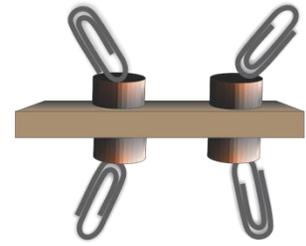
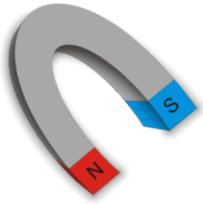


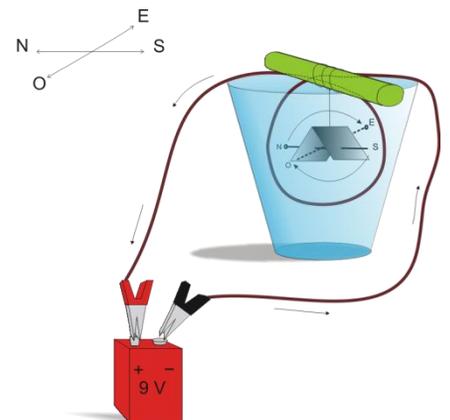
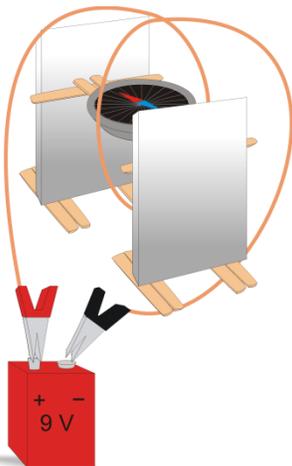
1



**ACTIVIDADES EXPLORATORIAS CUALITATIVAS: BASES PARA LA
CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO. ELEMENTOS PARA
UNA PROPUESTA DIDÁCTICA**



**FACULTAD DE EDUCACIÓN
2012**



**ACTIVIDADES EXPLORATORIAS CUALITATIVAS: BASES PARA LA
CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO. ELEMENTOS PARA
UNA PROPUESTA DIDÁCTICA**

**LUIS FELIPE CADAVID CHICA
FANUER JAVIER LÓPEZ MONÁ**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA
2011**

**ACTIVIDADES EXPLORATORIAS CUALITATIVAS: BASES PARA LA
CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO. ELEMENTOS PARA
UNA PROPUESTA DIDÁCTICA**

**LUIS FELIPE CADAVID CHICA
FANUER JAVIER LÓPEZ MONÁ**

**Trabajo de Investigación como requisito parcial para optar al título de
Licenciados en Matemáticas y Física**

ASESOR

**Julián David Medina Tamayo
Magíster en Educación, línea de Educación en Ciencias Experimentales**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA
MEDELLÍN
2011**

**ACTIVIDADES EXPLORATORIAS CUALITATIVAS: BASES PARA LA
CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO. ELEMENTOS PARA
UNA PROPUESTA DIDÁCTICA**

JURADO CALIFICADOR 1

JURADO CALIFICADOR 2

DOCENTE ASESOR

RESUMEN

En el siguiente trabajo se podrá encontrar un análisis de una de las concepciones sobre actividad experimental que hay en el medio científico, la cual tiene como objetivo principal abordar desde un enfoque cualitativo exploratorio una alternativa de enseñanza que permita al estudiante construir el fenómeno magnético.

Esta propuesta inicia desarrollando una amplia reflexión sobre el papel de la actividad experimental en la ciencia y desde luego en la educación, se analizan las fortalezas y los beneficios que brinda considerarla como una alternativa en la enseñanza cuando se sobrepasa las precarias condiciones en las que hoy es asumida, luego se intenta conjugar el papel de dicha actividad en la construcción del fenómeno de inducción magnética para proponer después una propuesta pedagógica donde se construya el fenómeno de inducción magnética a través de guías experimentales.

Este trabajo se construye con la ayuda del examen de las reflexiones e investigaciones hechas por diferentes autores en especial los estudios afrontados por María Mercedes Ayala, sobre la reflexión sobre la re-contextualización de saberes científicos, como también la filosofía de la experimentación propuesta por José Ferreiros y Javier Ordoñez, y la replicaciones experimentales ilustradas por Elizabeth Cavicchi, entre otros.

ABSTRACT

In this paper, we will find an analysis of the conceptions of experimental activity that is in the scientific community, which has as main objective to address from an exploratory qualitative approach, an alternative school that allows students to construct the magnetic phenomenon.

This proposal starts developing a broad reflection on the role of experimental activity in science and certainly in education, we analyze the strengths and benefits offered to consider it as an alternative in education when it exceeds the precarious conditions in which today is assumed, then try to combine the role of this activity in the construction of the phenomenon of magnetic induction to propose a pedagogical then be built where the phenomenon of magnetic induction through experimental guidelines.

This work is built with the help of reflection and review of research by different authors in particular the studies faced by Maria Mercedes Ayala, Reflection on the re-contextualization of scientific knowledge, as well as the philosophy of experimentation proposed by Jose Ferreiros and Javier Ordonez, experimental replication and illustrated by Elizabeth Cavicchi, among others

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestros padres, familiares, y amigos que en múltiples oportunidades fueron la luz de motivación para lograr nuestros objetivos.

AGRADECIMIENTOS

De corazón agradecemos a todos los docentes y estudiantes que han compartido diferentes experiencias y enseñanzas en el transcurso de la carrera, porque su vocación es el motor que nos empuja a seguir construyendo país desde la educación. Agradecemos especialmente a Julián David Medina Tamayo por invertir su tiempo y conocimiento en nuestro trabajo de grado, al profesor Rubén Darío Mejía Ciro por enseñarnos que en el pensamiento se encuentra la clave para vivir mejor, y a muchos otros docentes que desde las diferentes construcciones que han realizado del mundo invitan a seguir buscando nuestros propios significados intentando dar respuesta a los innumerables cuestionamientos que rodean la existencia del hombre.

TABLA DE CONTENIDO

ACTIVIDADES EXPLORATORIAS CUALITATIVAS: BASES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO. ELEMENTOS PARA UNA PROPUESTA DIDÁCTICA.....	1
ACTIVIDADES EXPLORATORIAS CUALITATIVAS: BASES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO. ELEMENTOS PARA UNA PROPUESTA DIDÁCTICA.....	2
ACTIVIDADES EXPLORATORIAS CUALITATIVAS: BASES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO. ELEMENTOS PARA UNA PROPUESTA DIDÁCTICA.....	3
ACTIVIDADES EXPLORATORIAS CUALITATIVAS: BASES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO MAGNÉTICO. ELEMENTOS PARA UNA PROPUESTA DIDÁCTICA.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTOS.....	8
TABLA DE CONTENIDO.....	9
TABLA DE FIGURAS.....	11
TABLA DE FOTOGRAFÍAS.....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
ANTECEDENTES.....	15
JUSTIFICACIÓN:.....	19
OBJETIVOS.....	21
OBJETIVO GENERAL.....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
DISEÑO METODOLÓGICO.....	22
Enfoque Cualitativo.....	22
Herramientas metodológicas:.....	22
MARCO TEORICO.....	24
CAPITULO 1: EXPERIMENTACIÓN CUALITATIVA EXPLORATORIA.....	24
ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE TEORÍA.....	24
SIGUE LA TENDENCIA EN LA ESCUELA.....	28
LA EXPERIMENTACIÓN CUALITATIVA EXPLORATORIA.....	31
CAPITULO 2: EL SABER DICIPLINAR; LA INTERACCIÓN MAGNETICA.....	35
LOS IMANES.....	35
LA BRUJULA, UN IMÁN QUE GIRA.....	37
DESCRIBIENDO LA IDEA DE INTERACCIÓN MAGNETICA.....	42
COINCIDENCIAS CON OTRO FENOMENO.....	46
DETECTANDO OTRO CAUSANTE DEL EFECTO MAGNETICO.....	50

LA RELACIÓN DE LA CORRIENTE CON EL MAGNETISMO.....	51
LA CONSTRUCCIÓN PROPIA DE INTERACCIÓN MAGNETICA	54
ANÁLISIS.....	69
EXPERIENCIA EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS GUÍAS	69
ESTRUCTURA DE LAS GUÍAS	70
ANÁLISIS DESDE LAS CATEGORÍAS ELEGIDAS.....	71
Elementos característicos de la actividad exploratoria en el trabajo con los estudiantes.....	72
Los distintivos que los estudiantes distinguen para construir el referente de interacción magnética.	76
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO.....	80
CONCLUSIONES.....	80
PERSPECTIVAS.....	81
ANEXOS.....	88
ANEXO 1: GUIA 1	88
ANEXO 2: GUÍA 2.....	93
ANEXO 3: POSIBLES PERSPECTIVAS DEL TRABAJO	99

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de imanes según su forma	35
Figura 2: Atracción de material de hierro hacia el imán, a lo largo de su extensión.....	36
Figura 3: Elemento ferroso atraído por el polo norte y por el polo sur de un imán.....	36
Figura 4: Líneas formadas por limaduras de hierro causadas por el efecto magnético cuando se coloca un imán debajo de un papel.....	39
Figura 5: Imán en forma de toroide repelido por superficie de cobre.....	40
Figura 7: Efecto de repulsión entre dos elementos ferrosos, ambos imantados y puestos con sus polos iguales.	24
Figura 6: Efecto de atracción entre dos elementos ferrosos, uno esta imantado y el otro no.	41
Figura 8: Elemento ferroso pegado al polo de un imán repele el mismo polo de otro imán.	42
Figura 9: Elemento ferroso pegado al polo de un imán atrae otros elementos ferrosos. .	43
Figura 10: Vista lateral de la actividad donde se aprecian 4 elementos con 4 clips.....	44
Figura 11: Vista frontal donde se aprecian 2 elementos y 2 clips atraídos por los elementos	44
Figura 14: Representación del movimiento de la aguja de una brújula cuando es expuesta al efecto magnético generado por la corriente eléctrica que fluye por un cable	45
Figura 13: Representación del movimiento de la aguja de una brújula de acuerdo en el lugar del imán al que sea expuesta.....	45
Figura 15: En el momento A no hay interacción entre imán y brújula, en el momento B la cantidad del efecto magnético del imán hace que la brújula reaccione a pesar de la distancia	46
Figura 16: Actividad en la que se dejan caer un imán y otro objeto con las mismas dimensiones a través de un tubo de aluminio y donde se le toma el tiempo de caída a cada elemento	50
Figura 17: Montaje experimental donde las limaduras de hierro interactúan por un efecto magnético generado por la corriente que fluye en el cable	52
Figura 18: Vista superior de un cable que atraviesa un papel que tiene alrededor limaduras de hierro.	52
Figura 19: Representación del efecto magnético que se genera por la corriente que atraviesa un cable detectado con la ayuda de una brújula.	53
Figura 20: Circulo graduado.....	57
Figura 21: Vista frontal del experimento.....	59

Figura 22: Vista superior del experimento	62
Figura 23: Diseño del nuevo montaje que disminuye los errores en la apreciación del fenómeno.....	63
Figura 24: Explicación de la convención de cómo fluye el efecto magnético en la aguja de la brújula.....	65
Figura 25: Descripción de la ley de la mano derecha para campos magnéticos inducidos por una corriente eléctrica.....	66
Figura 26: Explicación de los vectores que actúan en el fenómeno electromagnético.....	67
Figura 27: modelo de cómo se interpreta la interacción entre los tres vectores.....	67
Figura 28: Interacción entre campos magnéticos.	68
Figura 29: Actividad con imanes	89
Figura 29: Actividad con la brújula	90
Figura 30: Actividad con diferentes materiales	91
Figura 31: Actividad con tubo de aluminio e iman, otra forma de observar la interacción magnética	92
Figura 33. Representación frontal del primer montaje experimental de la guía 2.....	95
Figura 32. Representación superior del primer montaje experimental de la guía 2.....	95
Figura 34. Representación superior del segundo montaje experimental.....	95
Figura 35. Representación frontal del segundo montaje experimental	96
Figura 36. Explicación de la convención del flujo de la corriente eléctrica	99
Figura 37. Convención sobre el movimiento de la corriente.	100
Figura 38. Ley de la mano derecha	100
Figura 39. Caso donde se presencia el fenómeno de inducción electromagnética.	100
Figura 40: Caso donde se presencia el fenómeno de inducción electromagnética.....	101
Figura 41: Explicación de la ley de la mano derecha para los tres vectores que intervienen en el fenómeno electromagnético	101
Figura 42: Casos de atracción y repulsión magnética provocados por flujos de corriente eléctrica	102
Figura 43: Inducción magnética generada por un flujo de corriente eléctrica que pasa por un cable en forma de espira.....	103
Figura 44: Inducción magnética generada por un flujo de corriente eléctrica que pasa a través de un cable en forma de varias espiras.....	103

TABLA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: <i>Brújula sencilla.....</i>	37
Fotografía 2: <i>Estudiante colegio CEFA de Medellín, frotando globo contra el cabello</i>	48
Fotografía 4: <i>Estudiantes del colegio CEFA de Medellín, atrayendo cinta de aluminio con globo cargado electrostáticamente.....</i>	48
Fotografía 3: <i>Estudiante del colegio CEFA de Medellín, atrayendo su cabello con dos globos cargados electrostáticamente</i>	48
Fotografía 5: <i>Estudiantes del colegio Francisco Miranda de Medellín construyendo un montaje experimental.....</i>	32
Fotografía 6: <i>Bucle de 6.5 cm de diámetro.....</i>	56
Fotografía 8: <i>Bucle de 3.3 cm de diámetro.....</i>	56
Fotografía 7: <i>Bucle de 5.7 cm de diámetro.....</i>	56
Fotografía 9: <i>Recipiente transparente asegurado en el centro de un transportador con plastilina</i>	58
Fotografía 10: <i>Vista superior del montaje del experimento. Nótese la ubicación de la brújula, el papel graduado y el cable con espiras</i>	58
Fotografía 11: <i>Vista superior del montaje del experimento. La aguja tiene una inclinación aproximada de 30° dirección este, por la corriente que pasa a través del cable con 3 espiras</i>	60
Fotografía 13: <i>Vista lateral del montaje experimental junto con el material utilizado para su construcción</i>	63
Fotografía 12: <i>Vista superior del nuevo montaje experimental.....</i>	63
Fotografía 14: <i>Vista lateral del montaje experimental junto con el material utilizado para su construcción</i>	64
Fotografía 15 : <i>Estudiantes del colegio Francisco Miranda de Medellín construyendo un montaje experimental.....</i>	70
Fotografía 16: <i>Estudiante del colegio Francisco Miranda de Medellín elaborando una de las guías del trabajo investigativo.....</i>	73

Fotografía 18: *Algunas respuestas de estudiantes a las guías del trabajo de investigación 75*

Fotografía 17: *Algunas respuestas de estudiantes a las guías del trabajo de investigación 75*

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ANTECEDENTES

Es común encontrar que en el sistema educativo Colombiano actual la enseñanza se caracteriza por enseñar al estudiante un gran número de teorías, además pretende generar con ello un “manejo autónomo de su conocimiento” (GIRELLI, M. et la 2009). Son muchos los métodos y estrategias que buscan que el estudiante “aprenda” un contenido o temática, sin embargo la mayoría coinciden en abarcar la realidad desde conceptos y teorías que la describen y que la validan como una rígida “verdad”

Con relación a ello, hoy en día en la mayoría de aulas de clase (bajo un estricto currículo), se utiliza una gran variedad de textos y libros de ciencia con fluido contenido y argumentos que pretenden darle validez a la enseñanza de teorías y modelos que presentan a muchas áreas de la ciencia (en este caso la Física) como un cúmulo de saberes únicos y acabados que se respaldan por la rigurosidad matemática que le da su sustento, soporte lógico y procedimental configurando una imagen lineal y abstracta de la realidad y a su vez de la ciencia.

