



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL

**ESTUDIO SOBRE LA MEDICIÓN DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL SISTEMA
DE UNIDADES ABSOLUTO: REFLEXIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

Cristian Eduardo Patiño Aguilar

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia
Facultad de Ciencia y Tecnológica, Departamento Física
Bogotá, Colombia

2018

Estudio sobre la medición de la corriente eléctrica en el Sistema de Unidades Absoluto:
reflexiones para la enseñanza de la Física

Cristian Eduardo Patiño Aguilar

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Licenciado en Física

Dirigido por:

Isabel Garzón Barragán

Línea de Investigación:

La enseñanza de la Física y la relación Física-Matemáticas

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Física

Bogotá, Colombia

2018

“Perder con clase y vencer con osadía, porque el mundo pertenece a quienes se atreven.”

Charles Chaplin.

Agradecimientos

¡Gracias! Porque en algún lugar tenía que agradecer.

<Risas> es broma, ahora si el agradecimiento.


Gracias a mis familiares y amigos, como también a mis profesores. Cada uno de ellos, creo yo, sabe o sospecha las razones de mis agradecimientos. Aun así, para evitar confusiones van las siguientes líneas:

Gracias

A mis padres y hermanos, son un gran apoyo en mi vida. Muchos de mis logros no hubieran sido posibles sin ellos


A mis amigos, por ser como son. ¿De qué otra forma se le agradece a un amigo?

A mis profesores, en especial a la profesora Isabel, por su papel en mi formación como profesor.


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>CONSEJO DE ESTUDIOS</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 82	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Estudio sobre la medición de la corriente eléctrica en el Sistema de Unidades Absoluto: reflexiones para la enseñanza de la Física
Autor(es)	Patiño Aguilar, Cristian Eduardo
Directora	Garzón Barragán, Isabel
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018. 55 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	MEDICIÓN; UNIDAD; MAGNITUD; CORRIENTE; INVESTIGACIÓN; ORIENTADA; GAUSS; WEBER.

2. Descripción
<p>El presente trabajo muestra el desarrollo de una secuencia de enseñanza, diseñada para licenciados en formación. Dicha secuencia de enseñanza tiene como fin que el estudiante tenga una imagen de la medición más realista, para tal fin el trabajo cuenta con fundamentos teóricos, históricos, filosóficos y pedagógicos.</p> <p>Los fundamentos teóricos son los relacionados con los conceptos de la medición, tales como: unidad, magnitud, dimensión física y sistema de unidades. Los fundamentos históricos son aquellos correspondientes al desarrollo del Sistema Absoluto de Unidades de Carl Friedrich Gauss y Wilhelm Eduard Weber. Los fundamentos filosóficos son los aportes de Thomas Kuhn con relación al papel de la medición en la física. Y finalmente los fundamentos pedagógicos son aquellos relacionados con la investigación orientada y la Fenomenografía.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>CONSEJO DE ESTADOS UNIDOS MEXICANOS</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 82	

3. Fuentes
Arcá, M. G. (1990). Enseñar ciencia . PaídosPaídos.
Assis, A. K. (2004). n the electromagnetic and electrostatic units of current and the meaning of the absolute system of units- for the 200th anniversary of Wilhem Weber`s birth .
Buffler, A., Lubben, F., & Ibrahim, B. (2009). The Relationship between Students' Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. International Journal of Science Education , 1137-1156.
Bureau International des Poids et Mesures. (2006). The International System of Units (SI) . Paris. Obtenido de bureau international des poids et mesures: https://www.bipm.org/en/about-us/
Bureau International des Poids et Mesures. (2012). International vocabulary of metrology .
Cano Vásquez, J., Gómez Toro, J., & Cely Rued, I. (2009). La Enseñanza Del Concepto De Corriente Eléctrica Desde Un Enfoque Histórico-Epistemológico . Medellín: Universidad De Antioquia.
Castro, R. (2015). Construcción de un patrón de medida para el estudio de la intensidad lumínica propuesto por Jules Violle . Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
García Camargo, M. (2015). Estudio de los circuitos eléctricos: Implicaciones disciplinares y didácticas en el proceso de enseñanza en estudiantes de grado quinto . Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo Barrios, C., Valdés, P., & Vilches Peña, A. (2005). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años . Unesco.
Hacking, I. (1983). Representar e Intervenir . Cambridge: Paídos.
Humphreys, A. (1937). The development of the conception and measurement of electric current. Annals of Science , 164-178.
Kuhn, T. (1996). La Tensión Esencial . México: Fondo De Cultura Economica.
Museo di Fisica del dipartimento di fisica università la sapienza. (6 de 11 de 2017). MUSEO DU FISICA . Obtenido de https://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/museo/home.htm
parcourspedagogique. (enero de 2013). parcourspedagogique . Obtenido de http://www.ampere.cnrs.fr/parcourspedagogique/?lang=fr
Porlán, R., & Rivero, A. (1998). El conocimiento de los profesores . DIADA EDITORA.
Pozo Municio, J. I., & Gómez Crespo, M. Á. (2000). Aprender y enseñar ciencia . española: Morata.
Raymond A. Serway, J. W. (2009). Física para Ciencias e Ingeniería . México.
Torres Assis, A. K., Reich, K., & Heinrich Wiederkehr, K. (s.f.). Gauss and Weber`s Creation of The Absolute System of Unist in Physics .
Weber, W. (1848). On the Measurement of Electro-dynamic Forces. En R. Taylor, Scientific Memoirs, selected from the Transactions of Foreign Academies of Science and Learned Societies . (pág. artículo 14). London.
Whittaker, E. (1910). A history of the theories of aether and electricity .

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Conocimiento al servicio</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 82	

4. Contenidos

El presente trabajo está dividido en seis capítulos.

En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema que dio inicio a esta investigación: ¿Cómo mejorar la comprensión de las funciones de la medición en el estudio del electromagnetismo, en profesores de física en formación, a partir del análisis del proceso de medición de la corriente eléctrica?

El segundo capítulo está dividido en dos partes. En la primera parte se trabaja la definición de magnitud, unidad y dimensión física según el Sistema Internacional de Unidades. También se presenta una breve historia de la medición, en particular sobre el Sistema Internacional de Unidades. Por último, se trabaja la medición normal y la medición extraordinaria.

En la segunda parte se presenta: el trabajo previo al desarrollo de la unidad de corriente eléctrica, se presenta un acercamiento al Sistema Absoluto de Unidades y el desarrollo de la unidad de corriente eléctrica en el Sistema Absoluto de Unidades.


En el tercer capítulo se presenta el tipo de metodología de enseñanza, el diseño de la secuencia de enseñanza, la caracterización del grupo de estudiantes que participaron en la implementación, la descripción de los instrumentos de recolección de información y el análisis de resultados.

El cuarto capítulo tiene las conclusiones. El quinto capítulo tiene las fuentes bibliográficas del trabajo. Y, el sexto capítulo tiene los anexos del trabajo.

5. Metodología


Para alcanzar el objetivo del presente trabajo de grado, se hizo una investigación de las ideas de Tomas Kuhn con relación a la medición en Física. También, se investigó sobre el Sistema Absoluto de Unidades de Gauss y Weber, en especial lo relacionado a la unidad de corriente eléctrica. En ese proceso también se va conociendo los problemas que tenían los investigadores en ese momento correspondientes a la corriente eléctrica, tales como: Faraday, Ampere, Oersted, entre otros.

Finalmente, para poder diseñar la secuencia de enseñanza, con lo investigado anteriormente. Se utiliza la metodología de enseñanza de investigación orientada, en la cual al estudiante se le presentan situaciones problemáticas abiertas. Y, para el análisis de los resultados de la secuencia de enseñanza se utiliza la Fenomenografía, la cual se encarga de analizar los distintos modos de experimentar un fenómeno con relación a la explicación científica.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>República de Colombia</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 7 de 82	

6. Conclusiones

- Como se presenta en la lectura de la Unesco “como promover el interés por la cultura científica” tener una idea equivocada sobre cómo funciona la ciencia., conlleva problemas en su aprendizaje y enseñanza. Por lo que es posible que tener ideas equivocadas sobre la medición es también nocivo para el aprendizaje y enseñanza de las ciencias. Tales ideas llevaron a pensar sobre la medición y su papel en la ciencia, ¿las ideas que tienen estudiantes y profesores sobre la medición son correctas? ¿qué funciones desempeña la medición en la ciencia?, tales preguntas fueron contestadas con la lectura de Kuhn sobre la función de la medición en la física moderna, se descubrió que la idea predominante sobre la medición no es equivocada, pero si está incompleta; falta lo que Kuhn llama medición normal y medición extraordinaria. Al estudiar el desarrollo de la unidad electromagnética de la corriente, la cual no era un trabajo para demostrar o crear teorías; sino que fue un trabajo de medición normal, adquieren un mayor sentido las ideas de Kuhn, no solo las relacionadas a la medición, sino también las relacionadas al desarrollo de las ciencias por medio del paradigma. Con lo cual se puede concluir que realizar investigaciones de esta índole, no solo ayuda a tener una imagen más coherente de la medición, sino también de quehacer científico.
- Se buscó mejorar la comprensión de las funciones de la medición en el estudio del electromagnetismo en los estudiantes a partir del análisis del proceso de medición de la corriente eléctrica, a través de la secuencia de enseñanza propuesta en este trabajo. Evidenciando que los estudiantes: 1) Aunque en la práctica de laboratorio, los diferentes valores de la medición estén dispersos por la precisión del instrumento, los estudiantes tienden a elegir un valor a su conveniencia y no a registrar los diferentes valores que les arroja el instrumento. 2) Los estudiantes saben utilizar los instrumentos de medición pero desconocen, en gran parte, su funcionamiento. Por lo que resulta un reto para ellos imaginar y diseñar instrumentos de medición. 3) A los estudiantes les es difícil pensar que pueden utilizar uno de los diferentes efectos que produce un fenómeno para lograr una medición.
- Las visiones que se tienen de la actividad científica resultan un impedimento cuando se quiere aprender y enseñar ciencia, esto se debe a que en su mayoría solo se preocupa por la solución de problemas algorítmicos descuidando los aspectos relacionados a los conceptos. Cuando en la resolución de problemas, no solo se consideran los algorítmicos, si además se aborda la comprensión de los conceptos, esto facilita el análisis y solución de problemas.
- Los estudiantes, en el final, en su discurso proponían variables que podían alterar la medición como por ejemplo la humedad, y las tenían en cuenta para mejorar la precisión y exactitud del instrumento. Así como también en algunos casos (grupo3) pensaban en otro tipo de montajes para la construcción de instrumentos de medición, o en otros casos (grupo 1) proponían el uso de circuitos integrados para la medición de corrientes. Por lo que se concluye que hubo un avance en la desmitificación de la medición.
- Teniendo en cuenta la metodología de enseñanza de las ciencias como investigación orientada, se puede mejorar la forma en que los estudiantes entienden el quehacer científico. Y también dejar de ver el conocimiento científico como una verdad absoluta que solo tiene un método y comenzar a verlo como construcciones de humanos, donde el ingenio del científico juega un papel activo.
- Implica un reto para el docente la planeación de contenidos para las clases de ciencia, porque en esa planeación tiene que visualizar una manera en que el estudiante desarrolle determinadas habilidades y conceptos. Una manera de orientar dicha planeación es con un estudio histórico, de tal manera que la ciencia se problematice y humanice. Se problematiza porque el conocimiento trabajado con los estudiantes ya no será el conocimiento de la clase, sino que será la respuesta a un problema. Y se humaniza porque se conoce que no es un método científico el que realiza todo el trabajo sino una comunidad científica; seres humanos, como también se vuelven conscientes de los errores y aciertos de los científicos.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Realidad al servicio</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 8 de 82	

Aunque también hay que tener en cuenta que, el conocimiento científico no fue hecho para ser significativo para los estudiantes, es por eso por lo que el profesor tiene que estudiar el conocimiento científico para organizarlo y estructurarlo para la educación. Al final se espera que dicho conocimiento sea relevante para los estudiantes.

También proponer el tipo de actividades de este trabajo en las clases de ciencia, ayuda a que los profesores en formación tengan una mejor visión de la empresa llamada ciencia. Y a su vez que ellos transmitan versiones más coherentes de la empresa ciencia.

Lo anterior puede ser resumido en las palabras de Ausubel “el trabajo de clarificación realizado nos permite alejarnos de los habituales reduccionismos e incluir aspectos que no solo son esenciales en una investigación científica, sino que resulta imprescindibles para favorecer el aprendizaje realmente significativo, no memorístico, de las ciencias.

- Es coherente pensar que es una ganancia incorporar tecnologías modernas para las prácticas de medición. Las actuales mediciones en investigación científica utilizan ordenadores y muchos otros aparatos tecnológicos. También los estudiantes están bastante relacionados con estos aparatos, por lo que puede resultar con dos ganancias la incorporación de dichas tecnologías: la primera, el estudiante trabaja un campo desconocido para él, mediciones, a través de aparatos que él conoce. Y segundo, se puede mejorar notoriamente la precisión y exactitud de las mediciones, en relación con las capacidades que tienen dichos aparatos como son los sensores sensibles a la luz, electricidad y temperatura.

Elaborado por:	Patiño Aguilar, Cristian Eduardo
Revisado por:	Garzón Barragán, Isabel

Fecha de elaboración del Resumen:	8	6	2018
--	---	---	------

Contenido

Introducción	1
1. Formulación del problema	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Pregunta problema	4
1.3 Objetivos	4
1.4 Justificación	4
1.5 Antecedentes	7
2. La medición de la corriente eléctrica en el sistema absoluto de unidades	9
2.1 Acercamiento a algunos aspectos sobre la medición en física	9
2.1.1 Magnitud, unidad y dimensión física	9
2.1.2 Breve historia del sistema internacional de unidades	12
2.1.3 Paradigma y ciencia normal	14
2.1.4 Medición normal y medición extraordinaria	17
2.2 La medida de la corriente eléctrica en el sistema absoluto	20
2.2.1 Trabajo previo al desarrollo del Sistema de Unidades Absoluto	20
2.2.2 Acercamiento al sistema absoluto de unidades	26
2.2.3 La unidad de corriente eléctrica del sistema absoluto de unidades	28
3. Marco metodológico	37
3.1 Metodología de enseñanza	37
3.2 Caracterización del grupo de estudiantes que participaron en la implementación de la secuencia de enseñanza	40
3.3 Diseño de la secuencia de enseñanza	40
3.4 Descripción de los instrumentos de recolección de información	45
3.5 Análisis de resultados	45
4. Conclusiones	51
5. Bibliografía	54

6. Anexos _____ **56**

6.1 Anexo 1: Diapositivas de la presentación sobre las funciones de la medición en la física
56

6.2 Anexo 2: Transcripción de los análisis y descripciones de los estudiantes _____ 60

Lista De Tablas

Tabla 1. Datos teóricos y experimentales _____	2
Tabla 2. Sistema Internacional de Unidades _____	10
Tabla 3. Sistema técnico _____	11
Tabla 4. Unidades Fundamentales del Sistema Internacional _____	12
Tabla 5. Unidades Derivadas del Sistema Internacional _____	12
Tabla 6. Etapas y aspectos de la secuencia de enseñanza _____	46
Tabla 7. Análisis de resultados _____	49

Lista de figuras

Figura 1. Medición como juez _____	3
Figura 2. Medición como exploración _____	3
Figura 3. Triada lenguaje, experiencia y conocimiento _____	5
Figura 4. Experimento de Ampere _____	23
Figura 5. Circuito de Ampere _____	25
Figura 6. Galvanómetro tangente _____	31
Figura 7. Electrodinómetro _____	33
Figura 8. Configuración dos imanes _____	34
Figura 9. Configuración imán- circuito eléctrico _____	34
Figura 10. Configuración dos circuitos eléctricos _____	35
Figura 11. Circuito eléctrico _____	47
Figura 12. Circuito eléctrico _____	47
Figura 13. Circuito eléctrico _____	47
Figura 14. Circuito eléctrico _____	47

Introducción

El presente trabajo muestra el desarrollo de una secuencia de enseñanza, diseñada para licenciados en formación. Dicha secuencia de enseñanza tiene como fin que el estudiante tenga una imagen de la medición más realista, para tal fin el trabajo cuenta con fundamentos teóricos, históricos, filosóficos y pedagógicos.

Los fundamentos teóricos son los relacionados con los conceptos de la medición, tales como: unidad, magnitud, dimensión física y sistema de unidades. Los fundamentos históricos son aquellos correspondientes al desarrollo del Sistema Absoluto de Unidades de Carl Friedrich Gauss y Wilhelm Eduard Weber. Los fundamentos filosóficos son los aportes de Thomas Kuhn con relación al papel de la medición en la física. Y finalmente los fundamentos pedagógicos son aquellos relacionados con la investigación orientada y la Fenomenografía. El trabajo está organizado de la siguiente manera.

En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema que dio inicio a esta investigación: ¿Cómo mejorar la comprensión de las funciones de la medición en el estudio del electromagnetismo, en profesores de física en formación, a partir del análisis del proceso de medición de la corriente eléctrica?

El segundo capítulo está dividido en dos partes. En la primera parte se trabaja la definición de magnitud, unidad y dimensión física según el Sistema Internacional de Unidades. También se presenta una breve historia de la medición, en particular sobre el Sistema Internacional de Unidades. Por último, se trabaja la medición normal y la medición extraordinaria.

En la segunda parte se presenta: el trabajo previo al desarrollo de la unidad de corriente eléctrica, se presenta un acercamiento al Sistema Absoluto de Unidades y el desarrollo de la unidad de corriente eléctrica en el Sistema Absoluto de Unidades.

En el tercer capítulo se presenta el tipo de metodología de enseñanza, el diseño de la secuencia de enseñanza, la caracterización del grupo de estudiantes que participaron en la implementación, la descripción de los instrumentos de recolección de información y el análisis de resultados.

El cuarto capítulo tiene las conclusiones. El quinto capítulo tiene las fuentes bibliográficas del trabajo. Y, el sexto capítulo tiene los anexos del trabajo.

1. Formulación del problema

1.1 Planteamiento del problema

Hay una creencia que la medición en la física, cuando se realizan experimentos, está desprovista de ambigüedades y que los datos de las mediciones son los hechos irreductibles de la realidad. Esta creencia suele elaborarse a través del uso de los libros de texto y de la forma como se habla del experimento en las clases de física. En efecto, numerosos estudios han mostrado que la enseñanza transmite visiones de la ciencia alejadas notoriamente de la forma como se construyen y evolucionan los conocimientos científicos (Fernández, 2005) citado en (Gil Pérez, y otros, 2005).

