style-type: none"> - Equilibrio electrostático - Diferencia de potencial - Campo electrostático 	<p>1.3 Establecimiento de Hipótesis a partir de un marco teórico.</p> <p>2.1 Identificación de variables.</p> <p>3.2. Representación esquemática de una observación, hecho...</p> <p>4.2. Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.</p>
-------------------	--	---	---

A continuación aparecen las guías correspondientes a esta etapa, la No. 2 y la No. 3.

GUÍA DE TRABAJO No 2

ELECTROSTÁTICA I

OBJETIVOS:

1. Construir un modelo explicativo para dar cuenta de los fenómenos de: electrificación de cuerpos, atracción y repulsión entre cuerpos electrificados y conducción de la electricidad.

ACTIVIDAD 1

En grupos de 4 estudiantes realicen las actividades indicadas a continuación, con el material que encontrarán dispuesto en las mesas. Sigam las instrucciones correspondientes respondiendo a las preguntas planteadas. Contarán con un tiempo de 10 minutos para cada estación.

En cada estación describan lo que observan y elaboren una explicación para lo observado. **Empleen dibujos para apoyar su explicación a las similitudes y diferencias que encuentran en cada caso.**

Estación 1: Plástico

- a. Frotan la **barra plástica** fuertemente con lana o con el cabello seco y limpio. Acérquenla al péndulo de papel sin tocarlo inicialmente. Caractericen lo que observan. Repitan el proceso con el péndulo de aluminio. ¿Encuentran similitudes o diferencias para cada péndulo?, de ser así enúncienlas.

- b. Ahora nuevamente froten la barra plástica y acérquenla al péndulo hasta establecer contacto entre estos. Vuelvan a acercar la barra al péndulo sin tocarlo. Realicen este proceso tanto con el péndulo de papel como con el de papel aluminio. Observen y describan detalladamente lo que ocurre con cada péndulo.

Estación 2: Vidrio

- a. Froten la **barra de vidrio** fuertemente con seda. Acérquenla al péndulo de papel sin tocarlo inicialmente. Caractericen lo que observan. Repitan el proceso con el péndulo de aluminio. ¿Encuentran similitudes o diferencias para cada péndulo?, de ser así enúncienlas.
- b. Ahora nuevamente froten la barra de vidrio con seda y acérquenla al péndulo hasta establecer contacto entre estos. Vuelvan a acercar la barra al péndulo sin tocarlo. Realicen este proceso tanto con el péndulo de papel como con el de papel aluminio. Observen y describan detalladamente lo que ocurre con cada péndulo.

Estación 3: Metal

- a. Froten la **barra de metal** fuertemente con tela. Acérquenla al péndulo de papel sin tocarlo inicialmente. Caractericen lo que observan. Repitan el proceso con el péndulo de aluminio. ¿Encuentran similitudes o diferencias para cada péndulo?, de ser así enúncienlas.
- b. Ahora nuevamente froten la barra de metal con tela y acérquenla al péndulo hasta establecer contacto entre estos. Vuelvan a acercar la barra al péndulo sin tocarlo. Realicen este proceso tanto con el péndulo de papel como con el de papel aluminio. Observen y describan detalladamente lo que ocurre con cada péndulo.

Estación 4: Lo eléctrico y lo magnético

- a. Acerquen los imanes entre sí de distintas maneras. Describan las maneras en que lo hacen y lo que observan en cada caso. Apoyen su descripción con dibujos.
- b. Acerquen un imán a los diferentes materiales sobre la mesa: trozos de papel, trozos de papel aluminio, trozos de papel celofán, aserrín, limadura de hierro, gotas de agua, gotas de vinagre, gotas de glicerina (déjelas caer del gotero al Beaker). En cada caso describan lo observado.
- c. Froten el globo y acérquelo a los mismos materiales del numeral anterior. ¿Qué similitudes o diferencias encuentran con lo observado en el caso de los imanes?
- d. Ahora, frote los imanes y acérquelos nuevamente a los materiales. Describan lo que observan.

Respondan a las preguntas: (15 min)

1. Enuncie las similitudes o diferencias para lo observado con la barra plástica, con la barra de vidrio y con la de metal. ¿A qué se deben?
2. ¿Qué caracteriza el estado de electrificación de un cuerpo?
3. ¿El estado de electrificación depende del material del cuerpo? Expliquen

4. ¿Qué formas de electrificar un cuerpo identifican? Describanlas.
5. ¿Cuáles son las principales similitudes y diferencias que identifican entre los fenómenos eléctricos y los fenómenos magnéticos?

Realicen una socialización de sus explicaciones y respuestas.

GUÍA DE TRABAJO No 3

ELECTROSTÁTICA II

OBJETIVOS:

2. Construir, diferenciar y comprender algunos de los conceptos asociados al estudio de los fenómenos eléctricos: Equilibrio electrostático, carga eléctrica, potencial eléctrico y diferencia de potencial.

ACTIVIDAD 2

Durante esta actividad la profesora realizará diferentes experiencias con ayuda del generador de Van de Graaff. Terminado cada numeral respondan a las preguntas en los mismos grupos de 4 estudiantes y socialicen sus observaciones.

1: Caracterizando el espacio alrededor de un cuerpo electrificado

En cada uno de los pasos descritos a continuación describan lo que observan y elaboren una explicación para esas observaciones. Apoyen su explicación con dibujos.

- a. Observen las partes que componen el generador de Van de Graaff y describan los efectos que observan una vez se pone en funcionamiento.
- b. Observen los diferentes fenómenos llevados a cabo con el generador en funcionamiento:
 - Se acercan trozos de papel y de papel aluminio al generador. Describan el comportamiento de los papeles.
 - Se deja caer lentamente un chorro de agua dentro de un Beaker en las proximidades del generador. Describan el comportamiento del agua.
 - Se aproxima la llama de una vela al generador. Describan el comportamiento de la llama.

Preguntas (10 min)

- De acuerdo a lo trabajado hasta ahora ¿qué hipótesis proponen para explicar el funcionamiento del generador?
- ¿Cómo explican los fenómenos observados al hacer uso del generador?
- A partir de lo observado ¿cómo representarían lo que ocurre alrededor del generador?

2. ¡Chispas!

En cada uno de los pasos descritos a continuación describan lo que observan y elaboren una explicación para esas observaciones. Apoyen su explicación con dibujos.

- a. Se pone en funcionamiento el generador y una vez está electrificado se apaga. Enseguida se acerca una esfera metálica no electrificada a diferentes distancias y en distintos puntos alrededor del generador sin establecer contacto.
- b. Se electrifica nuevamente el generador y posteriormente se apaga. Se establece contacto entre éste y la esfera no electrificada, por medio de un cable de conexión. Luego se retira el cable y se acerca la esfera al generador sin establecer contacto.
- c. Sin estar electrificados, se ponen en contacto el generador y la esfera, enseguida se enciende el generador. Luego se apaga el generador y se va alejando la esfera metálica lentamente. Enseguida, se vuelve a acercar la esfera metálica al generador sin ponerlos en contacto.
- d. En lugar de una esfera metálica cómo se hizo en los numerales anteriores, ahora el papel de ésta lo hace un estudiante voluntario que se encuentre sobre una superficie aislante (silla plástica o de madera). El estudiante relata lo que siente al llevar a cabo las actividades a, b y c.

Preguntas

- ¿En qué condiciones fue posible observar chispas? ¿En cuáles no? ¿Por qué?
- ¿Qué se puede afirmar acerca del estado de electrificación de los diferentes cuerpos (generador, esfera, persona) en cada caso?
- ¿En qué situaciones de las mostradas consideran que se puede hablar de una condición de equilibrio? ¿Qué tipo de equilibrio?

3. ¡Más o menos chispas!

En cada uno de los pasos descritos a continuación describan lo que observan y elaboren una explicación para esas observaciones. Apoyen su explicación con dibujos.

- a. Sin estar electrificados, se ponen en contacto el generador y dos esferas metálicas de diferente tamaño. Se pone en funcionamiento el generador y posteriormente se apaga. Se separan las esferas del generador y se aproximan entre sí.
- b. Sin estar electrificados, se ponen en contacto el generador y la esfera metálica grande. Luego se separa la esfera grande del generador y se aproxima a la esfera pequeña que está sin electrificar, sin ponerlas en contacto.
- c. Se pone en funcionamiento el generador en contacto con la esfera más pequeña. Una vez electrificada se apaga el generador y se aproxima la esfera pequeña a la grande sin electrificar.

Preguntas

- ¿En qué condiciones fue posible observar chispas? ¿En cuáles no? ¿Por qué?
- ¿Qué se puede afirmar acerca del estado de electrificación de los diferentes cuerpos en cada caso?
- ¿Cómo explican las diferencias observadas al variar el tamaño de las esferas?
- ¿En qué situaciones se podría hablar de una condición de equilibrio?

La Etapa 2 se implementó en dos sesiones, una para cada guía, en días diferentes y tuvo lugar en el laboratorio de física en ambas instituciones. Para la *Guía No 2*, la dinámica fue la misma de la conducta de entrada, con 4 estaciones y dos grupos ubicados en cada una de ellas;

pero en este caso el trabajo en cada estación duraba 10 minutos. Una vez cumplido el tiempo los grupos pasaban a la estación siguiente, y cuando todos culminaban las cuatro estaciones, ellos pasaban a discutir las preguntas y preparar la socialización de sus explicaciones. Para la **Guía No 3** se continuaba el trabajo en los mismos grupos, pero la actividad propuesta fue realizada por la maestra, y los grupos tomaban nota de las observaciones y discusiones que surgían.

En las tres primeras estaciones de la **Guía No 2**, se esperaba que a partir de lo observado los estudiantes propusieran un modelo explicativo acerca de la electrificación de los cuerpos y su relación con el tipo de material de estos cuerpos, así como para los fenómenos de atracción y repulsión entre cuerpos electrificados. En la cuarta estación se buscaba que de manera general los estudiantes caracterizaran los efectos magnéticos y los diferenciaran de los electrostáticos, de tal manera que pudiesen reconocer el hecho de que sólo ciertos materiales se ven atraídos por los imanes, mientras que todos los materiales se ven atraídos por el globo electrificado. Se invitó a los estudiantes a cuestionarse acerca de las afirmaciones en las que atribuían a los efectos observados con el globo electrificado, una naturaleza magnética.

En la socialización de las respuestas a las preguntas orientadoras del final de la **Guía No 2**, se buscó llegar a establecer que los cuerpos al ser frotados adquieren un *estado de electrificación* que se evidencia por los efectos de atracción y repulsión; y que este estado de electrificación también se puede adquirir por contacto o por inducción. Además se buscaba que los estudiantes fueran conscientes de que los efectos eléctricos son distintos de los efectos generados por imanes.

Para la **Guía No 3**, las tres actividades propuestas se realizaron con ayuda de un Generador de Van de Graff y de dos esferas metálicas aisladas, de diferentes tamaños. Aunque se proponían preguntas al final de cada parte, para un mejor manejo del tiempo de la sesión, se desarrollaron las 3 experiencias consecutivamente y se dejó el tiempo al final para responder las preguntas de cada una de las actividades.

En la primera actividad, “**Caracterizando el espacio alrededor de un cuerpo electrificado**”, se buscaba que se establecieran relaciones entre el funcionamiento del generador de Van de Graaff y

las maneras de electrificar un cuerpo, a partir de la descripción que hicieron los estudiantes sobre el proceso de electrificación del generador. En la socialización de esta actividad, se organizaron las diferentes explicaciones propuestas por los estudiantes, de acuerdo con los conceptos que iban involucrando en las mismas, tales como energía, fuerza, campo o interacción a distancia, y se hizo énfasis en el hecho de que es el espacio el que está siendo afectado y que otros cuerpos, electrificados o no, que estén en dicho espacio experimentarán los efectos eléctricos de atracción o repulsión según su estado de electrificación y la distancia a la que se encuentren del generador.

Con las actividades 2 y 3, se esperaba que los estudiantes ampliaran la caracterización acerca del estado de electrificación de los cuerpos, incluyendo además de la carga eléctrica otra variable como lo es el potencial eléctrico. Así mismo, se buscaba que identificaran que para que se dé una descarga eléctrica se requiere de una diferencia de potencial y no necesariamente de una diferencia de carga. Por lo mismo, si entre dos cuerpos que se han electrificado simultáneamente no existe una descarga eléctrica, se debe a que estos se encuentran al mismo potencial, pero esto no significa necesariamente que tengan la misma cantidad de carga eléctrica, como en el caso de las esferas empleadas de diferentes tamaños o del estudiante voluntario. Se procuraba llevar a los estudiantes a la idea de equilibrio electrostático entre los conductores, debido a la diferencia de potencial; en caso de que no hubiese equilibrio electrostático, habría la posibilidad de que se presentara una descarga eléctrica, manifestada en las chispas. También se hacía énfasis en que las descargas observadas eran momentáneas. Y que para obtener una “descarga permanente” o corriente eléctrica, se requiere de una fuente permanente de diferencia de potencial, es decir de una batería. Y a partir de nombrar la batería, se abordaba la discusión acerca del funcionamiento de ésta, para poder entender por qué es una fuente “permanente” de diferencia de potencial.

3.3.3. Etapa 3: Batería eléctrica

En esta etapa se pretendía establecer una diferenciación clara entre los fenómenos electrostáticos y no electrostáticos; además de reconocer el cambio epistemológico y ontológico que tuvo lugar en el surgimiento de nociones como la de *fem*. Igualmente se pretendía establecer

un puente entre estos fenómenos, a partir de la construcción de explicaciones alrededor del funcionamiento de una batería eléctrica.

En la **Tabla 3.6** se presenta la estructura general de la guía correspondiente a la Etapa de la “Batería Eléctrica”, en la cual aparecen los objetivos de aprendizaje propuestos, los contenidos conceptuales que se abordan, y el nivel esperado de los cuatro contenidos procedimentales.

Tabla 3.6. Contenidos Etapa 3.

NOMBRE DE LA GUÍA	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS CONCEPTUALES ABORDADOS	NIVEL A ALCANZAR DE CONTENIDO PROCEDIMENTAL
LA BATERÍA ELÉCTRICA	1. Construir explicaciones para el funcionamiento de una batería Voltaica. 2. Reconocer el papel que juega la batería en aquellos dispositivos que la requieren para su funcionamiento. 3. Construir la noción de fem a partir de la caracterización de los efectos producidos por una batería.	<ul style="list-style-type: none"> - Carga eléctrica - Potencial eléctrico - Equilibrio eléctrico - Diferencia de potencial - Campo eléctrico - Batería eléctrica - Fem 	1.3 Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico. 2.2. Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables. 3.3. Identificación de propiedades, características... 4.2. Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.

A continuación se presenta la guía correspondiente a esta etapa, la guía No 4.

GUÍA DE TRABAJO No 4

LA BATERÍA ELÉCTRICA

OBJETIVOS:

1. Construir explicaciones para el funcionamiento de una batería Voltaica.
2. Reconocer el papel que juega la batería en aquellos dispositivos que la requieren para su funcionamiento.
3. Construir la noción de fem a partir de la caracterización de los efectos producidos por una batería.

ACTIVIDAD

Batería de Volta

MATERIALES:

6 Monedas de \$100 (NO de las nuevas)	1 LED Rojo
6 Arandelas Zincadas	1 Multímetro
6 Círculos de papel filtro	Cinta aislante
50 ml de solución acuosa de CuSO_4 al 5%	
2 Trozos de alambre de cobre	

PROCEDIMIENTO

En grupos de 4 estudiantes sigan las instrucciones propuestas a continuación. Los materiales indicados los encontrarán dispuestos en la mesa del laboratorio. Tomen nota de las observaciones, explicaciones y preguntas que surgen en el desarrollo de cada paso.

Parte 1

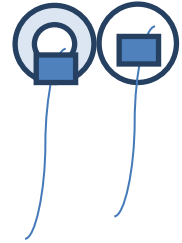
1. Sumerja los círculos de papel filtro en la solución.
2. Construya una *celda voltaica*. Coloque la moneda de \$100 en la mesa, sobre ella un papel filtro húmedo y sobre éste una arandela.
3. Tome el led y establezca contacto entre éste y la celda de la siguiente manera: La terminal larga del led con la moneda de \$100 y la terminal corta con la arandela. ¿Qué observan?
4. Construya otra celda voltaica como la inicial. Colóquela en serie con la otra celda, es decir *garantizando el contacto entre metales diferentes (Zinc-Cobre)*. Humedezca el contacto con la solución de sal. A continuación vuelva a conectar el led como en el numeral anterior, pero en este caso manteniendo unidas las dos celdas. ¿Qué observan?

5. Agregue otra celda conectada en serie al montaje anterior. Vuelva a conectar el led. ¿Qué observan?

Respondan en grupo las preguntas planteadas por la maestra. (15 min)

Parte 2

1. Tome la *batería* construida con las tres celdas y conecte en los extremos (moneda y arandela más externos) trozos de alambre con ayuda de cinta, como indica la figura.
2. Coloque la perilla del multímetro en la posición 20 V. Establezca contacto entre la terminal roja del multímetro y el extremo del cable de la moneda, y entre el terminal negro del multímetro y el extremo del cable de la arandela. Registren la medida arrojada por el multímetro (ésta será en Voltios).
3. Conecte un led a la batería por medio de los alambres. Mida nuevamente con ayuda del multímetro estableciendo contacto como en el numeral anterior. Registren la medida arrojada por el multímetro (ésta será en Voltios).
4. Construya tres celdas más y agregue una a una conectándola en serie al montaje anterior. Cada vez que agregue una celda, repita las medidas realizadas con el multímetro: primero sin conectar el led y luego conectándolo. Organicen los datos obtenidos en una tabla.



Respondan las siguientes preguntas:

1. *¿Qué sucede con la medida registrada por el multímetro a medida que se agregan más celdas en serie?, ¿cómo lo explican?*
 2. *¿Qué sucede con la medida registrada por el multímetro luego de conectar el led?, ¿cómo lo explican?*
 3. *¿Cómo representan el montaje realizado en el caso en que no se ha conectado el led? y ¿cómo lo representan cuando el led está conectado? Dibujen el esquema en cada caso.*
 4. *Comparando las mediciones hechas sin conectar el led y conectando el led y las representaciones hechas, ¿cómo describen el proceso físico que se lleva a cabo en cada situación?*
 5. *¿Cómo explican que al aumentar el número de celdas conectadas en la batería, el led ilumine más?*
-

Esta etapa se implementó en dos sesiones, una para el desarrollo de las actividades de la guía y otra para la socialización de las respuestas a las preguntas orientadoras. La primera sesión se llevó a cabo en el laboratorio de física y la segunda en el salón de clases, para ambas instituciones. Se dispusieron mesas de trabajo con los materiales necesarios, para que cada grupo desarrollara simultáneamente la guía de trabajo, la cual se dividía en dos partes. Finalizada la ejecución de la primera parte, se entregaron a los estudiantes unas preguntas orientadoras que no se incluían en la guía, con el fin de no condicionar sus observaciones. Estas preguntas buscaban orientar la discusión acerca de lo que ocurre dentro de la batería, y se esperaba que los estudiantes recurrieran a todo el trabajo que se había llevado a cabo en las anteriores etapas. Tales preguntas fueron:

1. ¿Qué reacción se presenta entre los materiales de la celda?
2. ¿De dónde proviene la energía necesaria para que el led encienda?
3. ¿Cuál consideran que es el proceso que tiene lugar dentro de la batería para que se genere esa energía?
4. ¿Por qué con una sola celda no se prende el led?
5. ¿Por qué se requiere de más de una celda para que encienda el led?
6. ¿Qué pasaría si pudiéramos más celdas en serie?

Se esperaba que los estudiantes se fijaran en la reacción química que tiene lugar al contacto entre los metales y la solución salina, y emplearan este conocimiento para analizar el funcionamiento de la batería. Al socializar las respuestas a la pregunta 1, se buscó hacer claridad acerca de la reacción de oxidación-reducción que se presentaba entre los materiales de la batería, en términos de la transferencia y acumulación de energía en los metales. Por otra parte, en relación con las preguntas 2 y 3, se orientó la discusión en términos de las similitudes entre lo que ocurre en la batería con lo que sucedía en el generador, haciendo una analogía con el efecto que se produce al incrementarse poco a poco la diferencia de potencial entre los extremos del generador. En el caso del generador, el proceso de electrificación de la cúpula (parte superior) tiene lugar gracias a la permanente electrificación de la banda de caucho debido a la fricción con el rodillo en la parte inferior del generador; este proceso de electrificación va dando lugar a una diferencia de potencial entre la cúpula y la parte inferior del generador. El papel de la banda se asimila con el de la solución salina en la que se dan “permanentemente” las reacciones químicas que generan iones positivos y negativos; y el efecto que sufren la cúpula y el rodillo inferior se asimilan a la acumulación de la carga en los metales en la batería. También se emplea la analogía

de la escalera mostrada en el texto de (Knight, 2007, p. 915), al considerar que tras la reacción en el proceso de descomposición de los metales, las partículas cargadas (iones) se movilizan hacia los metales en dirección del campo no conservativo generado al interior de la batería, permitiendo que gracias al trabajo químico realizado por unidad de carga, es decir la *fem*, tales portadores de carga ganen potencial dentro de la batería. Con esto se pretende propiciar la construcción de la noción de *fem*.

Con respecto a la luminosidad del led, la discusión se orientó en términos de la diferencia de potencial necesaria para que se dé la “descarga permanente” o corriente eléctrica que haga posible el encendido del led; siendo considerada esa diferencia de potencial como un efecto de la *fem* de la batería. Se esperaba que se asociara el incremento de celdas con una reacción mayor, es decir una mayor *fem*, y por ende una mayor diferencia de potencial.

Una vez resueltas las preguntas entregadas al finalizar la primera parte, se dio paso a la segunda parte. Antes de iniciar la segunda parte de la guía, se mostró al grupo de estudiantes el multímetro para que se familiarizaran con este. Se explicó brevemente para qué sirve y cómo se emplea. El multímetro se entregó con los cables de conexión instalados y apagado. Durante la construcción y conexión de la batería se verificó permanentemente que las conexiones entre ésta, y los cables fueran correctas. Se esperaba obtener como resultado, que cada vez que se agregara una celda a la batería, la *fem* de esta aumentara, y que al conectar el led el valor de la diferencia de potencial medido en voltios fuera menor.

Finalizado el ejercicio, se dio un tiempo para discutir las preguntas finales de la guía y preparar la socialización de los resultados. Durante la socialización se organizaron las respuestas de los estudiantes de acuerdo a lo que afirmaban que sucedía con la energía, la carga eléctrica, la corriente, o cualquier otro concepto que ellos mencionaran. Se orientó la discusión en términos del incremento de la energía acumulada y de la diferencia de potencial que hay entre los extremos de la batería. A partir de las respuestas de los estudiantes acerca de las medidas obtenidas, la

discusión se orientó hacia el concepto de *fem* y de diferencia de potencial en cada caso, es decir circuito abierto y circuito cerrado; estableciendo una diferenciación entre la *fem* y la diferencia de potencial, en términos de su medición y del proceso físico que tiene lugar fuera de la batería (circuito cerrado) y dentro de la batería (circuito abierto). Es decir, en términos de la medición se refiere a los valores obtenidos con ayuda del multímetro para la *fem* medida en circuito abierto; y para la diferencia de potencial, medida en circuito cerrado. Y en cuanto a los procesos, en la batería se refiere al aumento de diferencia de potencial debido a la *fem* y en el circuito cerrado a la caída de potencial que se da a través del led, cuyo valor no puede superar al valor de la *fem*, en virtud del principio de conservación de la energía. Lo mencionado se apoyó en las representaciones que los estudiantes hicieron para cada uno de los circuitos.

Por otra parte, se tomó como referencia para la explicación del concepto de *fem*, la analogía entre la *fem* y el trabajo mecánico hecho en contra de la gravedad, propuesta por Halliday & Resnick (1974, p. 1130), a partir de la cual es posible hablar de *la fem como el trabajo por unidad de carga* que realiza la batería para generar la diferencia de potencial. La *fem* nos permite dar cuenta de la transformación que se da de energía química a energía potencial eléctrica dentro de la batería; y luego cuando la batería está en el circuito cerrado conformado por los cables y el led, esta energía potencial se transforma en energía cinética, manifestada en la corriente eléctrica, y en calor debido a la resistencia de los distintos materiales del circuito.

Puesta la discusión en términos de las energías, se abordó el análisis de la batería conformada por más de una celda todas conectadas en serie. De acuerdo a la medida tomada en circuito abierto con tres celdas en serie, cuatro cinco y seis, se obtenía un aumento de la *fem*; este aumento se interpretó también en términos de aumento de la cantidad de energía potencial eléctrica que podía suministrar la batería.