Con ello se demuestra que en el medio educativo existe la resistencia latente a cambiar la reflexión sobre las formas alternativas de interactuar con el conocimientos en ciencias, donde la primera dificultad que se detecta es no tener en cuenta la estructura del fenómeno que yace en el individuo (CATALAN, L. et. la. 2009). Estos saberes parecen presentarse uní-direccionalmente, sin dar la oportunidad al individuo de preguntar por su síntesis o razón problemática (dialogo con el texto), generando la idea usual en los estudiantes de bachillerato, universidad, y en general en la comunidad escolar; que la ciencia es difícil y además tiene un atributo de superioridad que solo es alcanzable por mentes privilegiadas dotadas de un vasto saber y cualidades que se alejan a la normalidad. Desde aquí es posible entender la brecha que empieza a generarse entre el saber común y científico potenciado por la falta de motivación que se genera cuando se le habla al sujeto con una carga teórica y técnica que poco aporta a la construcción propia del fenómeno. (MARÍA J. R. 1997)

Como ejemplo de ello, un caso particular: durante los últimos años se han hecho diversas investigaciones acerca de la enseñanza de los fenómenos electromagnéticos, y se ha evidenciado dificultades en su aprendizaje por parte de los estudiantes universitarios, de educación media (que no propiamente alcanzan a analizar la completitud del fenómeno) e incluso en profesores. Debido a que los fenómenos que se analizan de forma conceptual y teórica, sin analizar las causas y vivenciar los efectos se entienden de una manera muy abstracta y en la mayoría de los casos no son tan evidentes a la hora de confrontarlos con la realidad (MARULANDA, J.I. y GÓMEZ, L A. 2006), debido a ello, el estudiante no tiene un referente al cual pueda acudir, indagar, abstraer; cuando se enfrente con otros problemas asociados al fenómeno, generando en la mayoría de los casos, apatía y alejamiento por esta área del conocimiento.

Por lo anterior se considera que debe seguir pensándose en elaborar estrategias de enseñanza y aprendizaje transformadoras, con las cuales tanto profesores y estudiantes se involucren en sus propios procesos de enseñanza y aprendizaje, y de esta forma aspiren a sobrepasar el saber disciplinar y cuestionen el para qué, el por qué y el cómo desde su propio diálogo interno y la interacción con el fenómeno, haciendo la dinamización entre la actividad experimental y la modelación. Desde este enfoque algunos trabajos en el campo de la formación del maestro, considera el caso particular, cómo el futuro maestro puede poner de relieve el carácter formativo involucrado en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias y en consecuencia tomar conciencia tanto de la doble dimensión de su labor “de circulación del conocimiento científico y de su apropiación como experiencia formativa” (AYALA, M. M. 2006). Es decir, no solo es un proceso en el que el docente quede aislado y dibujado como el ente que da dirección al conocimiento, sino que su relación con la disciplina es dinámica y al igual que sus estudiantes, pretende entender y construir su propia realidad.

El modo de proceder en la enseñanza está estrechamente relacionado con la concepción de ciencia que desde las instituciones se imparte, desde allí salen a flote

dos posiciones contrarias que argumentan su existencia desde el descubrir o el construir; La primera da por hecho la opción de apreciar la ciencia como un saber que *existe* en la naturaleza y es susceptible de *descubrirlo* a partir de las intervenciones de los sujetos con la realidad; y la segunda, identifica la ciencia como un conocimiento que está en constante construcción desde los propósitos, las interacciones y las proyecciones de una sociedad, y que no puede considerarse como acabado. (AYALA, M. M. 2006). Este trabajo se encuentra enmarcado dentro de esta última línea, la cual concibe a la ciencia como una construcción que el estudiante tanto como el docente realiza del mundo que lo rodea a través de las propias vivencias y/o actividades propuestas en la academia.

Dentro del marco académico, este trabajo intenta demostrar como la actividad experimental ayuda en la construcción de la realidad, en la medida que se intensifica la interacción con el fenómeno, borrado por mucho tiempo por la creencia de que la teoría era el único “medio” válido para “crear y escalar conocimiento”; mientras que el experimento, era solo uno de sus instrumentos. (FERREIROS, J. y ORDOÑEZ, j. 2002). Además, este trabajo tendrá especial énfasis no solo en la actividad experimental, sino en una clase de actividad experimental que interesa a quienes rescatamos la forma de construir conocimiento desde aspectos y características cualitativas del fenómeno, aquella que facilita el encuentro, la organización y la construcción de esquemas en la medida en que el individuo lee e interactúa con los fenómenos: La experimentación exploratoria cualitativa.

En esta ocasión para hablar sobre dicha experimentación se hace necesario conjugar dicha forma de construcción de conocimiento con un fenómeno, y por ello el fenómeno a analizarse por medio de la actividad experimental será el fenómeno de interacción magnética, la cual no fue propuesta directamente desde el inicio, sino que surge de la necesidad de constituir las bases que conllevan a entender la inducción electromagnética. Al comenzar la investigación se llegó a la conclusión de que dicho fenómeno requiere que haya claridad sobre efectos y fenómenos que son fundamentales antes de entrar de lleno en su construcción. Por ello, tanto el fenómeno

magnético como el fenómeno eléctrico se consideran primordiales, en la medida que brinda al individuo herramientas muy sólidas para entender efectos como por ejemplo la interacción o la inducción, que son esenciales en el fenómeno de inducción electromagnética. Sin embargo, se elige trabajar sobre el fenómeno de interacción magnética por cuestiones temporales y además porque no se detectaron muchos trabajos que analicen este enfoque de la actividad experimental desde la interacción magnética.

Experimentar como se analizara en este trabajo investigativo: es un procedimiento complejo, en el que interactúan estrechamente acciones y consideraciones, instrumentos y teorías, espacios y materiales, actores y cuestiones, en especial cuando se habla de experimentos de investigación (MEDINA TAMAYO, J. D. y TARAZONA PALACIO, M. G. 2010). Existe en Colombia algunos grupos de investigación que trabajan en torno a la problemática de la construcción de saberes desde una perspectiva histórica, epistemológica y cultural en el cual se encuentra enmarcado este trabajo; entre ellos se eligió citar los trabajos de dos grupos en particular, de los cuales han ayudado a cimentar muchos criterios en este trabajo y que servirán de columna para elaborar esta investigación debido al carácter histórico y cultural que se percibe en la problemática; uno de ellos es encabezado por María Mercedes Ayala con el Grupo de Física y Cultura de la Universidad Pedagógica Nacional, y otro por el profesor Ángel Romero líder del Grupo de investigación ECCE de la universidad de Antioquia. Ambos avanzan en la problemática de la formación de docentes de ciencias y sobresaltan la importancia de la Epistemología e Historia dentro de la enseñanza de las ciencias, (en este caso particularmente la Física), presentando la física como una disciplina que está en constante cambio, y si bien actualmente cuenta con algunos modelos y fundamentos que dan explicación de una realidad compartida (concesión), no descarta la posibilidad de rescatar posiciones diferentes y alternantes, que durante la historia también fueron suficientes en cuanto exploraron en su momento un problema o fenómeno.

JUSTIFICACIÓN:

Una de las principales motivación para centrar el trabajo de investigación en la actividad experimental se basa en considerar esta estrategia para superar las dificultades que el estudiantado presenta a la hora de comprender el fenómeno magnético y de los excesivos esfuerzos que los docentes ejercen para “explicarlo” incluso también para entenderlo, a pesar de ser “tan evidente”, normalmente en los cursos de física de campos o de teoría electromagnética son enfáticos al presentarse bajo las instrucciones de textos y guiones saturados de modelos y procedimientos que si bien es cierto pueden generar alguna idea en el estudiante, se cree que no considera experiencias e ideas que el estudiante pueda concebir, ni tampoco realizan el enlace con lo que el estudiante lee e interactúa de la realidad generando a veces confusión y desmotivación.

Por ello la actividad experimental más allá de ser una estrategia para que el sujeto se formule la pregunta del porqué de ese fenómeno, se considera, de acuerdo a la perspectiva que se quiere exponer, que es una actividad que permite caracterizar y organizar diferentes esquemas con relación al fenómeno, en la medida en que el individuo (tanto profesor como estudiante) construyan su propio conocimiento, y que la respuesta después de un proceso de conjeturas experimentales se convierta en la base que le da sentido para la elaboración de un formalismo (J.I. Marulanda, L.A. Gómez 2006), convirtiendo así a la experimentación en una actividad valiosa en el proceso de aprendizaje y enseñanza

Este trabajo también es primordial entender el problema con una postura en la cual se considera a la ciencia como una construcción de la realidad que cruza por el análisis propio de cada individuo que ostenta y se pone en común acuerdo con otros que promulgan el mismo acuerdo, a través de los diferentes fenómenos que se observan e interactúan con el sujeto, y en esta medida saber que es posible modelar algunas situaciones que servirán en diferentes contextos en la construcción de nuevos conocimientos. En este marco también es válida la pregunta por el sujeto que

interviene e interactúa con la ciencia, y además el que la interpreta para ayudar en la construcción propia (docente), de dichos fenómenos en otros individuos, para ello, se hace énfasis con este trabajo, en analizar la mediación que el docente tiene con la disciplina y los procesos de acercamiento entre ambos que se muestran en dicha relación, como es el caso de la experimentación, que se puede adoptar en el trabajo con el mismo sujeto, en el caso particular, del fenómeno magnético teniendo en cuenta que se limitara en el desarrollo de experimentos con espiras.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Construir alternativas para la enseñanza de la física a través del trabajo experimental cualitativo exploratorio como actividad para la producción de conocimiento, en el caso del fenómeno magnético

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Considerar algunos elementos del fenómeno magnético a partir de actividades experimentales de carácter exploratorias y cualitativas
- Discutir sobre la función que adquiere la actividad experimental exploratoria cualitativa en la escuela
- Analizar un proceso de intervención en el aula en el marco de una propuesta sobre la actividad experimental cualitativa en el fenómeno magnético

DISEÑO METODOLÓGICO

Enfoque Cualitativo

Se pretende abarcar en este trabajo de investigación a través de un enfoque cualitativo debido que se analizaran actitudes, aptitudes y formas de pensamiento hacia la actividad experimental por parte estudiantes y los investigadores del presente trabajo. Es a través del enfoque cualitativo la forma que se nos permite analizar tales características. Todo ello se lleva a cabo por medio de la exploración de algunos textos que permite analizar documentos en la historia de las ciencias y otras investigaciones en torno a la actividad experimental, esperando elaborar una propuesta didáctica basada en tal actividad.

Los textos en los que se centra la búsqueda serán aquellos que den cuenta de la reflexión sobre la actividad experimental, el experimento en la historia, concepciones de ciencia, y sobre el fenómeno magnético producido por una corriente que fluye por espiras, esperando permitan en primer lugar, apreciar desde el fenómeno aspectos que son fundamentales para su comprensión, y luego se hace una transposición del fenómeno a través de la cual se puedan elaborar experimentos que permitan facilitar herramientas para construir por si mismo el fenómeno magnético, tomando como referente las componentes del experimento cualitativo exploratorio.

Herramientas metodológicas:

- **Fichas documentales:** Este instrumento permite buscar información relacionada con la actividad experimental cualitativa exploratoria, concepción de ciencia, sobre la actividad experimental en la historia, y el fenómeno de interacción magnética
- **Experimentación cualitativa exploratoria desde los investigadores** Con la ayuda de diferentes instrumentos y montajes que registran en la historia y sus posibles innovaciones de acuerdo a los requerimientos, se analizara la forma en que el fenómeno se construye en cada uno de los investigadores, y con ello se

pretende describir algunas características que conlleven a construir el mismo fenómeno en otros individuos a través de una guía experimental.

- **Elaboración de guías experimentales:** Como resultado del análisis del experimento y su descripción, se elaboran 2 guías experimentales que se aplicaran a un grupo del grado Clei 6 de la institución Educativa Francisco Miranda donde se tiene como finalidad que los estudiantes construyan el fenómeno de interacción magnética. Al finalizar la intervención, las respuestas de estas guías serán confrontadas con dos métodos más: Entrevista a dichos individuos y discusiones grupales.
- **Entrevista a Estudiantes:** Partiendo de las repuestas a las guías, se hará una entrevista a cada estudiante para que amplíe y explique a través de la argumentación las respuestas a la guía, y de esta forma canalizar con algunas preguntas a las mismas respuestas sus propias conclusiones.
- **Discusiones Grupales:** Con el grupo elegido, se hará una discusión grupal entorno al fenómeno con el propósito de profundizar sobre conclusiones que se llegaron individualmente, y de esta forma verificar las posibles inquietudes, raciocinios nuevos que podrían surgir de dicho discusión.

Teniendo en cuenta tanto el objetivo general y los respectivos objetivos específicos en este trabajo se pretende distribuir esta investigación en varias fases, una de ellas consta de un análisis entorno a la actividad experimental con el propósito de identificarla y tipificarla a modo de diferenciar la intervención de la misma en la construcción de ciencia en la historia y su intervención en la escuela. Por otro lado, se construirá diferentes conceptos del fenómeno desde los aspectos cualitativos de la interacción magnética, luego se propone la elaboración de un material experimental para la intervención en el aula teniendo en cuenta que el experimento cualitativo exploratorio será el marco para elaborar dicho material

MARCO TEÓRICO

CAPITULO 1: EXPERIMENTACIÓN CUALITATIVA EXPLORATORIA

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE TEORÍA

Al escuchar la palabra experimentación, en la mayoría de los casos las personas asocian este término con individuos de bata blanca, complejos instrumentos y complicados cálculos y teorías que con los años se han convertido en sinónimos de verdad. Hoy en las aulas de clase la mayoría de las veces se releva la actividad experimental para dar paso a una enseñanza desde una postura teórica, generando una visión de ciencia deformada en los estudiantes, causando desmotivación y desinterés sobre el aprendizaje de la ciencia (En este caso la física).

La construcción de conocimiento en el pasado no se mantuvo bajo una línea lógica, muchos fueron los sucesos que llegaron con el tiempo y desarrollaron diversas cosmovisiones sobre el mundo y los fenómenos de la naturaleza. Sin embargo, la mayoría de reflexiones y pensamientos se soportaron en la filosofía de la ciencia bajo la tradición teoreticismo que contemplaba el entendimiento del mundo a través de una óptica conceptual y técnica que solo la teoría podría propiciar; *De esa tendencia se deriva la inclinación a reformular cualquier cuestión o problema de la filosofía de la ciencia en términos exclusivamente conceptuales o teóricos* (FERREIROS, J. 2011)

Con el pasar del tiempo el decaimiento de la experimentación se hace más evidente y se acoge la teoría como recurso para validar y sustentar todo saber científico descartando las bases empíricas y las instancias experimentales que nutrían sus argumentos, es decir, los resultados experimentales eran considerados limitaciones de los fenómenos de forma sistemática que estaban soportados bajo un léxico detallado y técnico olvidando los mismos procesos que la experimentación cualitativa y el empirismo podría conceder a la búsqueda y construcción del conocimiento.

La teoría era apreciada como visión de la realidad que le daba poder e importancia a las ciencias dentro de la sociedad mientras que las atribuciones que se inferían del empirismo eran superfluos y desestimados por culpa de influencias y corrientes filosóficas como la kantiana y la empirista, que paradójicamente trataron de sacar a relucir su importancia, pero lo único que lograron fue potenciar la determinación de los científicos por escoger al teoreticismo como camino hacia el conocimiento. (FERREIROS, J. 2011).