Por ejemplo, al escuchar alguna afirmación o razonamiento que tenga el calificativo de científico se comete el error de pensar que es una verdad absoluta, porque a través de hechos de la realidad (mediciones) se construyó tal conocimiento. El modo de razonar que está a la base de ese supuesto es el siguiente: “Un hecho de la realidad (mediciones) es utilizado para encontrar una verdad absoluta (teorías o leyes)”.

Esa idea del conocimiento científico es a causa de la educación científica predominante en la actualidad. La cual se limita al hecho de transmitir conocimientos ya elaborados conduciendo a ignorar cuáles fueron los problemas que pretendía resolver, cuál ha sido la evolución de dichos conocimientos, las dificultades encontradas y las limitaciones que tiene el conocimiento científico. Dicho en otras palabras, se estudia el conocimiento científico de manera descontextualizada, aproblemática y memorística.

Los estudiantes, de la educación básica, la educación media y también en la universidad, tienen una idea equivocada o al menos bastante simple de la medición. Para explicar la idea que tienen los estudiantes sobre la medición se utilizará el ejemplo de Kuhn (1996), en el cual la medición es asociada con una tabla de datos la cual tiene dos columnas, en una columna están los datos recogidos del “experimento” y en la otra columna están los valores que predice la teoría. A modo de ejemplo se coloca la Tabla 1.

Tabla 1. Datos teóricos y experimentales

Resultados	
Teoría	Experimento
1,415	1,419
2,653	2,362
3,141	3,135

Los estudiantes al estudiar o hacer uso de la Tabla 1 asignan las siguientes funciones a la medición:

- **La medición como juez de la teoría:** la medición actúa como juez, aprobando o desaprobando la teoría. Si los resultados de la columna teoría y la columna de datos experimentales concuerdan, según un criterio o margen de error aceptado por la comunidad científica, se acepta que la teoría es cierta (ver Figura 1).

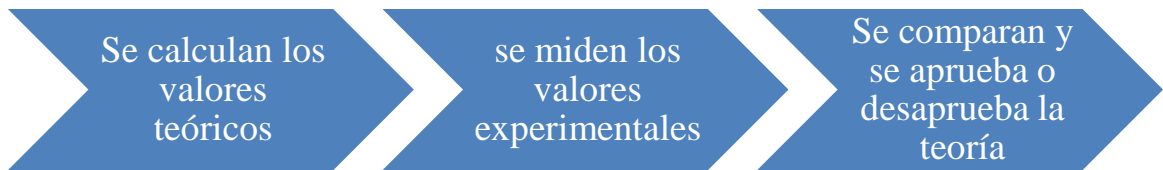


Figura 1. Medición como juez

- **La medición como exploración:** en este caso sólo es necesaria la columna de datos experimentales. Puesto que se cree que los resultados de las mediciones son “neutrales, precisos y exactos” y es posible una manipulación lógico-matemática de las mediciones para llegar a enunciados de las leyes (ver Figura 2). Siguiendo con esa creencia, las leyes están implícitas en los números. Y se puede deducir que los datos numéricos son superiores a los cualitativos, ya que estos son los que permiten los desarrollos científicos. Esta noción de que el desarrollo científico solo es logrado por la abstracción matemática es un error bastante común en los estudiantes y profesores.

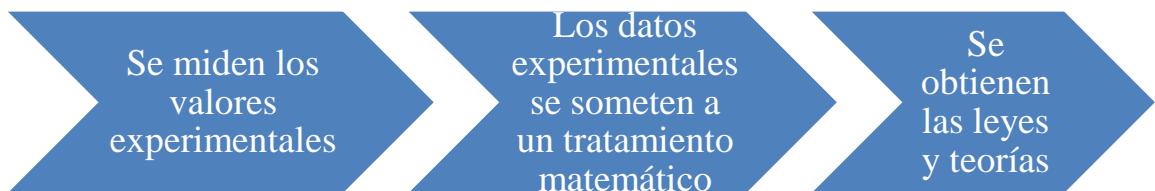


Figura 2. Medición como exploración

La imagen usual, que tienen las personas sobre la medición, es una que se compone de las dos funciones nombradas anteriormente; la medición como juez de la teoría y la medición como exploración. El resto de funciones de la medición son desconocidas para la mayoría. Las otras funciones de la medición serán trabajadas en el numeral 2.1.3 Medición normal y medición extraordinaria.

En este trabajo de grado se busca mejorar la comprensión de las funciones de la medición, a partir del estudio de la medición de la corriente eléctrica.

1.2 Pregunta problema

En consecuencia, con lo expuesto anteriormente la pregunta que orienta este trabajo de grado es:

¿Cómo mejorar la comprensión de las funciones de la medición en el estudio del electromagnetismo, en profesores de física en formación, a partir del análisis del proceso de medición de la corriente eléctrica?

1.3 Objetivos

Objetivo General

Mejorar la comprensión de las funciones de la medición en el estudio del electromagnetismo a partir del análisis del proceso de medición de la corriente eléctrica.

Objetivos específicos

- Estudiar el trabajo sobre la medición de la corriente eléctrica que realizaron Carl Friedrich Gauss y Wilhelm Eduard Weber.
- Diseñar e implementar una secuencia de enseñanza para abordar el estudio de la medición de la corriente eléctrica.
- Analizar los resultados de la secuencia de enseñanza buscando determinar qué tanto se avanza en la comprensión del proceso de medición de la corriente eléctrica.

1.4 Justificación

Teniendo en cuenta la visión de la Facultad de Ciencia y Tecnología, la cual es “Formar educadores de alto nivel que se ocupen de los problemas epistemológicos, pedagógicos, didácticos y curriculares de la enseñanza y el aprendizaje de la física, química, biología, matemáticas y tecnologías”, el presente trabajo es oportuno porque aborda una de las causas del desinterés de los estudiantes hacia las ciencias; la cual es tener imágenes distorsionadas sobre el quehacer científico (Gil Pérez, y otros, 2005). Estas imágenes usualmente asocian las ciencias con el genio solitario que no se preocupa por el mundo. Al mejorar la imagen que tienen de la medición los profesores de física en formación de la UPN, ellos transmitirán una imagen coherente a sus estudiantes sobre la ciencia y la medición.

Por otro lado, se cree que hay una discontinuidad entre el conocimiento común y el conocimiento científico, que cada uno es construido en universos particulares con sus lenguajes específicos, y para ser alcanzado un conocimiento científico se experimenta una transición drástica entre el

conocimiento común y el conocimiento científico (Arcá, 1990). En la enseñanza de las ciencias, la relación entre el conocimiento común y el conocimiento científico no es tan limitada, de hecho, con ayuda del profesor es posible utilizar en algunos momentos el conocimiento común para la enseñanza de las ciencias, y también el conocimiento científico puede ayudar a tomar mejores decisiones en la vida cotidiana, por ejemplo, las decisiones relacionadas con el cambio climático. Así que el conocimiento común y el conocimiento científico no son ajenos el uno del otro.

La intención de la educación científica no es la de producir científicos, al igual que la intención en la enseñanza en educación física no es la de producir atletas de alto rendimiento, más bien, se busca generar procesos cognitivos que le permitan al estudiante modos de observar la realidad y modos de relacionarse con la realidad; de tal manera que el estudiante pueda organizar con criterios el conocimiento científico, poniéndolo en diálogo con sus propios conocimientos y reorganizando su saber.

El proceso cognitivo se puede analizar como lo propone Arcá (1990), haciendo uso de la triada lenguaje, experiencia y conocimiento. La cual describe el proceso cognitivo como una relación recíproca y de igual jerarquía entre los tres factores de la triada: lenguaje, experiencia y conocimiento (Ver Figura 3).

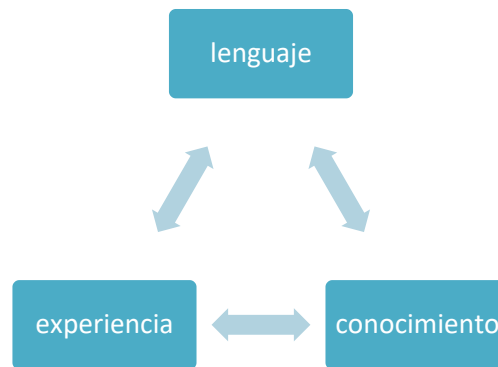


Figura 3. Triada lenguaje, experiencia y conocimiento

Cada uno de los factores que componen la triada se puede definir de la siguiente manera:

- Lenguaje: modos de representar según esquemas, pueden ser palabras, dibujos o imágenes.
- Experiencia: es aquella que se vive en la interacción directa con la realidad.
- Conocimiento: El conocimiento es más que experiencias acumuladas es aquello que se extrae de la realidad y es reconstruido a través de un lenguaje.

Utilizando la triada lenguaje, experiencia y conocimiento es posible explicar el desarrollo cognitivo. No se puede desarrollar un nuevo lenguaje de manera independiente del conocimiento y la experiencia, ya que están íntimamente ligados; esto implica que para desarrollar uno de los tres se debe tener en cuenta o basarse en los otros dos componentes de la triada. Así, se pueden proponer dos reglas para explicar la construcción de estructuras cognitivas que se utilizan desde la infancia.

- **Trefilería y entretrejido:** determinar un **nombre** que representa un entrelazado de muchas propiedades de cierta configuración. Por ejemplo, el **nombre** perro lleva consigo muchas propiedades (color, tamaño, pelo, forma, motricidad, ...). El nombre perro tiene unas propiedades diferentes que las del nombre gato.

El proceso cognitivo en Trefilería y entretrejido es esencialmente el mismo funcionamiento que se utiliza en ciencias, como menciona Arcá (1990) con el siguiente ejemplo, “cuando en la antigüedad se comenzó a decir -estrellas-, y luego, mientras se seguía mirando, se dijo -pero hay estrellas fijas y planetas-, se estaba haciendo precisamente una operación de este tipo.”, en ese caso se distinguen dos tipos de entrelazados: uno en el que entran los objetos que tengan las propiedades de las estrellas y otro de objetos que tienen propiedades un poco distintos a las estrellas, a los cuales se les designa otro nombre; planetas.

- **Estrategia-base:** buscar una estructura que funcione y que se crea conocer bien para utilizarla como metáfora; de este modo, se dicen las cosas sistemáticamente. Como diría (Arcá, 1990), “una estructura metafórica se utiliza para organizar cognitivamente un fragmento de realidad nueva; mientras, a su vez, cualquier nuevo fragmento de realidad da lugar a una expresión lingüística propia, que se puede utilizar a su vez para organizar otros contextos.”

Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo de grado es oportuno ya que apoya el desarrollo de una estructura cognitiva, relacionada a la medición; al abordar el estudio del proceso de medición de la corriente eléctrica y esta estructura será útil para la comprensión y construcción de nuevos conocimientos, tanto en la Física como en la vida cotidiana.

Como ya se ha dicho antes, es frecuente que los profesores tengamos ideas relacionadas a las ciencias que no necesariamente corresponden con la actividad científica. Estas ideas son transmitidas a los estudiantes, ya sea por omisión o mención, por lo que es común que los estudiantes

tengan una visión simple de las ciencias. Una de las razones del rechazo a la enseñanza de las ciencias, por parte de los estudiantes, se debe a esa visión simple. Y, en consecuencia, parte de la solución a ese rechazo se encuentra en desmitificar las ciencias, trabajando con los estudiantes una imagen de las ciencias más coherente con el quehacer científico. Como dice, Guilbert y Meloche (1993) citado en (Gil Pérez, y otros, 2005); “la mejora de la educación científica exige, como requisito ineludible, modificar la imagen de la naturaleza de la ciencia que los profesores tenemos y transmitimos”. Este trabajo de grado se relaciona con la mejora de la imagen de la medición científica en profesores en formación.

1.5 Antecedentes

En el Departamento de Física se pueden encontrar algunos trabajos de grado relacionados con las cuestiones de la educación en ciencias; en particular, algunas han desarrollado investigaciones en relación con la electricidad, la medición y su enseñanza. A continuación se presentan aquellos trabajos cercanos a la temática de este proyecto:

Trabajos de grado a nivel institucional

- (Castro, 2015): Construcción de un patrón de medida para el estudio de la intensidad lumínica propuesto por Jules Violle.

Ese trabajo trata del desarrollo experimental que hizo Jules Violle a finales del siglo XIX para construir un patrón de medida para el estudio de la intensidad luminosa. Se toman textos de la época para conocer cada paso por los que pasó el físico francés para que su patrón fuera tenido en cuenta ante la comunidad científica y su eventual aval en el año de 1884 por la Conférence Internationale Pour la Détermination des Unités Électriques en Francia.

Ese trabajo de grado muestra en contexto la propuesta de Jules Violle, en cómo la física experimental que se empezaba a desarrollar en los siglos XVIII y XIX daba grandes aportes para el estudio de fenómenos naturales, así como los físicos de la época trabajaban en crear un sistema de medidas más acorde para el estudio de algunos fenómenos del campo del electromagnetismo.

- (Herrera Spell, 2016): Estudio introductorio de la fenomenología de la interacción eléctrica y la interacción magnética mediante el modelo de enseñanza como investigación orientada: Análisis del aprendizaje en estudiantes de grado octavo.

Ese trabajo de investigación muestra, el desarrollo y análisis de una secuencia de actividades para estudiantes de grado octavo, favoreciendo la caracterización del significado de cuerpo electrificado y no electrificado, así como la diferenciación entre interacción eléctrica e interacción magnética.

Trabajo de grado a nivel nacional

Del mismo modo en que en la Universidad Pedagógica Nacional se han realizado trabajos sobre la enseñanza de las ciencias, otras universidades también han realizado trabajos de esta índole:

- (Cano Vásquez, Gómez Toro, & Cely Rued, 2009) de la Universidad De Antioquia: La Enseñanza Del Concepto De Corriente Eléctrica Desde Un Enfoque Histórico-Epistemológico.

Ese trabajo de grado se propone el diseño y la aplicación de actividades de aprendizaje encaminadas a generar espacios de discusión y contrastación de ideas entre los estudiantes, para modificar los modelos de corriente eléctrica que utilizan. Esos procesos se enmarcan, tal y como afirma Aguilar (2006), en un modo particular de orientar la manera de observar, pensar y significar los fenómenos físicos para su enseñanza desde la historia y epistemología.

2. La medición de la corriente eléctrica en el sistema absoluto de unidades

Este capítulo se divide en dos apartados, en el primero se abordan algunos conceptos acerca de la medición en general y en el segundo apartado se presenta el proceso seguido para determinar la unidad de medida de la corriente eléctrica.

En particular, en el primer apartado se trabaja la definición de magnitud, unidad y dimensión física según el Sistema Internacional de Unidades. También se presenta una breve historia de la medición, haciendo énfasis en el Sistema Internacional de Unidades. Por último, se trabaja la medición normal y la medición extraordinaria.

En el segundo apartado, se presenta el trabajo previo al desarrollo de la unidad de corriente eléctrica, se presenta el Sistema Absoluto de Unidades y el desarrollo de la unidad de corriente eléctrica en el Sistema Absoluto de Unidades.

2.1 Acercamiento a algunos aspectos sobre la medición en física

La medición ocupa un lugar en las ciencias, la intención de esta parte del trabajo es esbozar algunos conceptos de la medición en la Física. En especial aquellos relevantes para el desarrollo de este trabajo.

2.1.1 Magnitud, unidad y dimensión física

A veces las palabras magnitud, unidad y dimensión física son utilizadas como sinónimos, lo cual es un error. Lo que sí es cierto es que están relacionadas.

La Oficina Internacional de Pesas y Medidas (Bureau International des Poids et Mesures, 2012), define *magnitud* como un atributo de un fenómeno, un cuerpo o sustancia que puede ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente, tales como longitud o masa, entre otros. Hay magnitudes fundamentales y magnitudes derivadas. Las magnitudes fundamentales son magnitudes de un subconjunto elegidas de forma convencional en un sistema de unidades dado, donde ninguna magnitud fundamental del subconjunto puede ser expresada en términos de las otras magnitudes fundamentales. Las magnitudes derivadas son aquellas que están definidas en términos de las magnitudes fundamentales.

Las *unidades* son cantidades estandarizadas de una magnitud física, elegidas por conveniencia. Puede haber varias unidades para medir la misma magnitud. Por ejemplo, la longitud se puede

medir en metros, millas o también en años luz. Las unidades, también, son clasificadas en dos tipos unidades fundamentales y unidades derivadas.

Las unidades fundamentales son un grupo de unidades que son independientes entre ellas, por lo tanto, una unidad fundamental no se puede expresar en términos de otra unidad fundamental. Las unidades fundamentales son el eje de cada sistema de unidades, por consiguiente, cada sistema de unidades tiene sus propias unidades fundamentales. En la Tabla 2 y Tabla 3 se muestran dos diferentes sistemas de unidades, el Sistema Internacional de Unidades (SI) y el Sistema Técnico, cada uno tiene diferentes unidades fundamentales.

Las unidades derivadas son aquellas que son definidas en términos de las unidades fundamentales. Como es el caso de la velocidad, en el Sistema Internacional de Unidades, se expresa en un cociente de metros sobre segundo. Hay que tener en cuenta que si una unidad tiene un nombre en particular no significa que sea una unidad fundamental, la unidad de energía en el Sistema Internacional de Unidades, el Joule, es un buen ejemplo de esta situación. A pesar de tener un nombre propio sigue siendo una unidad derivada. Para que un sistema de unidades tenga coherencia es necesario que sus magnitudes fundamentales coincidan con sus unidades fundamentales, al igual que con las magnitudes derivadas y unidades derivadas.

La magnitud puede ser la misma, pero la unidad si puede cambiar dependiendo del sistema de unidades que se utilice y en algunos casos puede ser fundamental o derivada. Por ejemplo, el caso de la fuerza en el Sistema Internacional de Unidades (tabla 2) no es una magnitud fundamental, pero en el Sistema Técnico si lo es (Tabla 3).

Tabla 2. Sistema Internacional de Unidades

Magnitudes Fundamentales	Unidades Sistema internacional
Longitud	Metro
Masa	Kilogramo
Tiempo	Segundo
Temperatura	Grado kelvin
Cantidad de átomos	Mol
Corriente eléctrica	Ampere
Carga eléctrica	Coulomb
Intensidad lumínica	La candela

Tabla 3. Sistema técnico

Magnitudes fundamentales	Unidades Fundamentales Sistema Técnico
Longitud	Metro
Fuerza	Kilogramo fuerza
Tiempo	Segundo
Temperatura	Grado Centígrado

En la Tabla 2 se observa dos unidades fundamentales eléctricas¹, el ampere y el coulomb, pero solo se puede elegir una como unidad fundamental. De ahí que dependiendo de la unidad fundamental escogida se tengan diferentes sistemas de unidades. En uno se decidió tomar el coulomb como unidad, el MKSC, en el otro se decidió tomar el ampere, MKSA. Sin embargo, surge la siguiente pregunta ¿cuál es la diferencia entre el sistema MKSC y el MKSA?