3.3.4. Etapa 4: Electrocínética y circuitos simples

En esta última etapa se buscó propiciar la construcción de explicaciones acerca del funcionamiento de circuitos simples de corriente continua, en las que se involucraran los conceptos construidos en las etapas anteriores y se articularan con los conceptos de corriente eléctrica y resistencia eléctrica dentro de la red conceptual. Para esto se propuso en la primera parte, un experimento en el cual se avanzara en la construcción del concepto de corriente eléctrica, en relación con los efectos macroscópicos asociados a ella, como son los cambios químicos, el aumento de temperatura y el efecto magnético. Posteriormente, en la segunda parte se propuso analizar el funcionamiento de un circuito simple con resistencias de pequeños valores, cuya fuente de *fem* era proporcionada por un adaptador de corriente alterna que se ajustaba para que trabajara en corriente directa. Se pidió medir diferencias de potencial, resistencias eléctricas y corriente eléctrica, para identificar las relaciones entre estas variables en este tipo de circuitos.

En la **Tabla 3.7** se presenta la estructura general de las dos guías correspondientes a la Etapa de Electrocínética y Circuitos simples, en la cual aparecen los objetivos de aprendizaje propuestos, los contenidos conceptuales que se abordan, y el nivel esperado de los cuatro contenidos procedimentales.

Tabla 3.7 Contenidos Etapa 4.

NOMBRE DE LA GUÍA	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS CONCEPTUALES ABORDADOS	NIVEL A ALCANZAR DE CONTENIDO PROCEDIMENTAL
ELECTROCINETICA	1. Caracterizar la corriente eléctrica a partir de los efectos observables asociados a ésta.	<ul style="list-style-type: none"> - Carga eléctrica - Fem - Diferencia de potencial - Corriente eléctrica - Resistencia eléctrica 	1.3 Establecimiento de Hipótesis a partir de un marco teórico. 2.2. Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables. 3.3. Identificación de propiedades, características... 4.2. Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.

CIRCUITOS SIMPLES	<p>2. Profundizar en la construcción del significado de los conceptos de fem y diferencia de potencial, en el análisis de circuitos simples.</p> <p>3. Comprender, relacionar y aplicar los conceptos de fem, diferencia de potencial, corriente eléctrica y resistencia eléctrica en el análisis y explicación del funcionamiento de circuitos simples.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Carga eléctrica - Fem - Diferencia de potencial - Corriente eléctrica - Resistencia eléctrica - Ley de Ohm - Ley de la trayectoria de Kirchoff 	<p>1.3 Establecimiento de Hipótesis a partir de un marco teórico.</p> <p>2.2. Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables.</p> <p>3.4. Registro cualitativo de datos.</p> <p>4.2. Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.</p>
-------------------	--	---	--

A continuación se presentan las guías correspondientes a esta etapa, la guía No 5 y la guía No 6.

GUÍA DE TRABAJO No 5

ELECTROCINÉTICA Y CIRCUITOS SIMPLES

OBJETIVOS:

1. Caracterizar la corriente eléctrica a partir de los efectos observables asociados a ésta.

ACTIVIDAD 1

CARACTERICEMOS LA CORRIENTE ELÉCTRICA

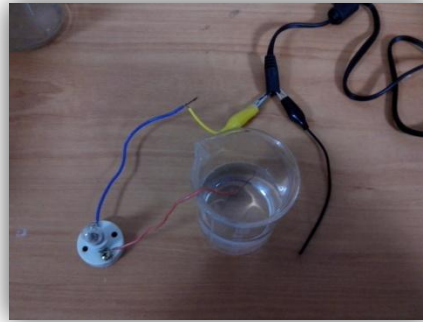
MATERIALES

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 Adaptador AC/DC 2 Trozos de alambre de cobre con caimán 1 Beaker pequeño con 60 ml de agua 25 g de sal común 1 Roseta con su bombillo | <ul style="list-style-type: none"> 2 Alambres aislados con los extremos pelados 1 Brújula 1 Agitador de vidrio Cámara y cuaderno de apuntes |
|---|---|

PROCEDIMIENTO

En grupos de 4 estudiantes, lleven a cabo las actividades que se proponen a continuación. Tomen nota de las observaciones realizadas y de las preguntas que surgen en el desarrollo de cada una de las actividades. Redacten lo más claramente posible las explicaciones que proponen para los fenómenos observados y las respuestas a las preguntas planteadas.

- a. Tome el Beaker con agua y caracterice la sensación térmica que experimenta al sumergir un dedo en ésta.
- b. Tome el adaptador AC/DC y colóquelo en la posición 12 V. En la salida del adaptador conecte dos cables con ayuda de los caimanes. Ahora, tome la roseta con su bombillo y conecte en los tornillos de ésta los alambres aislados. Conecte uno de los cables de la roseta con uno de los del adaptador. El otro cable de la roseta sumérgalo dentro del agua.



- c. Conecte el adaptador AC/DC a la toma de la pared. Introduzca el otro cable conectado al adaptador dentro del agua. Describan lo que observan.
- d. Retire del agua el cable que está conectado al adaptador. Agregue la sal al agua y agítela fuertemente. Nuevamente introduzca el cable que está conectado al adaptador dentro de la solución de agua y sal. Describan lo que observan.
- e. Retire el cable que está conectado al adaptador, de la solución. Aproxime la brújula al cable que conecta el adaptador y la roseta. Hágalo de manera que la aguja de la brújula quede en posición paralela al cable (coloque la brújula, debajo del cable). Ahora, vuelva a introducir el cable conectado al adaptador dentro de la solución y observe el comportamiento de la brújula. Retire e introduzca el cable sucesivamente, prestando atención a lo que ocurre. Describan lo que observan.
- f. Desconecte el adaptador y cambie la posición de los caimanes. Vuelva a conectar el adaptador. Y, repita el procedimiento del numeral e. Describan lo que observan.
- g. Deje el cable conectado al adaptador dentro de la solución por aproximadamente 3 minutos. Describan lo que observan. Pasado este tiempo y sin interrumpir la conexión, agite la solución. Describan lo que observan.
- h. Finalmente, desconecte el adaptador e inmediatamente introduzca el dedo en la solución salina y describa la sensación térmica que percibe. Comparada con la sensación percibida en el numeral a ¿Nota algún cambio?

Respondan las siguientes preguntas

1. ¿Qué efectos se producen tras el paso de una corriente eléctrica?
 2. ¿Qué papel cumple cada uno de los elementos en el circuito? Dibuje un esquema.
 3. Enuncien algunas situaciones en las que alguno o algunos de los efectos de la corriente eléctrica sean aprovechados.
-

GUÍA DE TRABAJO No 6
ELECTROCINÉTICA Y CIRCUITOS SIMPLES

OBJETIVOS:

2. Profundizar en la construcción del significado de los conceptos de *fem* y *diferencia de potencial*, en el análisis de circuitos simples.

3. Comprender, relacionar y aplicar los conceptos de *fem*, *diferencia de potencial*, *corriente eléctrica* y *resistencia eléctrica* en el análisis y explicación del funcionamiento de circuitos simples.

ACTIVIDAD 2

DIFERENCIA DE POTENCIAL, FEM, CORRIENTE Y RESISTENCIA

MATERIALES:

1 Adaptador AC/DC

2 Trozos de alambre de cobre con caimán

2 Resistores

1 Protoboard

1 Multímetro

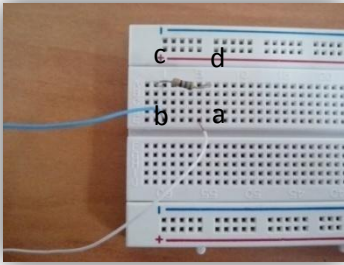
Cámara y cuaderno de apuntes

PROCEDIMIENTO

En grupos de 4 estudiantes, lleven a cabo las actividades que se proponen a continuación. Tomen nota de las observaciones realizadas y de las preguntas que surgen en el desarrollo de cada una de las actividades. Redacten lo más claramente posible las explicaciones que proponen para los fenómenos observados y las respuestas a las preguntas planteadas.

- a. Conecte el adaptador y ubíquelo en 9V. En la salida del adaptador conecte dos cables con ayuda de los caimanes. Con el voltímetro, ubicado en 20 V, mida la fem que hay entre los terminales del adaptador (cables).
- b. Tome cada uno de los resistores y mida su resistencia eléctrica (R). Para esto ubique el multímetro en 2000Ω y colocando cada resistor sobre la mesa conecte sus extremos a las terminales del multímetro. Organice los datos en una tabla.

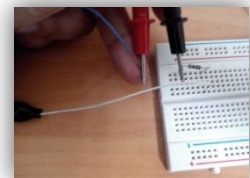




c. **Montaje del circuito:** Identifique el terminal positivo de la fuente y conéctelo a la protoboard en la primera columna de la fila E. Enseguida conecte un extremo del resistor (de menor valor de R) en la primera columna de la fila A y el otro en la quinta columna de la misma fila. Cierre el circuito conectando el terminal negativo del adaptador al final (quinta columna de la fila E).

- Con el voltímetro ubicado en 20 V, mida la diferencia de potencial entre los puntos *a* y *b* (ΔV_{ab}), *b* y *c* (ΔV_{bc}), *c* y *d* (ΔV_{cd}), *d* y *a* (ΔV_{da}). Registre los valores.

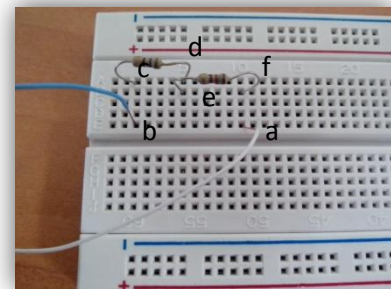
- Ahora mida la corriente eléctrica del circuito. Para esto ubique el amperímetro en la posición 200 mA. Luego desconecte de la protoboard la terminal positiva del adaptador y establezca contacto entre ésta y la terminal roja del amperímetro. Finalmente cierre el circuito, estableciendo contacto entre la terminal negra y el extremo libre del resistor. Registre el valor obtenido.



- Mida nuevamente la corriente eléctrica, ahora ubicando el amperímetro entre el resistor y la terminal negativa del adaptador.

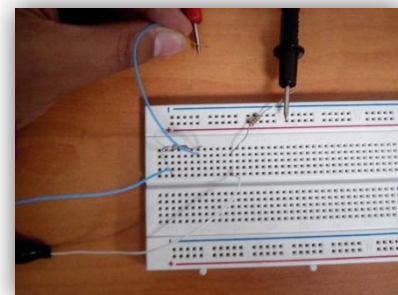
d. Al circuito del numeral anterior adiciónale el otro resistor cuya resistencia ya fue medida (ver imagen).

- Con el voltímetro ubicado en 20 V, mida la diferencia de potencial entre los puntos *a* y *b* (ΔV_{ab}), *b* y *c* (ΔV_{bc}), *c* y *d* (ΔV_{cd}), *d* y *e* (ΔV_{de}), *e* y *f* (ΔV_{ef}), *f* y *a* (ΔV_{fa}). Registre los valores.



- Mida la corriente eléctrica que circula en el circuito. Para esto ubique el multímetro en la posición 200 mA. Luego desconecte la terminal positiva del adaptador y establezca contacto entre ésta y la terminal roja del amperímetro. Enseguida cierre el circuito, estableciendo contacto entre la terminal negra y el extremo del resistor en el punto *c*. Registre el valor obtenido.

- Mida la corriente eléctrica ubicando el amperímetro entre los dos resistores. Para esto desconecte de la protoboard la primera terminal del segundo resistor y



coloque allí otro alambre. Cierre el circuito como lo indica la imagen.

- Ahora mida la corriente eléctrica ubicando el amperímetro entre el último resistor y la terminal negativa del adaptador. Para esto desconecte la terminal negativa del adaptador y establezca contacto entre ésta y la terminal negra del amperímetro. Enseguida cierre el circuito, estableciendo contacto entre la terminal roja y el extremo del último resistor. Registre el valor obtenido.

Respondan las siguientes preguntas

1. Comparen la medida registrada en el numeral a, y la medida registrada entre los puntos a y b para cada circuito y respondan: ¿De qué da cuenta cada una de esas medidas?
2. ¿Cómo interpretan cada una de las medidas de la diferencia de potencial registradas en el circuito con un solo resistor? Y ¿En el circuito con dos resistores?
3. Comparando el valor de la diferencia de potencial de la fuente (medida entre los puntos a y b), y la suma de las diferencias de potencial de cada resistor. ¿Qué relación pueden establecer?
4. ¿Qué sucede con el valor de la corriente del circuito al agregar el segundo resistor? ¿Cómo lo explican?
5. Si los resistores fueran reemplazados por bombillos con los mismos valores de resistencia, ¿Qué podrían esperar acerca de su luminosidad?

La Etapa 4 se implementó en dos sesiones, una para cada guía, en días diferentes, y tuvo lugar en el laboratorio de física en ambas instituciones. Para las dos guías se organizaron los mismos grupos de trabajo de las etapas anteriores, en mesas independientes con el material necesario para cada actividad. En cada sesión de trabajo, se implementó la guía y al final de la clase se hizo la socialización de las respuestas a las preguntas finales. En el caso del Colegio Cooperativo de los Álamos, la actividad y su correspondiente socialización se llevaron a cabo el mismo día, y en el caso del Colegio Santa María la actividad tuvo lugar en el bloque de clase y la socialización en la sesión complementaria de 45 minutos.

Para el desarrollo de la *Guía No 5*, se usó un adaptador AC/DC con el fin de tener valores constantes de *fem* y de diferencia de potencial. Teniendo esto en cuenta, se explicó brevemente a los estudiantes como usar el adaptador como una fuente de voltaje directo. Durante el desarrollo de la actividad se verificó permanentemente que las conexiones fueran las adecuadas, y se tuvo presente el efecto de reducción y oxidación de los metales, con el fin de reemplazarlos de ser necesario, y de invitar a los estudiantes a fijarse en los cambios que tenían lugar gracias a la reacción química.

Durante la socialización de las preguntas finales de la *Guía No 5*, se buscó caracterizar la corriente eléctrica a partir de los efectos observables asociados a esta: efecto térmico, efecto magnético y efecto químico; los cuales se aprecian en el aumento de la temperatura en los cables o en la solución, en el cambio de coloración y aspecto de la solución, y en la acción sobre una brújula al paso de la corriente.

Se mencionaron las características generales de un modelo microscópico para dar cuenta de la corriente eléctrica, en términos de los portadores de carga (iones en el caso de la solución); sin embargo, no se dio profundidad a este modelo teniendo en cuenta el objetivo de la guía. Por otra parte, se aprovechó esta experiencia para caracterizar diferentes tipos de conductores, además de los metales, también están las soluciones salinas.

Por otra parte, a partir de las descripciones y representaciones hechas por los estudiantes acerca de los diferentes elementos del circuito trabajado, se abordaron los modos de concebir de los estudiantes, la noción de corriente eléctrica en el circuito. Teniendo en cuenta que algunos de esos modos, pueden representar dificultades para el aprendizaje del concepto de corriente eléctrica, se buscó unificar un significado para este concepto discutiendo las afirmaciones que se hacían acerca de él. Por ejemplo, el suponer que la corriente eléctrica se va “gastando” en cada uno de los elementos del circuito; o que de cada extremo de la batería sale una corriente, y estas colisionan en algún punto del circuito cerrado; o que la batería actúa como un dispositivo que suministra corriente; o que la corriente eléctrica sale del terminal positivo y llega al negativo de

la batería. Estas ideas están relacionadas con un pensamiento lineal, que para el caso de la corriente eléctrica no es apropiado, porque la corriente surge en todo el circuito cuando este se cierra. También se abordó el análisis del modo de medir la corriente eléctrica, con el fin de avanzar en la construcción del significado de esta como una magnitud física, por lo que se discutió con los estudiantes el significado físico de la forma en la que se ubica un amperímetro dentro del circuito.

En la **Guía No 6**, con el propósito de facilitar las conexiones y mediciones en el montaje de los circuitos simples, se empleó una protoboard y se explicó a los estudiantes de manera breve como funciona, cuáles son sus usos más frecuentes y el propósito con el que se usaría en la práctica. Los valores de resistencia de los resistores empleados, estaban entre 50 y 500 Ohmios, teniendo en cuenta las diferencias de potencial del adaptador y la sensibilidad de los amperímetros.

Atendiendo al interés de que los estudiantes muestren ciertos niveles de contenido procedimental en los análisis y explicaciones que proponen para los fenómenos observados; la actividad que en esta guía se propuso, le apuntaba a posibilitar la integración del marco teórico conceptual construido hasta el momento, y a que se identificaran y estableciera relaciones de dependencia entre las variables analizadas, para llegar a generalizaciones basadas en los resultados, acerca del funcionamiento de circuitos eléctricos simples. Estos propósitos se orientaron a partir de la socialización de las respuestas a las preguntas propuestas al final de la **Guía No 6**.

Durante la socialización, se reforzó la diferenciación de los conceptos de *fem* y de diferencia de potencial hecha en la etapa 3, teniendo en cuenta las medidas obtenidas en el numeral a de la **Guía No 6**. Así mismo, a partir de las medidas obtenidas para las caídas de potencial en los diferentes puntos de los circuitos, con uno y dos resistores, se buscó que los estudiantes reconocieran la relación existente entre estas medidas y los valores de resistencia de los resistores. Como se sabe, para los resistores con un valor de resistencia mayor, se registra una

mayor medida de la diferencia de potencial entre sus extremos; y la diferencia de potencial suministrada por la fuente, se “reparte” en el caso del circuito con dos resistores, en proporción al valor de la resistencia de cada uno de los resistores. De la misma manera, se hizo énfasis en la relación que se encuentra entre el valor de la diferencia de potencial de la fuente y la suma de todas las diferencias de potencial de los distintos resistores, siendo esta una relación de igualdad. La identificación de esta relación fue un referente para introducir la segunda ley de Kirchoff, que Halliday & Resnick denominan teorema de las trayectorias, y constituye una expresión del principio de conservación de la energía aplicado a los circuitos eléctricos; además de expresar que la suma algebraica de los cambios de potencial en un circuito cerrado es cero (1974, p. 1134).

Con la pregunta 4 del final de la *Guía No 6*, se introdujo el análisis acerca de los factores que afectan la intensidad de la corriente eléctrica en un circuito. En este sentido, se estableció la relación entre la corriente eléctrica, la resistencia eléctrica y la diferencia de potencial en el circuito. Así mismo, la pregunta 5 permitió abordar la Ley de Ohm, ya que dado un valor de corriente en el circuito, la caída potencial en cada uno de los resistores dependía de su resistencia. Esto permitió mostrar la relación entre la corriente, la resistencia y la caída de potencial en cada resistor, expresada en la Ley de Ohm. Esto se trasladó al análisis acerca de la luminosidad de bombillos que tuvieran el mismo valor de las resistencias usadas o consideradas, concluyendo que a menor resistencia del bombillo menor sería la caída de potencial y menor sería su luminosidad. Esta actividad de cierre de la implementación de la secuencia, constituye el punto de partida para ampliar el estudio de los circuitos eléctricos en diversas circunstancias, reconociendo sus aplicaciones e implicaciones en el funcionamiento de dispositivos eléctricos.

3.4. Acerca de los elementos para el análisis

3.4.1. Enfoque Fenomenográfico

Obedeciendo al interés de analizar el diseño e implementación de la secuencia de enseñanza, en términos de la construcción significativa por parte de los estudiantes del concepto

de *fem*, y la integración de este concepto en la red conceptual, abordada a partir de los fenómenos seleccionados en la secuencia misma; en este trabajo se toma como enfoque metodológico para dicho análisis la Fenomenografía. Desde este enfoque, el interés del investigador se centra en las diferentes formas en las que los sujetos experimentan diversos fenómenos, cómo los visualizan y las capacidades que tienen para relacionarlos; no en la esencia misma de esas maneras, sino en la diferenciación que puede identificarse en la diversidad que de estas exista y en la posible “arquitectura” que tengan en términos de los aspectos que definen los fenómenos (Ortega, 2007).

En los estudios realizados por diferentes fenomenógrafos se ha observado que “...cuando las personas leen un texto, escuchan una exposición o tratan de resolver un problema o reflexionar sobre un fenómeno, eso que encuentran aparece ante ellos en un número limitado de formas cualitativamente diferentes. Estas formas diferentes en las que experimentan el texto, la exposición, el problema o el fenómeno se observan lógicamente relacionadas entre sí y forman juntas un complejo que hemos denominado espacio de resultados” (Marton & Booth, 2009). En el trabajo aquí presentado el objeto de investigación son las diferentes maneras en las que los estudiantes “experimentan” los fenómenos eléctricos propuestos, y cómo estas pueden relacionarse entre sí en virtud de la predominancia de ciertos contenidos procedimentales y conceptuales, presentes en su discurso. El *espacio de resultados* en este caso se constituye por las diferencias, similitudes y relaciones que se encuentran en las maneras de experimentar de los estudiantes, las cuales se reflejan en sus modos de hablar acerca de los fenómenos; en las herramientas conceptuales y procedimentales que estas vislumbran y en el carácter epistemológico y ontológico de dichas herramientas.

El objetivo de un estudio fenomenográfico es revelar la variación de formas de experimentar los fenómenos en cuestión, expresada u organizada en categorías cualitativamente distintas. La descripción de una manera de experimentar puede aplicarse, como en el caso de esta investigación, a un grupo de individuos o a un individuo en particular, diferenciándolo así de otro grupo o individuo respectivamente.

Es importante mencionar que desde esta perspectiva, la manera en la cual una persona o grupo de personas experimentan un fenómeno, no constituye al fenómeno mismo, sino más bien puede constituir una faceta de éste vista desde la perspectiva de dicho grupo, la cual permite vislumbrar, de cierta forma, el bagaje conceptual y procedimental con que este individuo o grupo cuenta. Además, se considera igualmente que las diferencias entre las diversas formas de experimentar algo se derivan del hecho de que para dar cuenta de un fenómeno en particular, pueden o no considerarse diferentes elementos o aspectos relevantes de este, por ejemplo, para dar cuenta de las interacciones electrostáticas, algunos estudiantes pueden recurrir a representaciones abstractas, otros a analogías con eventos más familiares y otros al uso de términos que en su lenguaje cotidiano se emplean para referirse a lo observado. En esa diversidad de las maneras de hablar acerca del mismo fenómeno, se vislumbra cómo cada grupo hace conciencia de aspectos diferentes de la totalidad de este, y en relación con esos aspectos lo experimenta, lo visualiza y lo relaciona con otros fenómenos.

De la misma manera, para el caso de la construcción del concepto de *fem*, alrededor de los fenómenos observables en el funcionamiento de una batería eléctrica; la consideración de parte de los estudiantes, de unos u otros aspectos del fenómeno en las maneras de referirse a lo observado, darán cuenta de la visualización que estos hacen y de las relaciones que establecen entre éste fenómeno y los abordados a lo largo de la secuencia, mostrando igualmente la apropiación de los conceptos estudiados y el desarrollo de los diferentes niveles de contenido procedimental esperados. De acuerdo con lo anterior, se encontrarán algunas maneras de experimentar y hablar más complejas o más plenas que otras, en términos de las capacidades que muestran para considerar diferentes aspectos del fenómeno y para establecer relaciones entre estos aspectos y con otros fenómenos. Esas capacidades cualitativamente diferentes, podrán organizarse jerárquicamente, catalogándose según sus niveles de complejidad y constituyendo lo que Marton & Booth denominan *categorías de descripción o maneras de experimentar* (2009).

En este estudio no solo nos hemos ocupado de la variedad de las maneras de experimentar y de los modos de hablar acerca de los fenómenos propuestos, que se asocian a dichas maneras;

sino también de la evolución que estos tienen a través de la secuencia. Esto implica nuestro interés en reconocer las variaciones o cambios que se presentan en las maneras de experimentar al considerar de manera cada vez más compleja y consciente diferentes aspectos acerca de la totalidad de un fenómeno. En particular, en el análisis de la ***Etapas 4*** se espera encontrar una integración de los conceptos construidos en las etapas previas (carga, potencial, diferencia de potencial y *fem*), con los construidos en esta última etapa (corriente eléctrica, resistencia eléctrica), y una apropiación significativa de los mismos, reflejada en el uso de unos niveles de contenidos procedimentales que den cuenta de una complejización en las maneras en las cuales los estudiantes construyen explicaciones, acerca de los fenómenos que observan en el funcionamiento de circuitos simples.

3.4.2. Lectura de las maneras de experimentar

Para llegar a la identificación de las maneras de los estudiantes, de experimentar los fenómenos propuestos en la secuencia de enseñanza, reflejadas en sus modos de hablar acerca de estos; se parte de ubicar los diferentes testimonios obtenidos en cada etapa y en cada guía, en el nivel de contenido procedimental que corresponda, según la definición que de estos contenidos se presenta en la ***Tabla 3.8***. Luego, con la identificación de los contenidos conceptuales predominantes en cada testimonio, se hace una lectura transversal en la que se agrupan los modos de hablar, según la recurrencia de los contenidos conceptuales y procedimentales, y la estructura general que para estos se identifique. La manera de proceder para realizar la lectura, organización y sistematización de los registros obtenidos a lo largo de las cuatro etapas de la secuencia, se ampliará en el capítulo IV.

Tabla 3.8. Definición de los niveles de los contenidos procedimentales.

1. Predicción e hipótesis

1.1 Establecimiento de conjeturas contrastables.

Formar juicio de algo por indicios y observaciones. Esta se da a partir de las observaciones y sugiere la posibilidad de contrastarse con otras pruebas experimentales similares.