Lo extraño es que el teoreticismo nació de la experimentación, cuando los muchos científicos del siglo XIX “*que se preocupaban por cuestiones metodológicas y Metacientíficas*” olvidaron que siempre habían sido experimentalistas, ignoraron los detalles y los procesos que la misma experimentación otorgaba para extasiarse con modelos y leyes bien constituidos. Fue entonces cuando empezó a formarse la noble estirpe de científicos teóricos que dejaron con su paso el legado de elaboradas teorías y leyes que hoy se repiten una y otra vez en las aulas de clase, y se distinguen por su formalización y enunciados axiomatizados con fundamentación lógica que hoy rondan el conocimiento científico.

Tales producciones se construyeron a través de un proceso donde los datos marcan los puntos de partida, y las reformulaciones y cambios que debían hacerse al modelo teórico por alguna inconsistencia en cálculos o incompatibilidad con otros modelos, obviaban en muchas ocasiones el aparato experimental, y en remplazo se cambiaba el modelo matemático, debido a que la teoría unificaba y sintetizaba según Boltzman, quien reunió y resumió las teorías de Maxwell, ignorando casi por completo la obra experimental cualitativa de Faraday.

Con todo esto, se podría pensar que la ciencia en este punto es asumida como el arte de elaborar y reelaborar teorías, relegando al experimento como mero verificador de las tesis expuestas, es decir se ignora la relación horizontal que necesita el sujeto en la construcción de conocimiento científico, donde tanto la actividad experimental como de la teoría proporcionan elementos para que el individuo construya y entienda el entorno que lo rodea; en vez de ello, se potencializa la relación vertical impuesta por la filosofía

de las ciencia clásica: arriba teoría, abajo experimentación. Según como explica Ferreiro: *“la ciencia en sus diferentes manifestaciones representa una caída de lo más sublime hacia lo aplicado. La buena ciencia sería la que estaría situada lo más próximo posible al punto superior del segmento, es decir, aquella ciencia que se confundiera con la filosofía. El resto no importa tanto porque es decadencia cognoscitiva”*.

La Actividad Experimental

En muchas estrategias didácticas se rescata un gran interés por abordar la enseñanza de la física desde tácticas experimentales por diferentes razones, una de ellas es hacer que los instrumentos y objetos que los estudiantes manipulan sean fuente de motivación para el aprendizaje de cierta teoría, por otro lado también se consideran una gran ayuda para la comprensión de una temática específica; de esta manera, desde aquí empezamos a tomar distancia al considerar la actividad experimental, no solo como instrumento sino como una **actividad** que fomenta la construcción de conocimiento entorno a un fenómeno particular(fenómeno de interacción magnética), más allá de entender un modelo o temática, la actividad experimental lleva al sujeto a reconocer su relación con el mundo físico, construyendo conceptos propios y armando estructuras que más adelante podrán actuar en el entendimiento de algún otro fenómeno.

Algunos estudios sobre la actividad experimental en la historia indican que por largo tiempo el experimento le ha servido a su majestad la teoría, con el propósito de comprobar tesis o postulados que presentan un camino lógico de enunciados e hipótesis, (FERREIRO, 2008), o tratando de descubrir o explicar un fenómeno que antes ha sido intervenido por alguna teoría. Hoy en día, en la ciencia y en la educación poco se ha avanzado en la mayoría de propuestas educativas sobre el rol y uso del experimento en la enseñanza de la física, se fundamentan aún en las clásicas perspectivas *Deductiva e inductiva* de la ciencia (KOPONEN & MÄNTYLÄ, 2004). Según tales perspectivas, el experimento se considera como mero elemento verificador

de los enunciados teóricos o como la única fuente de conocimiento a partir de la cual, se obtienen las diferentes teorías respectivamente. (MEDINA, J. TARAZONA, M. 2010).

Hoy en día el reto con el que se encuentra el maestro es desvirtuar aquellas posturas donde la teoría predomina sobre el experimento, y hacer de la actividad experimental una fuente rica de conocimiento, de manera tal que resulte atractiva y formadora para el estudiante; entonces diversas actividades del experimento toman relevancia en la utilización del experimento como elemento pedagógico.

Otra función particular de la actividad experimental en la enseñanza es construir replicas experimentales que en el pasado se hallan elaborado, con el fin de aplicarlas en un nuevo contexto, e ilustrar al estudiante el fenómeno físico que en el pasado también se observó, una réplica se caracteriza porque hay variación en el instrumento pero el contexto teórico es el mismo, de esta forma el estudiante puede pasar por la problemática que se generó en el pasado, y las construcciones que por sí mismo realiza formalizan un aprendizaje.

Por lo tanto es imposible ignorar las construcciones que actualmente existen y se han elaborado con el correr del tiempo, en torno a los fenómenos que acontecen la realidad y que otros ya han modelado con cierta majestuosidad, sin embargo, como cada sujeto construye su realidad de acuerdo a las circunstancias que lo rodean, y estos sucesos fueron constituidos desde una óptica particular, a la hora de enfrentar la enseñanza, también es válido reflexionar sobre uno de los recursos que sirve de gran ayuda en la construcción de fenómenos: volver a las fuentes que originaron el fenómeno (re-contextualizar). El docente puede hacer uso de la historia haciéndola parte de la actividad experimental generando ideas, estructuras, secuencias, y formas para estimar desde otras perspectivas el fenómeno, analizando los problemas, errores, y posibles desviaciones que producen un desarrollo productivo a la hora de la confrontación con el fenómeno, en el caso del efecto magnético “en esta propuesta de la actividad experimental no se trata de entender y ligar un texto o procedimiento con un montaje experimental, o seguir un concepto en el tiempo, sino que es posible detectar en esta

acción una oportunidad de encontrar múltiples núcleos problemáticos que permitan caracterizar formas de aproximación y niveles de explicación configurando así una mirada sobre el fenómeno abordado, valorar y caracterizar los aportes del autor” (AYALA, M. M. 2006).

De esta manera se ve la necesidad que el maestro cobre importancia en su actividad re-contextualizadora, al acercarse desde las fuentes originales en la construcción propia de la actividad experimental, una vez el maestro en su dialogo propio con el experimento, encontrara diferentes formas de involucrar al estudiante con la actividad experimental, donde este tipo de actividad deberá cumplir ciertas características como convertirse en un desafío o reto que haga cuestionar saberes con relación a un tema, proveyendo a los estudiantes de una situación en la que ellos formulen sus propias preguntas e intenten hallar como contestarlas (FEIRSTEIN y CARRETERO. 2001).

En consecuencia se hace necesaria una actividad experimental, donde prima la comprensión y construcción de fenómenos, generando que el proceso de enseñanza – aprendizaje se realice de forma ágil y dinámica y sea aprovechada por el resto de la comunidad escolar en diferentes saberes disciplinares; por ello, nuestra propuesta alternativa es partir desde la experimentación cualitativa exploratoria para la enseñanza de la física en el fenómeno de interacción magnética.

SIGUE LA TENDENCIA EN LA ESCUELA

Como ya hemos mencionado antes el hecho de realizar esta reflexión no significa que se desconozca los avances y progresos que se hicieron en las ciencias en todo este tiempo, sin embargo lo que si se critica es la falta de participación, reconocimiento e importancia que se le da al proceso experimental en la educación, donde los resultados de diferentes pruebas municipales, departamentales y nacionales muestran las dificultades y retrasos que los estudiantes tienen con relación al conocimiento en ciencias (ZUÑEDA M. M. 2004), y que por ello hace falta valorar otras alternativas de enseñanza de las ciencias.

Dentro de este marco académico, puede decirse que actualmente las instituciones educativas parecen repetir la misma historia de las ciencias, donde el docente se encuentra en múltiples oportunidades relegando la importancia del experimento en la enseñanza, considerándolo únicamente como instrumento que tiene el papel de confirmar o falsear las hipótesis que el científico ha construido sobre la base de sus idealizaciones acerca del mundo de la vida (MEN, Lineamientos Curriculares C.N.); o un elaborado artilugio que tiene como fin atrapar el asombro del estudiante o mantenerlo entretenido,

Como propuesta alternativa, uno de los propósitos de este trabajo es ilustrar al lector, cómo cualquier sujeto puede llegar a construir conocimiento a partir de su relación con la actividad experimental, debido a que esta actividad presenta ciertos beneficios en el momento de aprender y/o enseñar. Pero para ello se necesita tener en cuenta cómo encontrar en el experimento la forma de leer y entender el mundo para el sujeto que aprende.

Al adoptar la actividad experimental como proceso de comprensión, es posible llegar a grandes avances en el aprendizaje de las ciencias, sin embargo el estudiante en algunas oportunidades no logra interactuar con el fenómeno de la forma que aquí se desea, debido a que se encuentra limitado por la influencia de la información que el docente puede estar transmitiendo. En este punto la pobre concepción de ciencia que el maestro tiene influye en su labor, llevándolo en algunas ocasiones a seguir un esquema tradicional caracterizado por una relación unidireccional con el estudiante.

Cuando el estudiante asume la información recibida del profesor como verdadera y acabada (PAPERT, 1982), impidiendo así que haya procesos mentales que le permitan la reflexión y crítica sobre los fenómenos que evidencia en los diferentes momentos de su vida, y únicamente se asocian las teorías y conceptos a instancias académicas y científicas alejadas de la vida real.

Las teorías terminan transmitiéndose y simplificándose por el maestro en las ecuaciones que después llaman formulas, que sintetizan matemáticamente todo lo que encierra la realidad de un fenómeno particular. Como apoyo de material didáctico,

dicho profesor generalmente utiliza guías o textos que exponen de forma lineal los conceptos que el estudiante y docente debe seguir, con objetivos que se relacionan con la memorización de leyes cargados de simbolismos que el texto transmite, que si bien son importantes utilizarlos, pero mejor aun cuando el sujeto los utiliza como resultados de su abstracción. De esta forma, se sabe que los estudiantes, la mayoría de veces se limitaran a buscar soluciones a ejercicios y aprender fórmulas para posteriores soluciones de otros ejercicios, generando en el estudiante muchas percepciones de la ciencia que no se inscriben en el marco que aquí se desea proponer, como que la ciencia tiene el único objetivo de crear aplicaciones para que el hombre pase una vida cómoda y no tengan la intensión de descubrir el misterio que encierra la naturaleza y el mundo que lo rodea (Gil, 1983)

En conclusión, en la enseñanza unidireccional que se promueve en muchas aulas de clase los docentes creen que el estudiante aprende cuando ha memorizado o mecanizado una acción o un concepto, pero lo que realmente se está consiguiendo es que el estudiante presente mayor resistencia frente a futuros conocimientos y el proceso de desaprender por posibles concepciones alternativas sea complejo. Desde la visión que se intenta dibujar con este trabajo se considera que la enseñanza valiosa debe garantizar que el estudiante reflexione sobre lo fundamental del fenómeno, lo profundo, lo verdaderamente importante antes de entenderlo desde una teoría o una expresión matemática, debido a que de esta forma podrá tener elementos que le permitan una apreciación y percepción más amplia de la naturaleza.

Existen múltiples filosofías y estrategias didácticas a las cuales los docentes pueden acudir buscando el éxito en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, muchas de ellas buscan como fin transmitir conocimientos, otras buscan que el estudiante construya su conocimiento. Con base a ello se ofrece al lector la siguiente alternativa que se explicara en adelante, que tiene como objetivo llevar al aula de clase como actividad de pensamiento que muestra una alternativa diferente con ciertas bondades que apuntan a superar un poco las criticas anteriores con relación al aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, en cuanto reconocen la experimentación como una

actividad que construye fenómenos, los cuales pueden lograr desarrollar en el sujeto la capacidad de ver y entender el mundo de una forma más significativa, analítica y crítica que como se hace en la educación tradicional.

LA EXPERIMENTACIÓN CUALITATIVA EXPLORATORIA

La actividad experimental está estrechamente ligada a la concepción de ciencia que un individuo puede tener al momento de estudiar un fenómeno, por ejemplo una concepción de ciencia influye en el análisis y detalles que ayudaran a construir una posición sobre lo sucedido, o desde otra concepción se podría pensar que un fenómeno simplemente sirve para extraer un concepto y contrastarlo con la teoría.

Para describir un poco mejor esta idea se describirá resumidamente dos concepciones de ciencia que influyen en la educación. La primera concepción identifica a la ciencia como un cúmulo de saberes que ya están impregnados en la realidad y que se deben “descubrir”, de allí se agradece la idea de dictar la teoría como si fuese una verdad incuestionable. Otra concepción identifica a la ciencia con construcciones de la realidad que cruza por el análisis propio de cada individuo a través de su observación e interacción de diferentes fenómenos y que se llega a consensos con otros sujetos que tienen el mismo interés, en esta medida es posible modelar algunas situaciones que servirán en diferentes contextos y en la construcción de nuevos conocimientos

Siguiendo la segunda concepción se debe tener en cuenta que para estudiar un fenómeno a través de la actividad de experimental, no basta con elaborar solo un montaje experimental y sacar de él algunos datos y conclusiones; es necesario realizar varios montajes alternativos que estén relacionados con el fenómeno y permitan evidenciar aspectos que el anterior montaje no consideraba permitiendo una comprensión más amplia del fenómeno.

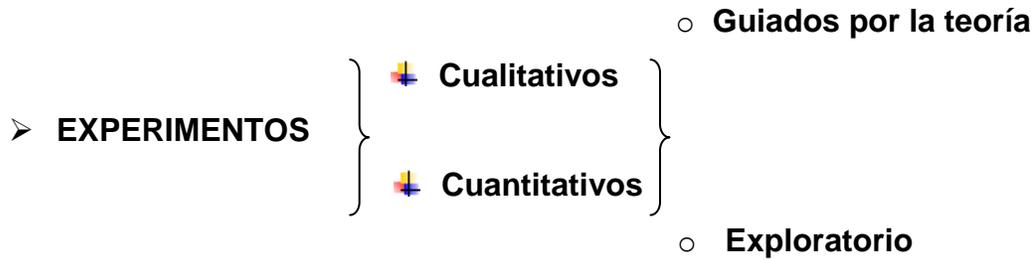
Un montaje experimental no puede considerarse como una consecución de pasos comparado a elaborar una receta de cocina, este proceso de acuerdo a (FERREIROS. 2002) presenta tres etapas: procedimiento material, un modelo instrumental, y un modelo fenoménico.

Dentro de la etapa del procedimiento material se considera las acciones asociadas a objetos, armado y construcción de instrumentos, procedimientos y organización de especímenes. El modelo instrumental es la etapa que permite entender al investigador cómo funciona el instrumento o el objeto a analizarse. Y en la etapa del modelo fenoménico el experimentador ha entendimiento conceptualmente el fenómeno, esta etapa es fundamental para darle sentido y significado a los resultados y la interpretación del fenómeno.



Fotografía 5: Estudiantes del colegio Francisco Miranda de Medellín construyendo un montaje experimental

En los experimentos en muchas ocasiones es necesario utilizar instrumentos, estos se presentan de diferentes formas y se utilizan con diferentes propósitos, algunos permiten registrar mediciones cuantitativas precisas: voltímetros, cinta métrica, balanza etc. Otros instrumentos permiten presenciar características cualitativas: microscopio, bomba de vacío, telescopio, brújula etc. Sin embargo todos estos instrumentos se utilizan de acuerdo al propósito de quien investiga y busca la explicación de cierto fenómeno. Es decir, los instrumentos no determinan que un experimento sea **cualitativo** o **cuantitativo**, lo determina el propósito y la reflexión del investigador. En este aparte de la reflexión, es necesario hacer una diferenciación entre tipos de experimentos, la primera gran clasificación como se indicó anteriormente esta entre experimentos cuantitativos y cualitativos, la segunda clasificación se refiere al carácter empírico o teórico de la búsqueda del conocimiento. Es decir, existen experimentos donde la teoría guía la búsqueda de alguna explicación o el aprendizaje de un concepto y existen experimentos que las características cualitativas son exploradas de una forma secuencial que permite la construcción del conocimiento. Sin embargo, es posible encontrar dentro de esta clasificación experimentos cualitativos guiados por la teoría o experimentos cuantitativos exploratorios.