En el caso del MKSC se forman todas las unidades eléctricas en términos del coulomb, incluyendo la unidad de corriente eléctrica. Y en el MKSA todas las unidades eléctricas estarán en términos del ampere, incluyendo la carga eléctrica.

La dimensión física es la expresión de la relación entre una magnitud derivada y las magnitudes fundamentales de un sistema de unidades, omitiendo cualquier factor numérico. En consecuencia, la magnitud derivada se descompone en términos de magnitudes fundamentales. A modo de ejemplo se va a expresar la dimensión física del Joule, en el marco del Sistema Internacional, para ello se parte de la magnitud trabajo cuya definición está en términos de otras magnitudes, fuerza y distancia:

$$trabajo = fuerza * distancia \tag{1}$$

Los corchetes [] significan que a la magnitud de adentro se le va a realizar un análisis de dimensiones físicas.

$$[trabajo] = [fuerza * distancia] \tag{2}$$

$$[trabajo] = [masa * aceleracion * distancia] \tag{3}$$

$$[trabajo] = \frac{masa * longitud^2}{tiempo^2} \tag{4}$$

¹ En el sistema internacional, es aceptada como unidad fundamental eléctrica el Ampere (Bureau International des Poids et Mesures, 2006).

Como se puede ver, se cambiaron las magnitudes derivadas (fuerza* distancia) en términos de las magnitudes fundamentales del Sistema Internacional ($\frac{masa*longitud^2}{tiempo^2}$). Ahora se pueden cambiar los nombres por sus respectivos símbolos (ver Tabla 4):

$$[W] = \frac{M * L^2}{T^2} \tag{5}$$

En la Tabla 4 se colocan las unidades fundamentales del Sistema Internacional de Unidades con su respectiva magnitud y dimensión física. En la Tabla 5 se colocan algunas unidades derivadas con su respectiva magnitud y dimensión física.

Tabla 4. Unidades Fundamentales del Sistema Internacional

Unidades Fundamentales del Sistema Internacional		
Magnitud	Unidades Sistema internacional	Dimensión Física
Longitud	Metro	<i>L</i>
Masa	Kilogramo	<i>M</i>
Tiempo	Segundo	<i>T</i>
Temperatura	Grado kelvin	Θ
Cantidad de átomos	Mol	<i>N</i>
Corriente eléctrica	Ampere	<i>I</i>
Intensidad lumínica	La candela	<i>J</i>

Tabla 5. Unidades Derivadas del Sistema Internacional

Algunas Unidades Derivadas del Sistema Internacional		
Magnitud	Unidades Sistema internacional	Dimensión Física
Carga eléctrica	Coulomb	$\frac{IT}{T}$
Fuerza	Newton	$\frac{ML}{T^2}$
Energía	Joule	$\frac{ML^2}{T^2}$
Frecuencia	Hertz	$\frac{1}{T}$
Velocidad	Metro por segundo	$\frac{L}{T}$
Diferencia de potencial	Voltio	$\frac{ML^2}{IT^3}$

2.1.2 Breve historia del sistema internacional de unidades

Antiguas civilizaciones utilizaban el cuerpo para la medición, de esta forma para medir extensiones de tierra se utilizaba el paso de una persona, y para medidas más pequeñas se utilizaba la palma o

un dedo de la mano. Así, nacen los primeros sistemas de medidas con carácter antropométricos. Pero, la diferencia y la variedad en las medidas de los cuerpos humanos llevaron a buscar una medida invariable, entonces se eligió la medida relacionada con alguna persona relevante, por ejemplo, se estableció la pulgada como la distancia que había entre el nudillo y el dedo pulgar del Rey Edgardo de Escocia en el siglo X.

Aun así, el sistema antropométrico siguió presentando problemas, desde económicos hasta científicos, por su falta de rigor; por lo que se inició un intento de hacer sistemas de mediciones más exactos, uno de estos intentos fue el que se realizó durante la Revolución Francesa, cuando la Asamblea Nacional Francesa le encomendó en 1790 a la Academia de Ciencias que creara un nuevo sistema de medición. El nuevo sistema tenía que cumplir unas condiciones, entre ellas:

- Que el sistema estuviera basado en algo constante y no por ejemplo en partes del cuerpo humano que varían de persona a persona.
- Que las mediciones estuvieran vinculadas entre sí, por ejemplo, una vez definido el centímetro, se define el litro como el volumen de algo que entra en un cubo de 10 cm de lado, y se define el kilogramo como el peso de un litro de agua.

Los astrónomos franceses Jean-Baptiste Delambre y Pierre Mechain, trabajaron en una unidad de distancia, el metro. Para lo cual decidieron que fuera las cuarenta millonésimas partes de un meridiano terrestre. Lavoisier por su parte determinó la unidad universal de la masa, para lo cual empleó agua destilada. Así el 22 de junio de 1799 se depositaron dos estándares de platino que representan el metro y el kilogramo en los Archivos de la República de París.

En 1832, Gauss promovió el uso del sistema métrico como un sistema útil para las ciencias físicas. Gauss fue el primero en hacer mediciones del campo magnético de la Tierra en términos de un sistema decimal basado en las tres unidades mecánicas milímetro, gramo y segundo. En años posteriores, Gauss y Weber ampliaron estas mediciones para incluir magnitudes relacionadas con fenómenos eléctricos.

Estas aplicaciones en el campo de la electricidad y el magnetismo se desarrollaron aún más en la década de 1860 bajo el liderazgo activo de James Clerk Maxwell y Joseph John Thomson a través de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia (BAAS). Ellos formularon el requisito de un sistema coherente de unidades, con unidades fundamentales y unidades derivadas. En 1874, el BAAS introdujo el sistema CGS, un sistema de unidad coherente tridimensional, basado en las tres

unidades mecánicas centímetro, gramo y segundo, utilizando prefijos que varían de micro a mega para expresar submúltiplos y múltiplos decimales. El posterior desarrollo de la Física como ciencia experimental se basó en gran medida en este sistema (Bureau International des Poids et Mesures, 2006).

A mediados del siglo XIX comenzó una necesidad de precisar las unidades eléctricas, debido al incremento de las comunicaciones terrestre y marítima por cables con electricidad. En 1861 la Asociación Británica y la Sociedad Real de Londres crean un comité, dicho comité es dirigido por William Thomson y deciden adoptar el sistema de unidades creado por Gauss y Weber. Sin embargo, deciden reducir el valor de la unidad de la resistencia eléctrica, esa unidad fue llamada el Ohmad, después cambio a Ohm.

Después se comenzó a trabajar en mejorar la definición de cada unidad del Sistema de Unidades. Por lo que en 1889 se acogió como nuevo sistema el MKS, con las unidades fundamentales de metro, kilogramo y segundo.

Luego se agregó una unidad eléctrica a las unidades fundamentales del sistema de unidades MKS, esto gracias a Giovanni Giorgi que en 1901 demostró que es posible combinar unidades mecánicas con eléctricas. Por el trabajo de Giovanni Giorgi el sistema de unidades cogió un nuevo rumbo acogiendo no solo las unidades mecánicas (metro, kilogramo, segundo) sino también otros tipos de unidades (amperio, kelvin, mol y candela). Y así en un mismo sistema se abarcaban varios campos de la Física (mecánica, electricidad, termodinámica, óptica).

Actualmente este sistema es conocido como el Sistema Internacional de Unidades y cada cuatro años se reúnen en París para discutir mejoras al Sistema Internacional de Unidades, entre ellas nuevas definiciones y experimentos para determinar el valor de las unidades.

2.1.3 Paradigma y ciencia normal

Cuando se mira la historia de la ciencia de manera equivocada, se suele pensar que los trabajos y pensamientos anteriores a nuestra época pueden entrar solo en dos categorías. La primera categoría es que el trabajo está equivocado por lo que no corresponde a una ciencia sino una pseudociencia, la segunda categoría, la opuesta, es que dicho trabajo es correcto. La clasificación de correcto o equivocado se genera cuando dichos trabajos son comparados con la ciencia actual. Sin embargo, un análisis más riguroso y serio consideraría no solo una comparación con la actualidad sino también una comparación con los contemporáneos de dicho trabajo. De ese modo, los trabajos de

Aristóteles sobre movimiento ya no parecerán equivocados e ingenuos, sino que dentro de su contexto tendrán un sentido científico.

Thomas Kuhn al realizar varios análisis históricos, desarrolla una concepción del modo en que funciona la ciencia, dicha concepción plantea que la ciencia tiene diferentes momentos, entre ellos ciencia normal y revolución científica; aunque antes de explicar estos dos momentos es necesario introducir el concepto de paradigma.

Paradigma

Los científicos desarrollan sus ideas necesariamente dentro de un determinado marco teórico general, tal marco teórico son los paradigmas. Por lo que se podría decir que es un conjunto característico de creencias e ideas preconcebidas, que comparten los científicos.

Un paradigma es un arquetipo aceptado y el cual sirve como modelo o ejemplo para solucionar problemas dentro de un campo de investigación, gracias a que da las pautas y herramientas, tanto intelectuales como prácticas, para trabajar con los problemas de la investigación.

Un paradigma está representado en algunas realizaciones o contribuciones de los científicos, dichas contribuciones para ser un paradigma necesitan dos características, la primera es que carezcan de precedentes como para haber podido atraer a un grupo de partidarios, alejándolos de los aspectos de competencia de la actividad científica; en otras palabras que sean innovadores, por ejemplo, el enfoque de Newton para trabajar los problemas de los cuerpos es un paradigma y para su momento histórico fue una nueva forma de solucionar tales problemas. La segunda característica es que son lo bastante incompletos dejando muchos problemas para ser resueltos por el grupo de científicos, aunque la solución de dichos problemas es con el fin de darle más apoyo al paradigma.

Un paradigma está constituido por los supuestos teóricos generales, las leyes y las técnicas para su aplicación que adoptan los miembros de una comunidad científica. Trabajar dentro de un paradigma implica poner en práctica lo que se llama “ciencia normal”, que articula y desarrolla el paradigma.

Por lo tanto, un paradigma es un marco teórico que comparten los miembros de una comunidad científica. Sin embargo, para poder ser aceptado como paradigma, una teoría debe parecer mejor que sus competidoras; pero no necesita explicar y, en efecto, nunca lo hace, todos los hechos que se puedan confrontar con ella. Cuando un científico individual puede dar por sentado un paradigma,

no necesita ya, en sus trabajos, tratar de reconstruir completamente su campo desde sus principios y justificar el uso de cada concepto presentado, todo eso está dentro del paradigma.

Ciencia normal

En el desarrollo de una ciencia, diferentes personas ante la misma gama de fenómenos realizan descripciones e interpretaciones diferentes. Estas múltiples descripciones e interpretaciones pueden convivir mucho tiempo sin lograr un avance significativo, puesto que no tienen ninguna razón para buscar nueva información, en consecuencia solo disponen de la información inicial; tal es el caso de la óptica antes de Newton donde existían diferentes teorías sobre la naturaleza de la luz provenientes de las teorías epicúrea, aristotélica o platónica. No obstante, esas divergencias pueden llegar a desaparecer, a causa del triunfo de una de las teorías sobre las demás, por lo que las realizaciones de esta teoría con el conocimiento factico se vuelven en el paradigma.

La ciencia normal es aquella investigación que se realiza conforme al paradigma, por lo que entre la gran posibilidad de fenómenos por estudiar solo se selecciona la variedad de fenómenos del paradigma. Al enfocar la atención sobre un pequeño número de problemas, el paradigma obliga a los científicos a investigar alguna parte de la naturaleza de una manera tan detallada y profunda que sería inimaginable en otras condiciones. Los problemas que aborda la ciencia normal son:

1) El primer problema que aborda es la elección de hechos fundamentales para el paradigma. Un hecho fundamental es aquel que ha demostrado ser particularmente revelador sobre la naturaleza de las cosas. Una vez seleccionado un hecho se perfecciona a través de aumentar el conocimiento de tal hecho. Los esfuerzos por aumentar la exactitud y el alcance con que se conocen hechos fundamentales ocupan una fracción importante de la literatura de la ciencia de observación y experimentación

2) Una segunda clase de problemas es encontrar hechos que puedan compararse directamente con predicciones de la teoría del paradigma. Por lo que, Este tipo de trabajo es el esfuerzo y el ingenio que han sido necesarios para hacer que la naturaleza y la teoría lleguen a un acuerdo cada vez más estrecho. El mejoramiento de ese acuerdo o el descubrimiento de nuevos campos en los que el acuerdo pueda demostrarse, representan un desafío constante para la habilidad y la imaginación de los científicos.

3) El tercer problema es el trabajo de articular un paradigma, para tal fin los investigadores determinan el valor de constantes universales, de leyes cuantitativas y buscar nuevos campos de aplicación del paradigma

2.1.4 Medición normal y medición extraordinaria

Ya se ha hablado, en el planteamiento del problema, de algunas funciones de la medición, las cuales son la medición como juez y la medición como exploración. La medición como juez funciona para probar una teoría en relación con mediciones de un experimento; la medición como exploración es para crear teorías a través de las mediciones de un experimento. Ahora en esta parte se hablará de la medición que es más común en el quehacer científico, la medición normal y otra que se desarrolla no tan frecuentemente pero que es muy importante, la medición extraordinaria. Pero antes se va a presentar el concepto de concordancia razonable, el cual es importante en la medición.

Concordancia razonable

Aun en las mejores mediciones existe una diferencia entre la medición y el valor teórico. A pesar de eso, se acepta que hay mediciones, que, sin tener el mismo valor teórico, son consideradas como buenas mediciones. Vale la pena preguntarse ¿Cuál es el criterio para decidir si una medición es buena?

La diferencia entre una buena medición y una mala medición se debe a que hay un rango aceptado de discrepancia entre teoría y medición, dicho rango tiene el nombre de concordancia razonable. En otras palabras, la concordancia razonable es el margen de error aceptado por la comunidad científica. Es diferente en cada ciencia por ejemplo para la mecánica newtoniana la concordancia razonable tiene un rango más grande que en la espectrometría. Y también varía, la concordancia razonable, con el tiempo en cada ciencia. Por ejemplo, para la astronomía en tiempo de Tolomeo la discrepancia entre la teoría y las observaciones de los astros quedaba dentro de los rangos de la concordancia razonable, para Nicolás Copérnico suponía lo contrario la discrepancia entre la teoría y las mediciones sobrepasaba la concordancia razonable.

La medición normal

Las causas de la diferencia entre el valor teórico y el valor de las mediciones reciben el nombre de perturbaciones. Las perturbaciones suceden porque al realizar actividades experimentales se toman consideraciones para facilitar los cálculos teóricos. Por ejemplo, en el caso de un péndulo se considera que: la cuerda no tiene peso, la gravedad es constante en todo el movimiento de balanceo,

no se tiene en cuenta la temperatura del péndulo y del ambiente, se reduce un movimiento de tres dimensiones a dos o una dimensión, entre otras. Pero, aunque no se tengan en cuenta algunas condiciones del experimento en el cálculo de los valores teóricos, esas condiciones siguen afectando el valor de las mediciones.

La medición normal es la que se realiza en la ciencia normal, la cual consiste en inventar instrumentos de medición más exactos y precisos, reducir los efectos perturbadores y estimar la tolerancia de las perturbaciones que persisten. Por ejemplo, la medición normal, en el caso de un péndulo, determinaría que tanto la fricción reduce la velocidad. Una vez determinado el valor matemático de la perturbación por la fricción se busca calcular el valor matemático de otras perturbaciones hasta que al final se tiene el estimado matemático de varias perturbaciones. Así la medición normal mejora la concordancia razonable disminuyendo la discrepancia, entre el valor teórico y el valor de las mediciones, y aquellas perturbaciones que no se pueden eliminar se les determina numéricamente cuanto afectan.

En palabras de Kuhn “en su mayor parte, la práctica científica es así una operación de limpieza, compleja y laboriosa que consolida el terreno ganado por la avanzada teoría más reciente y asegura la preparación esencial para que continúe el avance. En tales operaciones de limpieza es donde la medición tiene su función científica más común” (Kuhn, 1996, p.212).

Por otro lado, es necesario someter la teoría a nuevos campos de aplicación para así poder encontrar nuevas perturbaciones. Por ejemplo, en el caso de la mecánica de Newton las primeras perturbaciones, que tuvieron estimaciones matemáticas, fueron las relacionadas a las fuerzas que ejercían los otros planetas del sistema solar al movimiento de la tierra respecto al sol. Después se pasó a otro campo de aplicación, el movimiento de cuerpos en la tierra como péndulos o caídas libres. Y se comenzó la estimación matemática de la perturbación producida por la fricción del aire, la cual depende del aire y de las características del cuerpo.

Cuando se llega a conocer las perturbaciones y su estimado matemático la teoría se consolida, pero en algunos casos sigue habiendo una discrepancia entre el valor medido y el valor teórico, que rebasa el estimado matemático de las perturbaciones. Por lo que hay otra perturbación que afecta y es desconocida, esta perturbación se vuelve un objeto de estudio.

Medición extraordinaria

Cuando la discrepancia entre teoría y medición no desaparece a pesar de haber mejorado los instrumentos de medición y los estimados matemáticos, la física se encuentra con una anomalía. Para solucionar esta anomalía a veces se requiere una revisión de las teorías existentes y como resultado se pueden generar innovaciones en las teorías. Un ejemplo de anomalía sería el caso del perihelio de mercurio, los estimados matemáticos de las perturbaciones no alcanzaban para explicar la diferencia entre la teoría universal de la gravedad de Newton y los valores medidos. Esta discrepancia se puede explicar con la teoría general de la relatividad.

Frecuentemente se soluciona la crisis ocasionada por la anomalía con el descubrimiento de un nuevo fenómeno, como en el caso del perihelio de mercurio. Tal fenómeno pasó desapercibido por mucho tiempo y gracias a la crisis los investigadores comenzaron a buscar posibles soluciones, dando como resultado el descubrimiento de un fenómeno. La medición extraordinaria resulta siendo la que empuja a la comunidad científica a buscar anomalías significativas que estuvieron ocultas. Cabe mencionar que la búsqueda de anomalías significativas también propicia el desarrollo de nuevas técnicas instrumentales.

En las ciencias es más frecuente encontrar descubrimientos por anomalías cuantitativas, mediciones, que por anomalías cualitativas. Esto se debe a que las anomalías cualitativas se suelen solucionar con modificaciones *ad hoc* a la teoría. Por ejemplo, según la teoría del flogisto cuando los metales son calcinados pierden peso, pero algunos metales cuando son calentados ganan peso. Esto era una anomalía cualitativa y tuvo muchas soluciones, entre ellas: que el flogisto tenía peso negativo, o tal vez las partículas de fuego se alojaban en el metal calcinado. Luego, cuando Lavoisier convirtió el problema del flogisto en una anomalía cuantitativa pudo decir cuánto peso ganaba y de dónde provenía el peso extra (Kuhn, 1996).