1.2 Deducción de predicciones a partir de experiencias,

Establecer una regularidad a partir de lo observado, y predecir resultados de situaciones hipotéticas de

<i>resultados...</i>	circunstancias similares.
1.3 Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico.	Suposición de algo posible o imposible para sacar de ello una consecuencia, a partir del conocimiento adquirido en el estudio de las ciencias naturales.
2. Relación entre variables	
2.1 Identificación de variables.	Identificar de manera implícita o explícita, magnitudes o variables, para describir o explicar lo observado.
2.2 Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables.	Vincular o relacionar las magnitudes o variables identificadas; por ejemplo, mediante análisis de proporcionalidad.
3. Observación	
3.1 Descripción de observaciones y situaciones.	Referir, enumerar o nombrar las partes, cualidades o circunstancias de lo observado.
3.2 Representación esquemática de una observación, hecho...	Proponer una representación gráfica o simbólica, por comparación, de una situación observada, mediante la introducción de magnitudes o variables, metáforas, símiles o ejemplos.
3.3 Identificación de propiedades, características...	Enunciar o atribuir características o propiedades a las variables o magnitudes identificadas.
3.4 Registro cualitativo de datos.	Presentar las relaciones entre las variables o magnitudes identificadas mediante expresiones cualitativas, como, mayor que, menor que, más pequeño, más grande, etc.
4. Elaboración de conclusiones	
4.1 Inferencias inmediatas.	Sacar una consecuencia o deducir algo a partir de lo observado en el proceso o en los datos obtenidos.
4.2 Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones	Plantear a partir de las observaciones, datos y deducciones, afirmaciones que generalicen las relaciones encontradas a diversas situaciones.

Las definiciones presentadas en esta tabla para cada uno de los niveles de los *contenidos procedimentales*, corresponde con la interpretación de las autoras de este trabajo, y constituye el criterio inicial de lectura, organización y análisis de los testimonios obtenidos tras la implementación de la secuencia. A partir de estas categorías iniciales y del proceso de sistematización, emergen finalmente las categorías de descripción o maneras de experimentar generales, manifestadas en los modos de hablar de los estudiantes acerca de los diferentes fenómenos abordados. Tales categorías serán descritas a continuación en el capítulo de resultados.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En este capítulo, se expone la manera de proceder para realizar la lectura, organización y sistematización de los registros escritos, de la implementación de las cuatro etapas de la secuencia de enseñanza. Inicialmente, se exponen los criterios propuestos para organizar los testimonios de los estudiantes, entendidos estos como las respuestas a las preguntas o explicaciones propuestas a los fenómenos abordados. Enseguida, se presenta la estructura planteada para identificar los contenidos procedimentales y conceptuales presentes en los testimonios. Posteriormente, se presentan los resultados obtenidos y sus análisis, correspondientes a cada una de las etapas de la secuencia de enseñanza. Es de notar, que en la presentación de los resultados de cada etapa, se incluyen los modos de hablar identificados en cada una de estas y la evolución que tienen estos modos a través de la secuencia. Por último, se presenta el análisis de la transformación de los modos de hablar de los estudiantes a lo largo de las etapas, considerando los objetivos generales de la secuencia y particulares de cada una de las etapas; análisis que para la investigación permite recoger los alcances y evaluar el trabajo realizado. Asimismo, se presenta una reflexión acerca de las maneras de experimentar que se identifican tras el proceso de sistematización y análisis.

4.1. Criterios generales de organización de los registros escritos

La sistematización de los testimonios que aparecen en los registros recopilados, se organizó bajo diferentes criterios. A partir de la implementación de la secuencia, se recopilaron las respuestas y explicaciones escritas por los estudiantes, que para este trabajo se denominan testimonios, resultado de la implementación de cada una de las guías; además, se hicieron grabaciones de audio y video de las diferentes sesiones. Sin embargo, teniendo en cuenta los objetivos de aprendizaje y los objetivos de esta tesis en cada una de las etapas de la secuencia, para sistematizar y analizar se seleccionaron únicamente los registros escritos, ya que de las grabaciones de audio, se tuvieron en cuenta las orientaciones que las maestras hicieron durante la realización de las actividades y las socializaciones, para el análisis de los testimonios de los estudiantes y para el diseño de las guías del maestro. Y, el registro en video de las diferentes sesiones se empleó para complementar el análisis de la implementación de la secuencia.

Particularmente, se tuvieron en cuenta las grabaciones de audio y vídeo de la implementación de las *Guías No 3 y 4*, debido a la relevancia de la intervención del maestro en la socialización, para la construcción de los conceptos de potencial eléctrico, diferencia de potencial y *fem*.

En la *Tabla 4.1*, se muestra el número de registros recopilados en las diferentes etapas para cada institución. Este número varió de una a otra institución, debido a las dinámicas de cada una de estas y a las particularidades de la implementación en cada caso.

Tabla 4.1. Número de Registros sistematizados por Etapa y por Institución.

<i>Etapa</i>	<i>Guías</i>	<i>Colegio Santa María</i>	<i>Colegio Cooperativo de los Álamos</i>
		<i>N° Registros Escritos</i>	<i>N° Registros Escritos</i>
Etapa 1	Guía No 1	7	8
Etapa 2	Guía No 2	7	7
	Guía No 3	7	6
Etapa 3	Guía No 4	6	6
Etapa 4	Guía No 5	7	5
	Guía No 6	7	0

En el caso del Colegio Cooperativo de los Álamos, teniendo en cuenta los tiempos de implementación y el calendario académico para la presentación de la prueba Saber 11, el número de registros recopilados de la *Guía No 5* se redujo y no fue posible la implementación de la *Guía No 6*.

4.2. Estructura de organización de los testimonios según contenidos procedimentales y conceptuales.

Inicialmente, la sistematización que se llevó a cabo con los testimonios de los registros escritos, consistió en organizarlos en una matriz para cada una de las etapas de la secuencia diseñada, y para cada una de las instituciones donde se implementó dicha secuencia. Obteniéndose así un total de 8 matrices, cada una nombrada según la etapa y guía correspondiente; además se incluye dentro de la matriz el(los) objetivo(s) general(es) de la etapa o guía según corresponda, por ejemplo (ver *Tabla 4.2.*) para la *Etapa 1: Conducta de Entrada*, las primeras dos filas del documento son:

Tabla 4.2. Esquema Demarcación Matrices Sistematización. Ejemplo Etapa 1: Conducta de Entrada.

ETAPA	CONDUCTA DE ENTRADA
OBJETIVO(S)	<i>Construir explicaciones a partir de la experiencia sobre algunos fenómenos eléctricos propuestos.</i>

Los testimonios que se clasificaron, se separaron teniendo en cuenta las diferentes actividades, estaciones y/o preguntas de cada una de las etapas y guías; así, dentro de cada matriz la primer columna corresponde a las actividades, estaciones y/o preguntas de la etapa analizada. En la **Tabla 4.3** se especifican las actividades, estaciones y/o preguntas para cada una de las etapas que fueron sistematizadas. Se hace esta diferenciación pues se producen testimonios tanto dentro de la descripción de los procedimientos seguidos en las estaciones, como de los argumentos o descripciones construidos en las respuestas a las preguntas. En este sentido, es necesario tener en cuenta que no en todas las estaciones o preguntas se producen testimonios para las dos instituciones donde fue implementada la secuencia de enseñanza, por lo que en la matriz o bien se señala que no se producen testimonios o no se incluye la estación o pregunta.

Tabla 4.3. Actividades, Estaciones y/o Preguntas por Etapa y Guía

<i>Etapa</i>	<i>Guías</i>	<i>Actividades</i>	<i>Estaciones</i>	<i>No Preguntas</i>
Etapa 1	Guía No 1	1	Estación 1: Papelitos	3
			Estación 2: Lata	
			Estación 3: Motor	
			Estación 4: Circuito Simple (Bombillo)	
Etapa 2	Guía No 2	1	Estación 1: Plástico	5
			Estación 2: Vidrio	
			Estación 3: Metal	
			Estación 4: Lo Eléctrico y lo Magnético	
Etapa 3	Guía No 3	1	1: Caracterizando el espacio alrededor de un cuerpo electricificado	3
			2. ¡Chispas!	3
			3. Más o menos chispas	4
Etapa 3	Guía No 4	1	Parte 1	6
			Parte 2	5
Etapa 4	Guía No 5	Caractericemos la Corriente Eléctrica		3
	Guía No 6	Diferencia de potencial, <i>fem</i> , corriente y resistencia		5

El criterio general de clasificación fue la identificación de los contenidos procedimentales mostrados en la **Tabla 3.8**, que aparecen en los testimonios; para mostrar estos contenidos en la matriz se incluyó una columna por cada nivel de contenido procedimental. Estos contenidos y sus respectivos niveles, fueron ubicados en la filas 3 y 4 de cada una de las matrices. Por ejemplo, en la **Tabla 4.4** puede apreciarse el esquema de la matriz para la *Etapa 1: Conducta de Entrada*, correspondiente solamente al primer contenido procedimental, Predicción e Hipótesis, y sus respectivos niveles.

Tabla 4.4. Esquema Matriz Sistematización. Ejemplo Etapa: Conducta de Entrada.

ETAPA	CONDUCTA DE ENTRADA		
OBJETIVO(S)	<i>Construir explicaciones a partir de la experiencia sobre algunos fenómenos eléctricos propuestos.</i>		
CONTENIDO PROCEDIMENTAL	PREDICCIÓN E HIPÓTESIS		
NIVEL CONTENIDO PROCEDIMENTAL	1.1 Establecimiento de conjeturas contrastables	1.2. Deducción de predicciones a partir de experiencias, resultados	1.3. Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico
ESTACIÓN Y/O PREGUNTA			
Estación 1			
Estación 2			

Además, dentro de las filas para cada una de las estaciones y/o preguntas, se incluyó un número de filas igual al número de grupos de trabajo, de tal manera que en cada fila, dentro de cada estación y/o pregunta, se ubicó el testimonio de un grupo en particular (Ver Anexo 1. Matrices Sistematización Implementación Secuencia de Enseñanza)⁵.

A continuación, se muestra un ejemplo de un testimonio y la forma en que el análisis de su contenido permite clasificarlo y ubicarlo en las diferentes columnas de niveles de contenidos procedimentales (ver **Tabla 4.5**).

⁵Debido a la extensión de las matrices, estas no se presenta en el documento impreso. En el CD adjunto, puede encontrarlas en la carpeta **Anexo 1. Matrices Sistematización Implementación Secuencias de Enseñanza**. Las matrices se encuentran numeradas según el Número del anexo: **A1**; la etapa **1, 2, 3 y 4**; y la institución **1** para el Colegio Santa María, **2** para el Colegio Cooperativo de los Álamos.

*ISI-E2*⁶: “Después de frotar la bomba contra el pelo y acercarla a la lata se pudo ver que la lata se movía hacia la misma dirección que la bomba. Esto sucede ya que al frotar la bomba con el pelo ésta se carga de electricidad estática negativa y al acercarla a la lata que tiene una carga neutra (mismos protones que electrones) esta repele a las cargas negativas que tenga la lata hacia el otro lado de esta y atrae las positivas hacia el lado más cercano al globo. Esto se debe a que al juntar la bomba con la lata, la energía negativa que la bomba tenía se libera en forma de sonido y luz, dejándola con una menor carga negativa, la cual era la que generaba el movimiento de la lata”.

Tabla 4.5. Ejemplo de Clasificación de un Testimonio según el Contenido Procedimental. Registro ISI-E2.

Contenido Procedimental	Nivel de Contenido Procedimental	Justificación
Predicción e Hipótesis	1.3. Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico	La utilización de terminología específica permite evidenciar que las hipótesis formuladas en el testimonio responden a la utilización de un marco teórico.
Relación entre Variables	2.2. Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables.	Las variables identificadas: electrificación por fricción, conducción o inducción, carga, efecto de atracción o repulsión y energía; se exponen en términos de la relación entre las mismas.
Identificación de Propiedades	3.3 Identificación de propiedades, características	Se asocia a los materiales características particulares (<i>lata sin frotar tiene carga neutra</i>) dependiendo de lo que se haya hecho con estos. Por ejemplo, los efectos observables se asocian a tipo de carga de los cuerpos.
Elaboración de Conclusiones	4.2 Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones.	Se formulan de explicaciones o generalizaciones a propósito de las observaciones, en términos de las propiedades de las variables identificadas. Lo dicho sobre la carga de los cuerpos y el efecto que sobre las mismas tiene el acto de la fricción o el contacto, permiten construir afirmaciones sobre los efectos observados (lumínicos y sonoros) y sobre el estado eléctrico final de los cuerpos.

Por lo tanto el testimonio *ISI-E2*, quedaría ubicado dentro de la matriz en la fila del Grupo 1, correspondiente a la Estación 2, y en las columnas 1.3, 2.2, 3.3 y 4.2 (ver Anexo Matriz A1.1.1).

⁶La nomenclatura de identificación de los testimonios sigue el siguiente criterio: Etapa (1, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4); Institución (Santa María: S, Cooperativo de los Álamos: C); Grupo (1, 2, 3, etc.); Tipo de testimonio (Estación, E; Pregunta, P; Actividad, A, etc.) y Número del testimonio (1, 2, 3, etc.). Así el testimonio *ISI-E2*, corresponde a la etapa 1, del colegio Santa María, Grupo 1, Estación 2.

El segundo criterio de clasificación dentro de la matriz, es el de los contenidos conceptuales presentes en los testimonios. En aras de la claridad, los diferentes contenidos conceptuales se diferencian con el color de la fuente o subrayándolos, de acuerdo a los parámetros descritos en la **Tabla 4.6**. Esta tabla se construye a partir de dos criterios; por un lado la determinación de los términos de uso recurrente y el sentido que los estudiantes le dan; y por otro lado, buscando los conceptos significativos a propósito del desarrollo histórico del concepto de *fem*, también aquellos conceptos estrechamente ligados al concepto de *fem*, como por ejemplo el de potencial eléctrico. El color de la fuente se selecciona para que dentro del proceso de sistematización se pueda identificar con este, la parte de los testimonios que se asocia con dicho contenido conceptual. Cabe resaltar que dependiendo de los objetivos de las diferentes etapas y en general de la investigación, los contenidos conceptuales sobre los que se realiza el análisis no son todos los presentados en la tabla, ya que este se centra en el análisis del uso de los conceptos de energía, carga y los asociados al funcionamiento de una batería.

Tabla 4.6. Contenidos Conceptuales y Criterio de Clasificación

<i>Contenido Conceptual</i>	<i>Sub Contenido Conceptual</i>	<i>Descripción</i>
Energía	Flujo de Energía	Se explicita en el testimonio que la energía fluye o que hay un flujo de energía.
	Generación, Transformación, Transmisión o Transferencia	Se usa el término de energía asociado a su generación, transformación o transferencia.
	Almacenamiento y Absorción de Energía	Se refiere a la energía como algo que se posee o almacena.
	Energía Estática	Se explicita el carácter estático de la energía.
	Energía de Contacto y Rozamiento	Se asocia la energía o su producción a eventos de contacto, rozamiento o fricción.
	Consumo de Energía	Se explicita en el testimonio que la energía es consumida.
	Energía Potencial	Se explicita el carácter potencial de la energía.
Carga	Positiva - Negativa – Neutra	Se diferencia la carga a partir del uso explícito de los términos o símbolos que los representan.
	Electrones, Protones, Iones	Se usan explícitamente los términos para referirse a la carga.
	Fricción, Inducción	Se asocia la carga a los eventos de Fricción, Inducción o

	<u>Conducción</u>	Conducción como formas de cargar o electrificar un cuerpo
	Flujo de Carga	Se explicita en el testimonio que la carga fluye o que hay un flujo de carga.
	Electricidad Estática	Se explicita el carácter estático de la carga.
	Carga Eléctrica	Se usa de forma explícita el término carga eléctrica.
	Cargas Opuestas	Se refieren a la carga en términos de los opuestos.
	Electrificación	Se utiliza el término electrificación para referirse a la carga.
Pila - Batería	<u>Pila Electrostática "Cargada"</u>	Se refieren a la pila o batería como cargada o que almacena la carga y/o energía.
	Mas Pilas Mas Energía	Asocian el número de pilas o baterías a la cantidad de energía o intensidad de la misma.
	Polos + -, Opuestos	Se refieren a la pila o batería en términos de sus polos.
	Fuente de <i>fem</i>	Se refieren a la pila o batería como una fuente de <i>fem</i> o se explicita el uso del término <i>fem</i> asociado a la fuente.
Campo o Fuerzas	Campo o Fuerzas	Se explicita el uso de los términos en los testimonios.
Circuito	Circuito Eléctrico, Cerrado o abierto	Se explicita el uso de los términos en los testimonios.
Corriente eléctrica	Corriente eléctrica, flujo o paso de	Se explicita el uso de los términos en los testimonios.
	Colisión de Corrientes	Se evidencia la idea de que hay flujos encontrados en el circuito de igual o diferente tipo (+ o -)
	Unidireccional	Se evidencia la idea de que el flujo es en una única dirección.
Materiales	Conductores y Aislantes	Se diferencian los materiales dentro de los testimonios a partir de su capacidad de conducir o aislar la electricidad.
Resistencia	Resistencia eléctrica	Se explicita el uso del término refiriéndose a una característica del material.
Voltaje	Trasmisión de voltaje	Se explicita el uso del término y/o que éste se trasmite
	Diferencia de potencial	Se explicita el uso del término
Potencial eléctrico	Potencial	Se explicita el uso del término
Magnetismo, Magnético	Atracción	Se explicita el uso del término para hablar de la atracción entre cuerpos.
	Electromagnetismo	Se explicita el uso del término en los testimonios.
Conceptos Asociados a Diferentes Ejes	Calor	Se explicita el uso del término en los testimonios

Temáticos		
-----------	--	--

La identificación de los contenidos conceptuales del testimonio *ISI-E2*, presentado previamente, teniendo en cuenta el uso de los colores, es el siguiente:

ISI-E2: “Después de frotar la bomba contra el pelo y acercarla a la lata se pudo ver que la lata se movía hacia la misma dirección que la bomba. Esto sucede ya que al frotar la bomba con el pelo ésta se carga de electricidad estática negativa y al acercarla a la lata que tiene una carga neutra (mismos protones que electrones) esta repele a las cargas negativas que tenga la lata hacia el otro lado de esta y atrae las positivas hacia el lado más cercano al globo. Esto se debe a que al juntar la bomba con la lata, la energía negativa que la bomba tenía se libera en forma de sonido y luz, dejándola con una menor carga negativa, la cual era la que generaba el movimiento de la lata”.

Este testimonio, clasificado según el contenido conceptual se aprecia en la matriz con los diferentes colores con los que se presenta en la matriz en la fila del Grupo 1, correspondiente a la Estación 2, y en las columnas 1.3, 2.2, 3.3 y 4.2 (ver Anexo Matriz A1.1.1).

Una vez clasificados los testimonios según los contenidos procedimentales y conceptuales presentes en los mismos dentro de cada una de las matrices, por cada una de los grupos y estaciones (filas de la matriz) y por cada uno de los contenidos procedimentales (columnas de la matriz), se hicieron lecturas transversales que permitieron identificar las regularidades de los contenidos procedimentales y conceptuales, y a partir de esta lectura se caracterizaron los modos de hablar y maneras de experimentar de los estudiantes. El esquema general de la matriz obtenida para cada etapa se puede apreciar en la **Tabla 4.7**. Debido al tamaño de las matrices obtenidas estas se incluyen como anexos del trabajo y no dentro del mismo.

Tabla 4.7. Esquema Matriz Organización y Sistematización de los Testimonios

<i>Etapa o Guía</i> (Se elabora una matriz por cada etapa o guía, para cada institución, según corresponda)						
<i>Objetivo(s) de la Etapa o Guía</i> (se registra el objetivo(s) de la etapa según corresponda)						
<i>C. Procedimental Sub-Contenido Procedimental Estación o Pregunta</i> (Según la organización de la etapa se incluye las diferentes estaciones o	<i>Contenido Procedimental 1...</i>		<i>Lectura transversal por grupo, contenido procedimental</i>	<i>Lectura transversal por grupo, contenido conceptual</i>	<i>Lectura transversal por Estación o pregunta, contenido procedimental</i>	<i>Lectura transversal por Estación o pregunta, contenido conceptual</i>
	<i>Contenido Procedimental 1.1</i>	<i>Contenido Procedimental 1.2...</i>				
	Se ubica cada uno de los testimonios de cada uno de los grupos por Estación, Actividad o Pregunta según corresponda en el nivel de contenido		Se registran las observaciones que se hagan sobre los contenidos	Se registran las observaciones que se hagan sobre los contenidos	Se registran las observaciones que se hagan sobre los contenidos procedimentales	Se registran las observaciones que se hagan sobre los contenidos conceptuales

preguntas)	procedimental según los criterios especificados en la Tabla 3.8 . Utilizando los criterios de color se identifica el contenido conceptual dentro del testimonio, teniendo en cuenta la organización de la Tabla 4.6 .	procedimentales identificados para el testimonio del grupo.	conceptuales identificados para el testimonio del grupo.	identificados para todos los testimonios de los diferentes grupos en la estación o pregunta.	identificados para todos los testimonios de los diferentes grupos en la estación o pregunta.
Lectura transversal por contenido procedimental buscando regularidades del contenido procedimental	Se registra la regularidad con que se identifica en los testimonios cada contenido procedimental.				
Lectura transversal por contenido procedimental buscando regularidades de los contenidos conceptuales	Se registra la regularidad con que se identifica para cada contenido procedimental, en los testimonios, los contenidos conceptuales.		Las lecturas generales por etapa de los elementos identificados alrededor de los contenidos procedimentales y conceptuales, permiten establecer los criterios para caracterizar los modos de hablar y las maneras de experimentar de los estudiantes.		

Por último, estas lecturas transversales, incluidas en la última pestaña de los documentos en Excel de las matrices, titulada **Descripción de Grupos**; permiten en primer lugar, identificar las demandas de aprendizaje de los diferentes grupos (**Etapa 1: Conducta de Entrada**), para luego caracterizar sus modos de hablar y las maneras de experimentar de los estudiantes y la transformación de estas en torno a la construcción del concepto de **fem**, y los contenidos procedimentales y conceptuales asociados al mismo. En este capítulo, los resultados de la implementación de la secuencia de enseñanza, se presentan a partir de la organización en grupos de estas lecturas transversales.

En los siguientes apartados, se presenta para cada una de las etapas, los resultados evidenciados tras la sistematización de los testimonios.

4.3. Resultados y Análisis de la Secuencia de Enseñanza y Modos de hablar de los Estudiantes

4.3.1. Etapa 1: Conducta de Entrada - Demandas de Aprendizaje.

Considerando los objetivos de la etapa, los contenidos conceptuales y procedimentales asociadas a la misma presentados en la **Tabla 3.4** y la preocupación por la identificación de las demandas de aprendizaje alrededor de los mismos; a continuación se presentan las demandas de

aprendizaje y los modos de hablar identificados tras la sistematización de los registros escritos recopilados de esta etapa.

A propósito de las demandas de aprendizaje es necesario considerar que estas pueden ser identificadas en distintos niveles. Como señalan Leach y Scott (2002), las demandas de aprendizaje se pueden identificar teniendo en cuenta las diferencias entre las herramientas conceptuales usadas, las diferencias en el fundamento epistemológico de esas herramientas conceptuales, y las diferencias en la ontología sobre la cual esas herramientas conceptuales se basan. En este sentido, las demandas de aprendizaje son identificadas al comparar las características del lenguaje social de la ciencia escolar y el lenguaje social cotidiano de los estudiantes, buscando puntos en común y diferencias. Además, dentro de esta investigación es importante reconocer que la identificación de las demandas de aprendizaje dentro de un tópico particular, a menudo destaca aspectos del tema que son centralmente importantes desde el punto de vista de la enseñanza y que pueden no ser identificados como importantes desde un análisis del tema únicamente.

Demandas de Aprendizaje asociadas a Contenidos Conceptuales

Considerando principalmente las diferencias entre las herramientas conceptuales usadas entre el lenguaje social de la ciencia escolar y el lenguaje social cotidiano de los estudiantes, son identificadas las siguientes demandas de aprendizaje asociadas a los contenidos conceptuales abordados en la ***Etapa 1***. Se priorizan las diferencias identificadas alrededor de los contenidos conceptuales que resultan relevantes en términos de la construcción inicial de los conceptos asociados al campo de la electricidad relacionados con la construcción del concepto de ***fem***. Cabe recordar que en el Capítulo III, se especifican las experiencias formuladas alrededor de las demandas de aprendizaje identificadas.