La experimentación cualitativa exploratoria, (sin desmeritar los avances que se pueden lograr con otros tipos de experimentos), toma auge e importancia desde este trabajo en la enseñanza de las ciencias debido a que el estudiante tienen la posibilidad de reflexionar sobre el fenómeno, es decir, los elementos de la práctica (experimento) son conjugados con la teoría (lo natural según Ferreiros), accediendo a la posibilidad de que pueda buscar por si mismo explicaciones, hacer modificaciones, y proposiciones que luego darán paso a la construcción de su propio razonamiento, desarrollando la idea del fenómeno a través de la evolución del concepto para este individuo que recorre un camino continuo entre ambos extremos: teoría y experimento, ayudado igualmente por la interacción con otros compañeros, cambiando anteriores esquemas conceptuales y creando otros sobre el mundo que lo rodea, construyendo su propia visión de la naturaleza.

Como se ilustra anteriormente, se tiene la percepción de que el experimento por ser cualitativo exploratorio no tenga rigor y orden, y por ello la construcción de conocimiento a la que se llega es muy pobre teóricamente o no es valiosa. Aquí se detallan una serie de características del experimento que se consideran eficaces para la construcción de conocimiento a través de la actividad experimental cualitativa exploratoria:

- Variar una gran cantidad de diversos parámetros experimentales, materiales, tamaño, peso, etc.
- Del aparato fenoménico se determina cuáles de las diferentes aspectos del experimento varían y cuales siguen constantes

- Se busca algunas reglas empíricas que con la repetición sean regulares
- Se reflexiona sobre las representaciones más apropiadas que estas reglas puedan ser formuladas: Gráficos, proporciones, modelos conocidos o hipótesis
- Al detectar cuáles son las condiciones exactas que influyen en el fenómeno se hacen los arreglos experimentales donde estos aspectos tomen papel protagónico y dejen ver la regla con claridad

Cuando el estudiante construye conocimiento a través del análisis de un fenómeno, generalmente predomina la tendencia a buscar regularidades o repeticiones de características en un entorno o problema, por ejemplo, al observar el comportamiento extraño de algunos peces en un acuario donde existen muertes de peces en diferentes lapsos de tiempo considerablemente cortos, llevan a la búsqueda de motivos y explicaciones que están sujetas a determinar regularidades en los comportamientos de los mismos peces, características del agua, temperatura, etc. pero estos patrones como dice Ferreiros solo pueden explicarse en la percepción de regularidades del entorno

El trabajo Julián Medina y Milton Tarazona en su tesis de maestría (MEDINA TAMAYO, J. D. y TARAZONA PALACIO, M. G. 2010).es un ejemplo, donde la actividad experimental cualitativa es optimizada en su máxima expresión para construir diferentes características asociadas al fenómeno eléctrico, aspectos tales como la electrificación de los cuerpos, el papel de los conductores, la construcción y cuantificación de la cantidad de electrificación, entre otros, son construidos a través de una secuencia de montajes experimentales propuestos por diferentes científicos que en la historia construyeron el fenómeno desde esta óptica y que son re-contextualizados para construir para sí mismos tal fenómeno.

Otro ejemplo podría ser el trabajo que se propone a continuación, donde a partir de la actividad experimental se construye el fenómeno de interacción magnética.

CAPITULO 2: EL SABER DISCIPLINAR; LA INTERACCIÓN MAGNÉTICA

En la cotidianidad se reconoce el fenómeno electromagnético por sus múltiples utilidades y la incidencia en diversos aspectos de la vida diaria. Sin embargo cuando se quiere reflexionar sobre dicho fenómeno es imposible entenderlo sin primero comprender dos fenómenos que lo componen: el fenómeno eléctrico y el magnético. En este trabajo uno de los aspectos en los que se reflexionara será el fenómeno de interacción magnético porque se considera que es fundamental para que el individuo pueda empezar a escalar en la construcción del fenómeno de inducción electromagnética

Cuando se habla o se experimenta con actividades asociadas al fenómeno magnético la mayoría de la gente asocia este fenómeno a imanes que atraen metales o repelen otros imanes. Sin embargo, se percibe que el conocimiento es vago y las ideas se exponen de forma poco concreta

Se pretende con este primer capítulo, construir desde la actividad experimental algunos criterios sobre el fenómeno magnético haciendo énfasis en la interacción magnética, que para este trabajo se hace fundamental porque desde allí se empieza a describir el fenómeno magnético desde una mirada cualitativa

Este capítulo presenta la siguiente estructura: se empezara analizar a la luz de algunas actividades las propiedades del imán y los materiales con los que interactúa, y luego se analizará de interacción magnética haciendo énfasis en la brújula como instrumento que permite presenciar el fenómeno, para terminar con otros casos en los que se evidencia el efecto magnético.

LOS IMANES

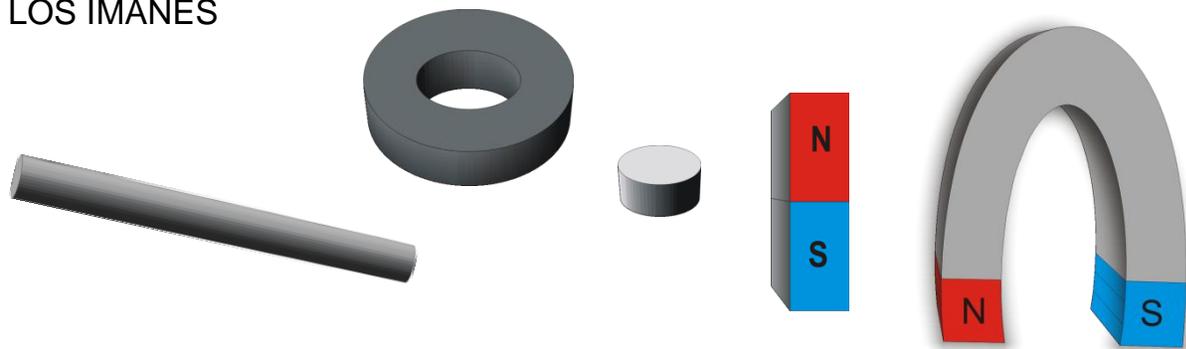


Figura 1: Tipos de imanes según su forma

Hay imanes de diferentes formas y tamaños, y actualmente los fabrican de acuerdo a los requerimientos de la industria, pero todos presentan las mismas características e interacciones con relación a otros imanes y elementos ferrosos.

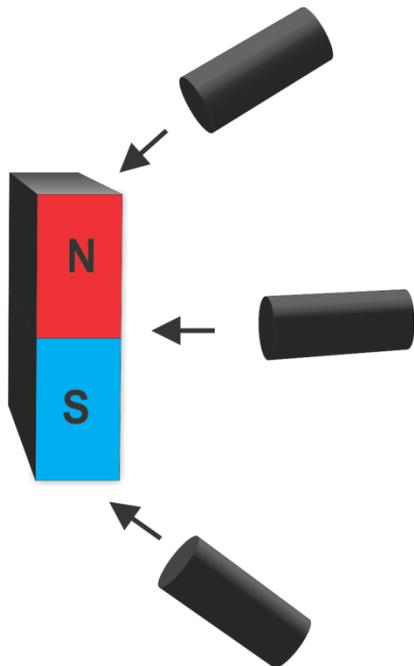


Figura 2: Atracción de material de hierro hacia el imán, a lo largo de su extensión

Entre las cualidades más comunes que se le pueden asociar a un imán, se encuentran los efectos de atraer materiales ferrosos y además de atraer o repeler otros imanes dependiendo de la forma como se ubiquen. Los hay permanentes y temporales, pero en esta sección bastara con diferenciar el imán permanente del imán temporal porque en el imán permanente sus características permanecen en el tiempo.

Leonard Euler explica que cuando se deja girar libremente un pedazo de imán liviano en forma de barra parece que siempre apunta a una sola dirección, o si este se introdujera en barquitos de papel sobre el agua y teniendo cuidado de no acercar algún elemento

ferroso, el barquito siempre navegara hacia una sola dirección: el norte. En el caso de acercarle un pedazo de hierro, el barquito se dirigirá hacia dicho material (atracción), y si en cambio se acerca de cierta forma otro pedazo de imán, el barquito se alejara (repulsión)

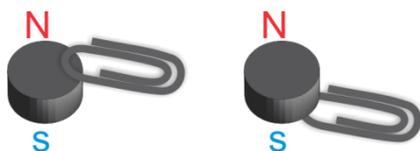


Figura 3: Elemento ferroso atraído por el polo norte y por el polo sur de un imán.

Al empezar a acercar de diferentes formas dos imanes, se verifica que entre ellos se dan estados de atracción y repulsión, y por la existencia de solo estos estados se deduce que existen dos partes diferentes en el imán posibles de clasificar de acuerdo a la interacción entre ellos, en física lo llamamos polo norte y polo sur.

Lo particular del polo norte y el polo sur es que siempre inducirán atracción de elementos ferrosos, sin embargo cuando se ha identificado ambos polos y se acercan los polos iguales de ambos imanes, estos experimentan repulsión, caso contrario que sucede cuando se acercan polos contrarios.

Nótese que el efecto de atracción y repulsión, según el caso, se empieza a percibir a cierta distancia, como si el imán provocara algún efecto sobre el otro cuerpo al comenzar a acercarse. Cuando un cuerpo interactúa con otro magnéticamente sin haber contacto directo, se dice que existe una *inducción* de estados magnéticos donde puede darse atracción o repulsión. Por ejemplo, al acercar un clip a un imán, se percibe que el clip presenta atracción a pocos milímetros del imán, en este caso, el imán induce atracción sobre el clip justo en el momento en que se percibe dicha atracción; en otro caso, al acercar dos imanes se percibe que existe repulsión, aquí la inducción de repulsión se produce entre ambos. En resumen, la inducción es un efecto que se produce a distancia, y es provocado por imanes.



Fotografía 1: Brújula sencilla

LA BRÚJULA, UN IMÁN QUE GIRA

El efecto magnético no es perceptible por los sentidos humanos, ya que no se tiene un órgano que permite sentir directamente el efecto magnético, y por ello se hace necesaria la utilización de instrumentos que permitan detectarlo.

La brújula es un instrumento inventado hace un buen tiempo, que consta de una aguja de hierro imantado que

puede girar libremente a través de un pivote, o algún otro mecanismo. Sus extremos se

contrabalancean generando un equilibrio y puede girar alrededor de una caja redonda que se divide en 360 grados y que a su vez, tiene señalados los cuatro puntos cardinales: Norte, sur, este y oeste

Como puede deducirse, la brújula contiene un imán en forma de aguja con su respectiva polaridad, que gira libremente y que se mueve cuando esta en presencia de otro imán, o materiales ferrosos. Pero el movimiento de la aguja de la brújula se da de forma diferente cuando se acerca a un imán que cuando se acerca un elemento ferroso. Por ejemplo: se tiene cierto objeto y se desea saber que tipo de material es, si es ferroso o es un imán. Si el material fuera ferroso, al acercarse una de las puntas del material, la aguja de la brújula se movería de la misma forma que cuando se acerca la otra punta del material. O si en vez de cambiar la posición del material, se acerca la misma punta a ambos polos de la aguja, se presencia movimiento en ambos polos por igual. Caso contrario que ocurre, si el material que se acerca es un imán, al acercarse por ejemplo el polo norte del imán al polo norte de la brújula, la aguja se mueve hasta alinear su polo sur con el polo norte del imán.

Cuando la brújula se mueve por culpa de algún material ferroso, puede decirse que induce atracción sobre dicho material, pero como esta tiene poca resistencia al movimiento es ella quien se mueve apuntando hacia el material.

En algunas ocasiones hay efectos y elementos que interfieren con la aguja y son capaces de perturbar la tendencia de señalar al norte. Si solo se acerca un material ferroso la aguja abandona su posición constante para apuntar hacia dicho material, por ello es importante alejarla de cualquier material ferromagnético o paramagnético incluso de cualquier otro imán si se desea buscar el norte geográfico de la tierra. Puesto que estos elementos presentan “interferencia” con la aguja a cierta distancia ya que se forma una interacción entre imanes.

Además del hierro, existen también otros tipos de materiales que si bien, no son atraídos de la misma forma que el hierro, si interactúan de forma similar con imanes generando el efecto de atracción momentáneamente o incluso presentando repulsión en cercanía a los imanes.

De acuerdo al tipo de interacción de los materiales con el efecto magnético se ha clasificado los materiales en tres categorías: Materiales Ferromagnéticos, diamagnéticos y paramagnéticos.

Paramagnéticos

Los materiales paramagnéticos pueden ser atraídos por el imán e incluso presentan interacciones magnéticas con otros materiales solo si están junto al imán, sin embargo no permanece el estado magnético luego de retirar el imán, es decir el material no se imanta. Algunos materiales paramagnéticos son el magnesio, el cadmio, el oxígeno, aluminio, titanio y wolframio y minerales paramagnéticos son olivino, piroxeno, anfíbol, granate y biotita

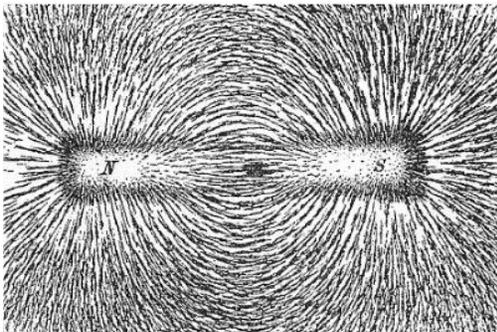


Figura 4: Líneas formadas por limaduras de hierro causadas por el efecto magnético cuando se coloca un imán debajo de un papel

Si en un papel se dejase caer limaduras de hierro, magnesio o cualquier material ferromagnético o paramagnético, y por debajo se acerca un imán, inmediatamente se observa la influencia del efecto magnético organizando las partículas de dicho material en el papel como se describe en la figura 4. Parece que un torbellino entra en un polo para salir por el otro, repitiendo el ciclo centenares de veces. Pero esto solo se manifiesta en materiales ferromagnéticos y paramagnéticos, cuando hay presencia de otros materiales el efecto los atraviesa, puesto que si se interpone algún otro

elemento entre el imán y material atraído en este caso el papel, o una superficie de vidrio o madera, el fenómeno sigue el mismo comportamiento como si estuviera en

ausencia de tal superficie. Posiblemente el magnetismo también influya en los materiales que están formados en la superficie, sin embargo no es apreciable macroscópicamente.

Diamagnéticos

Los materiales diamagnéticos tienen la particularidad de que cuando son expuestos a un efecto magnético, este ofrece una repulsión muy débil al imán que lo genera, sin embargo, para poderlo apreciar se debe contar con un efecto magnético bastante fuerte que interactúe con el material diamagnético, y de esta forma se verá el material levitando o el imán levitando de acuerdo a la posición en que se dispongan los elementos como puede apreciarse en la figura 5. Entre los materiales diamagnéticos se pueden encontrar el bismuto metálico, el hidrógeno, el helio y los demás gases nobles, también el cobre, el oro, el silicio, el germanio, el grafito, el bronce y el azufre.

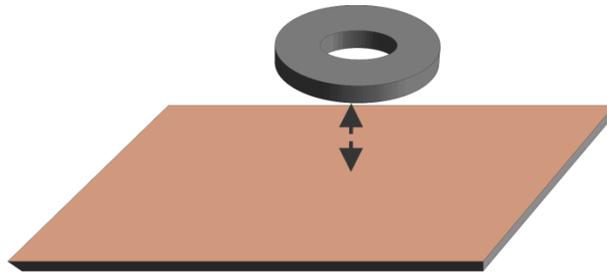


Figura 5: Imán en forma de toroide repelido por superficie de cobre

Por razones de tiempo, no se experimentó con los materiales paramagnéticos ni diamagnéticos, únicamente con algunos ferromagnéticos como el hierro y algunas aleaciones, con el fin de empezar a entender desde la experimentación la interacción magnética y se deja estas opciones como vía de otra posible investigación.