Los dos ejemplos citados para la medición extraordinaria, perihelio de mercurio y ganancia del peso en el flogisto, han dado como resultado nuevas teorías. Para el caso del perihelio de mercurio la relatividad general y en el caso del flogisto la química de Lavoisier. En estos casos también hubo una comparación entre dos teorías y los datos experimentales, esta comparación lo que busca es encontrar la teoría que de mediciones más exactas y precisas como también la que tenga una mayor cantidad de predicciones. Esta comparación entre teorías es también una parte de la medición extraordinaria.

2.2 La medida de la corriente eléctrica en el sistema absoluto

Hay que tener en cuenta que el primero en proponer la idea de las dimensiones físicas fue Joseph Fourier en *The Analytical Theory of Heat* de 1822. Luego el trabajo experimental de Weber y Kohlrausch le dio más sustento al enfoque propuesto por Maxwell en el *Treatise on Electricity and Magnetism* de 1873 (Assis, 2004), de hecho, en el capítulo preliminar del libro de Maxwell se realiza una introducción a la medición de magnitudes. Estas ideas también fueron desarrolladas por Gauss y Weber en *El Sistema Absoluto de Unidades*, eventualmente dicho sistema de unidades se convirtió en un referente en la creación de los futuros sistema de medición. En esta parte del trabajo se presentan algunos aspectos del Sistema Absoluto de Unidades y el desarrollo de la unidad de corriente eléctrica

2.2.1 Trabajo previo al desarrollo del Sistema de Unidades Absoluto

Se cree que uno de los primeros acercamientos a los fenómenos eléctricos fue el realizado por el filósofo griego Tales de Mileto, que observó que frotando una varilla de ámbar con lana se lograba atraer pequeños objetos. Surgió la idea de que esa característica era única del ámbar, hasta que en el siglo XVI William Gilbert demostró que los mismos efectos se podían lograr con varios materiales entre ellos el vidrio. A la fuerza que atraía los cuerpos por fricción Gilbert le concedió el nombre de “electric” termino que hace referencia al ámbar y que se sigue usando en la actualidad.

Para el siglo XVI se tenía un amplio conocimiento sobre las fuerzas magnéticas gracias a los trabajos de Peregrinus, Gilbert y Descartes, y a la necesidad de utilizar imanes en la navegación; por lo que el termino de fuerza magnética ya era utilizado. Gilbert definió muchas distinciones entre las fuerzas magnéticas y eléctricas; la piedra de imán no requiere ningún estímulo de fricción, caso contrario al ámbar y al vidrio. La piedra de imán atrae solamente cuerpos magnetizables, mientras que los cuerpos electrizados atraen todo. La atracción magnética entre dos cuerpos no se ve afectada por la interposición de una hoja de papel o sumergiendo los cuerpos en agua, mientras que la atracción eléctrica es fácilmente destruida por los anteriores procedimientos.

Gilbert llego a la conclusión de que la fuerza eléctrica se debe a que la acción de frotar los cuerpos, libera un tipo de sustancia, imperceptible a nuestros sentidos, que luego sale del cuerpo y forma una atmósfera a su alrededor de forma inseparable, tal sustancia recibió el nombre de efluvio. La idea del efluvio tiene coherencia porque en la época de Gilbert no era concebible que un cuerpo

actuara sobre otro sin tocarlo, por lo tanto, la hipótesis consistía en una sustancia que realizaba la conexión entre los dos cuerpos (Whittaker, 1910).

En 1729 Stephen Gray anunció el descubrimiento de que la electricidad puede ser transportada a otros cuerpos, en especial los metales, para darles la misma propiedad de atraer cuerpos livianos. Con el descubrimiento de Gray no era posible creer que los efluvios eléctricos estuvieran inseparablemente conectados con los cuerpos de los que son evocados por el roce, y se hizo necesario admitir que estas emanaciones tienen una existencia independiente, y pueden transferirse de un cuerpo a otro; por lo que se comenzó a hablar de fluido eléctrico.

Du fray con sus trabajos de investigación percibió que los cuerpos electrificados se podían atraer o repeler dependiendo de las dos “electricidades”, la primera electricidad fue llamada “vitreous”; la cual es generada por los cuerpos transparentes, como el vidrio, el cristal, etc. Y, la electricidad “resinosa” la cual es generada por los cuerpos resinosos, como el ámbar. Un cuerpo repele cuerpos que han contraído una electricidad de la misma naturaleza que la suya, y atrae a aquellos cuya electricidad es de naturaleza contraria.

Por ese tiempo Benjamin Franklin comenzaría a experimentar la electricidad con un tubo de vidrio, que le había regalado el Sr. Peter Collinson; como también le regalo una carta con algunas explicaciones del uso del tubo. Franklin realizó el siguiente experimento con las siguientes observaciones: “Si una persona A, de pie sobre la cera para que la electricidad no pueda pasar de él al suelo, frota el tubo, y si otra persona B, de pie sobre la cera, pasa el dedo junto al vidrio para recibir su electricidad, entonces ambos A y B serán capaces de dar una chispa a una tercera persona C parada en el piso”

Esta observación sugirió a Franklin la hipótesis que la electricidad es un elemento presente en cierta proporción en toda la materia en su condición normal; de modo que, antes del frotamiento, cada una de las personas A, B y C tienen la misma electricidad. Y cuando hay contacto entre los cuerpos electrificados, la electricidad entre ellos se iguala.

Franklin con sus experimentos llegó a la conclusión de que la electricidad no se crea frotando el vidrio, sino que solo se transfiere del vidrio a un cuerpo, de modo que el cuerpo pierde exactamente tanto como el vidrio gana; la cantidad total de electricidad, en cualquier sistema aislado, es invariable. Para explicar que un cuerpo pierde y el otro gana electricidad, se empleó un modelo de

deficiencia de electricidad (electricidad negativa) y de exceso de electricidad, (electricidad positiva).

En muchos casos se manejó la conducción de electricidad como un “escape” muy veloz, reconocido porque la electricidad podía moverse de un cuerpo a otro. Fue en 1795 que Alessandro Volta propició un flujo continuo de electricidad, el cual podía ocurrir cuando dos metales diferentes estaban en contacto, este flujo continuo de electricidad es lo que hoy llamamos corriente eléctrica.

En 1820 Oersted descubrió que un cable por el que pasa una corriente eléctrica genera un efecto magnético alrededor del mismo. Ese experimento fue publicado en su trabajo “Experimenta Circa Effectum Conflictus Electrici in Acum Magneticam” en 1820”, dando inicio al estudio de lo que más adelante se llamaría electromagnetismo.

Uno de los primeros inconvenientes que enfrentaron los investigadores en el electromagnetismo fue la dificultad para describir la corriente eléctrica, llegando al punto que el término corriente eléctrica para algunos era una realidad material y para otros no lo era. Por ejemplo, Michael Faraday tenía problemas con la palabra “corriente” diciendo que esa palabra tiene muchos significados, y en vez de aclarar el tema generaba más confusión; en este sentido él decía: “Todos los significados que tenemos de la palabra corriente son un impedimento, para generar comprensiones de los fenómenos eléctricos” (Experimental Researches in Electricity and Magnetism, 1839).

Michael Faraday también ponía en duda la existencia de la corriente eléctrica, diciendo: "Hay muchos argumentos a favor de la materialidad de la electricidad, y pocos en contra de ella, pero aun así es sólo una suposición, y también será bueno recordar... que no tenemos ninguna prueba de la materialidad de la electricidad, o de la existencia de cualquier corriente a través del cable” (Thomson’s Annals of Philosophy, 1821), citado en (Humphreys, 1937).

Sin embargo, Ampere, contrario a Faraday, si concibió la corriente eléctrica como un ente real, pero tuvo varias posturas sobre su naturaleza. Por ejemplo, a veces pensaba en el flujo eléctrico como dos corrientes, cada una comenzando desde un polo de la batería y reuniéndose en la parte del circuito opuesta a esos puntos, a veces de las dos corrientes circulando continuamente en direcciones opuestas, y otras veces, con el fin de evitar la confusión, hablando como si solo hubiera una corriente (Humphreys, 1937).

Sin un conocimiento sobre la constitución microscópica de la materia fue imposible determinar si existe una o dos corrientes eléctricas o ninguna. Aun así, la teoría de Franklin proporcionaba un modelo para la conducción eléctrica; la electricidad positiva se desplaza a través de los conductores, dicha idea, en algunos niveles básicos de ciencia, aun se suele enseñar.

Dos problemas que se trabajaron en aquel momento, en relación con la corriente eléctrica fueron: ¿la corriente eléctrica es igual en todo el circuito eléctrico? y ¿cuál podría ser la manera de medir corriente eléctrica? A continuación, se desarrolla cada una de estas preguntas.

¿La corriente eléctrica es igual en todo el circuito eléctrico?

Ampere, Becquerel y años después Barlow demostraron, de manera independiente cada uno, que el efecto magnético de la corriente eléctrica era igual en todo el circuito. Ampere movió una brújula a lo largo de un cable desde la parte más cercana a la batería hasta la más alejada; observando que sin importar la distancia a la batería el efecto magnético producido por la corriente eléctrica era el mismo. Por lo tanto, la corriente eléctrica tiene la misma fuerza en todo el circuito eléctrico (Parcourspedagogique, 2013)

El experimento que realizó Ampere para demostrar que la corriente eléctrica era igual en todo el circuito, se ilustra en la Figura 4. En el experimento el alambre (E-F) no está fijo, por lo tanto, el alambre se puede mover por el efecto magnético que se produce entre el alambre (C-D) y el (A-B); y la brújula se movía a lo largo de las varillas. Este experimento está en el libro de Ampere: *Recueil d'observations dlectrodynamiques*, Paris, 1822.

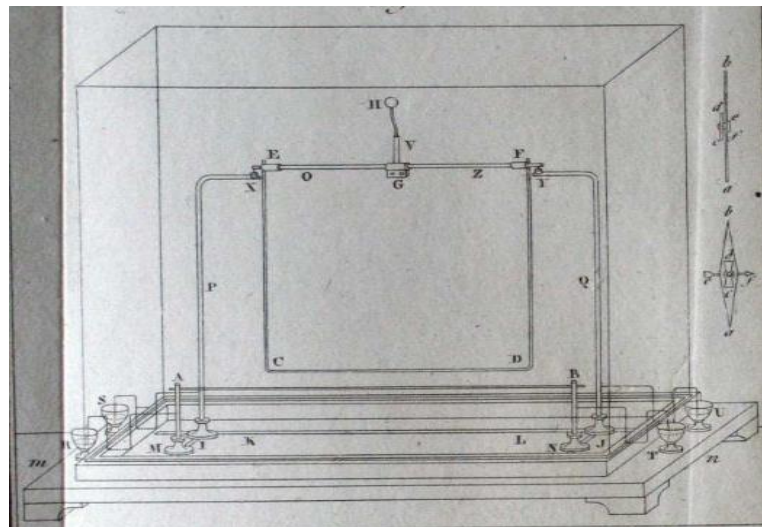


Figura 4. Experimento de Ampere

Ampere también realizó el siguiente experimento: Como se ve en la figura 4, hay dos alambres paralelos, uno fijo (A-B) y el otro suspendido (C-D) que era sensible al movimiento, entonces, cuando se hacía pasar una corriente por los cables, y la corriente en los cables tiene la misma dirección, se atraían entre ellos. Con este experimento se podía evidenciar una diferencia entre la fuerza electrostática y la fuerza producida por la corriente eléctrica; puesto que cuando dos cuerpos son cargados con el mismo tipo de carga, se repelen. Caso contrario a la corriente, dos corrientes iguales se atraen.

¿Cuál podría ser la manera de medir corriente eléctrica?

Volta para indicar la existencia de la corriente eléctrica en su pila tuvo que recurrir a las sensaciones fisiológicas de la corriente en su cuerpo. Aunque existían varios instrumentos para medir la electricidad estática en los cuerpos no existía un instrumento para medir la corriente eléctrica, hasta que Ampere en una carta dirigida a la Academia informo sobre la posibilidad de asociar el efecto magnético de la corriente con la medición de la corriente eléctrica.

“faltaba un instrumento que pudiera hacer posible para nosotros detectar la presencia de una corriente eléctrica en una pila o conductor... Este instrumento existe ahora; todo lo que es necesario es que la pila, o cualquier porción del conductor, sea colocada horizontalmente, orientada en la dirección del meridiano magnético (N-S), y que la aguja de una brújula sea colocada sobre la pila o bien por arriba o bien por debajo de una porción del conductor... pienso que le deberíamos dar el nombre de galvanómetro a este instrumento²”

En un principio es tentador suponer que hay una relación lineal entre la intensidad de la corriente eléctrica y los efectos mecánicos que esta produce sobre un imán, pero podría también no ser el caso. Para determinar la relación entre la intensidad de la corriente y el efecto mecánico, Ampere propuso un experimento, supongamos que tenemos un conductor eléctrico flexible y largo; el cual se va a colocar como se ve en la imagen 5.

² Quien fue el primero en inventar el galvanómetro es discutido. Actualmente se cree que varias personas lo hicieron en simultaneo de manera independiente. Por lo que no se puede decir que Ampere fue el primero en inventar el galvanómetro, pero sí que fue de los primeros, y también que fue Ampere el que le dio el nombre de galvanómetro.

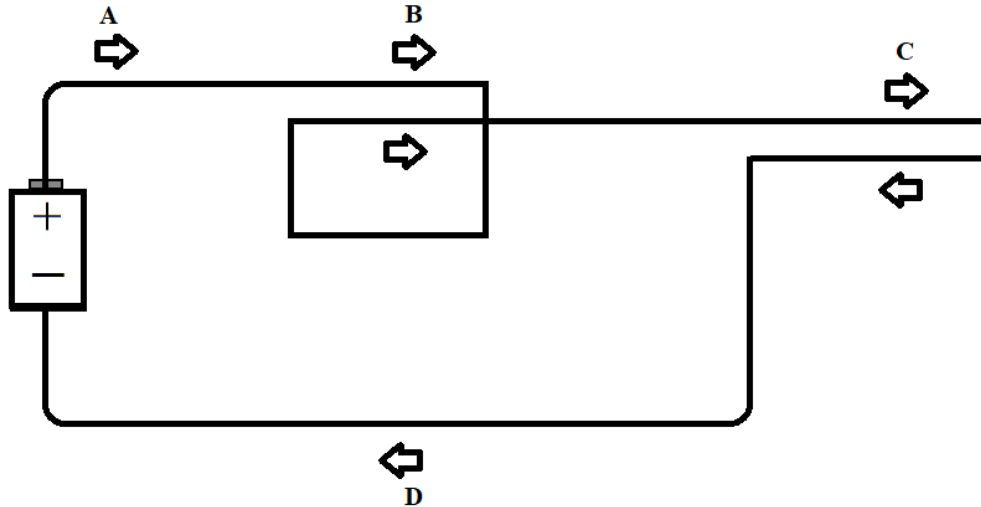


Figura 5. Circuito de Ampere

Si el efecto mecánico y la intensidad de la corriente son linealmente proporcionales, entonces, cuando dos espiras del alambre se configuran de tal manera que llevan la corriente en la misma dirección, como en el punto B; el galvanómetro presenta un torque el doble de fuerte que en los puntos A y D. Y, cuando hay dos corrientes en sentido contrario el galvanómetro presenta un torque igual a cero. Por supuesto el galvanómetro siempre tiene que estar a la misma distancia del conductor. El resultado de estos experimentos fue el esperado, hay una relación lineal entre la intensidad de la corriente y el efecto mecánico producido por la interacción corriente-imán. Este experimento se puede hacer con una balanza de corriente.

Con el experimento de la imagen 5 es posible llegar a las siguientes relaciones:

- a) Si el circuito se configura de tal manera que haya dos corrientes en el mismo sentido, la fuerza se multiplica. Y si nuevamente los cables se doblan para que haya cuatro corrientes en el mismo sentido, la corriente se cuadruplica. Llamando las corrientes de los alambres i_1 e i_2 se llega a la conclusión de que la fuerza total entre cables paralelos es proporcional al producto de las corrientes $i_1 i_2$.
- b) La fuerza entre los alambres es proporcionalmente inversa al cuadrado de la distancia entre ellos. Esta relación se debe mucho a la coyuntura del momento, el continuo éxito de la teoría newtoniana hizo pensar a la comunidad científica que las fuerzas deben variar a una razón del cuadrado inverso; por supuesto esta relación fue comprobada por trabajos posteriores.
- c) Para una corriente y una separación constante, la fuerza es directamente proporcional a la longitud de los cables L.

Resumiendo lo anterior en una expresión, tenemos:

$$\frac{F}{L} \propto \frac{i_1 i'_2}{r^2} \quad (6)$$

Puesto que la corriente eléctrica que podían generar en ese tiempo era pequeña, los investigadores se dieron cuenta de lo provechoso que era utilizar una bobina en los galvanómetros, ya que esta aumenta el efecto magnético de una corriente eléctrica; esto gracias a la superposición de fuerzas que Ampere demostró con el experimento anteriormente mencionado. También les tocó indagar formas para poder apreciar las variaciones pequeñas en sus instrumentos de medida, diseñando entre otros el galvanómetro de torsión utilizado por Georg Simon Ohm.

2.2.2 Acercamiento al sistema absoluto de unidades

El Sistema Absoluto de Medida, desarrollado por Gauss y Weber, tiene la intención de convertir las unidades eléctricas en términos de las unidades de masa, longitud y tiempo. En este caso las magnitudes fundamentales son longitud (L), masa (M) y tiempo (T). Al igual que los sistemas que vendrían después, las unidades derivadas se expresan en términos de las unidades fundamentales. Por ejemplo, la unidad de la magnitud fuerza es el Newton en el Sistema Internacional de Unidades y en el Sistema Absoluto de Unidades queda expresada así: $\frac{\text{milígramo} \cdot \text{milímetro}}{\text{segundo}^2}$, esto se puede derivar como se muestra a continuación, primero encontramos la dimensión física de la magnitud fuerza:

$$F = ma \quad (7)$$

$$[F] = [ma] \quad (8)$$

$$[F] = \frac{ML}{T^2} \quad (9)$$

Al realizar mediciones se reemplazaban las magnitudes fundamentales por las unidades fundamentales respectivas, las cuales para Gauss y Weber eran el milímetro (mm) para la longitud, el milígramo (mg) para la masa y el segundo (s) para el tiempo. Lo cual da como resultado, que la unidad de fuerza, reemplazando las magnitudes fundamentales por las unidades fundamentales de la Ecuación 8, en el Sistema Absoluto de Unidades es:

$$\text{Unidad de fuerza}^3 = \frac{mg * mm}{s^2} \quad (10)$$

³ La unidad de fuerza actualmente recibe el nombre de Newton, pero en el momento de realizar este trabajo no se pensó en un nombre para la unidad como tampoco un símbolo, por lo que en este trabajo nos referiremos a la unidad de fuerza por su nombre “unidad de fuerza”.