Demanda 1: Funcionamiento de la pila

Como evidencian los testimonios presentados a continuación, en el lenguaje social cotidiano de los estudiantes, se manifiestan diferentes concepciones acerca del funcionamiento de

una pila y de su papel en el circuito. Varios testimonios se concentran en la manera en que la pila debe ser conectada dentro del circuito, pero no dan cuenta de su funcionamiento. En otros casos, los testimonios muestran que la pila se asume como un lugar en donde se almacena la energía necesaria para que el circuito “funcione”, o como una fuente o depósito de las cargas eléctricas, electrones o protones, que serán impulsadas a lo largo del circuito produciendo *la energía o la corriente*, pero no hay claridad acerca de cómo la carga se acumula allí, ni de qué es lo que la impulsa. Igualmente, existen testimonios en los que se asume la pila desde una perspectiva electrostática, al concentrar la atención en lo que en los polos de ésta ocurre, y asumir que la presencia de cargas opuestas en estos polos es lo que da lugar a la movilización de la carga en el circuito, debido a la atracción y repulsión entre estas. Situación, que aunque en cierta medida podría funcionar para dar cuenta de la movilización de la carga en el exterior de la pila, es decir en el circuito cerrado, no aplica en absoluto para dar cuenta del proceso físico que tiene lugar dentro de la batería (Viennot, 2002). A continuación, se muestran ejemplos en los que se evidencian los casos anteriormente expuestos.

IC3-E3: Cable al lado positivo y al lado negativo e inversamente, debe ser así porque polos iguales no ceden energía al otro. Dos pilas juntas con los cables en polos opuestos el motor funcionan, de esta misma manera pero con las pilas aisladas también funciona y tan solo con una pila funciona. Al momento de unir las pilas con lado opuesto junto a las llaves y los cables para ayudar a la conexión se transfiere energía y esto hace que el motor gire.

IS1-E3: Nos aseguramos de que las pilas estuvieran unidas por polos opuestos, después se conectaron los cables en el extremo con aluminio con el motor y el extremo con aluminio a cada uno de los polos de las pilas, lo que causó el movimiento en las hélices. Esto se dio ya que por los cables actúan cargas opuestas es decir por el polo positivo de la pila se transportan cargas negativas mientras que por el polo negativo cargas positivas haciendo que estas se junten en el motor generando energía que se convierte en movimiento.

IS3-E3: Las pilas se deben encontrar en contacto de sus polos opuestos. Al contacto con el cable el motor se enciende gracias a que la energía fluye a lo largo del circuito". La conexión debe ser de esta manera para que electrones pasen a lo largo del circuito cerrado. Los polos deben ser opuestos porque de esta manera los electrones no se repelen entre ellos. Los electrones de la pila se mueven a lo largo del circuito y eso hace que el motor se mueva.

Las situaciones expuestas a partir de estos testimonios, ponen de manifiesto la necesidad de construir una magnitud que permita dar cuenta de lo que al interior de la pila ocurre y diferenciar este proceso del que tiene lugar en el circuito cerrado, razón por la que en la ***Etapa 3: Batería eléctrica***, se hizo énfasis en la caracterización de los procesos que tienen lugar en el circuito abierto y en el circuito cerrado, como punto de partida para la construcción del concepto de ***fem***. Además, es evidente que se requiere la construcción de modelos explicativos que permitan pensar el circuito eléctrico como un sistema y se supere la visión electrostática de reservas de cargas y descargas eléctricas, dando paso a la comprensión de fenómenos electrocinéticos en los que se involucre una pila como elemento dinámico del circuito, en la que tiene lugar un proceso de movilización de carga que no obedece a principios electrostáticos. Así, la construcción de conceptos y magnitudes que permitan describir más allá de lo observacional, y aporten en la construcción de tales modelos, plantea un elemento desde el que se propusieron las actividades, de manera que contribuyeran a la transformación de los modos de hablar de los estudiantes, sobre los fenómenos asociados al funcionamiento de pilas o baterías.

Demanda 2: Usos del término Energía

En los testimonios que se presentan a continuación, se evidencia que el término energía, en el lenguaje social cotidiano de los estudiantes se usa de una manera no diferenciada. En algunos casos, principalmente en los testimonios del Colegio Cooperativo de los Álamos (COALAMOS), aunque también en el Colegio Santa María (CSM), el uso del término, surge ante la necesidad de expresar lo que se observa y la carencia de otros términos para hacerlo; dando como resultado la enunciación de un término, que puede ser familiar para ellos, pero para el que no hay un significado claro, pues se usa para referirse a lo que desde el lenguaje de la ciencia escolar corresponde con otras magnitudes, como por ejemplo, carga eléctrica o corriente eléctrica. Los siguientes testimonios ejemplifican esta situación.

1C4-E2: En el caso a la energía de la bomba producida al contacto con el cabello, hace que al acercarla con la lata, esta es atraída por la bomba. En el caso b la bomba que tiene la energía producida con el

cabello, y se pone en contacto con la lata, la energía que tiene la bomba se transfiere al aluminio, lo que produce que la lata no se mueva por un momento.

1C3-E3: Cable al lado positivo y al lado negativo e inversamente, debe ser así porque polo iguales no ceden energía al otro. Dos pilas juntas con los cables en polos opuestos el motor funcionan de esta misma manera pero con las pilas aisladas también funciona y tan solo con una pila funciona. Al momento de unir las pilas con lado opuesto junto a las llaves y los cables para ayudar a la conexión se transfiere energía y esto hace que el motor gire.

En otros casos, principalmente en el CSM, el término energía se usa en los testimonios como un “comodín”, ya que independientemente de que exista un conocimiento previo acerca de algunos de los conceptos del campo de la electricidad, y que estos se empleen en los testimonios, tales conceptos terminan equiparándose al de energía, lo cual muestra que hay falta de claridad tanto en el significado de los conceptos de electricidad que emplean, como en el significado del concepto de energía. Lo anterior igualmente vislumbra, que no hay unidad en cuanto al carácter ontológico del concepto de energía; al hacer afirmaciones acerca de que esta “fluye” de un lugar a otro, que se almacena, que se acumula o que se consume, se hace evidente la necesidad de diferenciar esta noción de otros conceptos específicos del campo de la electricidad, y de delimitar su uso y significado, así como los diferentes tipos de energía que se hacen presentes en los fenómenos eléctricos propuestos. Los siguientes testimonios, ejemplifican lo anteriormente expuesto.

1S6-E1: Los papeles tienen un cambio de posición en el campo al acercar la bomba después de ser frotada con el cabello. La energía que se crea en la bomba es gracias al rozamiento. Papel aluminio: conductor, trasmite muy rápido la energía y así mismo entra y sale la energía rápido. Papel=aislante entra la energía y se almacena.

1S7-P1: En los diferentes experimentos se presentó un flujo de cargas quiere decir que en todos los casos, la energía se movilizó para lograr el funcionamiento del experimento. Finalmente en todos estos experimentos se genera un campo eléctrico, cuya fuente principal podemos ser nosotras mismas o una pila.

1S3-E3: Las pilas se deben encontrar en contacto de sus polos opuestos. Al contacto con el cable el motor se enciende gracias a que la energía fluye a lo largo del circuito". La conexión debe ser de esta manera para que electrones pasen a lo largo del circuito cerrado. Los polos deben ser opuestos porque de esta

manera los electrones no se repelen entre ellos. Los electrones de la pila se mueven a lo largo del circuito y eso hace que el motor se mueva.

IS1-E2: Después de frotar la bomba contra el pelo y acercarla a la lata se pudo ver que la lata se movía hacia la misma dirección que la bomba. Esto sucede ya que al frotar la bomba con el pelo ésta se carga de electricidad estática negativa y al acercarla a la lata que tiene una carga neutra (mismos protones que electrones) esta repele a las cargas negativas que tenga la lata hacia el otro lado de esta y atrae las positivas hacia el lado más cercano al globo. Esto se debe a que al juntar la bomba con la lata, la energía negativa que la bomba tenía se libera en forma de sonido y luz, dejándola con una menor carga negativa, la cual era la que generaba el movimiento de la lata.

Esta demanda, representa un aspecto relevante en la construcción de la red conceptual propuesta a lo largo de la secuencia, tanto en relación con el objetivo de conseguir una construcción significativa de los conceptos de potencial, diferencia de potencial y *fem*, como en relación con el objetivo de caracterizar la corriente eléctrica y describir el funcionamiento de los circuitos eléctricos, en virtud de las transformaciones de energía que tienen lugar en estos; así como el propósito de comprender el principio de conservación de la energía aplicado a los circuitos eléctricos.

Teniendo en cuenta que para la construcción del concepto de *fem*, se hace necesaria la noción de energía, al definir la *fem* como el trabajo por unidad de carga que realiza la batería para generar la diferencia de potencial; dentro de las actividades propuestas en la secuencia, se contempló que se buscara una clara diferenciación entre los tipos de energía que se involucran en los fenómenos analizados. En la ***Etapa 2: Electrostática***, se empleó la noción de energía potencial eléctrica, a partir de la analogía propuesta con la energía potencial gravitacional, para la construcción del concepto de potencial eléctrico y el de diferencia de potencial. Igualmente, en la ***Etapa 3: Batería Eléctrica***, la analogía propuesta por Halliday & Resnick (1974, pág. 1130) (en este documento ver página 71), permitió pensar en el papel de la *fem* para la ganancia de energía potencial eléctrica que tiene la carga al interior de la batería y la transformación de dicha energía en energía cinética a través del circuito cerrado. Igualmente en la ***Etapa 4: Electrocinética y circuitos simples***, se propuso que a partir de las mediciones hechas para la diferencia de potencial en diferentes segmentos del circuito, sea introducida la segunda ley de Kirchoff, como una manera de enunciar el principio de conservación de la energía aplicado al análisis de circuitos.

Era importante entonces, que desde la secuencia de enseñanza propuesta se incluyeran actividades que permitan tanto la inclusión de terminología que enriqueciera el lenguaje de los estudiantes, como la clara diferenciación del significado y uso de esos términos y conceptos, para que fueran incluidos de manera cada vez más significativa, en los modos de hablar de los estudiantes acerca de los fenómenos abordados.

Demanda 3: Magnetismo.

Por último, aunque no en relación directa con la construcción del concepto de *fem*, se identifica una demanda de aprendizaje, en relación con la necesidad de diferenciar la naturaleza de los fenómenos electrostáticos y la naturaleza de los fenómenos magnéticos, así como el uso del término *electromagnetismo* o *electromagnético*, como otro “comodín” para dar explicaciones tanto de fenómenos electrostáticos como electrocinéticos. En algunos de los testimonios, obtenidos en las dos instituciones a partir de la conducta de entrada, se identificó la idea de que la atracción o repulsión entre cuerpos electrificados se debía a la acción de un imán o de fuerzas magnéticas. Igualmente se encontraron testimonios en los que se empleó el término electromagnetismo para referirse de manera general a los fenómenos observados. A continuación se muestran ejemplos de dichos testimonios.

IS2-P23: El experimento del bombillo y el ventilador es un circuito donde las pilas al hacer contacto con los cables, tanto en el lado positivo, como en el negativo pueden transmitir cierto voltaje necesario. Por otra parte el experimento de la lata y los papelitos es un fenómeno eléctrico llamado magnetismo donde al frotar la bomba con el pelo y tocar las latas o los papelitos, pueden adquirir sus mismas propiedades creando un imán no natural pero funcional para crear un polo positivo y un polo negativo.

IC3-E1: Con los papeles no se adhieren muy bien a las bombas, mientras que los trozos de aluminio se dispersan por esto se adhieren mucho más rápido a la bomba. Esto sucede porque el aluminio es un metal y el metal es más frágil al imán que es este caso sería el globo.

IS4-P2: Si consideramos que todos los fenómenos son de la misma clase ya que pertenecen al electromagnetismo. Esto se debe a que debe haber un movimiento que crea energía eléctrica o magnética haciendo que interactúen entre ellas

Esta demanda se consideró relevante y se abordó en la secuencia en la ***Etap*** 2, con el fin de evitar desde el inicio este tipo de confusiones, y evitar que aparecieran más adelante en los testimonios de etapas posteriores tales afirmaciones, desviando la atención de los conceptos que se querían construir. Además, se consideró importante partir de una base conceptual clara y aportar elementos al lenguaje de los estudiantes, que les permitieran dar cuenta de la diferencia entre fenómenos eléctricos y fenómenos magnéticos.

Demandas de Aprendizaje asociadas a Contenidos Procedimentales

Considerando las observaciones que en los Capítulos II y III se hacen sobre los contenidos procedimentales y la importancia de su desarrollo, a partir de los elementos encontrados en la sistematización de los registros recopilados en la ***Etap*** 1: *Conducta de Entrada*, se plantea la importancia de los cuatro contenidos procedimentales, que fueron seleccionados como aquellos cuyo desarrollo se privilegiaría en el diseño e implementación de la secuencia de enseñanza (ver ***Tabla 3.8***). Dentro de los testimonios recolectados, principalmente en el caso de COALAMOS, se identificaron casos en los que un testimonio no se ubicaba en los cuatro contenidos, debido a que por ejemplo, se quedaba en la descripción de las observaciones, pero no se establecían predicciones o hipótesis acerca de lo observado, o no se incluían variables en dichas descripciones. Se consideró esto como una demanda, al tener en cuenta los objetivos propuestos y su relación con los contenidos procedimentales esperados para cada etapa y la intención de que la secuencia y las actividades propuestas en esta, contribuyeran con el desarrollo de los mismos. Un ejemplo de dichos testimonios, se presenta a continuación.

IC5-E1: Con el papel aluminio hacen primero una especie de remolino (saltan) antes de pegarse a la bomba. Con el papel (aluminio) los más delgados se unen a los grises para pegarse a la bomba.

Este testimonio inicial, se ubica únicamente en el contenido procedimental *3.Observaciones*, en el nivel *3.1 Descripción de observaciones y situaciones*, y se considera que el diseño de la secuencia debía apuntar a que todos los testimonios se ubicaran en los cuatro contenidos procedimentales, independientemente del nivel que presentaran. Este propósito, se orientó en la secuencia, a partir de la inclusión de diversas actividades y preguntas, las cuales

fueron planteadas de manera que los estudiantes pudieran desarrollar los contenidos en los niveles esperados, de acuerdo con los criterios que se les daba para la toma de datos, el registro de sus observaciones y respuestas, la inclusión de variables, la identificación de las posibles relaciones entre estas, y de acuerdo con la manera en que se llevaron a cabo las socializaciones. En las diferentes etapas de la secuencia el análisis de los resultados obtenidos, está ligado con el desarrollo de los niveles de contenido procedimental que se evidencian en los modos de hablar de los estudiantes, tanto en relación con los niveles que aparecen y cómo estos evolucionan, así como con el alcance o no de parte de los estudiantes, de los niveles esperados en cada etapa, aspecto que se tomará finalmente como elemento de evaluación de la secuencia misma.

Modos de hablar de los estudiantes

Para facilitar la organización de los resultados y la identificación de los modos de hablar de los estudiantes acerca de los fenómenos eléctricos propuestos en cada etapa, se tuvo en cuenta que los diferentes testimonios, en su gran mayoría se ubicaban en alguno de los tres niveles del contenido procedimental *1. Predicción e Hipótesis*, que son: *1.1 Establecimiento de conjeturas contrastables*, *1.2 Dedución de predicciones a partir de experiencias, resultados...* y *1.3 Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico* (ver Anexo 1. Matrices Sistematización Implementación Secuencia de Enseñanza). Partiendo de esto, se identificó que existía una regularidad en los niveles que se presentaban dentro de los otros tres contenidos procedimentales, en correspondencia con cada uno de los niveles del primer contenido; por lo cual, se decidió hacer la lectura de los modos de hablar, identificando en las matrices cuáles eran las características de los testimonios que partían de *Establecer conjeturas*, *Deducir predicciones* o *Emitir hipótesis*. Tales características, correspondían con los posibles niveles en los que se ubicaba el mismo testimonio para los otros contenidos procedimentales (*2. Relaciones entre variables*, *3. Observación* y *4. Elaboración de conclusiones*) asociados con el primero, y con los contenidos conceptuales que eran recurrentes en dichos testimonios, es decir los términos o conceptos que se empleaban y como se articulaban o presentaban en relación con los niveles de contenido procedimental. En este orden de ideas, en cada etapa y para cada institución, surgen máximo tres grandes modos de hablar, que pueden subdividirse, de acuerdo con las regularidades

identificadas en relación con los contenidos procedimentales y con el uso que hacen los estudiantes de los contenidos conceptuales que emplean en esos testimonios.

A continuación se presentan las descripciones de los modos de hablar identificados en la Etapa 1, junto con testimonios que los ejemplifican.

Modos de hablar de los estudiantes en la Etapa 1 - Colegio Santa María (CSM).

En varios de los grupos de trabajo del Colegio Santa María, es posible identificar en la primera etapa, la existencia de un marco conceptual referencial, a partir del cual hacen el análisis y caracterización de las experiencias. Esta situación particular está asociada con las condiciones curriculares de la institución, pues esta temática en cursos anteriores fue abordada, y esto permeó los modos de hablar de las estudiantes acerca de los fenómenos eléctricos observados, al recurrir al uso de términos, nociones o conceptos propios del campo de la electricidad. Igualmente, se identificó en la mayoría de los testimonios una tendencia a construir explicaciones, en respuesta a la instrucción dada, lo que da lugar a diferentes combinaciones en los niveles de los contenidos procedimentales; las cuales se plasman en la siguiente clasificación de los modos de hablar acerca de los fenómenos propuestos en la ***Etapa 1: Conducta de entrada***.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, los modos de hablar de los estudiantes del CSM en la Etapa 1, se organizaron en tres grandes grupos (ver ***Tabla 4.8***). El modo denominado E1MS1⁷.Conjeturas, corresponde con aquel en el que se ubican los testimonios que parten del nivel ***1.1 Establecimiento de conjeturas contrastables***, en el primer contenido procedimental. El modo denominado E1MS2.Deducciones, corresponde con aquel en el que se ubican los testimonios que parten del nivel ***1.2 Deducción de predicciones a partir de experiencias***, en el primer contenido procedimental. Y finalmente el modo denominado E1MS3.Hipótesis, que corresponde con aquel en donde se ubican los testimonios que parten de la emisión de hipótesis desde un marco teórico, se subdivide en los sub-modos E1MS3.1, E1MS3.2 y E1MS3.3, diferenciados por la manera en que se emplean las observaciones experimentales o los modelos

⁷ En esta nomenclatura, **E1, E2, E3 o E4**, indican la correspondencia del modo de hablar con cada etapa, teniendo en cuenta que en cada una de estas, surgirán modos de hablar que aunque se identifican bajo el mismo proceso, tendrán características y definiciones diferentes. Por otra parte, **MS o MC** indican a que institución corresponde el modo de hablar, **MS** al **CSM** o **MC** a **COALAMOS**. Por último, el número final **1, 2 o 3** corresponde con el modo particular, según la clasificación descrita, así como un número final, por ejemplo **1.1, 1.2, etc.**, indicaría un sub-modo dentro del modo 1.

abstractos existentes acerca de los fenómenos eléctricos, para el establecimiento de las hipótesis, además del uso o significado que atribuyen a los términos que emplean.

Tabla 4.8. Modos de Hablar Etapa 1 CSM

Modos de Hablar	Acercas de los fenómenos eléctricos propuestos en la Etapa 1	Testimonio ejemplo
EIMS1. Conjeturas	<p>Los grupos que proponen conjeturas a partir de lo observado, <i>se apoyan en la experiencia, más que en el marco teórico</i>, aunque proponen variables como la energía, no la caracterizan profundamente, para dar cuenta de lo observado. Igualmente llegan al establecimiento de inferencias a partir de dichas observaciones. La principal variable que emplean es la energía, pero sin distinción particular de algún tipo o alguna propiedad característica.</p>	<p><i>IS5-E1: El aluminio deja pasar la energía y por esto se quedan pegados en la bomba mientras que los papeles no dejan ir la energía y por esto se despegan.</i></p>
EIMS2. Deducciones	<p>Siendo el tipo menos frecuente, se presentan grupos que deducen resultados a esperar a partir de las primeras experiencias, en tales deducciones siempre está involucrada una variable que tiene propiedades definidas, por ejemplo, energía que se puede transferir o carga que es de uno u otro tipo (+ o -). Además, esa variable puede llegar a relacionarse con otras. Sus descripciones permiten caracterizar los fenómenos observados y establecer generalizaciones. Aunque la principal variable también es la energía, si aparecen diferentes tipos: estática, magnética, eléctrica, de rozamiento, y tiene propiedades como el poderse transferir, transmitir, transformar, acumular, generar o liberar. No existe una diferenciación entre estos tipos, al parecer todos caen en el mismo gran tipo, lo que cambia es de donde proviene: del rozamiento o de las pilas.</p>	<p><i>IS6-E1: Los papeles tienen un cambio de posición en el campo al acercar la bomba después de ser frotada con el cabello. La energía que se crea en la bomba es gracias al rozamiento. Papel aluminio: conductor, trasmite muy rápido la energía y así mismo entra y sale la energía rápido. Papel=aislante entra la energía y se almacena.</i></p>
EIMS3. Hipótesis	<p>Siendo lo más frecuente la emisión de hipótesis a partir de un marco teórico, los grupos que lo hacen pueden dividirse según la naturaleza de dicho marco o el uso que le dan. Dentro del marco hay variables que se caracterizan a partir de lo observado, estableciendo relaciones entre estas, como la energía, la intensidad del brillo, la rapidez de movimiento del motor o la intensidad de atracción entre el globo y los otros objetos. La variable principal es la energía la cual tiene diversas propiedades, esta caracterización es macroscópica, en términos de que se basa en lo que se ve y se apoya en la descripción y caracterización de la variable.</p> <p>EIMS3.1</p> <p>Hacen uso de otras variables como: carga, voltaje, flujo de carga o electrones. En estos casos la representación es esquemática al proponer posibles estructuras de la materia o disposiciones de las cargas en los cuerpos de acuerdo con su material. Se apoyan más en el referente teórico que en las experiencias y se acude a modelos abstractos propios del campo de la electricidad, aunque no siempre el testimonio refleja una comprensión total de estos.</p> <p>EIMS3.2</p>	<p><i>IS6-E4: Cuando se pone la roseta y una pila con los dos cables. Energía potencial eléctrica. Los electrones se mueven a donde hay energía. Es un circuito en el que la energía potencial eléctrica se transforma en energía calorífica, lumínica, eléctrica. Dos pilas: cuando hay dos pilas hay más intensidad de luz, cuando no hay roseta es necesario poner los cables en los dos polos del bombillo</i></p> <p><i>IS7-E1: Al frotar la bomba contra el pelo de una de las integrantes del curso y luego pasarla encima de pedazos de papel estos se atraen a la misma. Esto se debe a que al frotarla en el pelo la bomba adquiere electrones que atraen a los papeles. Dependiendo del material de los papeles estos se atraen</i></p>

Se combinan las dos anteriores, dando un carácter equitativo a la carga, la corriente o la energía y empleando en algunos casos la caracterización macroscópica en términos de lo observado y en otras la microscópica en términos de esas variables abstractas. Este es el modo más frecuente en los testimonios de la Etapa 1.

EIMS3.3

más a la bomba en este caso más el aluminio que el papel blanco normal.

IS4-E1: Al frotar la bomba con el pelo, la bomba adquiere energía entonces en el momento de acercamiento con el papel hay atracción y se pega a la bomba: en otros casos si hay mucha energía la mayoría de papeles se repelan con la bomba...se puede decir que al frotar la bomba contra el pelo hay electricidad por efecto de fricción se creería que hay más cargas negativas que positivas.

Modos de hablar. Colegio Cooperativo de los Álamos (COALAMOS).

Dentro de los testimonios recopilados y sistematizados de la primera etapa, para el Colegio Cooperativo de los Álamos, se identifica cómo se privilegió la experiencia frente a otros elementos, ya que es desde esta que los diferentes testimonios se construyen. Si bien el nivel de descripción o de construcción de afirmaciones sobre lo observado varía de testimonio a testimonio, es la experiencia la que juega un papel fundamental en los mismos. Conceptualmente los términos utilizados en la construcción de explicaciones sobre lo observado, reflejan la ausencia de un dominio teórico o experiencial del tema, pues los modos de uso de términos como energía o carga son ambiguos e igualmente se recurre a expresiones ajenas al dominio de los estudiantes (*electronegativo*) para estructurar dichas explicaciones. En este sentido, no hay que desconocer el uso de expresiones familiares para construir las explicaciones ejemplificando o haciendo analogías (*imán, calor*). Estas observaciones se asocian con la organización curricular de la institución pues las temáticas no son abordadas previamente y los referentes desde los cuales pueden ser descritas y explicadas las experiencias, son diferentes a los que se tendrían si se hubieran estudiado las temáticas con anterioridad.

Los modos de hablar asociados a las características descritas anteriormente y los ejemplos de los testimonios desde los cuales son deducidas dichas características, se organizan a continuación (ver **Tabla 4.9**). Así, los modos de hablar identificados en COALAMOS se organizan en dos grandes grupos según los contenidos procedimentales identificados en ellos: El modo E1MC1.Conjeturas, en el que se ubican los testimonios que establecen conjeturas contrastables, además, en este modo de hablar, se diferencian los sub-modos E1MC1.1, E1MC1.2 y E1MC1.3, diferenciados por la manera en que se establecen las conclusiones o generalizaciones dentro de los testimonios; y el modo E1MC2. Descripciones, en el que se ubican los testimonios que sólo describen las observaciones o las experiencias.