Ferromagnéticos

El material ferromagnético por excelencia es el hierro, sin embargo no es el único material susceptible a estados magnéticos dentro de esta clasificación, también es posible encontrar que el magnetismo opera con otros materiales, por lo general cuando están asociados al elemento ferroso, sin embargo hoy en día también se ha probado que elementos como el cobalto, el níquel, gadolinium, dysprosium o sus aleaciones interactúan con el efecto magnético y son llamados elementos ferromagnéticos

Los materiales ferromagnéticos se caracterizan cualitativamente porque luego de que se retira el imán, el material permanece con características similares a la de los imanes, es decir adquiere un estado magnético inducido que le permite atraer a otros elementos ferrosos, como si hubiese copiado las propiedades del imán. Por ello se dice que momentáneamente este material se convierte en otro imán, aunque la intensidad del efecto se percibe claramente disminuida.

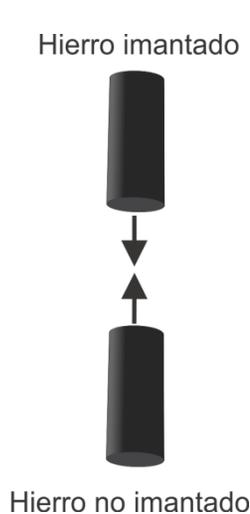


Figura 6: Efecto de atracción entre dos elementos ferrosos, uno está imantado y el otro no.

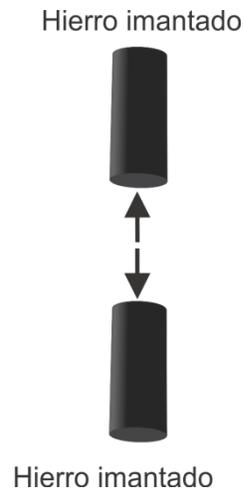


Figura 7: Efecto de repulsión entre dos elementos ferrosos, ambos imantados y puestos con sus polos iguales.

DESCRIBIENDO LA IDEA DE INTERACCIÓN MAGNÉTICA

En el imán se asocia la cualidad de atraer y repeler. Pero esta cualidad del fenómeno magnético se puede determinar cuándo se tienen dos o más objetos, ya que un objeto por sí solo no proporciona indicios sobre las propiedades magnéticas del material. Por ejemplo, ¿Cómo saber si un objeto es o no un imán? Para ello se propone y se hace necesario realizar diferentes actividades con el hierro, brújulas y otros imanes para concluir que verdaderamente se trata de un imán

Por ejemplo, para saber si el objeto A es un imán (figura 8), por sí solo no arroja ninguna información, es necesario acercarlo primero a un clip, después de detectar atracción, se busca repulsión con otro imán dejando el clip unido al objeto A o acercándolo directamente, se trata de unir a uno de los polos del imán conocido donde se puede evidenciar la repulsión y/o atracción según la posición en que se situó los cuerpos.

Objeto A

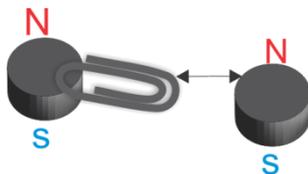


Figura 8: Elemento ferroso pegado al polo de un imán repele el mismo polo de otro imán.

La interacción magnética en este punto se define como las acciones que permiten evidenciar cuando existe un efecto magnético causado por dos o más objetos que se les percibe los mismos estados magnéticos, es decir, para que un imán atraiga otro elemento, ese elemento debe obtener la cualidad magnética que proporciona el imán que lo atrae, por tanto, en el momento de que el imán atrae al clip es porque antes el imán ha creado en el clip un estado magnético que le permite interactuar con el imán induciendo la atracción. Por ello se dice que la “interacción magnética se genera entre imanes” ya que el objeto que ha interactuado con el imán, se convierte en otro imán.

Este tipo de afirmaciones pueden sustentarse con las siguientes experiencias:

Obsérvese que en la figura 8, el clip se comporta igual que el imán al cual se encuentra unido provocando repulsión o atracción según la ubicación que se le de al otro imán, y en el caso de la figura 9, al dejar el clip unido al imán, y al acercarle otro elemento ferroso, en este caso otro clip, se evidenciara nuevamente el efecto de atracción que permanece incluso si se separa el imán del clip. Si por algún momento, hubiese forma de esconder el imán que mantiene unido a los dos clips, sería posible concluir que el primer clip es un imán, debido a que expone las mismas características de un imán.



Figura 9: Elemento ferroso pegado al polo de un imán atrae otros elementos ferrosos.

Para ilustrar mejor la idea se propone la siguiente actividad y para poder realizarla, es preciso que haya un grupo de trabajo dividido en dos equipos.

Se dispone de los objetos A, B, C y D los cuales están adheridos de una superficie por el efecto magnético que existe entre ellos como lo indica la figura 10 y 11, cabe indicar que la superficie no representa ninguna interacción en el fenómeno (al menos no es apreciable). En un lado de la superficie debe situarse una parte del equipo mientras que al otro lado la otra parte del equipo. Entre los cuatro objetos existen imanes y elementos ferromagnéticos, pero todos están escondidos por una superficie que los hace ver muy similares, es decir no hay forma de distinguir entre tamaño, forma o peso, todos se ven iguales. En esta actividad se orienta en tres momentos. En un primer momento, se pide a los dos equipos que solo con la observación diferencien los objetos sin despegarlos de su posición inicial. Como es de suponerse a los estudiantes en esta primera experiencia, no pueden diferenciar los materiales ferrosos de los imanes.

En segunda instancia con la ayuda de clips se pide que nuevamente sin despegar los materiales de su posición inicial identifiquen cuales son imanes y cuales son elementos ferromagnéticos, sabiendo que a cada lado solo hay un imán.

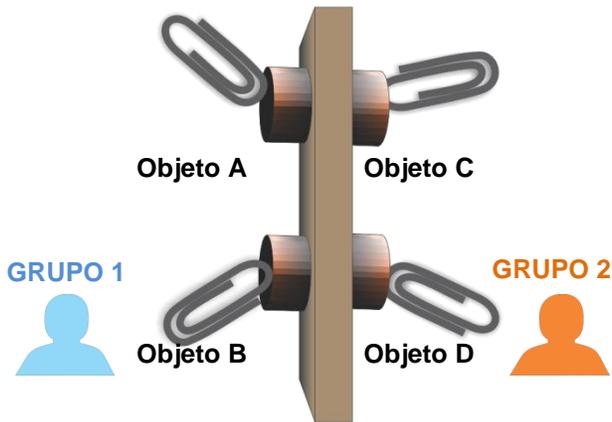


Figura 10: Vista lateral de la actividad donde se aprecian 4 elementos con 4 clips.

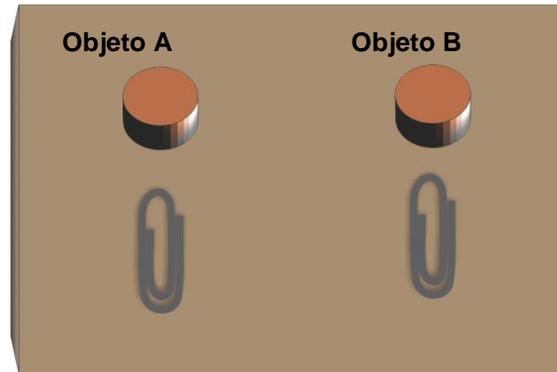


Figura 11: Vista frontal donde se aprecian 2 elementos y 2 clips atraídos por los elementos

Al explorar los 4 materiales y tratarlos de clasificar entre imanes y no imanes solo con los clips se llega a la conclusión de que efectivamente los 4 materiales se comportan como imanes y no es posible distinguir entre imanes y no imanes.

Por último, se les pide a ambos grupos que despeguen los materiales y los coloquen sobre la mesa separadamente y empiecen a interactuar con los clips; en esta oportunidad, los materiales ferrosos tienen asociados efectos de atracción, pues como se evidencia anteriormente los materiales quedaron inducidos por los imanes permanentes.

En este mismo punto, algo particular que se observa cuando los materiales interactúan separadamente con los clips, es que a estos se le disminuye la intensidad de atracción. Por lo tanto con este criterio los estudiantes reconocen fácilmente aquellos materiales que son imanes permanentes de los materiales que son inducidos. Y así se logra formar una idea intuitiva de que la interacción magnética solo se da entre imanes.

La brújula es otro ejemplo de interacción magnética, al observar la particularidad que describe cuando se deja lejos de imanes y elementos ferromagnéticos, el extremo en forma de punta de flecha señala aproximadamente en dirección al polo norte de la

tierra, mientras que el otro extremo señalará al sur. Ahora debido a que la brújula es un imán, y se sabe que un imán interactúa con otro imán, se puede decir que el hecho de que siempre señale al mismo lugar es porque la tierra se comporta como un gran imán que está alineando la aguja con los polos, siguiendo la regularidad que se mencionaba anteriormente con los imanes: Polos distintos se atraen, polos iguales se repelen. En esta medida se podrá inferir que como el polo norte de la brújula es inducido por el polo sur de la tierra, el polo boreal actúa como polo sur (a pesar de que se conoce como polo norte), y el polo austral como polo Norte. Pero para identificar cual es el polo norte y el polo sur en la tierra, y demostrar la propiedad que se describe de este instrumento, es necesario hacer uso de las observaciones astronómicas¹

Considérese una aguja imantada en las proximidades de un imán, la aguja toma en cada lugar una determinada dirección debido a que es inducida por el estado magnético del imán y además el imán es inducido por el estado magnético de la brújula, esto se repite en el fenómeno magnético generado por la corriente eléctrica que pasa por un cable, se analizará mas adelante.

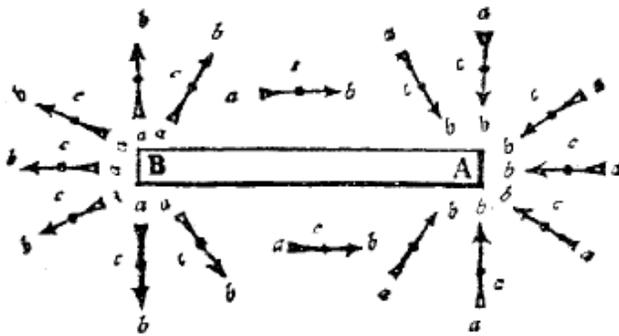


Figura 13: Representación del movimiento de la aguja de una brújula de acuerdo en el lugar del imán al que sea expuesta

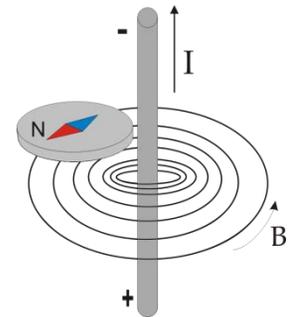


Figura 14: Representación del movimiento de la aguja de una brújula cuando es expuesta al efecto magnético generado por la corriente eléctrica que fluye por un cable

¹ La aguja imantada por abuso se dice que apunta al norte geográfico, sin embargo numerosos estudios han demostrado que esta aguja se separa de la línea meridiana que define al norte y al sur, unos considerables grados dependiendo de las diferentes posiciones y en los diferentes tiempos en que se hagan las observaciones. Es decir, pareciese que la desviación de la aguja imantada con relación a la línea meridiana cambia con relación a la posición en diferentes lugares y en diferentes tiempos, por ejemplo no es la misma desviación que se lee en Francia que la que se lee en Inglaterra en un mismo tiempo, y algunas zonas donde no existía ninguna desviación; y además no fue la misma desviación en Inglaterra en 1622 que en 1634. (Euler, Mínguez Pérez 1990). Halley fue el primero en elaborar un mapa de estas desviaciones en todo el mundo. Lo interesante de estos estudios es que la brújula es un instrumento que puede ayudar en la caracterización y descripción del efecto magnético, tanto a nivel geográfico como en actividades de laboratorio.

Con la brújula también es posible diferenciar entre la cantidad de efecto magnético de varios imanes, es decir, existen imanes más potentes que otros: su estado magnético es de mayor o menor capacidad de atracción o repulsión. Por ejemplo los imanes hechos de neodimio son más potentes que los hechos de cerámica, incluso más potentes que los hechos de magnetita. Se podría dejar un imán de cerámica en un punto identificable, y empezar a acercar la brújula de tal modo que en un inicio no se vea movimiento en la brújula, a medida que se acerque la brújula se llegara una posición donde la aguja se mueva por causa del estado magnético del imán de cerámica, aquí se hace una marca y se mide. Se repite el procedimiento con el imán de neodimio y el de magnetita, y se saca las conclusiones anteriormente expuestas.

COINCIDENCIAS CON OTRO FENÓMENO

En esta sección se distinguirá definitivamente el fenómeno magnético de otros fenómenos con la ayuda de la idea de interacción magnética.

Momento B



Momento A



Como se ha visto en los montajes anteriores, uno de los estados que pueden identificarse en el imán es el estado de repulsión, el cual se presenta cuando se expone el mismo polo con otro imán o cuando se acerca a un material diamagnético; la cualidad de atraer o repeler cuerpos en el fenómeno magnético se asemejan a los efectos que ocurren en el fenómeno electrostático y gravitacional. En el fenómeno electrostático la carga estática de un cuerpo hace que este atraiga o rechace otro cuerpo. Por ejemplo, si se frota un globo varias veces con el cabello y luego se retira y se acerca a otro cabello o al mismo, inmediatamente es posible evidenciar la atracción

Figura 15: En el momento A no hay interacción entre imán y brújula, en el momento B la cantidad del efecto magnético del imán hace que la brújula reaccione a pesar de la distancia

del cabello hacia el globo; o si se cuenta con una cinta de papel aluminio colgando de algún soporte que no toque el piso ni algún metal que pueda descargarla, se puede ver como el globo atrae a la cinta de papel aluminio, todo porque cuando se froto el globo, este se cargó eléctricamente y de alguna forma interactúa con la carga del otro cuerpo.

Otro ejemplo del efecto electrostático se puede evidenciar si se junta un racimo de algunos globos y se agita con fuerza varias veces, arriba y abajo, se observa como al dejarlos en reposo ya no se juntan, ellos por si solos se rechazarán, debido a que ambos están eléctricamente cargados con el mismo tipo de carga y quien lo ocasiono fue el movimiento de los globos sometidos a la fricción con el aire.

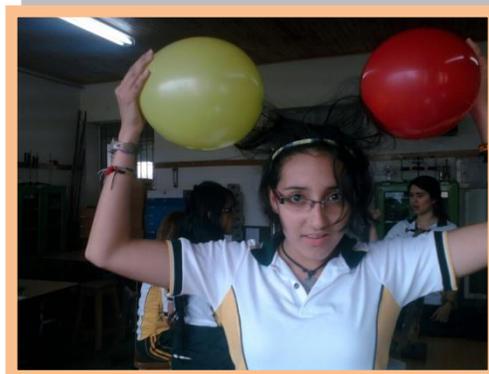
También se le puede atribuir a este fenómeno el siguiente experimento: si se frota un trozo de plástico, puede ser un bolígrafo y se acerca a una tira de papel delgada que este preñiendo de algún soporte, se puede ver que al acercarse el bolígrafo la tira de papel se mueve.



Fotografía 2: Estudiante colegio CEFA de Medellín, frotando globo contra el cabello



Fotografía 4: Estudiantes del colegio CEFA de Medellín, atrayendo cinta de aluminio con globo cargado electrostáticamente.