De manera parecida a la fuerza se pueden encontrar las dimensiones físicas de la carga magnética, y la carga eléctrica. En el caso de la carga magnética se utiliza la Ley Magnética de Jonh Michell, Tobias Mayer y Augustin Coulomb (Ecuación 11), la cual describe el comportamiento entre dos cargas magnéticas:

$$F = \frac{\mu\mu'}{r^2} \quad (11)$$

Cuando se estaba realizando el trabajo de la construcción del Sistema Absoluto de Unidades no existía la teoría de campos, por lo tanto los conceptos que se habían concedido para hablar de interacción magnética no necesariamente se corresponden con los utilizados actualmente en la teoría electromagnética.

Por ejemplo, hablar de carga magnética era una manera análoga de referirse a lo que generan los imanes en virtud de las características mismas de ellos, tales efectos magnéticos compartían semejanzas con los efectos eléctricos generados por un cuerpo cargado eléctricamente. Entonces, por analogía se hablaba de carga magnética, pero hoy no se habla de carga magnética sino de fuentes de campo magnético.

La carga magnética dificultaba los cálculos volviendo las ecuaciones muy extensas y complejas de trabajar matemáticamente, en comparación el concepto de campo magnético permitía realizar cálculos más fácilmente. Pero dado que la carga magnética fue utilizada en el Sistema Absoluto de Unidades, entonces se emplean los conceptos y ecuaciones que se utilizaron en ese momento.

A partir de la Ley Magnética de Jonh Michell, Tobias Mayer y Augustin Coulomb (Ecuación 11), se despeja la carga magnética μ :

$$\mu = \sqrt{Fr^2} \quad (12)$$

Luego las dimensiones físicas de la carga magnética son:

$$[\mu] = \sqrt{\frac{ML^3}{T^2}} \quad (13)$$

Para la carga eléctrica se utiliza la Ley de Coulomb:

$$F = \frac{QQ'}{r^2} \quad (14)$$

Luego las dimensiones físicas de la carga eléctrica son:

$$[Q] = \sqrt{\frac{ML^3}{T^2}} \quad (15)$$

Si a la Ley de Gravitación Universal se le aplica el mismo procedimiento anterior, se obtiene que las dimensiones físicas de la masa, la carga magnética (Ecuación 13) y la carga eléctrica (Ecuación 15) son iguales. Este resultado no es casual. Los científicos aun cuando no tenían un concepto claro de velocidad, masa y fuerza podían intuir su significado por su experiencia; cuando ven el movimiento de una piedra pueden intuir un sentido de aceleración, y aunque no se pueda ver la masa se puede sentir su inercia al empujarla, y la fuerza es algo relacionado a la experiencia de empujones o jalones que ocasiona el movimiento. Al tratar fenómenos eléctricos y magnéticos, se observa que los objetos son atraídos o repelidos por algún tipo de fuerza. Aunque eran fuerzas diferentes, y se creó una manera diferente de referirse a cada una⁴, se intentó que fueran lo más parecidas a la fuerza newtoniana, de ahí que se pensara que la carga eléctrica y la carga magnética eran formas análogas a la masa.

2.2.3 La unidad de corriente eléctrica del sistema absoluto de unidades

Para la construcción de la unidad absoluta de corriente eléctrica, Weber y Gauss se basaron en los siguientes desarrollos de sus contemporáneos:

- El descubrimiento de Hans Christian Oersted, en 1820, que muestra la relación entre la electricidad y el magnetismo. Al poner en evidencia que una corriente eléctrica afecta a una brújula que se encuentra cerca.
- El primer análisis preciso del descubrimiento de Oersted fue publicado por Jean-Baptiste Biot y Felix Savart, presentándolo en 1820 por medio de una Ley matemática de las fuerzas eléctricas. Con esta Ley es posible calcular la fuerza neta y el torque ejercido por un circuito cerrado sobre un imán

$$f = \frac{\mu i ds \sin \theta}{r^2} \quad (16)$$

Aquí θ es el ángulo entre la dirección del elemento de corriente y la línea directa que une el elemento de corriente con el polo magnético. La dirección de la fuerza es ortogonal a ds y a la línea directa que une los dos cuerpos. E i es la intensidad de la corriente eléctrica del circuito.

⁴ La diferenciación entre la fuerza magnética y fuerza eléctrica se mencionó previamente en el numeral 2.2.1 Trabajo previo al desarrollo del Sistema de Unidades Absoluto.

- André-Marie Ampère demostró un teorema entre 1820 y 1826, el cual es utilizado por Weber como la definición básica de la unidad de corriente eléctrica. El teorema dice “una corriente eléctrica es equivalente, en su efecto magnético, a una distribución de magnetismo sobre cualquier superficie determinada por el circuito” (Whittaker, 1910). Por lo tanto, es posible hacer una equivalencia entre una corriente eléctrica en un circuito cerrado y un imán de barra. Es de aclarar, que en este teorema implícitamente se reconoce la existencia de un campo magnético generado por la corriente eléctrica, aunque desde la perspectiva de Ampere no pensaba en campos, solo pensaba en interacciones a distancia entre corrientes y objetos (Humphreys, 1937). Este teorema fue utilizado por Weber para la definición de la unidad de la corriente.
- Los aportes y trabajos de Faraday, en especial los experimentos que llevarían a descubrir la inducción electromagnética.

La forma en que ellos entendían la corriente eléctrica difiere del concepto actual, por una parte están las discusiones sobre la naturaleza de la corriente de Faraday y de Ampere. Y, por otra parte, también en términos matemáticos hay diferencias; en el periodo que se da el trabajo de Gauss y Weber la corriente eléctrica es una multiplicación entre la longitud del cable, la cantidad de carga eléctrica y la velocidad con la que se mueve la carga eléctrica (Weber, 1848). Su ecuación matemática era:

$$i = Leu \quad (17)$$

Donde L es la longitud del cable por la que pasa la corriente eléctrica, e es la carga eléctrica y u la velocidad de la carga eléctrica. Por el contrario, el termino matemático actual de la corriente eléctrica es el cociente entre la carga eléctrica Q y el tiempo, $i = \frac{Q}{t}$.

Para la construcción de la unidad absoluta de corriente eléctrica fue necesario medir el efecto que la corriente eléctrica produce, por lo cual se pensó en las siguientes posibilidades:

- a) Medir la fuerza y el torque producido por una corriente sobre un imán.
- b) Analizar la descomposición del agua por efectos de una corriente eléctrica.
- c) Medir la fuerza producida por dos cables paralelos en los que circula corriente eléctrica.
- d) Medir el efecto térmico sobre los metales en los que circula corriente eléctrica.

Cada una de estas opciones se desarrolló en menor o mayor medida, como se muestra a continuación.

a) Medir la fuerza y el torque producido por una corriente sobre un imán

Wilhelm Weber definió la unidad de corriente eléctrica del siguiente modo: *Como una unidad absoluta de intensidad, puede ser entendida la intensidad de esa corriente que, cuando circula a través de una espira de magnitud de la unidad de medida, ejerce, de acuerdo con las leyes electromagnéticas, la misma acción a distancia como un imán de barra que contiene la unidad de medida del magnetismo de barra. Esta unidad de medida del magnetismo de barra significa aquí una unidad de momento magnético. Además, el imán de barra debe ser ortogonal a la espira de corriente equivalente transportada en el circuito.*

Se puede encontrar la dimensión física de la unidad electromagnética de la corriente eléctrica, despejándola de la Ley de Biot- Savart, ecuación 16.

Se reescribe la Ley de Biot- Savart (Ecuación 16) para expresar la corriente ya no en términos de i sino de i_{em} (Ecuación 18). Tal cambio es para hacer referencia a que i_{em} es la unidad absoluta de corriente de medida electromagnética.

$$f = \frac{\mu i_{em} ds \sin \theta}{r^2} \tag{18}$$

$$i_{em} = \frac{fr^2}{\mu \sin \theta ds} \tag{19}$$

$$[i_{em}] = \left[\frac{fr^2}{\mu \sin \theta ds} \right] \tag{20}$$

$$[i_{em}] = \frac{\sqrt{ML}}{T} \tag{21}$$

Para finalmente tener que la unidad electromagnética de la corriente eléctrica es:

$$i_{em} = \frac{\sqrt{mg * mm}}{s} \tag{22}$$

El galvanómetro tangente (ver Figura 6) poseía una brújula en el centro de la bobina, al energizar la bobina con electricidad, la orientación de la brújula cambiaba; dicha orientación de la brújula se puede explicar en términos de fuerza y torque. Este torque es producto de la integración de la corriente eléctrica y el imán. Por lo que el instrumento para realizar mediciones con la unidad electromagnética de corriente es el galvanómetro tangente.



Figura 6. Galvanómetro tangente

El galvanómetro tangente, consistía en una bobina a través de la cual pasaba la corriente eléctrica. En el centro de la bobina había una aguja imantada con una escala graduada. La intensidad de la corriente es proporcional a la tangente del ángulo de deflexión de la aguja de la brújula. Para realizar mediciones de la intensidad de corriente eléctrica, es necesario tener conocimiento de la orientación del campo magnética de la Tierra; fue diseñado por Weber (Assis, 2004).

b) La descomposición del agua por efectos eléctricos

El descubrimiento de Alessandro Volta, la pila voltaica, y los trabajos posteriores de Johan Wilhelm Ritter, al descubrir la descomposición del agua por corrientes eléctricas, y Michael Faraday al presentar entre 1833 y 1834 dos leyes sobre descomposición electrolítica, permitieron a Weber desarrollar la unidad electrolítica.

La unidad electrolítica Weber la definió así: *“una unidad de corriente electrolítica es la intensidad de corriente eléctrica que descompone una unidad de masa en una unidad de tiempo”*

Según Faraday las fuerzas químicas están relacionadas con las fuerzas eléctricas. Faraday también realizó un voltámetro y un galvanómetro, utilizando la electrolisis, con los cuales podía realizar mediciones de la intensidad de la corriente eléctrica.

En un trabajo de Weber, publicado en 1842, compara la unidad electromagnética de corriente con la unidad electrolítica de corriente. Observando la desviación de una bobina por el campo magnético de la Tierra, mientras simultáneamente el agua comenzaba a descomponerse por esa

corriente eléctrica. El resultado que obtuvo es que la de unidad electromagnética de corriente es a la unidad electrolítica de corriente como 1 es a $106\frac{2}{3}$ (Assis, 2004).

c) La fuerza producida por dos cables paralelos en los que circula corriente

Entre 1820 y 1826 Ampere ya había desarrollado la ecuación para la fuerza entre dos cables paralelos por los que circula corriente eléctrica. Weber llamó a esta ecuación la Ley Fundamental de la Electrodinámica (Ecuación 23) y la utilizó como base para crear la unidad electrodinámica absoluta de corriente eléctrica.

Cuando dos elementos de corriente de longitudes L y L' y de intensidades i_{ed} e i'_{ed} , y que están a la distancia r entre sí, de modo que las direcciones en las que se mueve la electricidad positiva en ambos elementos, forman entre sí el ángulo ϵ , y con la línea derecha que conecta los ángulos θ y θ' , la magnitud de la fuerza con la que los elementos de la corriente actúan recíprocamente uno sobre el otro está determinada por la expresión:

$$F = -\frac{LL' i_{ed} i'_{ed}}{r^2} (\cos \epsilon - \frac{2}{3} \cos \theta \cos \theta') \tag{23}$$

El término i_{ed} es la unidad absoluta de corriente de medida electrodinámica. Despejando i_{ed} de la Ecuación 23 se obtiene:

$$i_{ed} i'_{ed} = \frac{Fr^2}{LL' (\cos \epsilon - \frac{2}{3} \cos \theta \cos \theta')} \tag{24}$$

De la Ecuación 24 se puede apreciar que la dimensión de la corriente electrodinámica es:

$$[i_{ed}] = \frac{\sqrt{ML}}{T} \tag{25}$$

Hay una unidad electrodinámica de corriente cuando, dos cables paralelos que tengan una unidad de longitud y están separados también una unidad de distancia; se atraigan o repelen con una unidad de fuerza. El instrumento diseñado para medir la unidad electrodinámica necesitaba dos corrientes paralelas y el instrumento que poseía tal característica era el Electrodinómetro (ver Figura 7)

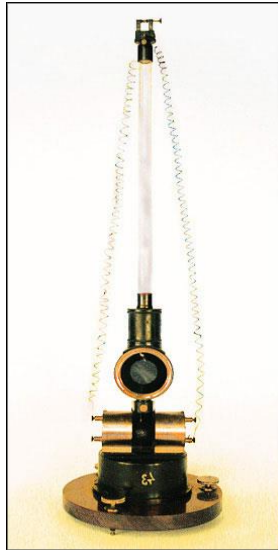


Figura 7. Electrodinamómetro

El electrodinamómetro consiste en dos bobinas, una bobina fija y una bobina móvil que puede rotar. Cuando no hay corriente eléctrica las dos bobinas están alineadas, pero cuando hay corriente eléctrica la bobina móvil cambia de posición rotando y se forma un ángulo entre las dos bobinas, fue diseñado por Gauss y Weber.

Como el lector se habrá dado cuenta, la dimensión física de la unidad electromagnética de corriente (Ecuación 21) y la dimensión física de la corriente electrodinámica (Ecuación 25) son la misma. Pero sus unidades difieren, la unidad electrodinámica de corriente es más pequeña que la unidad electromagnética de corriente; esto se puede entender si se considera el trabajo realizado por Weber en 1846.

En ese trabajo Weber hizo una comparación del torque producido por tres configuraciones diferentes: el torque producido por un imán sobre otro imán, el torque producido por un circuito eléctrico sobre un imán y el torque producido por un circuito eléctrico sobre otro circuito eléctrico. En las tres configuraciones el objeto en la izquierda está fijo, no se puede mover ni rotar, el objeto a la derecha no se puede trasladar, pero si puede rotar.

El torque producido por un imán sobre otro imán

Para el primer caso el torque ejercido por un imán sobre otro imán es igual a:

$$\tau = \frac{mm'}{r^3} \sin \delta \sqrt{1 + 3\cos^2 \psi} \quad (26)$$

Donde m es el momento magnético, ψ es el ángulo del eje magnético del primer imán en relación con la línea directa que une a los dos imanes, δ es el ángulo que el eje magnético del segundo imán forma con la dirección en la cual no hay ningún momento de rotación entre ellos.

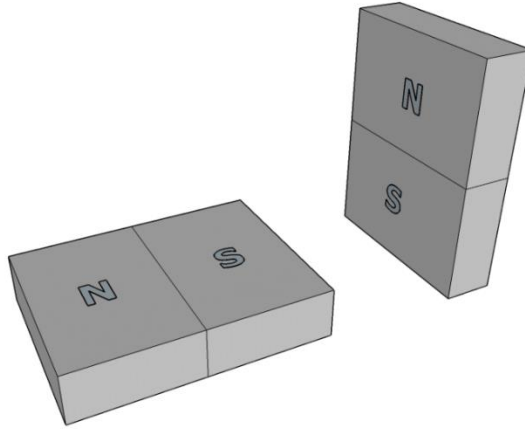


Figura 8. Configuración dos imanes

El torque entre un imán y un circuito eléctrico

Para el segundo caso el torque ejercido entre un imán y un circuito eléctrico es:

$$\tau = \frac{i_{em}\lambda m'}{r^3} \sin \delta \sqrt{1 + 3\cos^2 \psi} \quad (27)$$

Como el lector se habrá dado cuenta esta configuración es la mencionada en la definición de la unidad electromagnética de corriente. Por esa razón la corriente del circuito no es expresada con i sino con i_{em} haciendo referencia a que es un múltiplo de la unidad electromagnética de corriente, en este caso el múltiplo es 1. El otro término λ , es el área ortogonal del circuito eléctrico.

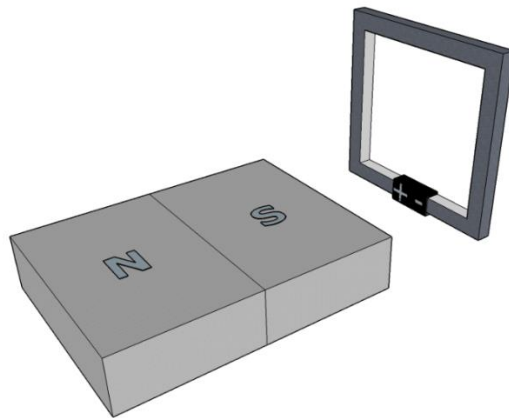


Figura 9. Configuración imán- circuito eléctrico

El torque producido por un circuito eléctrico sobre otro circuito eléctrico

En el tercer caso, se presenta la configuración planteada en la unidad electrodinámica de corriente y el torque producido es:

$$\tau = \frac{i_{ed}\lambda i'_{ed}\lambda'}{2r^3} \sin \delta \sqrt{1 + 3\cos^2 \psi} \tag{28}$$

Donde i_{ed} es la medida de la corriente electrodinámica fluyendo en un circuito de área ortogonal λ .



Figura 10. Configuración dos circuitos eléctricos

Sí se produce el mismo torque en las tres configuraciones, entonces los términos de la derecha de las ecuaciones 26, 27 y 28 son iguales, de lo cual se deduce:

$$m = i_{em}\lambda = \frac{i_{ed}\lambda}{\sqrt{2}} \tag{29}$$

Así, se concluye que la unidad electromagnética de corriente es $\sqrt{2}$ más pequeña que la unidad electrodinámica de corriente.

$$i_{ed} = i_{em}\sqrt{2} \tag{30}$$

Weber probó experimentalmente la relación entre la medida electromagnética de corriente y electrodinámica de corriente, Ecuación 30, midiendo la corriente eléctrica de un cable con el electrodinamómetro, instrumento que mide la unidad electrodinámica de la corriente, y con el galvanómetro tangente, instrumento que mide la unidad electromagnética de la corriente.

d) El efecto térmico sobre los metales en los que circula corriente eléctrica

Esta unidad de corriente fue la menos trabajada, esto se debe a las dificultades para medir temperatura en la época de Weber.