Tabla 4.9. Modos de Hablar Etapa 1 COALAMOS.

Modos de Hablar	Acerca de los fenómenos eléctricos propuestos en la Etapa 1	Testimonios ejemplo
E1MC1.1	<p>Los testimonios clasificados en este modo de hablar se caracterizan por el establecimiento de conjeturas contrastables. Estas conjeturas están asociadas a la descripción de las variables o al establecimiento de relaciones de dependencia y a la identificación de propiedades y características, o la descripción cualitativa de la observación. Como por ejemplo el tipo el material y efecto de atracción, asociando el efecto de atracción con la conductividad del material.</p> <p>Sin embargo dentro de los testimonios de este grupo, no se llega a la construcción de inferencias o conclusiones, solamente se identifican variables y sus relaciones para construir afirmaciones, a manera de explicación, sobre las experiencias.</p>	<p><i>IC1-E1: "Presenta el papel aluminio tiene mayor conductividad eléctrica que el papel blanco, debido a esto el papel aluminio se adhiere con mayor facilidad a la bomba".</i></p>
E1MC1. Conjeturas	<p>En este sentido, las explicaciones recurren a elementos observacionales y no presentan elementos conceptuales diferenciados.</p>	
E1MC1.2	<p>Los testimonios clasificados en este modo de hablar se caracterizan por el establecimiento de conjeturas contrastables asociado a la descripción de las variables involucradas en términos de la identificación de sus propiedades y características, para establecer inferencias inmediatas a partir de datos o información.</p> <p>Por ejemplo se identifican variables como el tipo el material, intensidad del efecto de atracción; y se asocia la intensidad del efecto de atracción al tipo de material. Y a partir de dicha caracterización se hacen inferencias sobre las observaciones realizadas.</p> <p>Las explicaciones construidas son de carácter macroscópico y recurren a elementos observacionales dentro de ellas como los efectos de atracción y repulsión y</p>	<p><i>IC3-E1: "Con los papeles no se adhieren muy bien a las bombas, mientras que los trozos de aluminio se dispersan por esto se adhieren mucho más rápido a la bomba. Esto sucede porque el aluminio es un metal y el metal es más frágil al imán que en este caso sería el globo".</i></p> <p><i>IC3-E2: "Al momento que ponemos hacer contacto la bomba con el cabello, el</i></p>

el funcionamiento de las pilas. Además, se caracterizan por utilizar de diferentes maneras los términos de carga y energía o por utilizar la consulta a fuentes de información cuyo contenido no se comprende.

Los testimonios clasificados en este modo de hablar se caracterizan por el establecimiento de conjeturas contrastables asociado al establecimiento de relaciones de dependencia entre variables, su descripción y la identificación de sus propiedades y características, para establecer conclusiones o generalizaciones.

EIMC1.3

Se identifican a partir de la descripción de la observación, variables como la intensidad del efecto de atracción asociada con el tipo de material y las acciones realizadas sobre los mismos, y es a partir de esta descripción de relaciones que se construyen conclusiones o generalizaciones a propósito del porque ocurre lo observado.

Se evidencia el protagonismo de los elementos observacionales y macroscópicos en los testimonios clasificados. Igualmente se caracterizan porque el uso del término energía tiene un único sentido, y no diferentes como en el caso de los modos de hablar anteriores.

Los testimonios clasificados en este modo de hablar se caracterizan por la descripción de la observación sin identificar variables, propiedades o construir afirmaciones o explicaciones sobre lo observado. Aunque los testimonios clasificados no son muchos, se plantea como el modo de hablar menos estructurado. En estos testimonios se describen las observaciones hechas sobre las experiencias sin establecer conjeturas, deducciones o hipótesis.

EIMC2.

Descripciones

cabello comienza a ceder o mejor dicho carga a la bomba de energía y esto hace que la lata (sin pegarla), coja contrario de lo que pasa al momento de pegar la bomba a la lata no se desplaza”.

1C7-E1: “La bomba recoge nuestra energía, es decir que este es un conector principal y esto hace atraer los papeles. Se puede observar fueron atraídos en mayor cantidad porque es más electronegativo por su composición”.

1C4-E2: “En el caso a la energía de la bomba producida al contacto con el cabello, hace que al acercarla con la lata, esta es atraída por la bomba.

En el caso b la bomba que tiene la energía producida con el cabello, y se pone en contacto con la lata, la energía que tiene la boba se transfiere al aluminio, lo que produce que la lata no se mueva por un momento”.

1C2-E1: “Papel: los papeles buscan la bomba parece que estuvieran saltando o bailando. Aluminio: los primeros papeles lo que hacen es pegarse a la bomba evitando que los demás se peguen”.

Comparando los resultados obtenidos en las dos instituciones sobre los modos de hablar de los estudiantes, puede decirse que la diferencia fundamental radica en los contenidos conceptuales y su relación con los marcos teóricos referenciales de los estudiantes. Estas se deben al contexto particular en que se desarrolla la investigación y la organización de los contenidos curriculares en los cursos anteriores. Además, la estructuración de los testimonios también evidencia la diferencia de la producción textual entre las instituciones.

4.3.2. Etapa 2: Electrostática. Modos de hablar

Teniendo como referente los objetivos de esta etapa, y los contenidos conceptuales y procedimentales asociadas a la misma, presentados en la **Tabla 3.5**, a continuación se describen los modos de hablar identificados tras la sistematización de los registros escritos recopilados de la **Etapa 2: Electrostática**.

Modos de hablar Colegio Santa María (CSM).

Durante la implementación de esta etapa ya partir del análisis de los resultados, se evidencia un mayor uso de las observaciones experimentales para la construcción de las explicaciones por parte de las estudiantes. Así mismo, existe un uso de referentes teóricos basado en conceptos y elementos abstractos, al igual que en la **Etapa 1**, pero en esta ocasión de manera menos indiscriminada. Igualmente en la **Guía No 3. Electrostática II**, se evidencia la recurrencia a las nociones construidas en la **Guía No 2. Electrostática I**, en relación con el estado de electrificación, las formas de electrificar y las características de los materiales.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, los modos de hablar de las estudiantes del CSM en la **Etapa 2**, se organizaron en cuatro grupos (ver **Tabla 4.10**). El primer modo denominado E2MS1.Conjeturas, se divide en los sub-modos E2MS1.1 y E2MS1.2, diferenciados por los elementos que las estudiantes toman como base para proponer las conjeturas, en el primer sub-modo se habla únicamente de las observaciones experimentales sin hacer referencia a ningún concepto, y en el segundo sub-modo se habla de las observaciones haciendo uso de variables como la energía. El segundo modo denominado E2MS2.Deducciones, corresponde con aquel en el que se ubican los testimonios que parten del nivel *1.2 Deducción de predicciones a partir de experiencias*, en el primer contenido procedimental. El tercer modo identificado, denominado E2MS3.Hipótesis, se subdivide en los sub-modos E2MS3.1, E2MS3.2 y E2MS3.3, diferenciados por la manera en que se emplean las observaciones experimentales o los modelos abstractos existentes (idea de electrón, de protón o de átomo) acerca de los fenómenos eléctricos, para el establecimiento de las hipótesis; así mismo estos sub-modos se diferencian teniendo en cuenta la construcción inicial de nociones como potencial, diferencia de potencial y equilibrio

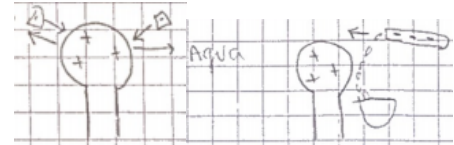
electrostático. Por último, aparece el modo denominado E2MS4.Descripciones, en el cual se ubican los testimonios que no establecen conjeturas, deducciones o hipótesis, sino que se quedan en la descripción de las experiencias.

Tabla 4.10. Modos de Hablar Etapa 2 CSM.

Modos de Hablar	Acerca de los fenómenos eléctricos propuestos en la Etapa 2	Testimonios ejemplo
<p><i>E2MS1.1</i></p> <p>E2MS1. Conjeturas</p> <p><i>E2MS1.2</i></p>	<p>Los testimonios asociados con este modo coinciden con descripciones detalladas de la experiencia, a partir de las cuales tienen lugar dichas conjeturas y se proponen inferencias o generalizaciones. Este modo fue el menos frecuente en especial en la Guía 3, donde solo surgió un testimonio de este tipo.</p> <p>A diferencia del grupo anterior en este caso tales conjeturas e inferencias se basan en la experiencia pero se acompañan además del uso de variables con propiedades específicas, principalmente la energía.</p>	<p><i>2.IS4-E2: Al frotar la barra con la tela y juntarla al aluminio y el papel, pudimos observar atracción con el aluminio y repulsión con el papel. Creemos que esto sucede porque los materiales no son compatibles el uno con el otro y en el caso del aluminio si son compatibles.</i></p> <p><i>2.IS2-P1: Con la barra de vidrio y plástico se obtuvo el mismo resultado, mientras que con la de metal el resultado fue diferente, posiblemente la tela con la que se frotó la barra no la recargó de energía o este material no tiene la capacidad de generar cambios luego de recibir energía.</i></p>
<p>E2MS2.Deducciones</p>	<p>Su frecuencia con respecto a la Etapa 1 es mayor, y se asocian con las inferencias que se hacen de las observaciones de esta experiencia y de las experiencias anteriores. Se dan principalmente en la Guía 2. Las generalizaciones que se establecen a partir de tales deducciones giran alrededor de la variable energía; suponen que la energía puede ser liberada, almacenada o conducida, dependiendo de las propiedades de los materiales, que la portan o la reciben.</p>	<p><i>2.IS4-P3: Creemos que el estado de electrificación de un cuerpo si depende del material del cuerpo, ya que hay algunos que son trasmisores de energía, hay otros que no, lo cual permite que estos se carguen o no de energía.</i></p> <p><i>2.IS1-E1: Al frotar un esfero de plástico con el cabello, se observó que la atracción entre los papeles y el esfero era mayor que la atracción que hubo con los otros materiales. Esto sucedió porque la naturaleza del material le permite adquirir energía y acumularla por eso se evidencia más atracción por más tiempo.</i></p>
<p><i>E2MS3.</i></p> <p>E2MS3. Hipótesis</p> <p><i>E2MS3.1</i></p>	<p>En esta etapa el modo E2MS3.Hipótesis, continúa siendo el más frecuente. Para los testimonios que se ubican aquí, dentro del marco teórico empleado hay variables, como la energía y la carga, que se caracterizan a partir de lo observado y se les atribuyen propiedades, principalmente en relación con las diferencias observadas en los efectos asociados a los materiales. En algunos casos los testimonios están acompañados de una representación esquemática de lo observado en relación con las propiedades de esas variables; esas representaciones suelen hacerse más allá del cuerpo mismo y</p>	<p><i>2.IS7-E3: En este experimento se ve cómo tras frotar una vara de metal con un pedazo de tela y acercarlo a los péndulos, estos no presentaron ningún tipo de movimiento, ni atracción ni repulsión. Esto se debe a que la energía que se genera al frotar la tela y el palo de metal, se reparte entre ambos objetos y por su material el palo no la conserva, la conduce liberándola. por esto al acercarla a los péndulos no ocurre nada.</i></p> <p><i>2.2S3-A2.1: El generador electrostático funciona por medio de la fricción entre la banda de caucho y los rodillos. El</i></p>

extenderse al espacio alrededor de este, con signos + y -, los cuales se refieren a la en relación con la carga.

motor se enciende y genera movimiento de la banda de caucho, y mueve las escobillas de metal. Este proceso genera movimiento de electrones dentro de la cúpula electrificándola de esta manera. Una vez se pone en funcionamiento se empiezan a escuchar pequeñas descargas eléctricas. Al acercar los papeles hubo atracción pero al tocar la cúpula se repelieron, la trayectoria fue radial...



E2MS3.2

El marco teórico empleado en estos testimonios, recurre a modelos microscópicos y abstractos de transferencia de cargas eléctricas o partículas cargadas: principalmente electrones. En la *Guía 3*, el marco teórico al que recurren principalmente es el elaborado en la *Guía 2*, en cuanto a las características del estado de electrificación, las formas de electrificar un cuerpo y las propiedades de los materiales; esto combinado con el modelo de partículas cargadas.

2.2S3-A2.2: a) Al acercar la esfera metálica lo suficiente se genera una chispa y suena como una descarga eléctrica. La cúpula del generador tiene una deficiencia de electrones mientras que la esfera metálica se encuentra con suficientes electrones. Al acercarse la esfera le cede electrones a la cúpula lo cual genera una descarga. b) No se generan chispas en este proceso. El cable al ser un conductor de electricidad pierde la electricidad que adquirió con el contacto del cable. c) Al estar en contacto la cúpula y la esfera se electrificaron juntos. Esto quiere decir que se encuentran con la misma naturaleza y carga y por eso no se generan chispas. En el caso de la niña el pelo se levanta por el contacto directo con el generador.

E2MS3.3

Aquí se ubican los testimonios que combinan la emisión de hipótesis desde el marco teórico y desde las observaciones. En estos se identifican variables con propiedades específicas, y se da lugar a la construcción inicial de nociones como el equilibrio electrostático o el potencial, a partir del uso de analogías en términos de dichas variables; como por ejemplo el hablar de que la “presión” que hay entre las cargas en el generador hace al aire conductor y posibilita una descarga, idea que da entrada a la noción de densidad de carga y la de potencial.

2.1S2-E1: Se cree que la barra de plástico va a atraer al aluminio y al papel también, esto porque la barra estará cargada y genera una reacción en estos materiales. Al frotar la barra de plástico se recargó con la energía necesaria para atraer al aluminio y al papel. Se cree que cuando la barra entra en contacto con los materiales, esta va a generar sobre ellos una reacción de repulsión. Al tocar los materiales con la barra se observa que hubo un cambio en el efecto anterior, esto porque se repelen y no se atraen, esto sucedió tanto en el aluminio como en el papel.

2.2S1.A2.3:1. En este caso, se puede explicar lo ocurrido debido a que cuando se unen las esferas al generador, estas se desequilibran pero a su vez estas sufren el mismo desequilibrio. El

E2MS4.Descripciones

Aparecen en esta etapa, principalmente en la **Guía 2**, testimonios que se ubican en un nivel descriptivo, en el que aunque en algunos casos pueda ser muy detallado, no se da la emisión de hipótesis, deducciones o conjeturas. Es probable que estas descripciones detalladas, se deban a que en la guía se les pide a los estudiantes describir lo observado.

generador, cuya superficie está cubierta con protones en su mayoría ya que se desplazaron uniformemente tras la pérdida de electrones por el polo a tierra, intenta ganar los electrones obteniéndolos de las dos esferas dejándolas a las dos con muchos menos, sin embargo no se los puede quitar todos. De esta manera, en el momento en que se acercan, debido al hecho de que ambas están igualmente electrificadas, no existe ninguna que se encuentre en estado neutro y las dos tienen la misma carga: positiva; por esto no se produce una chispa.

2.1S7-E2: Después de haber frotado la barra de vidrio con la seda, al acercarla a ambos péndulos, se presenta una rápida atracción y tras el contacto se repelen. La diferencia se encuentra en que en el caso del aluminio, tanto atracción como repulsión se dan con mucha fuerza mientras que en el papel no se da con tanta intensidad.

Todos los grupos de estudiantes combinaban al menos dos modos de hablar, partiendo ya sea de la emisión de hipótesis, principalmente referidas a un marco teórico, aunque también a las observaciones mismas, o estableciendo deducciones basadas en la experiencia, en las cuales pueden o no recurrir al uso de variables. Resulta relevante el hecho de que se acude al marco teórico construido hasta la **Guía No 2**, para la construcción de las explicaciones a los fenómenos electrostáticos observados en la **Guía No 3**; y, también es relevante, que se consigan aproximaciones significativas a las nociones de equilibrio electrostático, potencial y diferencia de potencial, las cuales son retomadas y fortalecidas en el proceso de socialización del final de esta etapa.

Respecto a la demanda de aprendizaje que se refiere a la diferenciación de los efectos magnéticos y eléctricos, se consigue, a partir de la experiencia, atribuir a cada uno de estos efectos características y propiedades distintas, relacionadas principalmente con el comportamiento de los materiales. Finalmente en cuanto a la necesidad de diferenciar los conceptos, de energía, carga y corriente, aún se evidencia un uso indiferenciado, aunque con menor frecuencia, lo que muestra que se requiere una mayor profundidad en la construcción de

los conceptos para superar dicha demanda; al igual que para la diferenciación de los tipos de energía, aspecto que se abordó principalmente en la socialización.

Modos de hablar Colegio Cooperativo de los Álamos (COALAMOS).

Dentro de los testimonios recopilados y sistematizados en la ***Etapa 2***, se identifica la transformación de los modos de hablar de los estudiantes a propósito de las experiencias propuestas, principalmente en términos del lenguaje utilizado, pues el número de conceptos diferenciados utilizados es mayor. Igualmente, se resalta el papel de las preguntas formuladas dentro de las experiencias y su incidencia en el tipo de registros recopilados, ya que el tipo de preguntas formuladas implica que los estudiantes estructuren argumentos más elaborados en los que incluyen más variables para describir y explicar las observaciones.

Si bien el nivel descriptivo o de construcción de afirmaciones sobre lo observado varía de testimonio a testimonio, son los elementos observables los que juegan un papel fundamental en los mismos, pues es a partir de las variables observables que se estructuran la mayoría de testimonios. Conceptualmente los términos utilizados en la estructuración de explicaciones sobre lo observado, reflejan la construcción de términos que designan, para cada uno de los grupos, características específicas de lo observado o elementos específicos dentro de las explicaciones construidas, pues los modos de uso de términos como energía, carga o electrificación, no son ambiguos a comparación de lo encontrado en la ***Etapa 1: Conducta de Entrada***. Igualmente no se recurre a expresiones ajenas al dominio de los estudiantes para estructurar las explicaciones propuestas.

Los modos de hablar asociados a las características descritas anteriormente y los ejemplos de los testimonios desde los cuales son deducidas dichas características, se organizan en la ***Tabla 4.11***. Los modos de hablar para esta etapa, están organizados en cuatro grandes grupos. El modo E2MC1.Conjeturas, en el que se ubican los testimonios en los que se establecen conjeturas contrastables, se diferencian los sub-modos E2MC1.1, E2MC1.2 y E2MC1.3, por la manera en que se establecen las conclusiones o generalizaciones dentro de los testimonios. El modo E2MC2.Deducciones, que en este caso son de carácter predictivo, las explicaciones construidas

hacen predicciones de observables, ya sea que cambien o no las condiciones de la experiencia analizada. El modo E2MC3. Emisión de Hipótesis, que en este caso se hace desde un marco teórico específico, ya sea construido previamente o consultado. Y, el modo E2MC4. Descripciones, en el que se encuentran los testimonios en los que sólo se describen las observaciones realizadas, sin hacer generalizaciones o conclusiones sobre las mismas.

Tabla 4.11. Modos de Hablar Etapa 2 COALAMOS.

Modos de Hablar	Descripción Modos de Hablar	Testimonios ejemplo
E2MC1.1	<p>Los testimonios clasificados en este modo de hablar se caracterizan por el establecimiento de conjeturas contrastables, asociadas a la descripción de variables y la identificación de sus propiedades y características, o la descripción cualitativa de la observación. Sin llegar a la construcción de inferencias o conclusiones, se identifican variables para construir afirmaciones, a manera de explicación, sobre las experiencias. En algunos de los testimonios logran hacerse relaciones entre las variables asociadas a la rapidez con la que ocurren los efectos observados. En este sentido, las explicaciones recurren a elementos observacionales y no presentan elementos conceptuales diferenciados. El número de testimonios clasificados en este modo de hablar es reducido y solo se presenta en los testimonios de la Guía 2.</p>	<p><i>2.1C2-E1: Barra de plástico: Aluminio: cuando se acerca la barra al aluminio lo que hace este es tratar de pegarse, cuando se le deja tocar la barra junto con el aluminio lo que se hace es alejarse de la barra Papel: el papel trata de alcanzar el plástico pero no con tanta fuerza, cuando se le permite al papel tocar la barra lo que hace el papel es quedarse pegado.”</i> <i>2.1C4-E2: Al frotar el vidrio con el cabello y tocarlo con la hoja esta se atrae por el vidrio rápidamente y con el aluminio sucede lo mismo pero a menor velocidad. Con la seda al frotarla con el vidrio y tocar el papel y alejarla hay una fuerza de atracción lo cual hace que este objeto se dirigía hacia el lugar donde está la barra de vidrio.</i></p>
E2MC.1 Conjeturas	<p>Los testimonios clasificados en este modo de hablar se caracterizan por el establecimiento de conjeturas contrastables asociado al establecimiento la identificación de variables y la descripción de sus propiedades y características, para establecer inferencias inmediatas a partir de datos o información. El número de testimonios se reduce considerablemente respecto a la Etapa 1 y sólo se presentan en los testimonios de la Guía 2. Se caracterizan por recurrir a elementos observacionales y por construir afirmaciones sobre dichos elementos observacionales, sin que impliquen explicar las mismas observaciones. Conceptualmente se visibiliza la referencia a los efectos de atracción y repulsión, y el uso diferenciado de la generación o transferencia de energía para referirse a la causa de los efectos de atracción y/o repulsión mencionados.</p>	<p><i>2.1C7-E1: “Al frotar la barra con el cabello pudimos evidenciar que al acercarla al papel y al aluminio se atraía y se pegaba ya que el elemento genera la energía y la comparte con el papel y el aluminio atrayéndola.”</i></p>

E2MC1.3

Los testimonios clasificados en este modo de hablar se caracterizan por el establecimiento de conjeturas contrastables asociado al establecimiento de relaciones de dependencia entre las variables identificadas (en algunos de los casos) y la identificación de propiedades y características, para establecer conclusiones o generalizaciones sobre lo observado. Conceptualmente se evidencia que la descripción de los efectos de atracción y repulsión se amplía y se asocia a la naturaleza de los materiales. En este sentido, los términos utilizados en las conclusiones, en las generalizaciones o en las explicaciones construidas, son diferenciados en algunos de los casos en términos de su uso pero no son los construidos en las discusiones (electricidad, energía, electronegativo, etc.), sigue presentándose en menor medida el uso indiferenciado de los términos carga y energía. El número de testimonios clasificados en esta categoría aumenta significativamente respecto a lo encontrado en la Etapa 1. Cabe aclarar que los modos de hablar E2MC1, son más frecuentes en los testimonios de la *Guía 2*, lo que evidencia el papel de la construcción de nuevos términos dentro de la *Guía 1*, que amplían y transforman los modos de hablar apropiados de los fenómenos electrostáticos.

Los testimonios clasificados en este modo de hablar se caracterizan por la deducción de predicciones a partir de experiencias o resultados, asociados a la identificación de las variables involucradas y la descripción de sus propiedades y características, para establecer conclusiones o generalizaciones. Se resalta en este sentido el carácter predictivo de las afirmaciones construidas pues a partir de los elementos descriptivos macroscópicos se predice el comportamiento de materiales o de resultados sobre variaciones de las experiencias propuestas por los mismos estudiantes, el planteamiento mismo de experiencias que amplían las observaciones dentro de las propuestas refleja la capacidad de trascender a la observación inicial. Conceptualmente se refleja el uso diferenciado de los términos de energía y carga, la clasificación de materiales y de formas de electrificación; pero no se hace uso de términos construidos en los procesos de socialización. Los testimonios clasificados en este modo de hablar se relacionan tanto a las actividades de la *Guía 2* como de la *Guía No 3*.

E2MC2 **Deducciones**

2.1C3-E2: "A. Acercando la barra de vidrio a el papel, este gira hacia donde este la ubicación de la barra de plástico mientras que con el aluminio sin hacer contacto se repela a la barra de vidrio

B. Al frotar la barra con el cabello y acercando al papel, se adhiere a la barra, es decir hay efecto de atracción, mientras que con el aluminio se adhiere un instante a la barra y después se aleja, es decir hay primero un efecto de atracción y después de repulsión."

2.2C5-A1: "El ejercicio de fricción que hace la banda crea energía y la esfera al ser de metal conduce la energía. Los papeles y el agua produce fenómeno de atracción al tener diferente carga de energía, el fuego y el aluminio al tener la misma carga hacen repulsión. Se pudo observar en el exterior de la cúpula del generador es donde se encuentra la energía, que se conduce según el material y la distancia."

2.1C5-E3: "El metal no permite que en él se acumule la energía. Un ejemplo es lo que pasa en los cables de los aparatos eléctricos tienen cobre que es un buen conductor pero no es acumulador."

2.1C5-P5: "Eléctricos: Transmisión de energía, de un medio retenedor, necesita fricción o contacto. Magnéticos: atracción de imanes con objetos de los cuales están compuestos de hierro, no contacto."