Fotografía 3: Estudiante del colegio CEFA de Medellín, atrayendo su cabello con dos globos cargados electrostáticamente

Hasta aquí, es difícil separar los dos fenómenos, puestos que ambos presentan cualidades de atracción y repulsión con otros cuerpos, sin embargo la idea de interacción magnética ayuda a sacar algunas diferencias claramente fundamentales entre ambos fenómenos:

DIFERENCIAS	
Fenómeno Magnético	Fenómeno Electrostático
La interacción se da por estados magnéticos provocados por imanes, es decir, el imán por si solo atrae y repele otros imanes sin necesidad de frotar	La interacción es originada por la fricción o frotación de un cuerpo que luego inducirá esta carga en otro cuerpo con carga contraria.
La Interacción es detectada macroscópicamente con materiales ferrosos, pero la interacción con materiales como el plástico, la lana o el papel no es fácilmente perceptible	Interactúa con materiales que permitan cargarse estáticamente como el plástico, el vidrio, el papel, pero para cargarse excluye metales, sobre todo el hierro.
El efecto de atracción o repulsión en materiales puede ser temporal o permanente, de acuerdo al material y la temperatura que es otro factor que interviene en la interacción magnética pero que no se analiza en este trabajo.	El efecto de atracción o repulsión puede deshabilitarse, debido a que el material cargado electrostáticamente se puede descargar si tiene contacto con tierra o un material conductor.
Cuando se deja un pedazo de hierro pegado a un imán por cierto tiempo, este copia las características del imán. No hay necesidad de frotarlo para que lo haga.	Si se acerca un papel a un bolígrafo electrificado por frotación, el papel se mueve por que tiene una carga contraria al bolígrafo electrificado.

Tabla 1: Diferencias entre el fenómeno magnético y electrostático

De esta forma se puede decir que los eventos ocasionados por el magnetismo son únicos y difieren de otros fenómenos como el electrostático y gravitacional, a pesar de tener comportamientos y características análogamente parecidas, por ejemplo, en todos es posible detectar atracción y repulsión de cuerpos: en el magnético los imanes

con dos polaridades diferentes norte y sur pueden ser repulsivos si los polos son iguales y atractivos si son diferentes; en el electrostático es algo similar, cuando dos cargas negativa y positiva se acercan existe atracción pero si lo que se acerca son cargas iguales se experimenta la repulsión; y en el gravitacional gravedad posee características atractivas mientras que la energía oscura es repulsiva.

DETECTANDO OTRO CAUSANTE DEL EFECTO MAGNÉTICO

Como se dijo anteriormente, los metales ferrosos hacen parte de los materiales que interactúan con el magnetismo, sin embargo, a pesar de que otros materiales como el cobre y el aluminio también son metales, al acercarse un imán permanente no es posible

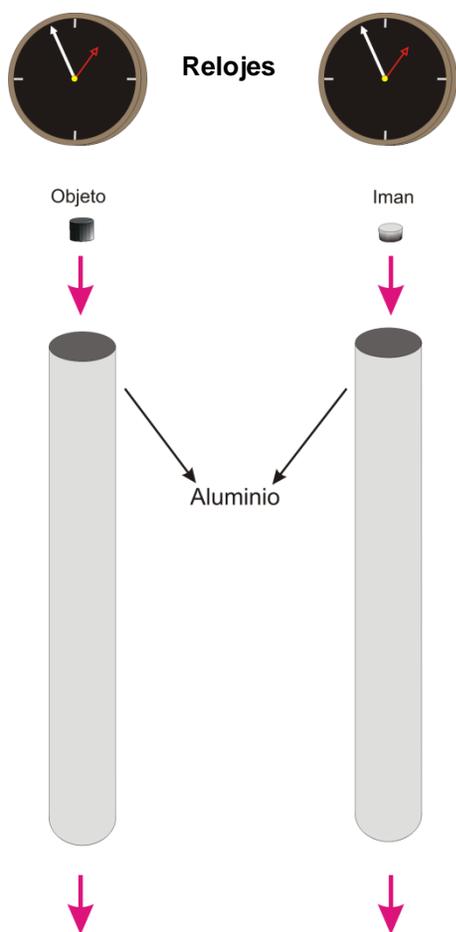


Figura 16: Actividad en la que se dejan caer un imán y otro objeto con las mismas dimensiones a través de un tubo de aluminio y donde se le toma el tiempo de caída a cada elemento

generar en ellos un efecto de atracción o repulsión perceptible macroscópicamente, que es lo más característico del efecto magnético. No obstante, puede darse de que estos materiales interactúen con el magnetismo y sea evidente el fenómeno magnético. Para demostrar esta interacción es necesario realizar la siguiente actividad. Como material principal es preciso obtener un tubo cilíndrico hecho de aluminio o de cobre con su interior totalmente hueco, que tenga un diámetro aproximado de unos 2 cm y una altura considerable de aproximadamente 10 cm; un imán cilíndrico con un diámetro inferior en unos pocos milímetros al del tubo y una altura de aproximadamente 2 cm. También es necesario un objeto cilíndrico con las mismas dimensiones que las del imán e incluso el mismo peso (figura 16)

La actividad consiste en dejar caer ambos materiales a través del tubo ubicado verticalmente y tratar de tomar el tiempo de caída

Si solo se toma los tiempos de caída como referencia de comparación, se observa que existe un tiempo de caída superior del imán a comparación del otro objeto

Puesto que el retardo solo se genera en el imán, ¿se podría asociar este suceso al fenómeno magnético?

Para poder afirmar que esto es verdad, es necesario recoger evidencias que relacionen el evento con este fenómeno. Anteriormente, se había concluido que el aluminio y el cobre no presentan características magnéticas visibles, incluso si se trata pegar el imán que se dejó caer, se percibe que el tubo de aluminio no obtiene estados de magnetización. Empero, de acuerdo a la idea de interacción magnética, el imán solo puede interactuar con otro imán, y el frenado del imán es un síntoma de interacción, y debido a que el solo no interactúa, puede imaginarse que el imán es atraído o repelido por las paredes del tubo de aluminio. Ahora, si el tubo se comporta como otro imán que interactúa con el tubo, ¿Que hace que adquiera el estado de magnetización? La respuesta está en el movimiento que genera la caída del imán.

El movimiento del imán de alguna forma hace que el tubo de aluminio adquiera un estado de magnetización, permitiendo que el imán se frene por la interacción con el tubo. Pero para que el interior del tubo se magnetizara debió haber surgido una característica que le permitió magnetizarse con el movimiento, en el próximo apartado se hablara un poco de ello, aunque por su extensión y las múltiples posibilidades de experimentación se deja como alternativas de investigación bajo esta misma línea.

LA RELACIÓN DE LA CORRIENTE CON EL MAGNETISMO

El fenómeno magnético se encuentra estrechamente relacionado con el fenómeno eléctrico, puesto que uno produce al otro y viceversa. Fue Orsted, quien descubrió inicialmente que la corriente eléctrica (electrones en movimiento) genera un efecto magnético alrededor del cable conductor. Al colocar limaduras de hierro por debajo de un cable que se conecta a una fuente eléctrica, como se muestra en la figura 17, Las limaduras de hierro se mueven alineándose en dirección al flujo de la corriente, si se invierte el sentido de conexión de la batería, se evidencia nuevamente movimiento de las limaduras pero en sentido contrario al que se produjo inicialmente. Por la idea de

interacción magnética, se deduce que el hierro se mueve por la interacción de un imán, pero como no hay un imán cerca se le atribuye el comportamiento magnético al flujo de corriente eléctrica, ya que si se desconecta la batería no se observa ninguna interacción.

Otro experimento que dibuja la idea de la interacción magnética generada por el flujo de corriente y la limadura, se presenta a continuación. Un cartón blanco u hoja de papel, es atravesado por un cable conductor,

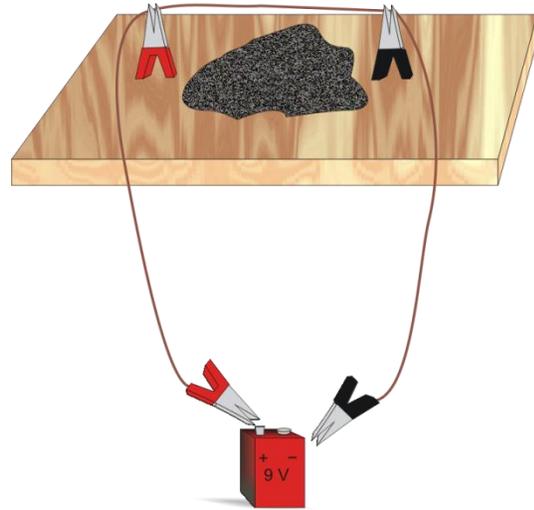


Figura 17: Montaje experimental donde las limaduras de hierro interactúan por un efecto magnético generado por la corriente que fluye en el cable

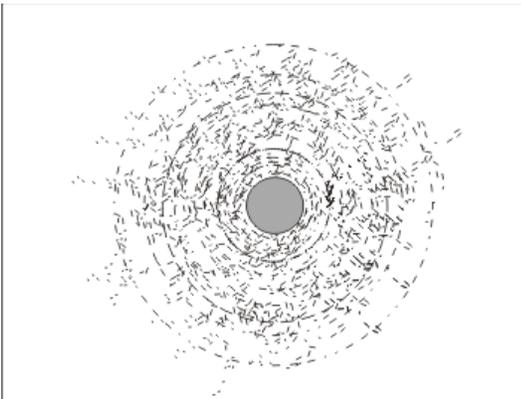


Figura 18: Vista superior de un cable que atraviesa un papel que tiene alrededor limaduras de hierro.

sobre el papel y alrededor del cable se esparce limaduras de hierro, Se deja pasar una corriente continua de 20 a 50 ampere aproximadamente, (este amperaje es necesario para poder evidenciar el efecto por que se intentó con la corriente de una batería, y no se pudo evidenciar ningún efecto); y se le dan unos golpes suaves sobre el cartón, las limaduras de hierro se ordenaran como se observa en la figura 18, de la misma forma como ocurre si se coloca limadura de hierro sobre un papel o superficie y por debajo se acerca un imán.

Una brújula permitirá concluir que en definitiva se trata de un fenómeno magnético, ya que si se aproxima a los alrededores del cable por donde circula la corriente eléctrica, la brújula comenzara a oscilar y moverse hasta que el norte de la aguja apunte en una dirección específica. Como la brújula es un imán que se mueve por si solo ante la presencia de otro imán, se concluye que la corriente que pasa por el cable crea un efecto magnético alrededor y en toda la extensión del mismo, con un sentido de giro que depende del sentido de circulación de la corriente que se relaciona con el giro de

las manecillas del reloj. Es decir, la corriente eléctrica genera en el cable un estado de magnetización donde la polaridad no está definida sino que el efecto magnético envuelve al cable con un sentido de giro.

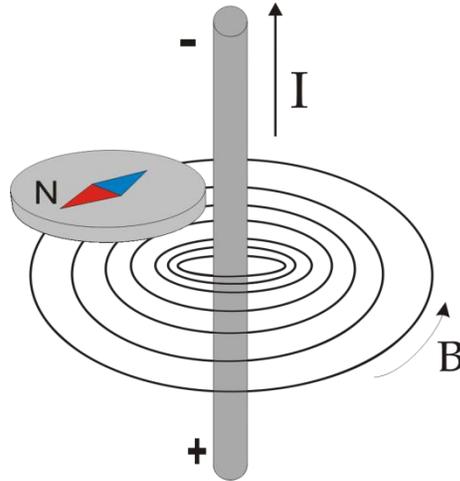


Figura 19: Representación del efecto magnético que se genera por la corriente que atraviesa un cable detectado con la ayuda de una brújula.

En el montaje experimental de la sesión anterior, se observaba como el movimiento del imán al interior del tubo hacia que el tubo adquiriera un estado magnético para interactuar con el imán, pero quedo una pregunta abierta: ¿Qué es lo que hace que el tubo adquiriera el estado de magnetización en su interior? Esto se puede explicar si se le atribuye al movimiento del imán un cambio en la cantidad del estado de magnetización, este cambio del genera que en el tubo se induzca una corriente eléctrica que a su vez produce un estado magnético en el interior del tubo que finalmente interactúa con el estado magnético del imán. Esto suena muy teórico, pero para poder reflexionar a través de la experiencia es necesario caracterizar el fenómeno eléctrico y su relación con el fenómeno magnético. Para ello existen múltiples experiencias que ayudarían a construir el concepto de interacción eléctrica, sin embargo, este trabajo se sale de esta investigación, y por ello se deja como perspectiva al igual que la construcción del fenómeno electromagnético.

LA CONSTRUCCIÓN PROPIA DE INTERACCIÓN MAGNÉTICA

Experimento 1

Desde un principio del trabajo se trató de abordar el estudio de la inducción electromagnética, a lo largo de la investigación nos tropezamos con un artículo (*Experiences with the magnetism of conducting loops: Historical instruments, experimental replications, and productive confusions*”de CAVICCHI, E. 2002) sobre los efectos magnéticos que pueden estudiarse con relación a la corriente eléctrica y los problemas que existieron en la construcción del concepto, en este se propone varias actividades experimentales, en particular se replica un experimento en el cual consiste en una espira que envuelve una aguja la espira se encuentra sobre un vaso (ver figura 2) en los extremos de la espira se encuentra una batería, en este tipo de experimento se ilustra el fenómeno de inducción magnética a través de la espira con corriente eléctrica.

Lo que se va a ilustrar a continuación es como partimos de la experiencia propia desde una actividad cualitativa exploratoria, en el cual arroja algunos elementos claves, para la elaboración de una propuesta alternativa de enseñanza del fenómeno magnético

PROCEDIMIENTO MATERIAL

Lista de Materiales

El experimento consta de los siguientes materiales:

- Vaso grande y transparente
- Cable cobre de diferentes calibres
- Aguja
- Par de caimanes dobles
- Pitillo o palillo para revolver
- Batería de 9 Voltios

- Plastilina
- Hoja graduada
- Transportador
- Imán
- Brújula
- Hilo
- Regla
- Compás
- Cinta

Construcción:

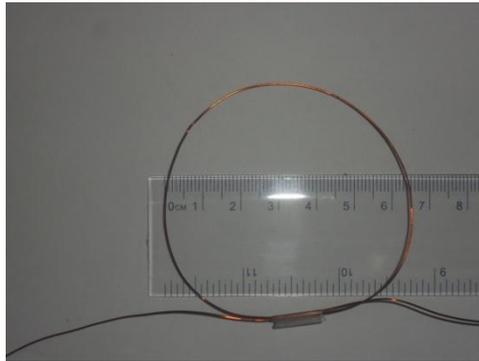
Procedimiento para imantar la Aguja:

- a) Utilizando la brújula se identifica el lado norte y sur del imán, si la aguja señala al norte, significa que el lado del imán que está expuesto es el sur, y el otro es el norte y viceversa.
- b) Con el norte identificado, se acerca la aguja al imán y se hace un movimiento circular, siempre con el mismo sentido esperando seguir las líneas de campo. Se puede hacer igualmente con el polo sur.
- c) Recortamos un pedazo de papel formando rectángulo y luego se amarra en el centro uno de los extremos del hilo y el otro se amarra en el palillo para revolver. Se dobla el papel de forma que quede simétrico a ambos lados, y por último se introduce la aguja imantada (Con la aguja introducida en el papel, disminuimos en gran porcentaje el efecto de torque, al dejar la aguja suspendida)

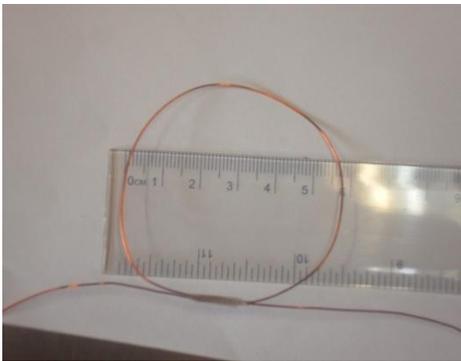
Procedimiento para fabricar los bucles:

Circular:

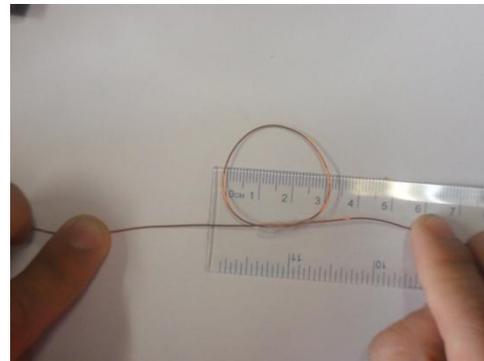
- a) En un cilindro circular con un diámetro conocido se enrolla el cable de acuerdo al número de espiras que necesite
- b) Para amarrarlo utilice un pedazo de cinta
- c) Pele los extremos de los cables



Fotografía 6: Bucle de 6.5 cm de diámetro



Fotografía 7: Bucle de 5.7 cm de diámetro



Fotografía 8: Bucle de 3.3 cm de diámetro

Rectangular:

- a) En un cilindro rectangular con un diámetro conocido se enrolla el cable de acuerdo al número de espiras que necesite

b) Sigue el procedimiento indicado en 1.3.1

Triangular:

a) En un recipiente triangular con un diámetro conocido se enrolla el cable de acuerdo al número de espiras que necesite

b) Sigue el procedimiento indicado en 1.3.1

Montaje en conjunto:

I. Dibuje un círculo graduado, en el que pueda observarse bien la medida en grados de los posibles movimientos de la aguja.