“hay una unidad de corriente electro-térmica, cuando en una unidad de tiempo la temperatura de una unidad de medida de un conductor se caliente una unidad de temperatura”

Weber consideraba que las unidades de corrientita electro-térmica y electrolítica no servían para el Sistema Absoluto de Unidades, puesto que dependía más de propiedades de la sustancia por la que pasa la corriente eléctrica, que por la corriente en sí. Y como la unidad electromagnética es $\sqrt{2}$ más pequeña que la unidad electrodinámica, entonces se eligió como unidad de la corriente eléctrica en el Sistema Absoluto de Unidades la unidad electromagnética.

El sistema Internacional de Medidas para su unidad de corriente eléctrica eligió la unidad electromagnética del Sistema Absoluto de Unidades, resaltando la importancia de dicho trabajo. De hecho, el factor dos en la definición del amperio⁵ tiene relación con el $\sqrt{2}$ de la unidad electromagnética de corriente y la unidad electrodinámica de corriente (Assis, 2004). Otra importancia del trabajo de Gauss y Weber se refleja en que los instrumentos para medir corriente eléctrica, Amperímetros análogos, aprovechan las bobinas eléctricas para multiplicar el efecto magnético de la corriente eléctrica, al igual que hicieron Gauss y Weber con el galvanómetro tangente.

En consecuencia, con lo mostrado sobre el desarrollo de la unidad de corriente en el Sistema Absoluto, desde los trabajos de Gilbert hasta los de Weber, se puede evidenciar la gran cantidad de trabajo teórico y práctico para lograr una cuantificación de una magnitud. Y, se aprecia que es bastante difícil poder separar, en una ciencia, la parte teórica de la práctica, puesto que los desarrollos científicos son logrados por el trabajo mutuo entre teoría y práctica.

⁵ El amperio es la corriente eléctrica constante que, manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud (Bureau International des Poids et Mesures, 2006).

3. Marco metodológico

En el tercer capítulo se presenta la metodología de enseñanza seguida, el diseño de la secuencia de enseñanza, la caracterización del grupo de estudiantes que participaron en la implementación, la descripción de los instrumentos de recolección de información y el análisis de resultados.

3.1 Metodología de enseñanza

Las actividades a las que se les dedica una gran cantidad de tiempo, en las clases de Física, son las soluciones de problemas de papel y lápiz, tales problemas generalmente requieren encontrar incógnitas con datos que el problema proporciona, por lo que se utiliza una ecuación, que el profesor proporciona para hallar la solución. Así, las habilidades que se suelen desarrollar en las clases privilegian la memorización de ecuaciones, procedimientos matemáticos y constantes matemáticas. Y cuando el problema tiene algún cambio los estudiantes tienen muchas dificultades para solucionar.

Por otra parte, las situaciones problemáticas abiertas ayudan a que las habilidades desarrolladas en clase la Física no solo sean de memorización, sino también de encontrar modos de volver el problema más fácil, proponer hipótesis y una mayor comprensión de las teorías y las leyes científicas. Por lo tanto, tener en las clases de Física no solo problemas de papel y lápiz sino también situaciones problemáticas abiertas ayuda a que los estudiantes dejen de ver la Física como algo abstracto y de poca relevancia en la cotidianidad.

Aquí es donde entra la enseñanza de las ciencias como investigación orientada, la idea de este modelo de enseñanza es que los estudiantes se acerquen a una situación parecida a las investigaciones científicas, pero de manera que les sea idónea para ellos, donde el profesor actúa como el investigador líder.

Lo que plantea la enseñanza de las ciencias como investigación orientada es que los estudiantes se enfrenten a situaciones problemáticas abiertas y que sea de interés para los estudiantes; donde la comunicación sobre los avances entre pares (estudiante- estudiante) y el profesor (estudiantes- profesor) es constante, por lo tanto, los estudiantes son investigadores novatos y el profesor un investigador experto, y se relacionan mediante un tema en común. El profesor por su parte orienta la investigación para potencializar el avance.

Los aspectos que debe tener el modelo de enseñanza como investigación orientada los considera Gil Pérez (2005), no con el propósito de que sean reglas para seguir sino orientaciones. Los aspectos son los siguientes:

- a) Presentar situaciones problemáticas abiertas (con objeto de que los alumnos puedan tomar decisiones para precisarlas) de un nivel de dificultad adecuado (correspondiente a su zona de desarrollo próximo).
- b) Plantear una reflexión sobre el posible interés de las situaciones propuestas que dé sentido a su estudio (considerando su relación con el programa general de trabajo adoptando las posibles implicaciones CTSA⁶).

Prestar atención, en general, a potenciar las actitudes positivas y a que el trabajo se realice en un clima próximo a lo que es una investigación colectiva (situación en la que las opiniones, intereses, etc., de cada individuo cuentan) y no en un clima de sometimiento a tareas impuestas por un profesor. Y procurar evitar toda discriminación (por razones étnicas, sociales, entre otras)

- c) Plantear un análisis cualitativo, significativo, que ayude a comprender y a acotar las situaciones planteadas (a la luz de los conocimientos disponibles, del interés del problema, entre otros.) y a formular preguntas operativas sobre lo que se busca.

Mostrar el papel esencial de las matemáticas como instrumento de investigación, que interviene desde la formulación misma de problemas al análisis de los resultados, sin caer en operativismos ciegos.

- d) Plantear la emisión de hipótesis fundamentadas en los conocimientos disponibles, susceptibles de orientar el tratamiento de las situaciones y de hacer explícitas, funcionalmente, las preconcepciones de los estudiantes.

Prestar atención a las preconcepciones (que deben ser contempladas como hipótesis), y prestar atención a la actualización de los conocimientos que constituyen prerequisites para el estudio emprendido.

- e) Plantear la elaboración de estrategias, incluyendo, en su caso, diseños experimentales. Prestar atención a la actividad práctica en sí misma (montajes, medidas, entre otros), dando a la dimensión tecnológica el papel que le corresponde en este proceso.

⁶ CSTA son las siglas de Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente.

Potenciar la incorporación de la tecnología actual a los diseños experimentales (ordenadores, automatización, entre otros), con objeto de favorecer una visión más apropiada de la actividad científico-técnica contemporánea.

- f) Plantear el análisis detallado de los resultados (su interpretación física, fiabilidad, entre otros) a la luz del cuerpo de conocimientos disponible, de las hipótesis manejadas y/o de los resultados de otros equipos.

Plantear una reflexión sobre los posibles conflictos entre algunos resultados y las concepciones iniciales (conflictos cognitivos), favoreciendo la “autorregulación” del trabajo de los alumnos. Y promover que los estudiantes cotejen su evolución conceptual y metodológica con la experimentada históricamente por la comunidad científica.

- g) Plantear la consideración de posibles perspectivas (replanteamiento del estudio a otro nivel de complejidad, problemas derivados, entre otros). Considerar en particular, las implicaciones CTSA del estudio realizado (posibles aplicaciones, repercusiones negativas, toma de decisiones, entre otros). Y pedir la elaboración de “productos” (prototipos, colecciones de objetos, carteles, entre otros) poniendo énfasis en la estrecha relación ciencia-tecnología.

- h) Pedir un esfuerzo de integración que considere la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos, con las posibles implicaciones en otros campos de conocimientos; y pedir algún trabajo de construcción de síntesis, mapas conceptuales, entre otros, que ponga en relación conocimientos diversos.

- i) Prestar atención a la comunicación como aspecto esencial de la actividad científica. Plantear la elaboración de memorias científicas del trabajo realizado, pedir la lectura y comentario crítico de textos científicos y prestar atención a la verbalización, solicitando comentarios significativos.

- j) Potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico organizando equipos de trabajo y facilitando la interacción entre los equipos y la comunidad científica (representada en la clase por el resto de los equipos, el cuerpo de conocimientos ya construido, los textos y el profesor como experto). Hacer ver, en particular, que los resultados de una sola persona o de un solo equipo no pueden bastar para verificar o falsear hipótesis.

Contemplan y utilizar el cuerpo de conocimientos disponible como la cristalización del trabajo realizado por la comunidad científica y la expresión del consenso alcanzado.

3.2 Caracterización del grupo de estudiantes que participaron en la implementación de la secuencia de enseñanza

La investigación se realizó en la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia en la sede principal en Bogotá, a estudiantes de la Licenciatura de Física de los últimos semestres. Los cuales ya cursaron el núcleo de fundamentación, por lo cual ya tienen unas bases teóricas y prácticas suficientes para participar en la investigación. Tales estudiantes se organizaron en grupos de 2 personas, para tener en total 3 grupos.

La implementación de la secuencia de enseñanza se realizó en el laboratorio del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional con los siguientes materiales: una fuente de voltaje de 30V, una protoboard, diodos tipos led, resistencias elécticas de 50 Ω a 150 Ω , cable UTP, alambre de cobre, imanes, vaso beaker y un motor eléctrico de 9V.

3.3 Diseño de la secuencia de enseñanza

La secuencia de enseñanza está dividida en tres partes; en la primera se recogen las ideas previas que tienen los estudiantes sobre la corriente eléctrica y la medición de la corriente eléctrica, en la segunda parte se les presenta a los estudiantes diferentes formas de evidenciar el flujo de corriente eléctrica por los materiales, y en la tercera parte se les presenta la oportunidad de proponer y explicar un instrumento capaz de medir corriente eléctrica; se espera que los estudiantes utilicen para el instrumento de medición lo trabajado en la parte 2.

En la secuencia de enseñanza también hay un momento en que el profesor realiza una exposición con diapositivas (ver Anexo 1); se cree que esto es oportuno porque los temas trabajados en la exposición son improbables que los desarrolle una persona por sí misma sin ayuda de un profesor. Los temas de la exposición corresponden a las ideas de Kuhn, desarrolladas en un estudio histórico de las ciencias (Kuhn, 1996), en el cual expone las diferentes funciones de la medición. Las cuales son: probar teorías, permitir la creación de teorías, determinar la concordancia razonable; y diferencia la medición normal y la medición extraordinaria.

En la secuencia de enseñanza mostrada a continuación se omiten los espacios para responder las preguntas, espacios que sí tuvieron los estudiantes. También la secuencia de enseñanza tendrá una numeración diferente de figuras y tablas, en el documento se utiliza numeración decimal (1, 2, 3, etc.) en la secuencia de enseñanza se utiliza numeración romana (I, II, III, etc.).

Secuencia de enseñanza

Primera parte

1. Enumerar los aparatos que utilicen en su vida cotidiana y que requieran de corriente eléctrica para funcionar.
2. De acuerdo con su experiencia y su saber ¿qué es corriente eléctrica?
3. Dibujar un circuito capaz de hacer prender un diodo tipo led y utilizar los símbolos de la Figura I que considere necesarios.
4. De acuerdo con su experiencia y saber, cuando se realizan circuitos eléctricos ¿para qué medir la corriente eléctrica?
5. Suponga que construye un circuito eléctrico y realiza mediciones de la corriente eléctrica con un amperímetro, ¿en qué condiciones es necesario repetir la medición de la corriente eléctrica?

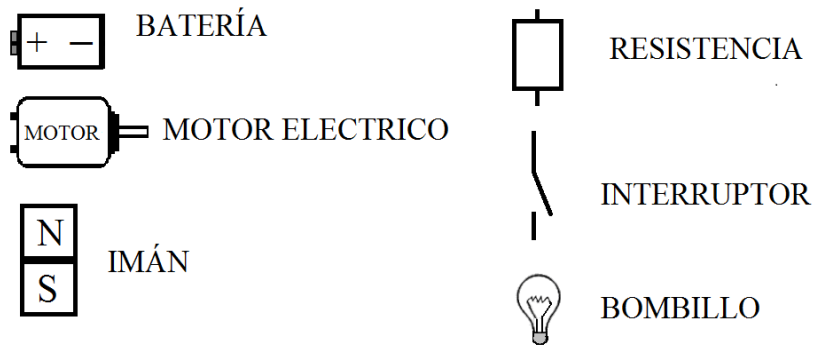


Figura I. Símbolos de los circuitos eléctricos

Segunda parte

1. Imagine que tiene un circuito en serie con una fuente de voltaje de 30 v, tres diodos tipo led, de las mismas características; una resistencia de 100 Ω y un interruptor como se muestra en la Figura II. Al cerrar el interruptor ¿Qué sucede?

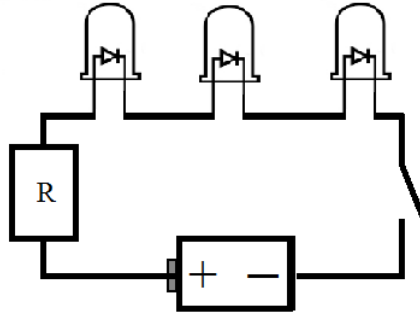


Figura II. Circuito en serie

2. Realice el circuito de la Figura II en una protoboard, con los materiales mencionados en el punto anterior. ¿Cuál led alumbrará más y cuál menos? En términos del concepto de corriente eléctrica, justifique su respuesta y complementela haciendo uso de Figura II
3. Ahora con los siguientes materiales: una fuente de voltaje de 30 V, una resistencia eléctrica de entre 50Ω a 150Ω y cables, organice un circuito eléctrico de tal manera que los cables del circuito estén rectos (ver Figura III).
 - Sin prender la fuente, coloque una brújula encima o debajo de un cable recto. ¿Qué observa?
 - Ahora prenda la fuente con la brújula abajo o encima de la sección del cable que está recto. ¿Qué observa?
 - Organice la aguja de la brújula y el cable de tal manera que queden paralelos ¿qué observa? Ahora organícelos de tal manera que queden perpendiculares ¿qué observa? ¿Hay alguna diferencia entre las dos observaciones?
 - Con la configuración paralela de la sección del cable recto cable y la brújula, variar la corriente de 5 a 25 miliamperios en intervalos de 5 miliamperios. Llenar la Tabla I con las observaciones y análisis realizados.

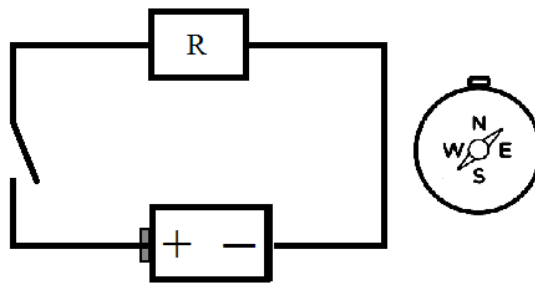


Figura III. Circuito eléctrico en serie con brújula cerca

Tabla I. Descripción y análisis de lo observado

Corriente eléctrica	Descripción y Análisis de lo que observado
5 miliamperios	
10 miliamperios	
15 miliamperios	
20 miliamperios	
25 miliamperios	

4. De acuerdo con la Figura IV construya un columpio con cables de cobre, conecte sus extremos a dos cables; fíjese que el columpio pueda girar. Debajo del columpio coloque un imán y conecte los dos cables a una fuente de 30 V. Describa y explique lo que pasa cuando prende la fuente de voltaje.

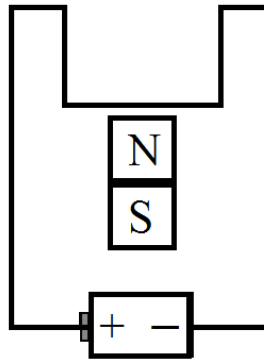


Figura IV. Columpio de Ampere

5. Con una fuente de voltaje de 30 V, una resistencia entre 50 Ω y 100 Ω , cables, un vaso beaker, agua y sal; organice un circuito en serie (ver Figura V), de tal manera que el vaso beaker con agua sea parte del circuito. Describa y explique lo que pasa cuando prende la fuente de voltaje.
- Apagué la fuente y agregué sal al vaso con agua. Vuelva a encender la fuente. Describa y explique lo que observa.

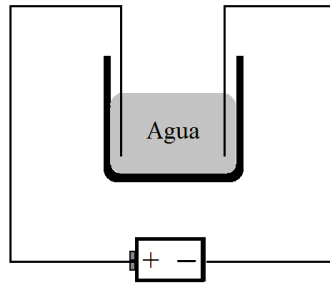


Figura V. Electrolisis del agua

6. Construya un circuito en serie (ver Figura VI), con los bornes de un motor eléctrico de 9V (ver VII), una resistencia entre 20Ω y 70Ω , y un diodo led. Ahora, gire con la mano el rotor de motor. Describa y explique lo que observa.

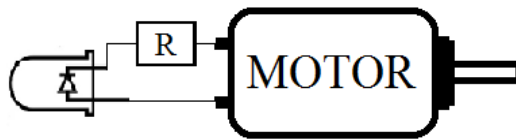


Figura VI. Circuito eléctrico con motor, resistencia y led

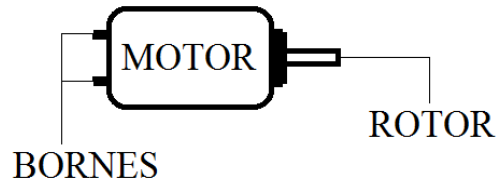


Figura VII. Partes del motor

7. ¿Cómo puede relacionar la luminiscencia del led y el movimiento del rotor?
8. Exposición sobre la medición (ver Anexo 1).

Tercera parte

1. ¿Cómo puede medirse la corriente eléctrica con una brújula? Plantee y explique el instrumento capaz de medirla.
2. ¿Cómo mejorar la precisión y exactitud del instrumento propuesto en el punto anterior?
3. ¿Se podría medir la corriente eléctrica sin hacer uso de una brújula? Explique un instrumento con estas características.

3.4 Descripción de los instrumentos de recolección de información

En cada una de las etapas de la secuencia de enseñanza los estudiantes describen y explican a través de escritos, las diferentes experiencias con la corriente eléctrica. Por lo tanto, los modos de escribir de los estudiantes nos ayudan a entender la forma en que ellos experimentan y entienden los fenómenos relacionados con la corriente eléctrica.

Los escritos de los estudiantes de las descripciones y explicaciones se transcribieron (ver Anexo 2) y los criterios utilizados para el análisis se muestran a continuación.

3.5 Análisis de resultados

Para el análisis de las respuestas de los estudiantes se utiliza la metodología conocida como Fenomenografía, la cual se centra en los modos en que se experimenta un fenómeno, es decir en la Fenomenografía lo importante no es el fenómeno según su explicación científica sino la explicación del fenómeno por parte del estudiante, en relación con la explicación científica. Por lo que un mismo fenómeno puede tener varias maneras de entenderlo, las experiencias no son consideradas como entidades físicas o mentales, sino como una relación entre objeto y sujeto (Marton, 2000). El propósito de un análisis fenomenográfico es organizar las distintas formas en que se experimenta un fenómeno.

Aunque no se puede saber la manera en que una persona experimenta si se puede esbozar la manera en que la persona lo experimenta, a través de las formas en que se expresa sobre lo experimentado. Y con esta información se puede suponer la forma de razonar de la persona en esta experiencia.