Los testimonios clasificados en este modo de hablar se caracterizan por la emisión de hipótesis a partir de un marco teórico, asociado la identificación de las variables involucradas y la descripción de sus propiedades y características, para establecer conclusiones o generalizaciones. En algunos de los testimonios se establecieron relaciones de dependencia entre las variables, en términos del tamaño de los conductores y la intensidad del efecto observado. Cabe mencionar que la estructuración de los testimonios aquí calificados, es más elaborada, de carácter macroscópico en la mayoría de los casos, describe la observación realizada y la explica. Conceptualmente los testimonios clasificados en esta categoría se caracterizan por el uso diferenciado de los conceptos construidos en los procesos de socialización, y la descripción adecuada de las observaciones o los elementos dentro de ellas que son relevantes en términos de los objetivos propuestos para la etapa. Se presenta un mayor número de testimonios en la **Guía No 3**, esto refleja el papel de las experiencias de la **Guía No 2** en la construcción de elementos que permitan especificar y ampliar los modos de hablar sobre los fenómenos electrostáticos.

E2MC3.

Hipótesis

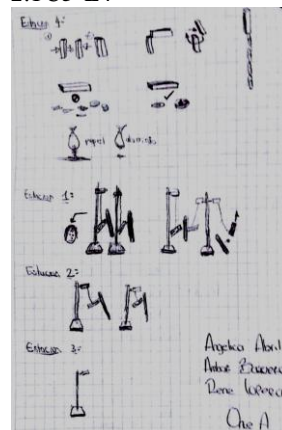
Los testimonios clasificados en este modo de hablar se caracterizan por la descripción de la observación sin identificar variables, propiedades o construir afirmaciones sobre lo observado. El número de testimonios en los dos apartes de esta etapa que clasifican en la categoría es inferior al número de testimonios clasificados en la misma para la **Etapa 1**.

E2MC4.

Descripciones

2.2C4-A3: “Cuando se prendía el generador y se acercaban las esferas sin hacer contacto con el generador. No se observaba chispas cuando se prendía el generador y hacia contacto con las esferas. Porque la esfera y el generados son metales; al tener el generador prendido se mandan energía, y al tener estos dos objetos separados se ve e efecto de las chispas, pero al tenerlo unido también se pasan energía pero no sucede el efecto de las chispas. Dependiendo su tamaño a chispa era mínima o mayor. El generador al tener energía la pasa a la esfera cuando se hace contacto con ella. Que a mayor tamaño se observa una disminución de traspaso de energía. Al hacer la electrificación con la esfera y el generador se veía una condición de equilibrio al quitar con la esfera la energía del generador y como resultado se veía una energía neutra”.

2.1C3-E4



2.1C7-P4: “Barra plástica se pegaba el papel y el aluminio, Barra de vidrio se pegaba a la barra de papel y el aluminio, Barra de metal no se pegó ni al papel ni el aluminio”

Respecto a las demandas de aprendizaje asociadas a los fenómenos abordados en la **Etapa 2: Electrostática**, dentro de los resultados encontrados puede afirmarse que, por un lado se supera el uso indiferenciado de términos y el uso de algunos no pertinentes. Por ejemplo, los términos de carga, energía, electrificación, electricidad son utilizados de manera diferenciada por los grupos

dentro de sus testimonios. Por otro lado se construyen referentes desde los cuales se elaboran las explicaciones sobre la experiencia. Por ejemplo, la clasificación de materiales relacionada con su comportamiento eléctrico, y la descripción de los efectos de atracción y repulsión de cuerpos desde este referente constituye uno de los elementos más reiterativos dentro de los modos de hablar.

4.3.3. Etapa 3: Batería eléctrica. Modos de hablar.

Teniendo en cuenta los objetivos de esta etapa, los contenidos conceptuales y procedimentales asociadas a la misma, presentados en la **Tabla 3.6**, y el análisis del proceso de construcción significativa del concepto de *fem* y de la red conceptual asociada, que se inició en la **Etapa 2: Electrostática**; a continuación se presentan los modos de hablar identificados tras la sistematización de los registros escritos recopilados de la **Etapa 3: Batería eléctrica**.

Modos de hablar Colegio Santa María (CSM).

Durante la implementación y socialización de la tercera etapa se dio lugar a la ampliación en la construcción de conceptos como potencial, diferencia de potencial y *fem*. Tal construcción se vio articulada con la integración de los contenidos trabajados y los conceptos elaborados en la **Etapa 2**; al igual que el conocimiento de las estudiantes del análisis químico de la reacción que tenía lugar en la elaboración de la batería. La intencionalidad de la **Guía No 4**, en la que se esperaba que las estudiantes dieran cuenta de los procesos que se dan al interior de la batería y de su papel cuando hace parte de un circuito cerrado, posibilitó la integración de la caracterización hecha a partir de la experiencia acerca del estado de electrificación y del marco teórico con el que contaban (análisis químico), reduciendo así el uso de términos no diferenciados e introduciendo en el lenguaje expresiones que involucraban los conceptos en construcción. En el caso de la energía, por ejemplo, se empezó a apreciar que las estudiantes le atribuían un carácter diferenciado al nombrar diferentes tipos de energía en relación con las observaciones.

Teniendo en cuenta la manera como las estudiantes se aproximan a la construcción de explicaciones para los procesos que se dan en la batería y en el circuito, a partir de la forma de

hablar acerca de las observaciones experimentales y de los referentes teóricos, así como la articulación que hacen de ellos, los modos de hablar de las estudiantes del CSM identificados en la **Etapa 3**, se organizaron en tres grupos (ver **Tabla 4.12**). El primer modo denominado E3MS1.Conjeturas, se divide en los sub-modos E3MS1.1 y E3MS1.2, diferenciados por los elementos que las estudiantes toman como base para proponer las conjeturas, en el primer sub-modo se basan en las observaciones experimentales, y el segundo sub-modo considera el uso de variables como la energía y el voltaje o diferencia de potencial. El segundo modo denominado E3MS2.Deducciones, corresponde con aquel en el que se ubican los testimonios que hacen descripciones de lo observado en la actividad, y a partir de ello hacen deducciones en términos de los resultados y de algunas variables. El tercer modo identificado, denominado E3MS3.Hipótesis, se subdivide en los sub-modos E2MS3.1, E2MS3.2 y E2MS3.3, diferenciados por la manera en que se emplean las variables involucradas para plantear hipótesis que dan cuenta de lo que ocurre en la batería. En el primer sub-modo se consideran las variables relacionadas con la energía y los tipos de energía presentes en los fenómenos observados; en el segundo sub-modo, se hace uso de expresiones relacionadas con modelos microscópicos acerca de las reacciones químicas que tienen lugar en la batería y expresiones acerca de la carga eléctrica y su “movilización” en la batería y en el circuito; y el último sub-modo, corresponde con los testimonios que combinan los dos sub-modos anteriores, incluyendo variables como potencial o diferencia de potencial, tanto en relación con la energía, como en relación con la carga eléctrica.

Tabla 4.12. Modos de Hablar Etapa 3 CSM.

Modos de Hablar	Acercas de los fenómenos propuestos en la Etapa 3	Testimonios ejemplo
E3MS1. Conjeturas	E3MS1.1 Los testimonios asociados con este modo coinciden con descripciones no tan detalladas en este caso, de la experiencia, a partir de las cuales tienen lugar dichas conjeturas y se proponen inferencias o generalizaciones. Es el modo menos frecuente.	<i>3S2-P1.1: Entre los materiales de la batería se da una reacción por contacto.</i> <i>3S2-P2.2: Comienza a decaer en todos los casos, se va agotando la reacción.</i>
	E3MS1.2 En este caso tales conjeturas e inferencias se basan en la experiencia pero se acompañan además del uso de variables como energía, clases de energía, propiedades de esta, y voltaje. En el caso del voltaje no hay una caracterización de esta noción.	<i>3S3-P1.4: Con una celda no se enciende el led por que no se produce el voltaje necesario para encenderlo.</i> <i>3S2-P1.5: Para que haya más energía (acumulación de energía cinética)</i> <i>3S2-P2.5: Porque hay más energía acumulada.</i>
E3MS2.Deducciones	Aparecen principalmente en la segunda parte de la Guía 4 . Se basan en una descripción de lo observado en la actividad y deducen las razones, en algunos casos en	<i>3S7-P1.1: Tiene una carga química de oxidación y una física ya que se electrifica. En la primera se pudo observar cómo al sumergir el papel de</i>

términos de variables como voltaje o carga, en otros en términos de los resultados mismos. En menor medida mencionan la variable energía, hablan de descarga química y física, y de voltaje. El uso de los términos en ocasiones se asocia con relaciones de dependencia, en otras con características para dichas variables.

Emiten hipótesis a partir de las observaciones. Establecen relaciones de dependencia entre las variables identificadas: Numero de celdas y energía, voltaje o diferencia de potencial y luminosidad. Se basan en los datos obtenidos en la experiencia y establecen inferencias a partir de estos.

E2MS3.1

**E3MS3.
Hipótesis**

Aparece principalmente en la primera parte, un marco teórico basado en su conocimiento de química. El marco empleado recurre a modelos microscópicos y abstractos de transferencia de cargas eléctricas o partículas cargadas: electrones en relación con la reacción química de oxidación reducción, tal movilización de carga es la que da lugar a una electrificación y la correspondiente diferencia de potencial que permite que se dé la descarga para que encienda el led. A partir de estos testimonios se logra una diferenciación entre el proceso interno y externo que tiene lugar en la batería. Se evidencia el uso del marco construido en la **Etapa 2.**

E2MS3.2

E2MS3.3

Aquí se ubican los testimonios que

filtro en la solución de CuSO₄ y luego de tener contacto con el zinc y la moneda de cobre provocó que estos dos se oxidaran cambiando así de color a negro.

3S1-P1.6: Si se conectaran más baterías en serie se cree que la luz del led sería más potente Ya que la batería al recibir más electrones hace que la intensidad de la luz sea mayor. Por otro lado se puede pensar que si se conectan más baterías en serie, podría ser posible prender un bombillo más grande.

3S6-P1.4-5: Porque con una sola celda no se logra generar la energía necesaria y aumenta la diferencia de potencial es decir necesita mayor voltaje.

3S7-P1.4: No se da debido a que no hay suficiente diferencia de potencial, por eso en el momento en el que hay mas monedas aumenta la diferencia de potencial y el voltaje permite que el led se encienda

3S2-P2.1: La medida aumenta cuando se suman más celdas al sistema, estos se da porque cada celda aporta energía que es medida por el multímetro.

3S4-P1.3: Consideramos que el proceso que tiene lugar dentro de la batería para que se genere la energía, es química en la que se libera y se absorben electrones. Las monedas le transfieren electrones a las arandelas. Entonces, los electrones pasan de una moneda a una arandela, después, de ella a la siguiente moneda y así sucesivamente hasta llegar al cable que conecta la batería al led; y en el otro extremo que se conecta con una moneda, los electrones son pasados del led a esta como un ciclo.

3S1-P1.4-5: Se puede decir que con una sola batería no enciende el led ya que no se produce una descarga lo suficientemente grande, por lo que no hay tantos protones y electrones involucrados en la reacción. Entonces es necesario que haya más de una batería, en la medida en que entre más baterías, más grande es la descarga que viaja a través del cable hasta prender el led.

3S7-P1.3: El proceso que se da dentro

combinan la emisión de hipótesis desde el marco teórico y desde las observaciones. Explican las interacciones y reacciones en términos de la movilización de partículas cargadas. Hablan de la energía que se genera, se moviliza o se acumula por tal efecto. Emplean variables como voltaje y/o diferencia de potencial en sus explicaciones y las relacionan con la energía. Realizan registros cualitativos de las observaciones que les permiten establecer generalizaciones.

de la batería para que se genere energía es el de una reacción química entre el cobre, el zinc y la solución, ya que gracias a los iones de la solución oxidan a uno de los dos materiales, de esta forma uno gana y otro pierde electrones, dándose así la electrificación.

3S4-P2.1: A medida que se agregan más celdas en serie la medida registrada por el multímetro aumenta con una gran diferencia respecto a la medida anterior, creemos que esto se puede explicar ya que a medida que aumenta el número de celdas aumenta la energía cinética química que está corriendo dentro de esta afectando la cantidad de Voltios que se encuentran dentro de la pila fabricada por nosotras.

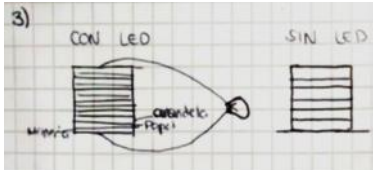

Modos de hablar Colegio Cooperativo de los Álamos (COALAMOS).

De manera general, dentro de los testimonios recopilados para la ***Etap*** 3, se identifica la ampliación de los modos de hablar de los estudiantes a propósito de las experiencias propuestas, principalmente en términos del lenguaje y los referentes conceptuales y experienciales utilizados. En este sentido, se resalta el papel los referentes teóricos construidos desde la clase de química y en menor medida los construidos en las discusiones de las Etapas 1 y 2 de la secuencia. Por otra parte, los elementos observacionales juegan un papel fundamental en la construcción de explicaciones de las experiencias y los esquemas construidos para describirlas, principalmente en relación con la caracterización de los materiales y de los efectos observables en los experimentos. En relación con los contenidos conceptuales y los términos utilizados en la construcción de explicaciones, se continúa evidenciando la utilización de los conceptos construidos de manera diferenciada.

Los modos de hablar asociados a las características descritas anteriormente y los ejemplos de los testimonios desde los cuales son deducidas dichas características, se organizan en la ***Tabla 4.13***. Los modos de hablar para esta etapa, están organizados en cuatro grupos. El modo E2MC1. Conjeturas, en el que se ubican los testimonios en los que se establecen conjeturas contrastables, en este modo se diferencian los sub-modos E3MC1.1, E3MC1.2 y E3MC1.3, por la manera en

que se establecen las conclusiones o generalizaciones dentro de los testimonios. El modo E3MC2. Deducciones, en donde las explicaciones construidas hacen predicciones de observables, ya sea que cambien o no las condiciones de la experiencia analizada. El modo E3MC3. Hipótesis, donde se encuentran los sub-modos E3MC3.1 Y E3MC3.2, que se diferencian por los referentes desde los que son construidas las explicaciones, los de la clase de química y los de las etapas previas. Y, el modo E3MC4. Descripciones, en el que se encuentran los testimonios que describen las observaciones realizadas, sin hacer generalizaciones o conclusiones sobre las mismas.

Tabla 4.13. Modos de Hablar Etapa 3 COALAMOS.

Modos de Hablar	Acerca de los fenómenos propuestos en la Etapa 3	Testimonios ejemplo
E3MC1.1	<p>Dicho modo de hablar se caracteriza conceptualmente por la descripción detallada de las celdas construidas y la asociación de efectos, al número de celdas, principalmente el lumínico y su intensidad. No se identifica el uso de marcos construidos o consultados, ni la construcción de conclusiones o generalizaciones sobre lo observado. En los testimonios que para este caso son muy pocos, simplemente se identifican las variables involucradas en relación con los efectos observados. Estos testimonios no se clasifican como descripciones simplemente, ya que no solo hablad de lo observado sino de las variables que intervienen.</p>	<p>3C4-P2.3: “En el siguiente proceso con el led la medida es de 1.81.”</p>  <p>3C6-P2.3:</p> 
E3MC.1 Conjeturas	<p>El establecimiento de conjeturas contrastables, relacionada con la identificación de variables y la descripción de sus propiedades, formuladas de manera inmediata desde los datos o información de la experiencia, caracteriza procedimentalmente este modo de hablar, más frecuente que el anterior pero aun así poco presente dentro de la Etapa 3. Conceptualmente se identifican dos características, inicialmente se priorizan elementos observables de las experiencias en las explicaciones, por ejemplo la oxidación como efecto observable es simplemente nombrada o asociado a la conexión del led. Por otra parte, se utiliza el término energía para designar la causa de lo observado, esta es abordada como algo que se genera y transfiere. En algunos casos se afirma que la energía proviene de los tres materiales utilizados y en otros que se genera por el contacto de los tres materiales.</p>	<p>3C5-P1.1: “Que al unir la moneda a la arandela y el papel de filtro dan energía”.</p> <p>3C5-P1.3: “Con la solución de cobre que hace contacto con la moneda hacen dar energía”.</p>
E3MC1.2		

Dentro de los testimonios aquí clasificados, se establecen conjeturas contrastables, relacionadas con la identificación de variables, la descripción de sus propiedades y en algunos casos el establecimiento de relaciones de dependencia entre las mismas. Además se estructuran explicaciones a manera de conclusión o generalización sobre la experiencia. Este modo de hablar es más frecuente que los dos anteriores dentro del E3MC.1, pero menos frecuentes que los modos E3MC2, y E3MC3. Conceptualmente este modo de hablar se caracteriza de dos maneras, el primero asociado principalmente a la caracterización de los materiales, ya que es por su naturaleza conductora que o bien se genera energía o bien se observan efectos como el lumínico; en este tipo de explicaciones es recurrente la designación de la batería en términos de las cargas positiva y negativa que posee; en segundo lugar se encuentran las explicaciones que recurren a la idea de la batería como lugar de almacenamiento de la energía, en estas explicaciones las medidas registradas y los efectos observados se asocian al gasto de la energía almacenada; sólo en uno de los testimonios se especifica que la energía es producida y no almacenada.

E3MC1.3

Los testimonios que en este modo de hablar se clasifican, se caracterizan por que dentro de ellos se formulan de deducciones a manera de predicción de las experiencias. Dentro de estas se identifican las variables involucradas y sus las propiedades. Solo en algunos de los casos se establecen relaciones de dependencia entre las variables descritas. Los testimonios toman forma de conclusión o generalización sobre la experiencia y son poco frecuentes. Conceptualmente, se evidencia la predicción de los efectos observables y sus características o las medidas registradas; asociándolos al número de celdas, el número de materiales, la naturaleza de los materiales usados, la energía almacenada en la batería o producida en esta. En algunos de los registros se realizan predicciones pero no se construyen explicaciones claras que soporten las mismas.

E3MC2.
Deducciones

La formulación de explicaciones desde el marco teórico de la química, en las que se identifican propiedades para las variables y en algunos de los casos se establece relaciones de dependencia entre estas, a manera de conclusión o generalización sobre la experiencia, caracterizan este modo de hablar. Respecto al contenido conceptual asociado a este modo de hablar, se encuentra que a pesar de que las explicaciones recurren a la oxidación como causa de lo

E3MC3.
Hipótesis

E3MC3.1

3C2-P2.1: “A la pila casera le adhirió más dos cables conductores de energía o cables pasa corriente y lo combinamos con el protoboard el cual facilita la conexión y hace más fácil la generación de electricidad y se muestra en la pantallita que el número de electronegatividad varía según la composición de la pila. La energía que nos da el lector es de 236 V y es variante dependiendo de la posición del cable mientras no se le hace ningún tipo de cambio a la pila”.
3C5-P2.5: “Entre más pilas se pongan más energía al prender el bombillo led”.

3C4-P1.2: “De la batería, dependiendo en cuenta los polos se conecte, además los materiales pueden generar energía”.
3C1-P1.4: “Al haber una mayor cantidad de arandelas, papel craft, y monedas va a aumentar la electricidad y va a iluminar más el led, pero se puede fundir si hay mucha electricidad”.

3C3-P1.1: “Se presenta una oxidación en la arandela, esto lo que hace es liberar oxígeno para que acelere la reacción por medio del sulfato de cobre. En la interacción del led con la batería se produce una oxidación en las arandelas esto hace una oxidación, esta reacción química es la que permite que entre más

observado no se amplía dicho fenómeno y sólo se menciona. Al fenómeno de la oxidación dentro de las explicaciones se asocian diferentes elementos, entre ellos: la producción de energía; la intensidad de los efectos observados, principalmente los del led encendido; el número de voltios producidos o la naturaleza o cantidad de los materiales presentes.

E3MC3.2

La formulación de explicaciones desde el marco teórico construido en las etapas iniciales dentro de las que se identifica las variables involucradas, sus propiedades y en algunos de los casos relaciones de dependencia entre diferentes variables, a manera de conclusión o generalización sobre la experiencia, caracteriza este modo de hablar. Conceptualmente este modo se caracteriza por la utilización de los conceptos y fenomenologías construidas en sesiones anteriores. Principalmente se encuentran explicaciones en las que la naturaleza, clasificación y unión de los materiales es fundamental, sobretodo en la caracterización de las celdas construidas y lo que en ellas sucede. Dentro de estos testimonios se asocian los voltios a la medida de la energía, como algo acumulable y lo que posibilita los efectos observables en el led. En estos testimonios se quiere caracterizar cómo se distingue el concepto de *fem* del de potencial.

E3MC4. Descripciones

En este modo hay testimonios en los que se desarrolla la descripción de la experiencia sin formulación de hipótesis. Se caracterizan por la enunciación de los pasos seguidos y las observaciones, sin construir asociaciones o explicaciones sobre las mismas.

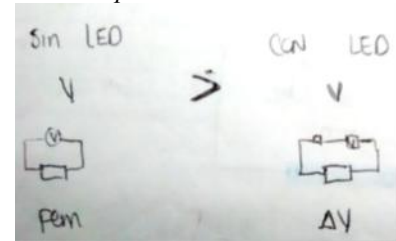
baterías se prenda el led y con más potencia”.

3C3-P1.4: *“Porque solamente 1 batería genera 1 voltio y para que prenda necesita por lo menos 3 voltios. Por qué necesitan polos opuestos y necesita más oxidación”.*

3C1-P1.3: *“Yo creo que al conectar los 3 materiales, el papel craf, las monedas y las arandelas, se genera electricidad por sus modelos químicos”.*

3C5-P2.1: *“Se va aumentando los voltios en cada pila. Porque cada pila tiene una cierta energía de un voltio y al unirlos va aumentando”.*

3C6-P2.5: *“Porque pasa una parte de la energía de las baterías al bombillo por esto se ilumina”.*



3C1-1.1: *Notamos que la primera vez que hacemos el experimento se oxida la arandela por el papel de cobre.*

3C4-2.1: *“Con led aumenta, pero sin el led aumenta en mayor cantidad”.*

Se llama la atención sobre la representación esquemática y la construcción de la noción del concepto de *fem* encontrada en el testimonio 3C6-P2.5, y de explicaciones que caracterizan el campo de la electrocinética, pues los testimonios recurren a nuevos elementos para describir y explicar las observaciones; sin embargo en relación con la transversalidad de estos elementos, que no se presenta, puede inferirse que no se logra una construcción clara de los conceptos. Además, a pesar de que se integran nuevos elementos conceptuales y descriptivos que permiten avanzar en la diferenciación de los fenómenos, no se superan las demandas de aprendizaje asociadas a la explicación de funcionamiento de la pila o la diferenciación de los modos de uso

de conceptos como el de energía. Por lo tanto la necesidad de ampliación y diferenciación de los modos de hablar sigue presente, aunque en menor medida.

4.3.4. Etapa 4: Electrocínética y Circuitos simples. Modos de hablar

Teniendo en cuenta los objetivos de esta etapa, los contenidos conceptuales y procedimentales asociadas a la misma, presentados en la **Tabla 3.7**, el análisis de las explicaciones construidas por los estudiantes acerca del funcionamiento de circuitos simples y la integración que en estas explicaciones se hace de los conceptos construidos en etapas anteriores; a continuación se presentan los modos de hablar identificados tras la sistematización de los registros escritos recopilados en la implementación de la **Etapa 4: Electrocínética**.

Modos de hablar Colegio Santa María (CSM).

Luego de la sistematización de las respuestas obtenidas para las preguntas finales de la **Guía No 5** y la **Guía No 6**, se identificó claramente una evolución en los modos de hablar de las estudiantes, principalmente en relación con los niveles de contenido procedimental que se desarrollaron. Fue muy evidente, el uso del marco teórico construido en las etapas anteriores, lo cual les permitió hacer una diferenciación mucho más clara de los significados que atribuían a cada uno de los conceptos empleados. Por otra parte, la toma de medidas permitió a las estudiantes identificar más fácilmente las relaciones existentes entre las variables involucradas en las actividades propuestas, al hacer uso del registro cualitativo de los datos obtenidos en la **Guía No 6**. Así mismo, fue mucho más frecuente el establecimiento de generalizaciones o conclusiones a partir de los datos obtenidos y de la caracterización hecha para las variables involucradas en sus explicaciones.