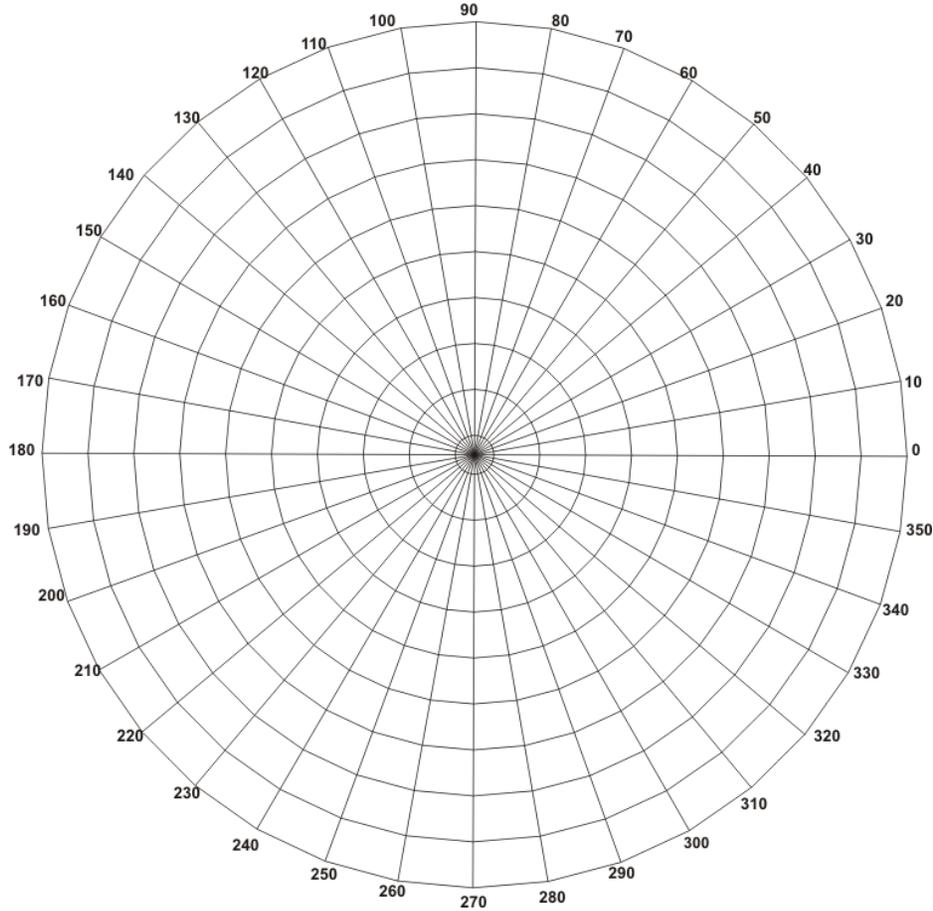
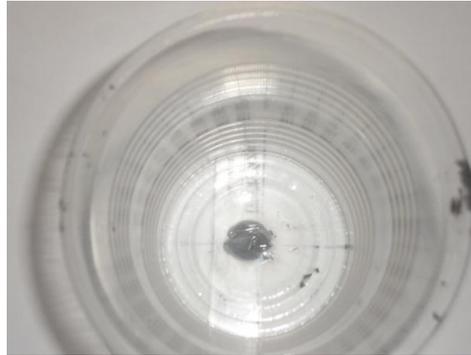


Figura 20: Círculo graduado

II. Se ajusta el transportador de tal forma que quede alineado con la hoja graduada

- III. Encima de este, se coloca el vaso transparente con un pedazo de plastilina en la base. (Para evitar el movimiento del instrumento)



Fotografía 9: Recipiente transparente asegurado en el centro de un transportador con plastilina

- IV. Se coloca en la parte superior del vaso, el cable enrollado con los diferentes calibres, diámetros, y formas. Cuidando de que el plano que forma tal figura, sea paralelo al plano Polo-Sur de la tierra, de acuerdo a lo indicado por la brújula.
- V. Calculando el centro, y amarrado al pitillo o palillo para revolver, se ajusta la aguja, de modo que quede en el centro de la figura formada por el cable de cobre.



Fotografía 10: Vista superior del montaje del experimento. Nótese la ubicación de la brújula, el papel graduado y el cable con espiras

VI. En los extremos del cable, colocamos dos caimanes conectados a la batería de 9 voltios.

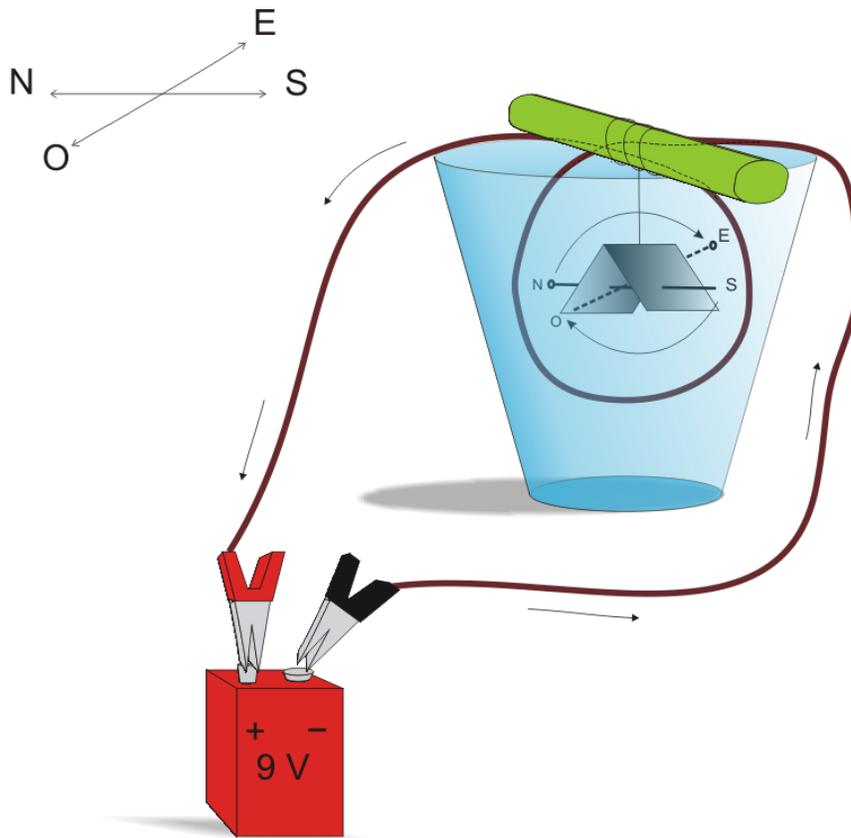


Figura 21: Vista frontal del experimento

MODELO INSTRUMENTAL

Variables sin control

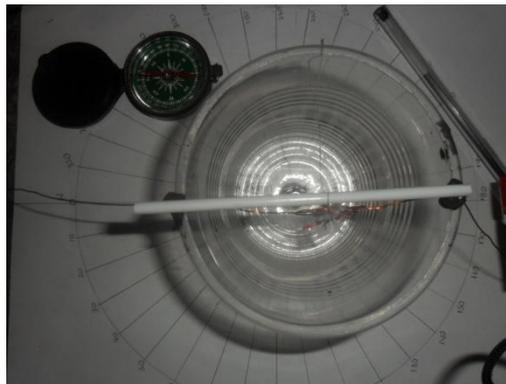
En el proceso de construcción del experimento, hemos encontrado que hay que tratar de anular muchos aspectos que pueden interferir en el efecto magnético, tales como el movimiento de la bobina, el torque de la aguja, el viento, precisión en la ubicación de los objetos, entre otros. La pregunta vendría sobre los experimentos históricos que tuvieran alguna referencia a este o modificación del mismo, de tal forma que puedan cumplir con la anulación de tales interferencias para su correcta observación.

Indicadores de Medida

Por otra parte, a pesar de que no era el objetivo de la actividad, a pesar de nuestros esfuerzos, no se encontró un mecanismo preciso que arroje unos indicadores de medida confiables, de tal forma que permitan diferenciar cualitativamente las diferentes variaciones que pueden aumentar o disminuir el efecto magnético (que sea perceptible a la vista), y con ello poder verificar que aspectos influyen en la intensidad del efecto magnético producido por las espiras.

El mecanismo que más se acercó a caracterizar este indicador, se obtuvo tomando la medida en grados de la abertura del movimiento rotatorio de la aguja cuando se aplica una corriente determinada, esto hacía referencia a la presencia de un “efecto magnético” que se genera alrededor del bucle. Se observó que entre más espiras más movimiento circular se producía por parte de la aguja, sin embargo este tipo de efecto no se le puede atribuir la condición de indicador de cantidad de efecto magnético, solo se puede decir que si la aguja se mueve es por que hay presencia de un imán y la forma de moverse tanto sentido como cantidad de movimiento dependen de las características del imán.

Se utilizó entonces para observar la “variación”, la hoja graduada que se construyó anteriormente, orientada en posición Norte-Sur con relación a los polos magnéticos de la tierra, de tal forma que 0° sea el norte y 270° el sur. A su vez la bobina debía estar alineada con el polo norte y sur de la tierra.



Fotografía 11: Vista superior del montaje del experimento. La aguja tiene una inclinación aproximada de 30° dirección este, por la corriente que pasa a través del cable con 3 espiras

Este tipo de referencias, permite hacerse una idea de la amplificación del efecto magnético que se crea en el bucle comparado con el efecto que se genera cuando pasa la corriente por un cable “recto”, incluso empezar a ordenar los datos, conforme se varia el diámetro, la forma, el calibre y la posición. .

Toma de datos:

Dentro de las diferentes intervenciones que se construyeron y estudiaron las actividades con que se empezaron a observar el fenómeno se obtuvieron con variación el diámetro y el número de las espiras:

DIÁMETRO	FORMA BUCLE	NÚMERO DE ESPIRAS	VARIACIÓN ABERTURA APROXIMADA (°)
6.5 cm.	circular	1	4°
5.7 cm.	circular	1	5°
3.2 cm.	circular	1	25°
3.2 cm.	circular	2	30°

Tabla 2: Variables que se observaron en el primer y segundo encuentro

Observaciones

En un primer intento se ubicó un cable con un bucle de 1 espira de 6.5 cm de diámetro con dirección paralela al plano norte- sur del polo magnético de la tierra, La batería de 9 voltios estaba conectada de tal forma que el cable del polo sur se acoplo al polo negativo de la batería y el polo positivo al extremo ubicado polo norte del bucle.

Al ensamblar ambos polos a la batería de la forma anteriormente indicada, la punta (polo norte) de la aguja imantada, se mueve en dirección Este, aproximadamente 4 ° grados. En esta primera experiencia se pudo observar que al dejar el cable por un tiempo conectado a la bobina, la aguja tiende a volver a su sitio inicial, sin embargo por

efectos de algún factor que creemos que interfirió en el experimento, no se volvió a observar lo descrito.

Al efectuar el mismo experimento con el cable enrollada en un bucle de un diámetro aproximadamente de 5.7 cm, el fenómeno se ve aumentado (a razón de lo observado), sin embargo no es tan perceptible el efecto.

Cuando se experimenta con el diámetro de 3.2 cm, la abertura aumento considerablemente, aproximadamente 25° , y cuando se adiciona 3 espiras, la abertura fue de aproximadamente 30° en dirección este.

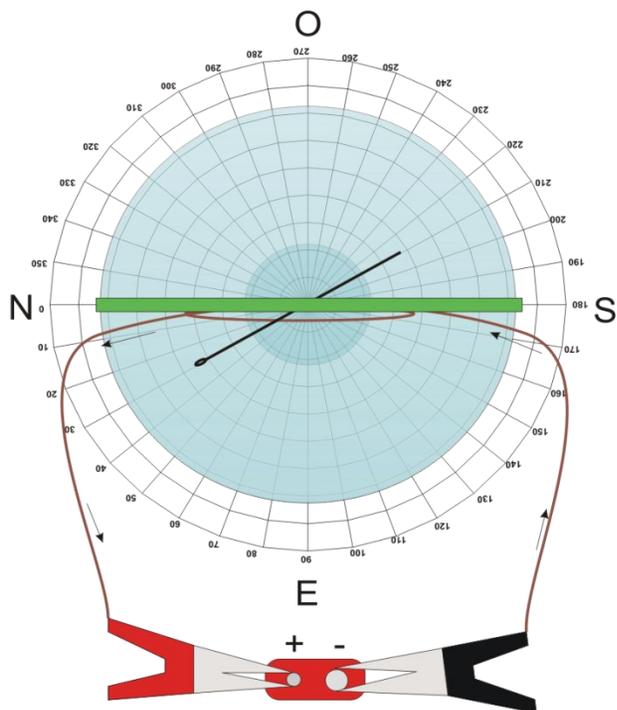


Figura 22: Vista superior del experimento

que la hoja se encontraba debajo del vaso que contenía el experimento, y la aguja se hallaba en la parte superior del vaso, y a esta distancia era difícil confirmar una medida satisfactoria.

Dificultades con el experimento:

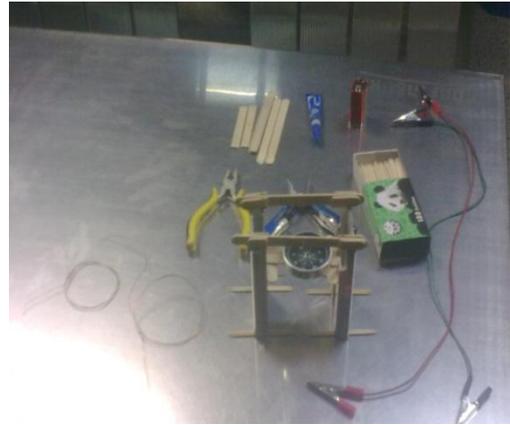
En el experimento inicial se encontraron diferentes factores que atribuían algún tipo de duda a la fiabilidad del resultado, a pesar de ser este último cualitativo. Uno de esos factores era el constante giro independiente de la aguja explicado tal vez por el torque, el viento, movimiento de los elementos, entre otros; otro factor que potencializa la desconfianza del resultado fue la dificultad para distinguir la lectura de la cantidad de

movimiento de la aguja ofrecido por la hoja con la circunferencia graduada, debido a

Modificaciones:



Fotografía 12: Vista superior del nuevo montaje experimental.