En el caso de la secuencia de enseñanza que se ha diseñado, la actividad que realizan los estudiantes es la explicación y descripción a través de escritos sobre las distintas situaciones problemáticas que se les plantearon. De modo que el análisis fenomenográfico se efectúa en las respuestas y descripciones escritas por los estudiantes.

De los diferentes escritos que realizaron los estudiantes para explicar o describir se puede intuir el tipo de razonamiento que tienen los estudiantes sobre la medición de la corriente eléctrica.

Antes de comenzar se va a representar la secuencia de enseñanza, de manera conceptual, en la Tabla 6.

Tabla 6. Etapas y aspectos de la secuencia de enseñanza

Etapa	Aspecto
primera parte	ideas previas sobre la corriente eléctrica
	representación de un circuito eléctrico
	¿Para qué sirve medir la corriente eléctrica?
	¿Cuándo es necesario repetir mediciones?
segunda parte	¿Cómo actúa la corriente en un circuito eléctrico?
	explicar la interacción entre un cable con corriente eléctrica y una brújula
	explicar la interacción entre un cable con corriente eléctrica y un imán
	¿Cómo cambia el agua con sal cuando pasa corriente eléctrica?
	explicar la generación de corriente eléctrica con movimiento mecánico
tercera parte	proponer y explicar un instrumento capaz de medir corriente eléctrica

A partir de los escritos de los estudiantes se establecieron las expresiones que describen en conjunto las diferentes maneras de comprender los diferentes temas propuestos en torno al estudio de la corriente eléctrica.

En primer lugar, se presentan las expresiones que describen la comprensión de los estudiantes, a partir de los análisis de la primera etapa. Hay que tener en cuenta que I son las ideas que están de acuerdo con el conocimiento científico actual y entre más se avanza en la cifra (II, III, IV) más alejadas están las ideas de los estudiantes con las del conocimiento científicos actual.

Ideas previas sobre la corriente eléctrica

- I. Explica la corriente eléctrica utilizando conceptos claros, la corriente eléctrica es una consecuencia de la diferencia de potencial eléctrica entre dos puntos en un conductor.
- II. Explica la corriente eléctrica como un fluido material que se almacena en la fuente de voltaje y se consume en los objetos del circuito eléctrico (led, resistencias, etc.)
- III. Explica la corriente eléctrica como sinónimo de electricidad.

Representación de un circuito eléctrico

- I. La corriente eléctrica sale del positivo al negativo y es constante en el circuito (Ver Figura 11)
- II. La corriente eléctrica sale del positivo al negativo y disminuye a lo largo del circuito (Ver Figura 12)
- III. La corriente eléctrica sale de los dos polos, positivo y negativo (Ver Figura 13)
- IV. La corriente eléctrica solo sale del positivo, por lo que no es necesario un cable al polo negativo (Ver Figura 14)

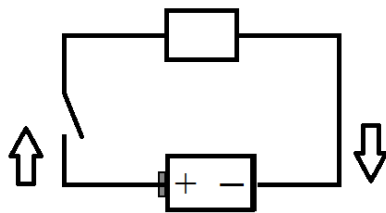


Figura 11. Circuito eléctrico

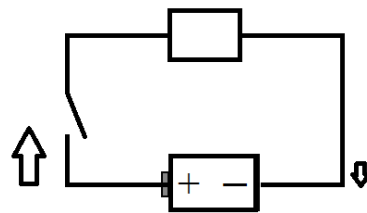


Figura 12. Circuito eléctrico

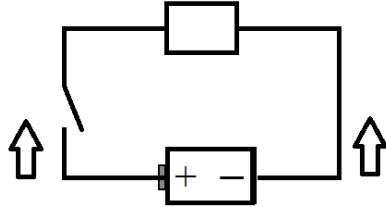


Figura 13. Circuito eléctrico

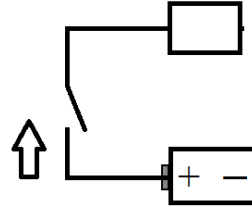


Figura 14. Circuito eléctrico

¿Para qué sirve medir la corriente eléctrica?

- I. La medición tiene varias funciones en la ciencia, encontrar perturbaciones, calcular estimados matemáticos de perturbaciones y encontrar constantes.
- II. Para conocer las condiciones en que se encuentra el sistema medido.
- III. Para comprobar una teoría o construir una teoría.

¿Cuándo es necesario repetir mediciones?

- I. Siempre se deben tomar varias mediciones y se debe tener en cuenta la precisión y exactitud del instrumento de medida, como también las condiciones del experimento.
- II. Si los resultados experimentales y las teorías no concuerdan, ambos deben verificarse.

- III. Si los resultados experimentales y las teorías no concuerdan, deben verificarse los resultados experimentales.
- IV. Nunca, con una medición basta.

Los análisis correspondientes a los aspectos de la segunda etapa son los siguientes:

¿Cómo actúa la corriente en un circuito eléctrico?

- I. El circuito eléctrico es un sistema de interacciones, cambiar una de sus partes afecta a todo el circuito.
- II. La corriente eléctrica es un fluido material que se va gastando a lo largo del circuito.

Explicar la interacción entre un cable con corriente eléctrica y una brújula.

- I. El campo magnético del cable se debe a que fluye corriente eléctrica en el cable.
- II. La brújula se reorienta hacia la misma dirección en que fluye la corriente eléctrica.

Explicar la interacción entre un cable con corriente eléctrica y un imán.

- I. El campo magnético del cable se debe a que fluye corriente eléctrica en el cable.
- II. El campo magnético producido en el cable por la corriente eléctrica se opone al campo magnético del imán.
- III. El movimiento se genera cuando se cierra el circuito, no hablan de la interacción entre campos magnéticos.

¿Cómo cambia el agua con sal cuando pasa corriente eléctrica?

- I. La corriente eléctrica cambia las propiedades del agua con sal.
- II. La corriente eléctrica, en el agua con sal, genera burbujas.
- III. La sal es la que conduce la corriente eléctrica

Explicar la generación de corriente eléctrica con movimiento mecánico

- I. La relación entre la variación del campo magnético en un conductor cerrado genera corriente eléctrica.
- II. Transformación de energía mecánica en energía eléctrica.
- III. El motor es una pila de corriente continua.

Los análisis correspondientes a los aspectos para la tercera etapa son los siguientes:

Proponer y explicar un instrumento capaz de medir corriente eléctrica

- I. Explica la medición de la corriente eléctrica a través de los efectos que produce la corriente eléctrica en un circuito eléctrico.
- II. Conoce de la existencia de instrumentos para medir la corriente eléctrica y explica cómo funcionan.
- III. Conoce de la existencia de instrumentos para medir la corriente eléctrica.
- IV. No sabe nada sobre cómo medir la corriente eléctrica

Resultados

Con los niveles de comprensión expresados en los análisis de resultados, organizados en la Tabla 7 se coloca el nivel en que se encuentran los grupos. En esta tabla se colocan las categorías (ideas que expresan lo entendido) del mismo modo como se explicaron antes, I son las respuestas cercanas al conocimiento científico actual y los siguientes números entre más alejados estén del I más alejados del conocimiento científico actual estarán.

Tabla 7. Análisis de resultados

Etapa	Aspecto	I	II	III	IV
Primera Parte	Ideas previas sobre la corriente eléctrica	Grupo 1 y 3	Grupo 2		
	representación de un circuito eléctrico	Grupo 1, 2 y 3			
	¿Para qué sirve medir la corriente eléctrica?	Grupo 3	Grupo 1 y 2		
	repetir mediciones	Grupo 3	Grupo 1 y 2		
Segunda Parte	corriente en un circuito eléctrico	Grupo 1 y 3	Grupo 2		
	explicar la interacción entre un cable con corriente eléctrica y una brújula	Grupo 1 y 3	Grupo 2		
	explicar la interacción entre un cable con corriente eléctrica y un imán	Grupo 3	Grupo 2	Grupo 1	
	los cambios del agua con sal al pasar corriente eléctrica		Grupo 1, 2 y 3		

	explicar generación de la corriente eléctrica con movimiento mecánico	Grupo 3	Grupo 1	Grupo 2	
Tercera Parte	proponer y explicar un instrumento de medición de corriente eléctrica	Grupo 3	Grupo 1 y 2		

Con los resultados anteriores se puede concluir lo siguiente:

- Aunque en la práctica de laboratorio, los diferentes valores de la medición estén dispersos por la precisión del instrumento, los estudiantes tienden a elegir un valor a su conveniencia y no a registrar los diferentes valores que les arroja el instrumento.
- Los estudiantes saben utilizar los instrumentos de medición pero desconocen, en gran parte, su funcionamiento. Por lo que resulta un reto para ellos imaginar y diseñar instrumentos de medición.
- A los estudiantes les es difícil pensar que pueden utilizar uno de los diferentes efectos que produce un fenómeno para lograr una medición.

4. Conclusiones

En el desarrollo de este trabajo se abordaron diversos aspectos: la historia de la medición de la corriente eléctrica, los problemas que presentan los estudiantes con relación a la medición de la corriente eléctrica y el diseño e implementación de una propuesta para trabajar los problemas que presentan los estudiantes con relación a la medición. De dichos aspectos se puede concluir que:

- Como se presenta en la lectura de la Unesco “como promover el interés por la cultura científica” tener una idea equivocada sobre cómo funciona la ciencia., conlleva problemas en su aprendizaje y enseñanza. Por lo que es posible que tener ideas equivocadas sobre la medición es también nocivo para el aprendizaje y enseñanza de las ciencias. Tales ideas llevaron a pensar sobre la medición y su papel en la ciencia, ¿las ideas que tienen estudiantes y profesores sobre la medición son correctas? ¿qué funciones desempeña la medición en la ciencia?, tales preguntas fueron contestadas con la lectura de Kuhn sobre la función de la medición en la física moderna, se descubrió que la idea predominante sobre la medición no es equivocada, pero si está incompleta; falta lo que Kuhn llama medición normal y medición extraordinaria. Al estudiar el desarrollo de la unidad electromagnética de la corriente, la cual no era un trabajo para demostrar o crear teorías; sino que fue un trabajo de medición normal, adquieren un mayor sentido las ideas de Kuhn, no solo las relacionadas a la medición, sino también las relacionadas al desarrollo de las ciencias por medio del paradigma. Con lo cual se puede concluir que realizar investigaciones de esta índole, no solo ayuda a tener una imagen más coherente de la medición, sino también de quehacer científico.
- Se buscó mejorar la comprensión de las funciones de la medición en el estudio del electromagnetismo en los estudiantes a partir del análisis del proceso de medición de la corriente eléctrica, a través de la secuencia de enseñanza propuesta en este trabajo. Evidenciando que los estudiantes: 1) Aunque en la práctica de laboratorio, los diferentes valores de la medición estén dispersos por la precisión del instrumento, los estudiantes tienden a elegir un valor a su conveniencia y no a registrar los diferentes valores que les arroja el instrumento. 2) Los estudiantes saben utilizar los instrumentos de medición pero desconocen, en gran parte, su funcionamiento. Por lo que resulta un reto para ellos imaginar y diseñar instrumentos de medición. 3) A los estudiantes les es

difícil pensar que pueden utilizar uno de los diferentes efectos que produce un fenómeno para lograr una medición.

- Las visiones que se tienen de la actividad científica resultan un impedimento cuando se quiere aprender y enseñar ciencia, esto se debe a que en su mayoría solo se preocupa por la solución de problemas algorítmicos descuidando los aspectos relacionados a los conceptos. Cuando en la resolución de problemas, no solo se consideran los algorítmicos, si además se aborda la comprensión de los conceptos, esto facilita el análisis y solución de problemas.
- Los estudiantes, en el final, en su discurso proponían variables que podían alterar la medición como por ejemplo la humedad, y las tenían en cuenta para mejorar la precisión y exactitud del instrumento. Así como también en algunos casos (grupo3) pensaban en otro tipo de montajes para la construcción de instrumentos de medición, o en otros casos (grupo 1) proponían el uso de circuitos integrados para la medición de corrientes. Por lo que se concluye que hubo un avance en la desmitificación de la medición.
- Teniendo en cuenta la metodología de enseñanza de las ciencias como investigación orientada, se puede mejorar la forma en que los estudiantes entienden el quehacer científico. Y también dejar de ver el conocimiento científico como una verdad absoluta que solo tiene un método y comenzar a verlo como construcciones de humanos, donde el ingenio del científico juega un papel activo.
- Implica un reto para el docente la planeación de contenidos para las clases de ciencia, porque en esa planeación tiene que visualizar una manera en que el estudiante desarrolle determinadas habilidades y conceptos. Una manera de orientar dicha planeación es con un estudio histórico, de tal manera que la ciencia se problematice y humanice. Se problematiza porque el conocimiento trabajado con los estudiantes ya no será el conocimiento de la clase, sino que será la respuesta a un problema. Y se humaniza porque se conoce que no es un método científico el que realiza todo el trabajo sino una comunidad científica; seres humanos, como también se vuelven conscientes de los errores y aciertos de los científicos.

Aunque también hay que tener en cuenta que, el conocimiento científico no fue hecho para ser significativo para los estudiantes, es por eso por lo que el profesor tiene que

estudiar el conocimiento científico para organizarlo y estructurarlo para la educación. Al final se espera que dicho conocimiento sea relevante para los estudiantes.

También proponer el tipo de actividades de este trabajo en las clases de ciencia, ayuda a que los profesores en formación tengan una mejor visión de la empresa llamada ciencia. Y a su vez que ellos transmitan versiones más coherentes de la empresa ciencia.

Lo anterior puede ser resumido en las palabras de Ausubel “el trabajo de clarificación realizado nos permite alejarnos de los habituales reduccionismos e incluir aspectos que no solo son esenciales en una investigación científica, sino que resulta imprescindibles para favorecer el aprendizaje realmente significativo, no memorístico, de las ciencias.

- Es coherente pensar que es una ganancia incorporar tecnologías modernas para las prácticas de medición. Las actuales mediciones en investigación científica utilizan ordenadores y muchos otros aparatos tecnológicos. También los estudiantes están bastante relacionados con estos aparatos, por lo que puede resultar con dos ganancias la incorporación de dichas tecnologías: la primera, el estudiante trabaja un campo desconocido para él, mediciones, a través de aparatos que él conoce. Y segundo, se puede mejorar notoriamente la precisión y exactitud de las mediciones, en relación con las capacidades que tienen dichos aparatos como son los sensores sensibles a la luz, electricidad y temperatura.

5. Bibliografía

- Arcá, M. G. (1990). *Enseñar ciencia*. PaídosPaídos.
- Assis, A. K. (2004). *n the electromagnetic and electrostatic units of current and the meaning of the absolute system of units- for the 200th anniversaty of Wilhem Weber`s birth*.
- Buffler, A., Lubben, F., & Ibrahim, B. (2009). The Relationship between Students' Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. *International Journal of Science Education*, 1137-1156.
- Bureau International des Poids et Mesures. (2006). *The International System of Units (SI)*. Paris. Obtenido de bureau international des poids et mesures: <https://www.bipm.org/en/about-us/>
- Bureau International des Poids et Mesures. (2012). *International vocabulary of metrology*.
- Cano Vásquez, J., Gómez Toro, J., & Cely Rued, I. (2009). *La Enseñanza Del Concepto De Corriente Eléctrica Desde Un Enfoque Histórico-Epistemológico*. Medellín: Universidad De Antioquia.
- Castro, R. (2015). *Construcción de un patrón de medida para el estudio de la intensidad lumínica propuesto por Jules Violle*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- García Camargo, M. (2015). *Estudio de los circuitos eléctricos: Implicaciones disciplinares y didácticas en el proceso de enseñanza en estudiantes de grado quinto*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo Barrios, C., Valdés, P., & Vilches Peña, A. (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?. Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Unesco.
- Hacking, I. (1983). *Representar e Intervenir*. Cambridge: Paídos.
- Humphreys, A. (1937). The development of the conception and measurement of electric current. *Annals of Science*, 164-178.
- Kuhn, T. (1996). *La Tensión Esencial*. México: Fondo De Cultura Economica.

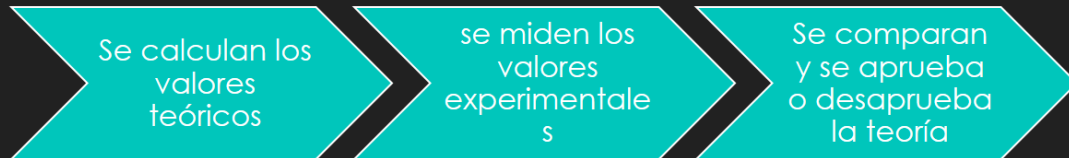
- Museo di Fisica del dipartimento di fisica università la sapienza . (6 de 11 de 2017). *MUSEO DU FISICA*. Obtenido de <https://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/museo/home.htm>
- parcourspedagogique. (Enero de 2013). *parcourspedagogique*. Obtenido de <http://www.ampere.cnrs.fr/parcourspedagogique/?lang=fr>
- Porlán, R., & Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. DIADA EDITORA.
- Pozo Municio, J. I., & Gómez Crespo, M. Á. (2000). *Aprender y enseñar ciencia*. española: Morata.
- Raymond A. Serway, J. W. (2009). *Física para Ciencias e Ingeniería*. México.
- Torres Assis, A. K., Reich, K., & Heinrich Wiederkehr, K. (s.f.). *Gauss and Weber's Creation of The Absolute System of Unist in Physics*.
- Weber, W. (1848). On the Measurement of Electro-dynamic Forces. En R. Taylor, *Scientific Memoirs, selected from the Transactions of Foreign Academies of Science and Learned Societies*. (pág. artículo 14). London.
- Whittaker, E. (1910). *A history of the theories of aether and electricity*.

6. Anexos

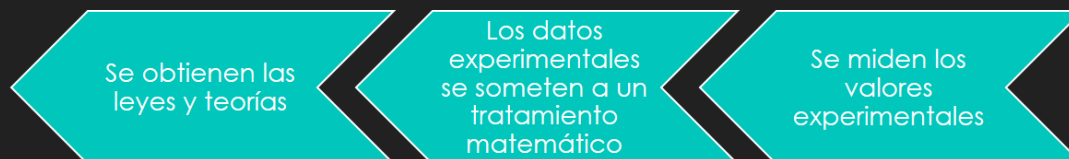
6.1 Anexo 1: Diapositivas de la presentación sobre las funciones de la medición en la física



Para Probar Teorías



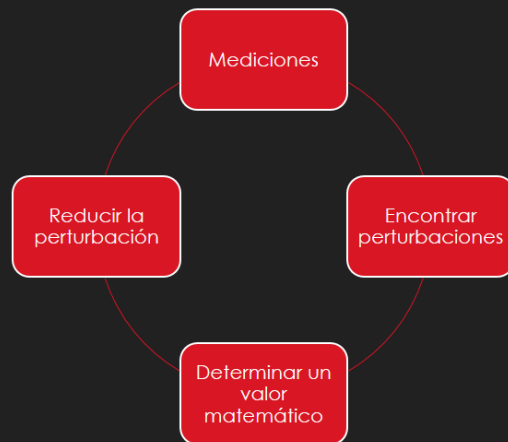
Para la creación de teorías



Concordancia razonable



Medición Normal



Los Funciones De La Medición

para probar
teorías

Para la
creación de
teorías

Concordancia
razonable

Medición
normal

Medición
extraordinaria

6.2 Anexo 2: Transcripción de los análisis y descripciones de los estudiantes

Primera parte

1. Enumerar los aparatos que utilicen en su vida cotidiana y que requieran de corriente eléctrica para funcionar.

Grupo 1: celular, televisor, computador, nevera y licuadora.