En relación con los contenidos conceptuales, se cumple con los objetivos de integrar adecuadamente el concepto de **fem** en la red conceptual y en los testimonios de las estudiantes para la construcción de explicaciones acerca del funcionamiento de circuitos simples; y el de introducir, a partir de las experiencias, las relaciones entre las variables **fem**, diferencia de potencial, resistencia eléctrica y corriente eléctrica. Sin embargo, aún prevalecen en algunos de

los testimonios de las estudiantes, confusiones y dificultades conceptuales asociadas con la ontología de los conceptos que emplean, como energía, corriente eléctrica, potencial y diferencia de potencial.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, los modos de hablar de las estudiantes del CSM en la *Etapa 4*, se organizaron en tres grupos (ver *Tabla 4.14*). El primer modo denominado E4MS1.Conjeturas, muestra las características de los testimonios, que a partir de las descripciones de la experiencia, establecen conjeturas contrastables. Además, se menciona la evolución que este modo de hablar tuvo en esta última etapa, con respecto a las anteriores. El segundo modo denominado E4MS2.Deducciones, ubica a los testimonios en los que se hacen deducciones a partir de la experiencia y se integran variables con ciertas propiedades. El tercer modo denominado E4MS3.Hipótesis, se subdivide en los sub-modos E4MS3.1, E4MS3.2 y E4MS3.3, diferenciados por la manera en que se emiten tales hipótesis, basadas en las observaciones y el marco teórico construido. En el caso del primer sub-modo la emisión de hipótesis se acompaña de la identificación de propiedades y características para las variables involucrada; en el caso del segundo sub-modo, se presentan aún confusiones en cuanto al uso y significado de las variables propuestas; y en el caso del tercer sub-modo se alcanzan los niveles de contenido procedimental esperados y se integran adecuadamente los conceptos construidos a lo largo de la secuencia.

Tabla 4.14. Modos de Hablar Etapa 4 CSM.

Modos de Hablar	Acerca de los fenómenos propuestos en la Etapa 4 y en relación con las etapas anteriores.	Testimonios ejemplo
------------------------	--	----------------------------

E4MS1.Conjeturas

Es el modo menos frecuente. Se asocia con descripciones de lo observado y la identificación de variables, al nombrar los datos obtenidos para las medidas de diferencia de potencial, de resistencia y de corriente. No coinciden con el establecimiento de generalizaciones, más bien se establecen inferencias a partir de lo observado. Con respecto a las etapas anteriores, no solo disminuye considerablemente la frecuencia de este modo, sino que además, aunque en unos casos se asocia con falta de seguimiento de instrucciones (no se responde lo que se pregunta), en los otros casos se identifica un uso más consciente y diferenciado de las variables que se involucran.

Estos testimonios se asocian principalmente con la identificación de variables para las que no se establecen relaciones, pero si se asignan propiedades o características. Igualmente aparecen, con menor frecuencia, asociadas con descripciones o con el registro cualitativo de datos. Se emplean los conceptos construidos en etapas anteriores aunque en la mayoría de los casos no se amplían sus significados, mas bien las propiedades o características se atribuyen a partir de lo observado. Es principalmente en estos testimonios en los que se identifica la idea de que la energía fluye, se reparte y se consume en el circuito, usan este término para referirse a lo que sería la corriente, sin embargo también aparecen las ideas de flujo de carga y de unidireccionalidad para la corriente. Son menos frecuentes que los testimonios que parten de la emisión de hipótesis.

E4MS2.Deducciones

Se realizan afirmaciones acerca de lo que ocurre en los circuitos, basadas tanto en las observaciones como en el marco teórico construido en etapas anteriores. Aparece principalmente en la primera parte, en el ejercicio de caracterizar la corriente eléctrica a partir de los efectos observables asociados a esta. Hacen tal caracterización en términos de variables para las que existen características y propiedades definidas, como son corriente eléctrica, energía, *fem*

E4MS3. Hipótesis

E4MS3.1

4S5-P2.1: Teniendo en cuenta las medidas obtenidas en la experiencia, el numeral a tuvo como resultado 9,47 voltios a diferencia del punto a y b que dio como resultado 11,45.

Con esto podemos ver que la medida registrada demuestra que cuando se juntan los puntos a y b el potencial es mayor que cuando se encuentra solo el punto a.

4S1-P2.4: Se puede decir que en momento en el que se agregó el segundo resistor a la corriente del circuito el valor de este circuito disminuyo. Esto se puede explicar ya que al haber otro cuerpo diferente el trayecto que debe hacer la corriente aumenta. Por lo tanto, al tener un segundo cuerpo que consume energía, esta disminuye.

4S2-P2.1: La medida del numeral a evidencia el paso de corriente eléctrica en los cables, esto ya que cuando se conecta el multímetro este mide la cantidad de carga que esta presente en los cables pero que no se mueve porque es un circuito abierto. Esto implica que las cargas están presentes pero quietas, estáticas en el cable. Las medidas registradas en el multímetro fueron 9.30V y 7.40 V.

4S3-P2.5: Cuando solo hay un resistor el bombillo prendería más ya que toda la energía la tomaría este bombillo. Con 2 resistores la energía se repartiría los cual haría que los bombillos prendieran menos.

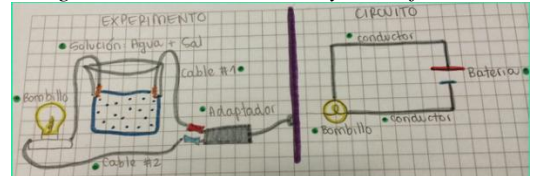
4S5-P2.5: Si los resistores fueran reemplazados por bombillos con los mismos valores de resistencia se esperaría que estos se prendan solo un poco, y que la luminosidad va a ser casi nula. Se piensa esto, ya que porque la cantidad de energía que pasa por el circuito eléctrico es mínima. Es por esto que si los bombillos tienen la misma capacidad de resistencia que los resistores, no pueden llegar a tolerar un alto nivel de electricidad, lo que implica que se prendan solo un poco y si alumbrarían igual pues los dos se llevan la misma cantidad de electricidad porque tienen la misma capacidad de resistencia.

4S2-P1.2: Adaptador pila: es la fuente de fem. Cables Solución: le dan un camino a la movilización de carga. Bombillo: evidencian la transformación de energía.

4S7-P1.2: En el dibujo se puede observar el experimento realizado y su representación como circuito. Se puede ver como el adaptador cumple la función de la batería del circuito, siendo la fuente de energía o en donde se acumulan las cargas. En el experimento, los cables cumplen la función de

y/o diferencia de potencial, y aparecen igualmente para definir el papel de cada uno de los elementos en el circuito. Reconocen el adaptador como la fuente de *fem* en el circuito, aunque en algunos casos se habla de que en este se acumulan las cargas que luego se movilizaran en el circuito cerrado. Establecen generalizaciones a partir de sus observaciones y de las relaciones que identifican.

conductores, pues es a partir de ellos y gracias a su material (alambre) que es posible que las cargas se muevan y fluyan por todo el circuito. La solución salina también cumple la función de conductor, pues por medio de las sales en movimiento, se mueven las cargas de un cable hacia otro. Finalmente, el bombillo en ambos casos, es el elemento que evidencia el paso de la corriente y la transformación de energía eléctrica en lumínica y calorífica.



E4MS3.2

Existe alta recurrencia al uso del marco teórico construido, pero no una clara diferenciación entre los términos que se emplean. Sin embargo, se diferencian los procesos que tienen lugar en el circuito y se expresan tanto microscópicamente como macroscópicamente, en términos de la corriente o de las transformaciones de energía que tienen lugar. Las dificultades que aparecen ligadas a este modo están en relación con la diferenciación entre corriente y energía, así como la correcta interpretación de las medidas obtenidas, por ejemplo el afirmar que el que no haya una diferencia de potencial entre dos puntos del circuito, significa que no hay resistencia, pero tampoco corriente. Este modo tiene una lectura global de los procesos acertada, pero recae en errores conceptuales al explicar el detalle de dichos procesos.

4S2-P2.2: Las medidas que aporta el multímetro de diferencia de potencial en un solo resistor da valores grandes, es un valor importante, ya que la energía que circula en uno solo es grande y potente, de hecho logra calentar mucho el resistor, toda la energía circula en ese único alambre. Cuando se hace con dos resistores, los valores disminuyen, esto sucede porque la energía se divide en dos, y el multímetro mide este cambio de potencial.

4S3-P2.2: Del punto a al b se mide la diferencia de potenciales del adaptador. Del punto b al c no hay diferencia de potencial porque no se produce corriente ni se resiste. Del punto c al d la diferencia de potenciales es la del resistor y del d al a no hay diferencia de potencial. En el numeral d sucede lo mismo solo que con 2 resistores.

E4MS3.3

Aquí se ubican los testimonios que combinan la emisión de hipótesis desde el marco teórico y desde las observaciones y que consiguen integrar todos los niveles de contenido procedimental esperados. Se proponen hipótesis en términos del marco teórico construido. Se identifican y relacionan variables. Se expresa cualitativamente la diferencia entre los datos tomados y se establecen generalizaciones a partir de estos. Aparece principalmente en la **Guía No 6** para la mayoría de los grupos. Diferencian la medida de la *fem*, de la medida de la diferencia de potencial, en algunos casos afirmando que la primera es responsable de mantener la segunda en el circuito. Identifican a partir de los datos las relaciones existentes entre las variables de diferencia de potencial, resistencia eléctrica y corriente eléctrica en los elementos del

4S6-P1.2: 1. Conductores: Son la ruta para la movilización de la carga. A El cable que hace burbujas es el que tiene mayor potencial y se reduce, lo que significa que está cediendo e- a la solución. B. El cable que se pone negro es el que tiene menor potencial y se oxida lo que significa que actúa como receptor al estar ganando e- e iones en la solución. c. La solución en la que el agua al estar disuelta con la sal se vuelve un buen conductor haciendo que exista los cambios anteriormente mencionados. 2. Adaptador: Antes de proporcionar diferencia de potencial a la corriente necesita pasar por un proceso por el que se acomodan las cargas (como una pila) que es el fem: en el cual se determina quien tiene mayor o menor potencial para así el circuito vaya del primero al segundo. 3. Bombillos: Evidencian la transformación de energía.

circuito, así como el principio de conservación de la energía evidenciado en la suma de las diferencias de potencial comparada con la de la fuente. Asocian la corriente eléctrica con la existencia de una *fem* y de un circuito cerrado, y la explican tanto desde una perspectiva microscópica en relación con la movilización de carga, como macroscópica en términos de las transformaciones de energía que se evidencian.

4S3-P2.1: En el numeral a se medía la diferencia de potencial de los cables mientras el circuito estaba abierto. Esta medida es la fem. En cuanto a la medida entre los puntos a y b, se estaba midiendo la cantidad de energía que necesitaba el protoboard. Cuando solo se tenía un resistor, se consumía menos energía. Por esta razón la medida de a y b con un resistor es menor que la de 2 resistores.
4S7-P2.1: La medida registrada en el numeral a corresponde a la FEM y a la medida registrada entre los puntos a y b corresponde a la diferencia de potencial del circuito. Teniendo esto en cuenta, que la medida de a o la FEM sería aquello que mantendría la diferencia de potencial entre a y b, creando así un campo eléctrico y permitiendo así que hayan cargas y que a su vez estas fluyan a lo largo del circuito.

Modos de hablar Colegio Cooperativo de los Álamos (COALAMOS)

Recordando que para el caso del Colegio Cooperativo de los Álamos, sólo se implementó la ***Guía No 5*** de la ***Etapas 4: Electrocínética y Circuitos Simples***, los modos de hablar a continuación caracterizados sólo hacen parte de la experiencia de dicha guía. Además, en términos de los resultados obtenidos en comparación con la ***Etapas 3: Electroestática***, dentro de la investigación se asume que las circunstancias ya mencionadas sobre el calendario académico de la presentación de las pruebas de saber 11 que coincidieron con la implementación de la parte final de la secuencia y elementos motivacionales de los estudiantes asociados a la presentación de dicha prueba, incidieron ampliamente en la calidad, extensión y características de los mismos.

De manera general, tras la sistematización de los registros de la ***Guía No 5*** de la ***Etapas 4: Electrocínética y Circuitos Simples***, se encuentra que la mayoría de los testimonios recurren a elementos descriptivos para hablar detalladamente de y explicar las observaciones. Son reducidos los testimonios en primer lugar, en los que se identifica la utilización de los marcos referenciales construidos en las etapas anteriores; en segundo lugar en los que se evidencia la transformación de los modos de hablar de los estudiantes en términos del sentido de uso de conceptos como los de carga, energía, *fem*, potencial, etc.; y por último en los que se evidencie la diferencia entre los modos de hablar de los fenómenos electrostáticos y electrocínéticos.

Teniendo en cuenta las aclaraciones hechas, a continuación se presentan en la **Tabla 4.15**, los modos de hablar asociados a las características descritas anteriormente y los ejemplos de los testimonios desde los cuales son deducidas dichas características. Los modos de hablar para esta etapa, están organizados en cuatro grandes grupos. El modo E2MC1. Conjeturas, en el que se ubican los testimonios en los que se establecen conjeturas contrastables, en este modo de hablar, se diferencian los sub-modos E3MC1.1 y E3MC1.2, diferenciadas por la manera en que se establecen las conclusiones o generalizaciones dentro de los testimonios; el modo E3MC2. Deducciones de carácter predictivo, en donde las explicaciones construidas hacen predicciones de observables, ya sea que cambien o no las condiciones de la experiencia analizada.; el E3MC3. Emisión de hipótesis desde un marco teórico, donde se encuentran los sub-modos E3MC3.1 Y E3MC3.2, que se diferencian por los referentes desde los que son construidos las explicaciones, los de la clase de química y los de las etapas previas; y el modo E3MC4. Descripciones, en el que se encuentran los testimonios dentro de los que sólo se describen las observaciones realizadas, sin hacer generalizaciones o conclusiones sobre las mismas.

Tabla 4.15. Modos de Hablar Etapa 4 COALAMOS.

Modos de Hablar	Acerca de los fenómenos propuestos en la Etapa 4 y en relación con las etapas anteriores.	Testimonios ejemplo
E4MC1.1	El establecimiento de conjeturas contrastables, relacionada con la identificación de variables a partir de una descripción detallada de las observaciones, caracteriza los contenidos procedimentales asociados a este modo de hablar, que es uno de los que más se presenta en esta etapa. Conceptualmente se hace énfasis en los materiales utilizados y su cantidad. En cuanto a los efectos observables y su intensidad (luz), se asocia a la cantidad de materiales.	4.1C4-Ec-d: “al disolver una manotada de sal al agua pero no se ha dado resultados positivos solo le salen burbujas cable blanco. Se le aplicaron otras dos manotadas de sal al agua pero no se han conseguido resultados más que el agua en contacto con el cable blanco a tomado color amarillo y la punta de la sal se ha tornado negra. Se le aplicó más sal y encendió y se volvió más amarilla. Se queman los cables mientras estaba encendido el bombillo”.
E4MC.1. Conjeturas	El establecimiento de conjeturas contrastables, relacionada con la identificación de variables y sus propiedades formuladas a manera de conclusión o generalización sobre la experiencia caracterizan este modo de hablar, siendo menos frecuente que los dos anteriores. Conceptualmente los testimonios dentro de este modo de hablar no tienen elementos en común, mientras en uno se asocia la intensidad de lo observado al efecto de oxidación de los cables, en el	4.1C2-Ec-d: “al hacer la conexión de los cables notamos que el bombillo solo enciende cuando el cable libre y el que está conectado a la roseta haciendo contacto con el agua están unidos y sumergidos dentro del agua. A medida que se cambian los voltios en el

otro se recurre a la idea de energía como algo que se transporta para describir el papel de los componentes del circuito. En este último testimonio no se ejemplifica la fuente de la energía aunque si se caracteriza el carácter cinético y no estático de la observación realizada. Se llama la atención sobre el posible paralelo que se hiciese entre la pila fabricada en la etapa anterior y el efecto observado en los cables y la solución salina (siendo estos de distinta naturaleza).

adaptador, la intensidad del bombillo aumenta, siendo en 3 una luz muy mínima a comparación de la que resulta cuando está en 6. al tener la solución, conectada con el led y los dos cables a la solución de agua con sal, se ve la oxidación de un cable conectado en el led, con el cable libre se ve la decoración del agua junto a la sal. Es al tener el sulfato de cobre conectado con los cables se ve el mayor nivel de intensidad del led, así los dos cables estén juntos o no”.

La formulación de deducciones a manera de predicción dentro de las que se identifican las variables involucradas y sus propiedades, a manera de conclusión o generalización sobre la experiencia, caracterizan este segundo grupo de testimonios, siendo los menos frecuentes para el caso de esta etapa. Conceptualmente, en uno de los testimonios se explica las observaciones diferenciando los elementos presentes en el circuito usando los las palabras fuente, medios y receptores de energía; para designar al adaptador, cables y bombillo respectivamente. En el otro testimonio de esta categoría, se caracteriza la solución salina en términos de la oxidación y reducción y como camino de conducción de la electricidad; se explicita la conducción de electricidad dentro del circuito y a la solución como parte del elemento por donde se conduce. Sin embargo, en ambos testimonios no es claro el camino seguido por la energía o la electricidad en medio de ellos. Se evidencia el uso de términos anteriormente construidos y la construcción de explicaciones sobre lo observado considerándolos elementos fundamentales para la misma.

Dentro de esta etapa se presentan reiteradamente testimonios en los que se desarrolla la descripción de la experiencia sin formulación de hipótesis. Si bien la descripción en algunos de los casos es detallada, lo que implica una transformación en los procedimientos mismos de descripción, el número de testimonios que se categorizan en este modo de hablar no permite hablar del desarrollo claro de contenidos conceptuales y procedimentales en todos los grupos. En el caso de los testimonios de texto dentro de este modo de hablar, los mismos se caracterizan por la enunciación de los pasos seguidos, los materiales utilizados y las observaciones, sin construir asociaciones o explicaciones sobre las mismas.

E4MC2. **Deducciones**

E4MC3. **Descripciones**

4.1C3-P1: “el adaptador es un emisor de energía, el bombillo es el receptor de energía, la solución salina sirve como medio de la reacción de óxido reducción, los cables son conductores y conectores de energía”

4C4-P1: “Conducir la electricidad en el circuito para hacer encender el bombillo con conductores como la sal”

4.1C1-Ef-g: “retiramos el cable del agua y al ponerlo cerca a la brújula no pasa nada, al poner el cable al adaptador el comportamiento de la brújula no pasa nada”

4.1C3-Efg: “no se observa nada al poner el cable paralelo a la brújula”.

4.4 La Transformación de los Modos de Hablar: Caracterizando las Maneras de Experienciar

A manera de conclusión dentro de este capítulo, y para ilustrar la variación de los modos de hablar de los estudiantes acerca de los fenómenos eléctricos propuestos a lo largo de la secuencia, además de la forma en que estos dan cuenta de las maneras de experienciar que se identifican; a continuación se presentan dos mapas mentales (ver **Figura 4.1** y **Figura 4.2**), en los que se organizan de manera general las características de los modos y sub-modos identificados en cada etapa, en relación con los contenidos procedimentales y conceptuales asociados a cada uno de estos.

El mapa de la **Figura 4.1** corresponde al **CSM** y el mapa de la **Figura 4.2** corresponda a **COALAMOS**; en cada mapa las 4 etapas se diferencian con sus respectivos nombres, y los modos de hablar identificados están encerrados por colores, así: Violeta para la **Etapa 1**, Rojo para la **Etapa 2**, Azul para la **Etapa 3** y Verde para la **Etapa 4**. Para cada uno de los modos o sub-modos, se enuncian tres características principales que permiten vislumbrar la evolución de estos a través de cada etapa. Tales características corresponden con el nivel alcanzado en los contenidos procedimentales: 2. *Relaciones entre variables*, 3. *Observación* y 4. *Elaboración de conclusiones*, que primó en la mayoría de testimonios correspondientes al modo o sub-modo que se describe. En el caso del contenido 2, se indica el nivel predominante, 2.1 identificación de variables o 2.2 Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables, junto con las variables identificadas o relacionadas en este modo. En el caso del contenido 3, se indica el nivel predominante, 3.1 Descripción de observaciones y situaciones, 3.2 Representación esquemática de una observación, hecho..., 3.3. Identificación de propiedades, características..., o 3.4 Registro cualitativo de datos; junto con las propiedades más relevantes asociadas a las variables, en algunos casos, o con la catalogación hecha acerca de cómo se da la observación, tanto macroscópicamente, como microscópicamente. Por último, en el caso del contenido 4, se indica el nivel predominante 4.1 Inferencias inmediatas a partir de los datos del proceso o 4.2 Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones. Esta organización permite poner

en evidencia cómo cada modo de hablar se fue transformando, a medida que, a través de la secuencia, se involucraban más herramientas procedimentales para la construcción de los testimonios, así como se integraban muchos más elementos conceptuales dentro del lenguaje de los estudiantes para referirse a los fenómenos propuestos.

En el caso del CSM, para el modo MS1.Conjeturas, cuya frecuencia fue disminuyendo hacia el final de la secuencia, se evidencia en la ***Etapa 4***, que en este modo se incluyen muchas más variables en el lenguaje de los estudiantes, las cuales están mejor diferenciadas que al inicio de la secuencia, y a partir de las cuales se hacen descripciones que les permiten establecer inferencias o conclusiones; aunque en este modo, al final siguen habiendo confusiones conceptuales. Para el modo MS2. Deducciones, no se identifican grandes cambios a través de las diferentes etapas de la secuencia, salvo la inclusión de nuevas variables hacia el final, en el lenguaje de los estudiantes; de hecho, este modo es aquel en el que prevalecen hasta el final dificultades asociadas con la no diferenciación de variables como la energía y la corriente, y con el carácter ontológico de la energía. Finalmente en el modo MS3.Hipótesis, y en cada uno de sus sub-modos, se identifica una mayor evolución en términos de la recurrencia a diferentes herramientas procedimentales y conceptuales. El sub-modo MS3.1, por ejemplo, pasó de la identificación de variables, al establecimiento de relaciones entre estas, y aunque en la ***Etapa 4***, en donde se reduce significativamente la frecuencia de este sub-modo, no es tan común el establecimiento de relaciones, si se identifica una más clara diferenciación entre las variables empleadas, incluido el concepto de *fem*. El sub-modo MS3.2, caracterizado por recurrir a modelos abstractos y microscópicos en términos de variables como la carga, para la emisión de hipótesis, pasó por identificar variables para finalmente establecer relaciones de dependencia entre estas; asimismo, pasó por la identificación de propiedades y características y por la representación esquemática de las observaciones y afirmaciones, para llegar a integrar una perspectiva macroscópica acerca de la transformación de la energía en los circuitos y al establecimiento de generalizaciones en las que se mezclaban tales perspectivas. Finalmente, el sub-modo MS3.3, caracterizado por la combinación de elementos microscópicos y macroscópicos en la emisión de hipótesis, resultó ser el que a través de la secuencia mostró mayor coherencia y al final, en la ***Etapa 4***, alcanzó los niveles de contenido procedimental

esperados. En este sub-modo, se pasó de la identificación de variables, al establecimiento de relaciones de dependencia entre estas; asimismo, la identificación de propiedades y características se complementó apoyada en el registro cualitativo de los datos obtenidos, permitiendo que se identificaran y establecieran las generalizaciones y conclusiones acerca de las relaciones existentes entre las variables *fem*, diferencia de potencial, resistencia y corriente eléctrica en el funcionamiento de la batería eléctrica y en los circuitos simples.

Con respecto a los niveles esperados de contenido procedimental en cada una de las etapas, para el caso del CSM, hacia el final de la secuencia se encuentra un aumento significativo en la cantidad de testimonios ubicados en dichos niveles. Sin embargo en general para las cuatro etapas la mayoría de testimonios se ubicó en los cuatro niveles que se esperaban desarrollar a partir de las actividades y preguntas propuestas. Únicamente para las **Etapas 1 y 2**, en las **Guías No 1 y No 2**, no se presenta esa regularidad y la mayoría de testimonios no se ubican en el nivel esperado, principalmente para el contenido *1. Predicción e Hipótesis* (ver Anexos Matriz A1.1.1 y A1.2.1). Esto estuvo ligado, con que se tratara de las primeras actividades en la que se iniciaba la construcción de conceptos y variables, por lo cual se esperaba que las estudiantes hicieran deducciones a partir de las observaciones, sin embargo, predominó el establecimiento de hipótesis desde el marco teórico que traían de noveno grado.

En el caso de COALAMOS, para el modo MC1.Conjeturas, cuya presencia se mantuvo a lo largo de las etapas, aunque el número de testimonios fue disminuyendo en la **Etapas 2 y 3**, para incrementarse en la **Etapas 4**; se evidencia que en las **Etapas 2 y 3**, se incluyen más variables en el lenguaje de los estudiantes y se diferencian de mejor manera, además el número de testimonios desde este modo de hablar en los que se hacen inferencias o se construyen conclusiones también aumentan para las **Etapas 2 y 3**. Para el modo MC2.Deducciones, que aparece desde la **Etapas 2** en adelante, las variables utilizadas están asociadas con el tipo de experiencias analizadas para las **Etapas 2 y 3**, sin que se hagan relaciones claras entre las mismas; además, para la **Etapas 4**, la variables utilizadas son las que en un principio se identificaron para la conducta de entrada, que si bien son asociadas y usadas de manera diferente

en la *Etapa 4*, no reflejan la construcción de conceptos de las anteriores etapas. Respecto al modo MC2.Dedicaciones, es necesario decir que siempre se consigue estructurar el discurso a manera de conclusión a lo largo de toda la secuencia. Para el modo MC3.Hipótesis, que se presenta sólo para el caso de las *Etapas 2 y 3*, entre las cuales se evidencia la ampliación pues en la *Etapa 3* se presentan dos sub-modos de este modo de hablar, se identifica una mayor evolución en términos de la recurrencia a diferentes herramientas procedimentales y conceptuales utilizadas por los estudiantes en la estructuración de sus explicaciones. Particularmente, para la *Etapa 3*, se diferencian los sub-modos MC3.1 y MC3.2, debido a las variables desde las que se describen los fenómenos. En general para el Modo MC3.Hipótesis, aunque las variables involucradas o sus relaciones de dependencia, son diferentes, en los testimonios se hace referencia a sus propiedades y estos constituyen conclusiones sobre la experiencia. Por último el modo MC4.Descripciones, está presente a lo largo de toda la secuencia y aunque el número de testimonios que allí se clasifican reduce considerablemente de la *Etapa 1* a la *Etapa 3*, se incrementa para la *Etapa 4*. Respecto a este modo de hablar, cabe resaltar que la descripción se hace más detallada a lo largo de la secuencia.

Con respecto a los niveles esperados de contenido procedimental en cada una de las etapas, para el caso de COALAMOS, es para las *Etapas 2 y 3* que se encuentra un aumento significativo en la cantidad de testimonios ubicados en dichos niveles. Sin embargo, es para la *Etapa 2*, que la mayoría de testimonios se ubicó en los cuatro niveles que se esperaban desarrollar a partir de las actividades y preguntas propuestas. Para la *Etapa 3*, en la *Guía No 4*, no se presenta esa regularidad y la mayoría de testimonios no se ubican en el nivel esperado, principalmente para los contenidos 2. *Relaciones entre variables* (ver Anexo Matriz A.1.3.2). En el caso de la *Etapa 4*, debido a las condiciones de implementación mencionadas en el aparte correspondiente a los modos de hablar de la Etapa, se concluye que las expectativas no fueron alcanzadas.

4.4.1 Maneras de experimentar los fenómenos eléctricos

A partir de la caracterización hecha acerca de los modos de hablar de los estudiantes sobre los fenómenos eléctricos, es posible identificar de forma general tres grandes maneras de experimentar relacionadas con los elementos que se consideran para aproximarse a los fenómenos y para hablar de ellos. En ambas instituciones se presentaron estas tres maneras de experimentar, independientemente de los niveles de contenido procedimental asociados a los modos de hablar acerca de los fenómenos, que fueron diferentes para las instituciones; pues estas maneras de experimentar constituyen una categoría de descripción superior, las cuales indican la forma en que los estudiantes, vivencian, interactúan y piensan los fenómenos, e influyen en sus modos de hablar acerca de estos, los cuales están igualmente influenciados por otros factores particulares del contexto. A continuación se describen dichas maneras de experimentar.

A partir de la observación, desde una perspectiva macroscópica

Esta manera de experimentar, se caracteriza por apoyarse en lo observado dentro de las experiencias propuestas a lo largo de la secuencia de enseñanza, y en la cotidianidad, para la construcción de afirmaciones o explicaciones acerca de lo que ocurre y de los fenómenos abordados. También se caracteriza, por no recurrir a modelos abstractos, sino por el contrario pensar los fenómenos cualitativamente. Al momento de hablar desde esta manera de experimentar, priman las conjeturas y deducciones a partir de lo observado y la inclusión de variables como la energía, en diferentes tipos o formas, pero también se puede presentar la emisión de hipótesis.

Desde la descripción detallada de los observables y la asociación a dichas descripciones de variables macroscópicas, los estudiantes explican y construyen modos particulares de hablar sobre los fenómenos eléctricos. La preocupación por los materiales utilizados y sus características, por la modificación de dichas características y por los efectos observables producto de la interacción entre materiales o con los materiales, es característica de esta manera

de experimentar. Además, esta manera se caracteriza por la modificación de las condiciones de las experiencias por parte de los estudiantes, identificando qué variables son las determinantes de lo observado y cómo su control puede determinar cambios sustanciales o no en la experiencia.

Teniendo en cuenta, que desde esta manera de experimentar se construye el conocimiento, no solo desde las experiencias sino desde la cotidianidad del estudiante, es posible entonces la construcción de analogías y relaciones entre el conocimiento científico escolar (al menos las temáticas abordadas) y el conocimiento social cotidiano del estudiante. Así, la experiencia y el experimento, se constituyen dentro de esta manera de experimentar como pilar.

A partir de un marco teórico, desde una perspectiva microscópica

Esta manera de experimentar, se caracteriza por la recurrencia a modelos microscópicos abstractos acerca de la composición de la materia y su comportamiento, para pensar y aproximarse a los fenómenos eléctricos, por ejemplo suponer que las interacciones entre cuerpos electrificados se dan en virtud de la distribución de la carga en sus materiales y que lo que ocurre en las baterías o los circuitos se debe a la movilización o presencias de cargas eléctricas en ellos.

Al momento de hablar desde esta manera de experimentar, prima el establecimiento de hipótesis basadas en la utilización del marco teórico anteriormente mencionado, pero igualmente se presentan conjeturas o deducciones que parten de las definiciones teóricas. Sin embargo, no siempre este referente se utiliza de la misma manera y sus modos de uso reflejan el nivel de comprensión de los estudiantes de los conceptos y teorías del marco que utilizan. La coherencia y precisión de uso del modelo cambia a medida que se desarrolla la secuencia de enseñanza y en este sentido el nivel de comprensión que las explicaciones construidas reflejan, permite evidenciar el papel de las experiencias propuestas y su socialización.

A partir de la observación y de un marco teórico, combinando la perspectiva macroscópica y microscópica

Esta manera de experienciar, en cierta forma combina las dos anteriores al abordar los fenómenos eléctricos tanto desde lo observacional, como desde los modelos abstractos existentes acerca de estos. Al momento de hablar desde esta manera de experienciar, prima el establecimiento de hipótesis basadas en ese marco teórico y en lo observado, aunque también se puede asociar con el establecimiento de conjeturas y deducciones basadas en lo observado, junto con la lógica de las teorías que se consideran. Al igual que las dos primeras, en general esta manera de experienciar se transforma a lo largo del desarrollo de la secuencia de enseñanza; los vínculos construidos entre los modelos microscópicos y las observaciones macroscópicas son más coherentes y permiten explicar de manera más consistente las observaciones, además de que a medida que avanza la secuencia propuesta, se integran las construcciones al respecto de los fenómenos electrostáticos y electrocinéticos, en la comprensión y explicación del funcionamiento de la batería eléctrica y de los circuitos eléctricos simples. Finalmente, se puede considerar esta categoría como la más completa o plena de las tres, pues en esta se consideran muchos más aspectos de la totalidad del fenómeno y se establecen relaciones entre estos.

Por último, cabe mencionar que las maneras de experienciar los fenómenos eléctricos, descritas anteriormente, se relacionan entre sí a lo largo de la secuencia, tanto en términos de que en todas se busca dar cuenta de los fenómenos abordados, como de que todas esas maneras de experienciar se enriquecen a partir de las experiencias y actividades propuestas; sin embargo, son sus diferencias cualitativas acerca de los aspectos que dentro de esa experiencia son considerados por parte de los estudiantes, las que permiten hacer la jerarquización anteriormente expuesta, y es ese entramado de posibilidades para acercarse a vivenciar los fenómenos eléctricos, lo que constituye nuestro *espacio de resultados*.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES FINALES Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO

Los resultados obtenidos durante los tres semestres que ha durado esta investigación nos permiten afirmar las siguientes conclusiones, en relación al papel del análisis histórico en la planificación de la enseñanza de temas de electricidad, como es el caso del concepto de *fem*; al diseño de la secuencia de enseñanza; a la implementación de la secuencia en el contexto de la educación media, y los resultados obtenidos tras dicha implementación. Además, considerando los hallazgos hechos, se presentan posibles perspectivas de trabajo futuro.

Del Análisis histórico

La planificación de la enseñanza de temas de electricidad en este caso particular, del concepto de *fem*, partiendo de la consideración de la construcción histórica y experimental del concepto, favorece el desarrollo de contenidos conceptuales y procedimentales a partir de la construcción de conocimiento de parte de los estudiantes; un conocimiento que puede ser mucho más profundo y detallado, en comparación con el construido bajo la enseñanza tradicional, al posibilitar desde la secuenciación de contenidos y la inclusión de experiencias relevantes, mayor proximidad a algunos de los aspectos de los fenómenos que se seleccionan para “reproducirlos”, de manera que permitan esa construcción, que en determinados momentos de la historia de la física contribuyó a la ampliación de las maneras de pensar acerca de los mismos y a la evolución de este campo. En este sentido, es posible a partir de esta investigación afirmar que:

- *La historicidad permite una organización adecuada de las etapas y actividades propuestas en la secuencia de enseñanza, en respuesta al desarrollo histórico no sólo del concepto de fem sino de los relacionados a éste, y a las dificultades o barreras epistemológicas y ontológicas que a lo largo de dicha historia se enfrentaron en la construcción y evolución del concepto. Como lo es, en este caso, el dar relevancia al “paso” de la electrostática a la electrocinética, a través de reconocer el papel fundamental que en ese proceso tuvieron los trabajos de Volta y las explicaciones construidas alrededor del*

funcionamiento de la batería voltaica, para proponer como actividad la fabricación de una batería que llevara a pensar desde lo observable, en cómo enlazar los conocimientos electrostáticos con ese nuevo acontecimiento y dar paso al análisis de fenómenos electrocinéticos.

- La búsqueda de construcción de explicaciones sobre los efectos observados en los fenómenos propuestos desde la secuencia, en respuesta a esa ruta histórica, posibilita el establecimiento de relaciones entre las variables construidas e identificadas desde y en las experiencias, posibilitando igualmente la transformación de los elementos que conforman las explicaciones construidas, proceso que históricamente también dio lugar a la constitución del campo de la electricidad como una ciencia experimental en sus inicios. Por lo tanto, el considerar el análisis histórico de la construcción teórica y experimental de un concepto, brinda elementos importantes para la planificación de la enseñanza del mismo y para el diseño de secuencias de enseñanza que propendan por un aprendizaje significativo del concepto y los asociados, y por reconocer el papel de ese proceso en la construcción del conocimiento científico y del conocimiento escolar

Del Diseño de la secuencia

La epistemología tras la construcción del concepto de **fem** y los asociados, considerada en la estructuración y secuencia de los contenidos y en el tipo de actividades y preguntas propuestas, permitió la integración (“la puesta en escena”) de los elementos históricos y experimentales dentro del ambiente de la clase y en el lenguaje escolar de los estudiantes. A partir de esto, desde esta investigación es posible afirmar que:

- La posibilidad de poner en juego en el aula de clase diversas herramientas (actividades, experiencias, preguntas, socializaciones, analogías) de parte del profesor y de los estudiantes, para alcanzar el objetivo de poner a disposición el punto de vista científico en el plano social de la clase, a partir del recuento y exploración de los fenómenos seleccionados; y la continua exploración y monitoreo de los procesos de comprensión, por medio del diálogo de saberes entre profesor y estudiantes, permitió dar un sentido a los elementos históricos y experimentales considerados en el diseño, al contribuir en la construcción de significados para los estudiantes, no sólo en relación con los conceptos abordados y

trabajados, sino con el papel de esos elementos en la construcción del conocimiento científico y del conocimiento escolar y sus aplicaciones en la comprensión de aspectos de su cotidianidad.

- La identificación de las demandas de aprendizaje, dio elementos para la selección de las actividades de la secuencia y permitió, en cierta medida, evaluar los alcances de esta, en relación con el hecho de facilitar la inmersión de los estudiantes en el lenguaje de la ciencia escolar relacionado con los fenómenos eléctricos y los conceptos abordados, y contribuir en la ampliación de sus modos de hablar acerca de estos, aunque al final de la implementación quedara en evidencia la necesidad de ahondar aún más en lo que a las demandas identificadas respecta y en la superación de las mismas, a partir de la ampliación de los modos de hablar.

De la Implementación y los resultados

Los resultados obtenidos en esta investigación, muestran cómo el diseño e implementación de secuencias de enseñanza que consideren los elementos expuestos, contribuye a la transformación de los modos de hablar y de las maneras de experimentar los fenómenos, sin embargo, demuestran también que estas transformaciones están sujetas a las condiciones particulares del entorno y el contexto en el que estas se implementan. Teniendo esto en cuenta desde esta investigación es posible afirmar que:

- Entre las dos instituciones en las que se implementó la secuencia se identificó una marcada diferencia en cuanto al marco teórico referencial empleado por los estudiantes, situación ligada a la organización de contenidos curriculares en cursos previos, e igualmente se identificó un componente actitudinal y motivacional que influyó en los resultados obtenidos. En el caso de COALAMOS el final de la implementación coincidió con la preparación para la prueba Saber 11, mientras que en el caso del CSM coincidió con el inicio del año escolar; por otra parte, en el caso de COALAMOS los estudiantes en su mayoría se mostraron ajenos y poco familiarizados con el uso de los equipos y el tipo de actividades propuestas en la secuencia. Tales condiciones influyeron en los resultados obtenidos y llevaron a pensar que no se deben proponer actividades idénticas en contextos diferentes. Las condiciones curriculares y de infraestructura de cada institución influyen en la manera como los estudiantes se aproximan a una

secuencia como la propuesta, diseñada para contar con equipo especializado y con espacios de socialización y producción textual con los que los estudiantes de COALAMOS no están tan familiarizados, en comparación con las estudiantes del CSM, en donde hay un alto énfasis en humanidades.

- La implementación de la secuencia de enseñanza, desde los niveles iniciales de cada institución, permitió un enriquecimiento del lenguaje de los estudiantes para la construcción de explicaciones a los fenómenos electrostáticos y electrocinéticos, y para el funcionamiento de una batería en circuitos simples. En los testimonios obtenidos se mostraron aproximaciones significativas a las nociones propuestas y en gran medida la superación del uso indiferenciado de términos en sus explicaciones. Esto se reflejó en una evolución de los modos de hablar, que da cuenta de la pertinencia de las actividades propuestas para ampliar el marco teórico referencial de los estudiantes y para la integración de contenidos procedimentales que contribuyan herramientas a la construcción de sus explicaciones, al considerar muchos más aspectos de la totalidad de los fenómenos y por ende ampliar sus maneras de experimentarlos.

- El interés de la investigación fenomenográfica de los efectos de la enseñanza, acerca de las diferentes formas en las que los sujetos visualizan los fenómenos, las capacidades que tienen para relacionarlos, y la manera en que estas formas se relacionan entre sí, contribuyó en el ejercicio reflexivo acerca de las lecturas que se pueden hacer de nuestra propia labor reflejada en los procesos de aprendizaje de los estudiantes. El poner a disposición de estos, cuantos más elementos relevantes sea posible acerca de la totalidad de un fenómeno, contribuye en la manera como ellos se aproximan a este, lo cual ratifica la idea de que es necesario el diseño de programas curriculares que den profundidad a temáticas particulares seleccionadas y no a una gran extensión de contenidos que suelen ser presentados de forma que no contribuyen con la ampliación de las maneras de experimentar y de los modos de hablar de los estudiantes; reflejándose esto finalmente en su comprensión del lenguaje de la ciencia escolar y en su capacidad para encontrar significado a dicho lenguaje e integrarlo en el suyo propio para la comprensión y aprovechamiento de su entorno.

Perspectivas de trabajo

- En el campo de la electricidad y en general de la física, los conceptos y las redes conceptuales que desde ellos pueden construirse son múltiples y las estrategias de enseñanza de los mismos también lo son. Sin embargo, se propone que a partir del análisis de la construcción histórica, epistemológica y experimental de los conceptos, sean diseñadas secuencias de enseñanza que representen cambios frente a la enseñanza tradicional de los mismos y que impliquen niveles de apropiación mayores a los obtenidos a través de la enseñanza tradicional e incluso dentro de trabajos como este, por ejemplo en términos de la superación de las demandas de aprendizaje inicialmente identificadas. Por otra parte, el contexto en el que se aborda el concepto de *fem* en esta investigación es muy particular e igualmente lo son los fenómenos que buscan ser explicados dentro de la secuencia, por lo que abordar este mismo concepto en el marco de la inducción electromagnética o ampliar las explicaciones acerca del funcionamiento de circuitos de corriente continua, permitiría ampliar las reflexiones sobre la enseñanza de conceptos en el campo del electromagnetismo en el contexto de la educación media.
- Quien lidera los procesos de enseñanza y aprendizaje debe considerar que los estudiantes y los mismos maestros, llegan al aula con maneras particulares de observar, interactuar y hablar de su entorno, y que estas maneras determinan los lugares desde los que se parte en la clase y a los que se llegara, por lo que la identificación de las demandas de aprendizaje teniendo en cuenta lo que se quiere lograr en la clase, es una herramienta que permite contextualizar el trabajo propuesto y que en este sentido constituye un punto de apoyo en el diseño de cualquier tipo de secuencia de enseñanza y de investigación alrededor de ellas. En este mismo sentido, la preocupación por el desarrollo de contenidos conceptuales y procedimentales, implica el reconocimiento de una relación constitutiva entre las capacidades y los contenidos, y posibilita un campo más amplio de desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. La integración entonces de estos dos tipos de contenidos en la planificación de la enseñanza, deja por delante un campo de investigaciones en el que los múltiples contenidos del campo de las ciencias sean abordados dentro del aula, trascendiendo a estos y buscando un espacio en el que los objetivos de la formación contemplen las habilidades que en el aula deben ser desarrolladas.

BIBLIOGRAFÍA

- Allchin, D. (2002). Scientific Myth-Conceptions. Issues and Trends. *Wiley Periodicals, Inc.*
- Arca, Guidoni, & Mazzoli. (1991). *Enseñar Ciencias*. España: Paidós Educador.
- Ayala, M. M. (1992). La enseñanza de la física para la formación de profesores de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 14(3), 153-157.
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17(1), 19-37.
- Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). ¿Cómo Enseñar Ciencias? Principales Tendencias y Propuestas. *Enseñanza de las Ciencias. Investigación Didáctica*, 2(17), 179-192.
- Cordón, R. (2008). Enseñanza y Aprendizaje de Procedimientos Científicos (Contenidos Procedimentales) en la Educación Secundaria Obligatoria: Análisis de Situación, Dificultades y Perspectivas. *Tesis Doctoral en Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 399. Universidad de Murcia España.
- De Pro Bueno, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 1(16), 21-41.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1999). *Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia*. (P. Manzano, Trans.) España: Ediciones Morata S.L.
- Duschl, R. A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias: importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.
- Fernández, M., Guisasola, J., & Montero, A. (2005). ¿Cómo se presenta el concepto de fuerza electromotriz? Visiones distorsionadas de la electricidad en los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*(Extra, VIII Congreso).
- Ferreiros, J., & Ordóñez, J. (2002). Hacia una Filosofía de la Experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.
- Fisher, L. H., & Varney, R. N. (1976). Contact potentials between metals: History, concepts, and persistent misconceptions. *American Journal of Physics*, 44(5), 464-475.
- Flórez, R. (1994). *Hacia una Pedagogía del Conocimiento*. Santa Fe de Bogotá: McGraw Hill.
- Furió, C. J., & Guisasola, J. (1996). Construcción del concepto de potencial eléctrico mediante el aprendizaje por investigación. *Revista de Psicodidáctica*(1), 79-91.

- Furió, C., & Guisasola, J. (1997). Deficiencias Epistemológicas en la Enseñanza Habitual de los Conceptos de Campo y Potencial eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(15), 259-271.
- Garzón, I. (2012). El concepto de fuerza electromotriz en cursos introductorios de Física en la universidad: Dificultades de aprendizaje y la presentación del concepto en libros de texto. *Tesis Doctoral*. Universidad de Valencia: Departamento de Didáctica de las ciencias experimentales y sociales.
- Garzón, I., Guisasola, J., Zuza, K., De Cock, M., & Van Kampen, P. (2013, Septiembre). *Dificultades de estudiantes universitarios de tres países en el aprendizaje del concepto de Fuerza Electromotriz en electricidad*. Retrieved Noviembre 2013, from http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_536.pdf
- Gómez, V. (1996). *Objetivos y modelos de Educación en ciencias, en el contexto social de la educación secundaria y media*. *Ciencia y Tecnología en la escuela*. Retrieved Noviembre 2013, from <http://www.bdigital.unal.edu.co/1248/2/01PREL01.pdf>
- Guidoni, P. (2001). Early Start in Physics understanding. A contribution to the discussion of workshop W5-GG/C. *Seminario "Developing formal thinking in physics"*, (pp. 2-6). Udine.
- Guisasola, J., Gras, A., Martínez, G., Almudi, J., & Becerra, C. (2004). ¿Puede ayudar la investigación en enseñanza de la Física a mejorar su docencia en la universidad? *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 197-202.
- Guisasola, J., Montero, A., & Fernández, M. (2005). Concepciones de futuros profesores de ciencias sobre un concepto "olvidado" en la enseñanza de la electricidad: la fuerza electromotriz. *Enseñanza de las ciencias*, 23(1), 47-60.
- Guisasola, J., Montero, A., & Fernández, M. (2008). La historia del concepto de fuerza electromotriz en circuitos eléctricos y la elección de indicadores de aprendizaje comprensivo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(1), 1604-1 1604-2.
- Halliday, D., & Resnick, R. (1974). Fuerza electromotriz y circuitos. In D. Halliday, & R. Resnick, *Física Parte II* (pp. 1129-1135). México: Compañía Editorial Continental.
- Hernández, C. (1999). Aproximación a un Estado del Arte de la Enseñanza de las Ciencias en Colombia. In M. Henao, & J. Castro, *Estados del Arte de la Investigación en Educación y Pedagogía en Colombia II* (p. 334). COLCIENCIAS.
- Hernández, C. (1999). Aproximación a un estado del arte en la enseñanza de las ciencias en Colombia. In *Estados del arte de la investigación en Educación y Pedagogía en Colombia. Tomo II*. (p. 133). Sociedad Colombiana de Pedagogía.
- Hewitt, P. (1999). *Física Conceptual*. Mexico: Alhambra.

- Jiménez, G., Vargas, M., & Méndez, O. (2013). *El Aula como Sistema de Relaciones. Modulo Pedagogia II*. Bogota D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.
- Knight, R. (2007). *Physics for Scientist an engineer's: a strategic approach*. Pearson Education.
- Leach, J., & Scott, P. (2002). Designing and Evaluating Science Teaching Secuences: An Approach Drawing upon the concept of Learning Demand and a Social Constructivist Perspective on Learning. *Studies in Science Education*, 115-142.
- Malagón, F., Sandoval, S., & Ayala, M. M. (2013). La Actividad Experimental: Construcción de Fenomenologías y Procesos de Formalización. *Praxis Filosofica Nueva Serie*(36), 119-138.
- Marton, F., & Booth, S. (2009). *Learning And Awarness*. New York: Routledge.
- Mulder, M. (2007). Competencia: la esencia y la utilización del concepto en la formación profesional inicial y permanente. Introducción al número especial sobre competencia. *Revista Europea de formación profesional*.(40).
- Niaz, M. (2008). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A chemistry teachers' perspective. *Instructional Science*, 36, 233-249.
- Nussbaum, M. C. (2010). *Sin Fines de Lucro*. Buenos Aires: Kats Editores.
- Orozco, J. (1996). Tesis de Maestría en docencia de la Física. Universidad Pedagógica Nacional. *El encanto de la diferenciación: Aproximaciones con Faraday a la enseñanza de las ciencias.*, 157. Bogotá.
- Ortega, T. (2007). La fenomenografía, una perspectiva para la investigación del aprendizaje y la enseñanza. *Pampedia*(3), 39-46.
- Roller, D., & Roller, D. H. (1967). *The development of the concept of electric charge: Electricity from the Greeks to Coulomb*. (I. Garzón, Trans.) Harvard University Press.
- Romero, A. E., & Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento científico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Sánchez, G., & Valcárcel, M. V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 33-44.
- Sauvé, L. (2013). Hacia un Educación Ecocientífica. *TED*(34), 7-12.
- Segura, D. (2003). La investigación y el quehacer del maestro. . In "*Escuela País*". Escuela Pedagógica Experimental.

- Segura, D., Arcos, F., & Pedreros, R. (2005). El constructivismo radical como alternativa para fundamentar prácticas con sentido en la enseñanza de las ciencias. *Escuela Pedagógica Experimental*.
- Shipstone, D. (1999). Electricidad en circuitos sencillos. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (pp. 63-88). Madrid: Ediciones Morata.
- Varney, R. N., & Fisher, L. H. (1980). Electromotive force: Volta's forgotten concept. *American Journal of Physics*, 48(5), 405-408.
- Viennot, L. (2002). De la electrostática a la electrocinética, dificultades históricas y actuales. In L. Viennot, *Razonar en Física, la contribución del sentido común*. Madrid: Antonio Machado Editores.
- Wandersee, J. H. (1992). The historicity of cognition: Implications for Science Teaching and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 423-434.
- Whittaker, E. (1973). *A History of the Theories of Aether and Electricity. The Classical Theories*. New York: Humanity Press.
- Zembylas, M. (2005). Three Perspectives on Linking the Cognitive and the Emotional in Science Learning: Conceptual Change, Socio-Constructivism And Poststructuralism. *Studies in Science Education*, 1(41), 91-115.