Grupo 2: computador, nevera, televisor, automóviles, celulares, cargador, carros y electrodomésticos.

Grupo 3: televisor, computador, celular y audífonos

2. De acuerdo con su experiencia y su saber ¿qué es corriente eléctrica?

Grupo 1: la corriente eléctrica hace referencia al flujo de carga por unidad de tiempo a través de un conductor.

Grupo 2: la corriente eléctrica es un flujo de energía controlada para hacer funcionar máquinas de diversas clases.

Es un flujo de electrones que se mueve dentro del cable.

Grupo3: la corriente eléctrica es el flujo de electrones, dependiendo del material. Este flujo se da de diferentes formas, en algunos casos el material determina la facilidad con la que los electrones se mueven (rapidez)

3. Dibujar un circuito capaz de hacer prender un diodo tipo led y utilizar los símbolos de la Figura I que considere necesarios.

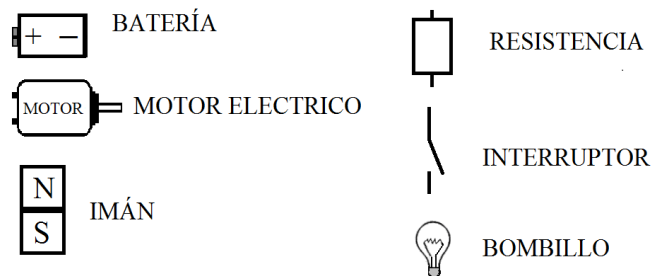


Figura I símbolos de los circuitos eléctricos

4. De acuerdo con su experiencia y saber cuándo se realizan circuitos eléctricos ¿para qué medir la corriente eléctrica?

Grupo 1: medir corriente en un circuito eléctrico sirve para corroborar cálculos realizados previamente al montaje propiamente dicho, así mismo es posible, con ayuda de la medición de otras magnitudes como voltaje, despejar matemáticamente la potencia que consume un elemento o la resistencia que este posea.

Grupo 2: para tener en cuenta la resistencia de todo el sistema, el calibre de los cables. Además, para tener en cuenta la magnitud del flujo que se trabaja en el circuito

Grupo 3: como uso práctico se puede hacer para asegurarse de algún tipo de riesgo al tener contacto con conexiones eléctricas, como ejercicio practicó conocer la corriente eléctrica y el voltaje o la resistencia permite utilizar algunas relaciones matemáticas.

5. Suponga que realiza un circuito eléctrico y realiza mediciones de la corriente eléctrica con un multímetro, ¿en qué condiciones es necesario repetir la medición de la corriente eléctrica?

Grupo 1:

- Cuando los valores no coinciden con lo calculado o esperado.
- Cuando el valor que muestra el multímetro oscila demasiado.
- Cuando las terminales del circuito y las puntas del multímetro no tienen un adecuado contacto.
- Si el multímetro indica poca carga o necesita cambio de batería, por lo que sería necesario medir con otro instrumento.

Grupo 2: depende el circuito que se esté trabajando la corriente varía de punto en punto. Es necesario medir la corriente cada vez por una resistencia.

También cuando el circuito está en un lugar húmedo.

Grupo 3: en el caso de un experimento existen varias razones para repetir una medición, por ejemplo, si se requiere de varios datos, o por si el resultado del

experimento no coincide con el esperado teórico, también sucede que en algunos casos el valor de la corriente tiene fluctuaciones muy grandes.

Segunda parte

1. Imagine que tiene un circuito en serie con una fuente de voltaje de 30 v, tres diodos tipo led, de las mismas características; una resistencia de 100Ω y un interruptor como se muestra en la Figura II. Al cerrar el interruptor ¿Qué sucede?

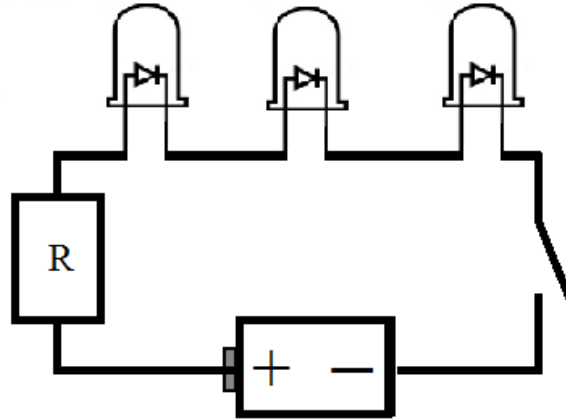


Figura II. Circuito en serie

Grupo 1: al cerrar el interruptor se permite el flujo de corriente eléctrica, las cargas pasan del borne positivo de la batería a través de todos los elementos del circuito y terminan en el borne negativo de la batería, esto permite que al pasar por cada led este encienda, siempre y cuando el voltaje en cada uno de ellos mayor o igual al requerido para su funcionamiento, y se encuentren correctamente conectados.

Grupo 2: en primera instancia, al tener en cuenta el flujo de la corriente eléctrica podemos decir que el led 1 prende con gran intensidad mientras que el segundo alumbrara con menos intensidad y el tercero puede que no alumbrara puesto que al consumir energía funcionarían como una especie de resistencia.

Grupo 3: depende del voltaje de la batería, si no es lo suficientemente potente la batería no encenderá ninguno de los bombillos, la batería requiere de un voltaje suficiente para prender los tres bombillos y lidiar con el efecto de la resistencia en el voltaje.

2. Realice el circuito de la Figura en una protoboard, con los materiales mencionados en el punto anterior.

¿Cuál led alumbrará más y cuál menos? En términos del concepto de corriente eléctrica, justifique su respuesta y compléméntela haciendo uso de Figura.

Grupo 1: los tres leds alumbran con la misma intensidad, esto se debe a que la configuración de circuito serie tiene la característica de mantener la misma corriente en todos los puntos y solo dividir el voltaje de la batería entre los elementos, tendrán más o menos voltaje de acuerdo con la resistencia de cada uno, debido a que los leds son de la misma referencia, tendrán el mismo voltaje.

Grupo 2: se veía muy opaco por lo que es difícil determinar una respuesta, pero el primero alumbra más.

Grupo 3: todos los bombillos encienden con la misma intensidad lumínica.

3. Ahora con los siguientes materiales: una fuente de voltaje de 30 V, una resistencia eléctrica de entre 50Ω a 150Ω y cables, organice un circuito eléctrico de tal manera que los cables del circuito estén rectos (ver Figura III).

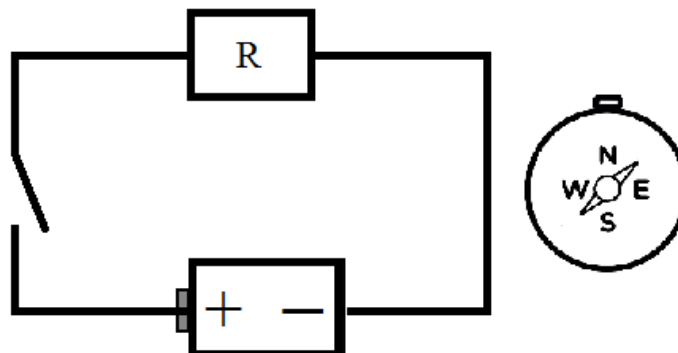


Figura III. Circuito eléctrico en serie con brújula cerca

- Sin prender la fuente, coloque una brújula encima o debajo de un cable recto. ¿Qué observa?

Grupo 1: ningún cambio en la brújula.

Grupo 2: no pasa nada

Grupo 3: no hay cambio en la brújula, ni en el circuito

- Ahora prenda la fuente con la brújula abajo o encima de la sección del cable que está recto. ¿Qué observa?

Grupo 1: cambia de orientación la aguja de la brújula

Grupo 2: la brújula se reorienta hacia la misma dirección en que fluye la electricidad.

Grupo 3: al encender la fuente se observa una fluctuación en la aguja de la brújula, inicialmente apunta hacia el norte una vez se prende la fuente la aguja se mueve recorriendo un ángulo cada vez mayor cuando la distancia es más pequeña entre los cables y la brújula.

- Organice la aguja de la brújula y el cable de tal manera que queden paralelos ¿que observa? Ahora organícelos de tal manera que queden perpendiculares ¿qué observa? ¿Hay alguna diferencia entre las dos observaciones?

Grupo 1: en la primera (paralelos) se observa una desviación de la brújula, en la segunda (perpendiculares) no hay desviación.

Grupo 2: en la primera (paralelos) se observa una desviación de la brújula, en la segunda (perpendiculares) no hay desviación.

Grupo 3: en este caso también se observa una fluctuación en la aguja de la brújula, la diferencia es que en el caso anterior se barrió un ángulo en el sentido de las manecillas del reloj y en este caso no.

- Con la configuración paralela de la sección del cable recto cable y la brújula, variar la corriente de 5 a 20 Amperios en intervalos de 5 Amperios. Llenar la Tabla I con las observaciones y análisis realizados.

Tabla I. Descripción y análisis de lo observado

Corriente eléctrica	Descripción y Análisis de lo que observado		
	grupo	1	2
0 Amperios	No hay flujo de corriente, y por lo tanto no se genera un campo magnético, que es lo que haría un cambio en la orientación de la brújula.	Ningún cambio en la brújula	No hay cambio en la brújula, ni en el circuito
5 Amperios	Si hay flujo de corriente, por lo que la posición de la aguja de la brújula cambio aproximadamente 20 grados, y es debido a que el campo eléctrico genera un campo magnético perpendicular a la dirección del flujo de la corriente.	Varia un ángulo de 17 grados	En este caso se observa que la aguja de la brújula oscila, como si el campo generado por el cable no fuera muy fuerte.
10 Amperios	Sucede algo parecido al anterior, sin embargo, los grados que se movió la aguja son aproximadamente 28-30 grados, esto se debe a que, al aumentar el campo eléctrico, se aumenta el campo magnético.	Varia un ángulo de 37	Con 10 amperios la fluctuación en la aguja es pequeña pero ya no se nota una oscilación en la aguja, en cambio mantiene su nueva posición estática.
15 Amperios	Se mueve mucho más, aproximadamente 40 grados.	Varia muy poco respecto al anterior	En este caso la fluctuación es más grande y al igual que en el caso anterior la brújula mantiene esta posición sin oscilar.
20 Amperios	Se mueve cerca de 45 grados	Varia muy poco	Al igual que en los casos anteriores la aguja fluctúa.

4. De acuerdo con la Figura IV construya un columpio con cables de cobre, conecte sus extremos a dos cables; fíjese que el columpio pueda girar. Debajo del columpio coloque un imán y conecte los dos cables a una fuente de 30 V. Describa y explique lo que pasa cuando prende la fuente de voltaje.

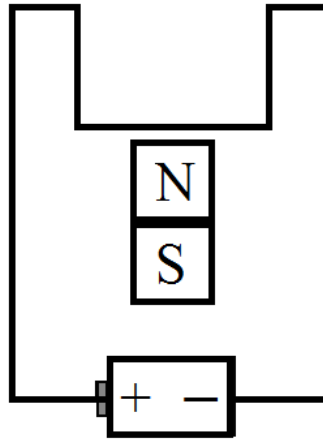


Figura IV. Columpio de Ampere

Grupo 1: al momento de conectar el cable de cobre presenta movimiento, dicho movimiento cambia la posición y esta posición se mantiene hasta que desconecte la batería.

Grupo 2: el flujo de corriente eléctrica en el cobre genera un campo eléctrico que a su vez genera un campo magnético que se opone al campo de los imanes

Grupo 3: al encender la fuente el columpio se mueve, esto sucede porque la fuente suministra corriente a todo el sistema, la sección del cable que forma el columpio tiene la capacidad de moverse, cuando interactúan el campo magnético de los imanes con el campo que se genera por el paso de la corriente sobre el columpio se produce fuerza sobre el cable que lo hace oscilar.

5. Con una fuente de voltaje de 30 V, una resistencia entre 50Ω y 100Ω , cables, un vaso beaker, agua y sal; organice un circuito en serie (ver Figura V), de tal manera que el vaso beaker con agua sea parte del circuito.

Describa y explique lo que pasa cuando prende la fuente de voltaje.

Apagué la fuente y agregué sal al vaso con agua. Vuelva a encender la fuente. Describa y explique lo que observa.

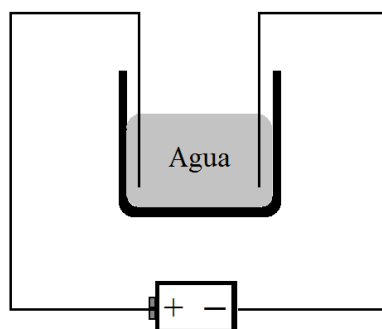


Figura V. Electrolisis del agua

Grupo 1: con agua: con el vaso únicamente lleno de agua en su interior no pasa nada, luego al probar con sal introducida el agua comienza a generarse burbujas al interior del recipiente.

Grupo 2: Con agua: no se completa el circuito no se marca corriente en la fuente ni en el multímetro.

Con agua y sal: al agregar sodio al sistema aparecen burbujas que van cuenta de un paso de electrones entre un cable a otro que completa el circuito haciendo marcar corriente en la fuente.

Grupo 3: en la primera parte del experimento, cuando no hay sal en el agua, la fuente de voltaje nos muestra que no existe paso de corriente. En la segunda parte se empezó con una corriente baja y se fue aumentando, a medida que se aumenta se observan burbujas que salen de uno de los extremos de los cables primero y después del otro extremo a medida que se aumenta el voltaje.

6. Construya un circuito en serie (ver Figura VI), con los bornes de un motor eléctrico de 9V (ver Figura VII), una resistencia entre 20Ω y 70Ω , y un diodo led. Ahora, gire con la mano el rotor de motor. Describa y explique lo que observa.

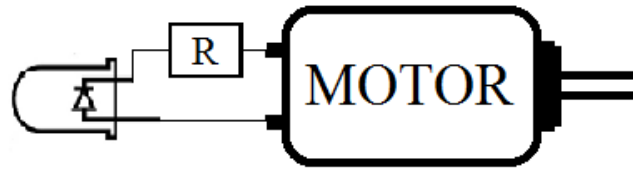


Figura VI. Circuito eléctrico con motor, resistencia y led

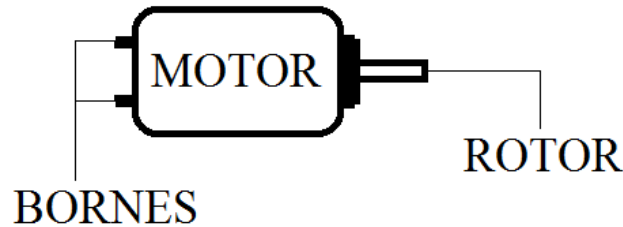


Figura VII. Partes del motor eléctrico de 9v

Grupo 1: a partir de cierta velocidad alcanzada al girar el rotor el diodo comienza a encender, en el momento que se baja la velocidad demasiado este se apaga.

Grupo 2: dependiendo de cómo se configure el sistema el led enciende o no.

7. ¿Cómo puede relacionar la luminiscencia del led y el movimiento del rotor?

Grupo 1: se relacionan mediante transformación de energía, es decir un movimiento de rotor realizado con mi manó (energía mecánica) se transforma mediante el electroimán y las bobinas en energía eléctrica, la cual es utilizada por el led para emitir luz (este grupo desarmo el imán y me pregunto sobre sus partes)

Grupo 2: con la electricidad directa, porque el led funciona con ella. El motor al girar produce corriente directa.

Grupo 3: la relación del rotor y la luminiscencia se ve en la velocidad con la que se hace mover el rotor, cuando la velocidad es baja en el rotor la luminiscencia es baja y a medida que el rotor se mueve más rápido el bombillo emite con más intensidad.

Tercera parte

1. ¿Cómo puede medirse la corriente eléctrica con una brújula? Plantee y explique el instrumento capaz de medirla.

Grupo 1: ya que al acercarse la brújula al cable esta cambia de dirección, y dependiendo de la magnitud de la corriente esta varía su posición más o menos alejada del origen o punto de referencia, puedo usar este cambio para medir la corriente, siempre y cuando se mantenga cierto cuidado con la orientación de la brújula en todas las mediciones.

Grupo 2 determinando la variación de la brújula.

Grupo 3: la brújula se ve afectada por campos electromagnéticos; si se conoce el campo electromagnético de la tierra se puede hacer una relación entre la fluctuación de la aguja y la fuerza o el torque que ejerce el campo electromagnético del cable cuando sobre el pasa corriente.

¿Cómo mejorar la precisión y exactitud del instrumento propuesto en el punto anterior?

Grupo 1: para mejorar la precisión es necesario usar un instrumento de muy buena calidad, es decir, una brújula cuyo norte u orientación no se pierda con facilidad, y la exactitud se puede mejorar aislando de cualquier interferencia en el medio que perturbe la medición.

Grupo 2: refinando el experimento determinando una métrica y teniendo en cuenta todos los factores que afectan el experimento como la presión atmosférica y el campo magnético.

Grupo 3: para mejorar la precisión en la medición del ejercicio anterior se debe tener en cuenta las perturbaciones que afectan el experimento, por ejemplo, la interferencia e los dispositivos cercanos, además de otras interferencias propias del ambiente para solucionar este problema se pueden eliminar dichas interferencias con la construcción de dichos instrumentos o calcular los efectos y tenerlos en cuenta.

2. ¿Se podría medir la corriente eléctrica sin hacer uso de una brújula? Explique un instrumento con estas características.

Grupo 1: mediante un multímetro, el cual mediante circuitos integrados realiza comparaciones y convierte la magnitud medida (corriente) en un valor numérico.

Grupo 2 un voltímetro es un instrumento diseñado para tal fin.

Grupo 3: para medir la corriente eléctrica en un circuito se puede utilizar un montaje parecido al del columpio (punto 4) y se puede hacer una relación entre el ángulo que se mueve, el columpio y la corriente que se genera por el paso de corriente en el circuito.