Fotografía 13: Vista lateral del montaje experimental junto con el material utilizado para su construcción

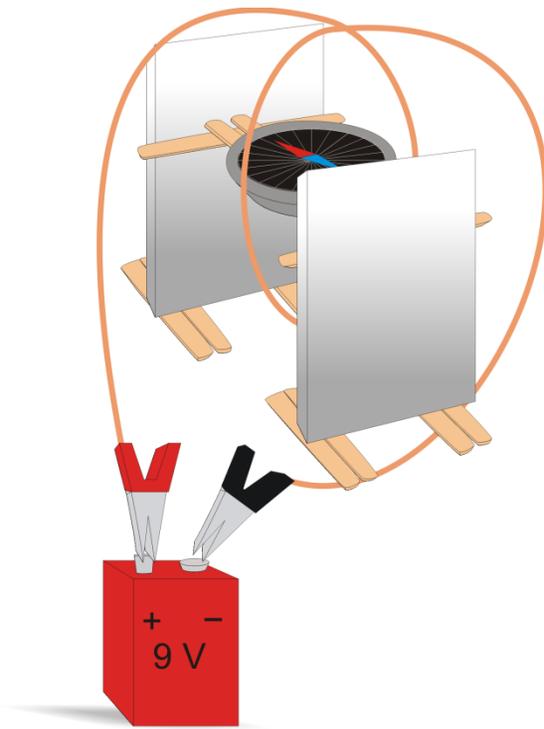


Figura 23: Diseño del nuevo montaje que disminuye los errores en la apreciación del fenómeno.

Por las dificultades expuestas anteriormente, se decidió buscar una forma alternativa de visualizar el fenómeno, minimizando los factores que podrían influir en el resultado y llevarnos a conclusiones erradas.

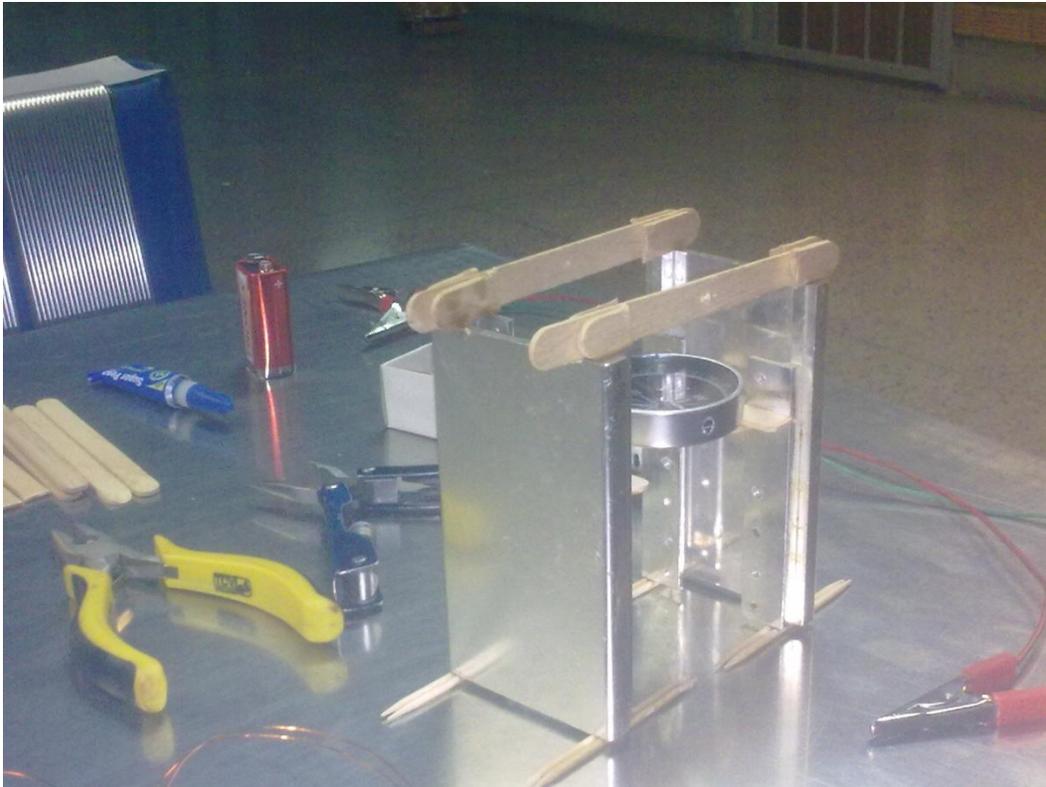
Fue por ello que se optó por elaborar un montaje a partir un par de placas de aluminio (material que no tiene mucha incidencia magnética) sacadas de una plancha para cabello en mal estado, palillos de dientes y de paletas, y una brújula con la que finalmente aseguraríamos de minimizar factores como el movimiento causado por el viento, torque del hilo que prende la aguja, y además presentaba una lectura más fiable del evento.

MODELO FENOMÉNICO:

A continuación se describirá de forma breve una serie de características que se pueden ir analizando y describiendo después del encuentro con el fenómeno. Estos son:

Movimiento

Existe un movimiento de la aguja, causado por la corriente que pasa por el cable del bucle, el cual puede ejercer un efecto para rechazarla o para atraerla. Es muy importante atribuirle la culpa del movimiento al efecto magnético que produce la corriente eléctrica (movimiento de electrones), puesto que para que la aguja que es un metal ferroso se pueda mover, es necesario que un imán induzca estados de magnetización en ella. Es decir, un imán (la aguja) solo interactúa con otro imán (la corriente eléctrica)



Fotografía 14: Vista lateral del montaje experimental junto con el material utilizado para su construcción

de fuerza

De forma invisible para el ojo humano, puede interpretarse que el efecto que da cuenta de un posible flujo de campo magnético que interactúa con otros flujos magnéticos y/o metales ferrosos apareciendo una fuerza de atracción o repulsión, ya que en la medida que se acerca un imán a otro, se detecta que al disminuir la distancia aumenta el efecto magnético y esto se repite a lo largo del material, de acuerdo al tipo de elemento que se encuentre cerca del fenómeno estudiado. El ofrecimiento de esta explicación se puede contrastar con lo que diferentes textos pueden ofrecer sobre el tema (conclusión que acordaran quienes han tenido la fortuna de interactuar con teorías y lecturas alrededor del fenómeno). (HEWIT, PAUL 2007) Estos textos indican que el efecto magnético que se genera puede entenderse como una especie de flujo (imagen de líquido o fluido), compuesto por líneas de fuerza magnética que circulan en cierta dirección, en el caso del flujo magnético generado por la corriente eléctrica puede hallarse aplicando la ley de la mano derecha o la ley del tornillo, este flujo presenta

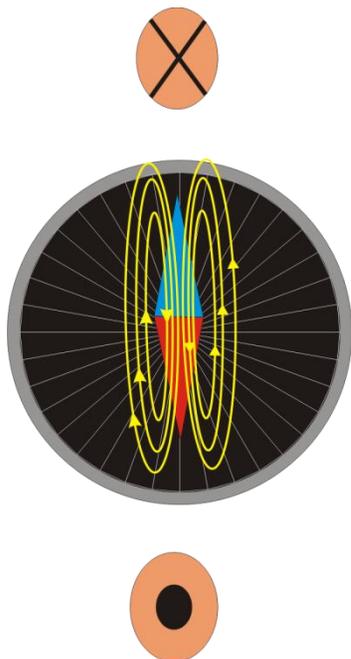


Figura 24: Explicación de la convención de cómo fluye el efecto magnético en la aguja de la brújula.

algunas características: varía en intensidad (densidad) dependiendo de la fuente que lo genera, y también depende además si se encontrase con una fuente que presente un flujo con una dirección igual (repulsión), o inversa (atracción), dicho efecto puede identificarse en una región limitada del espacio que circunda la fuente, es decir, entre más alejado se encuentra el objeto de prueba a analizar, menos será la intervención del flujo mencionado.

El asociar el flujo del campo magnético con un fluido o líquido puede traer sus virtudes, en cuanto puede explicar la interacción entre campos, sin embargo, se prevé que es posible que haya confusión con el fenómeno de hidrodinámica o hidrostática.

Fuerza magnética

La fuerza es una manifestación de un cuerpo hacia otro

cuerpo, la cual tiene un efecto apreciable: genera movimiento, y tiene un sentido al momento de aplicarlo. Cuando se observa que la aguja se mueve solo cuando pasa corriente (suponiendo aislamiento de factores como el viento o el movimiento de los componentes del experimento) puede atribuirse la culpa al efecto magnético causado por el movimiento a la corriente, además si llegase a variar la cantidad de corriente, se vincula tal variación a la de la fuerza, que también se modifica proporcionalmente.

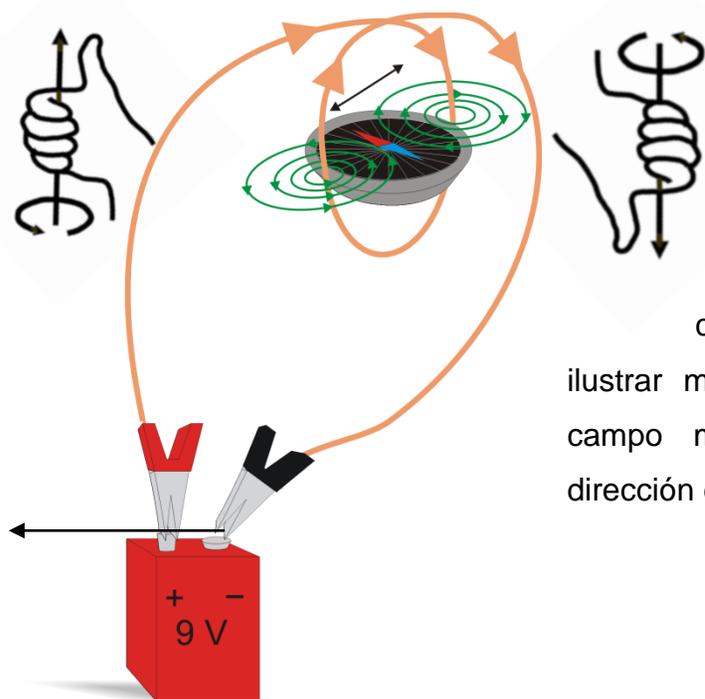
Al variar la cantidad de espiras en el experimento, se aprecia aumento del efecto “fuerza magnética”, igualmente si se disminuye el diámetro del bucle.

De acuerdo a lo anterior, la fuerza magnética es proporcional a la cantidad de corriente y al número de espiras, e inversamente proporcional al área del bucle que la genera. ¡Esto hablando matemáticamente!

Sentido de la corriente

El sentido en que gira la aguja depende del sentido de la circulación de la corriente. Con relación al experimento, se analiza detalladamente este apartado.

Para verificar la dirección del campo magnético de la espira en cada uno de los puntos se puede aplicar la



“ley de la mano derecha” para dos variables: Corriente y campo. En la imagen se indican dos puntos estratégicos donde se analiza el campo, de esta forma, se empieza a ilustrar más claramente como interviene el campo magnético de la bobina con la dirección de la aguja.

Figura 25: Descripción de la ley de la mano derecha para campos magnéticos inducidos por una corriente eléctrica

Como puede verse existe en el interior de la espira existe un efecto de repulsión, debido a que la corriente fluye en la misma dirección, al intentar combinar las líneas de campo de ambos tramos del cable, con el flujo magnético producido por la aguja enmantada de la bobina (recuerde que la dirección en imanes es de norte a sur), es posible aplicar la ley de la mano derecha para tres variables, esta vez la corriente, el campo de la bobina, y la resultante: la dirección de la fuerza que existe como consecuencia de la intervención de ambos campos.

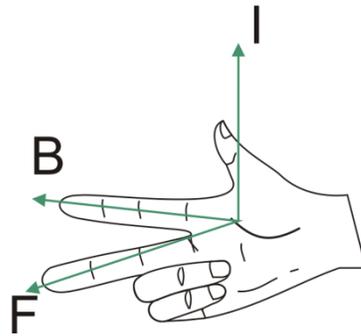


Figura 26: Explicación de los vectores que actúan en el fenómeno electromagnético

Se relacionará las tres imágenes para ilustrar el resultado del evento, El pulgar de la mano derecha es la corriente (para el caso del experimento si lo observamos de forma frontal hacia la brújula, la dirección de la corriente sobre uno de los cables vendría hacia nuestra vista, este se representa como punto o la punta de una flecha que se acerca, mientras que el cable del otro lado de la bobina, se representa con una x o la flecha que se aleja); este se sale hacia el lector, el índice apunta hacia la dirección del flujo magnético de la brújula, y el anular que esta perpendicular a las otras dos variables, es la dirección de la fuerza.

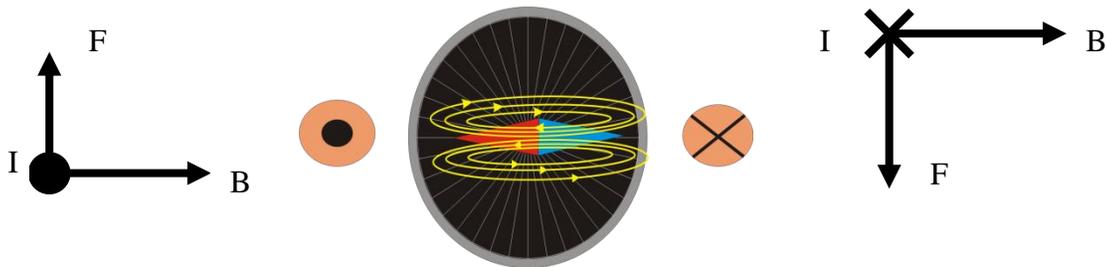


Figura 27: modelo de cómo se interpreta la interacción entre los tres vectores.

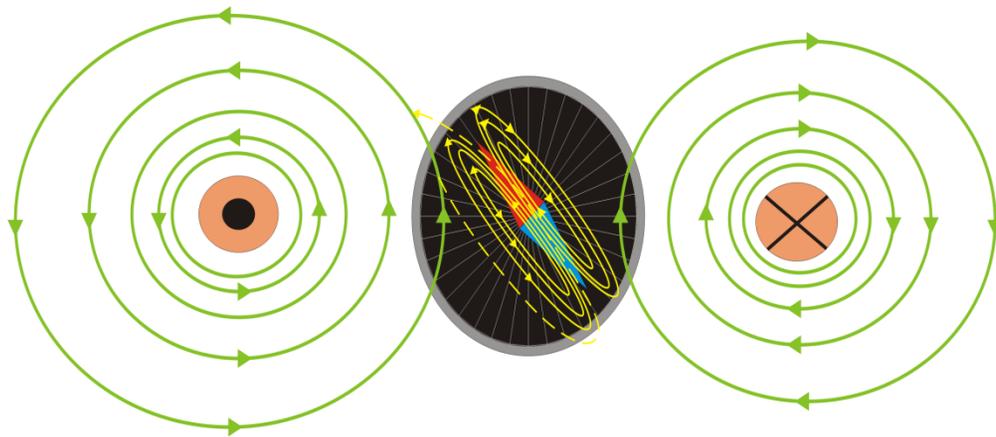


Figura 28: Interacción entre campos magnéticos.

Sentido de enrollado bucle

También influye el sentido en que se enrolla la bobina

Depreciación del voltaje

Como anteriormente se mencionó, la diferencia de potencial no influye en fenómeno observado, quien influye es la corriente, debido a que se experimentó con una fuente de voltaje variable, y el efecto no se vio en ningún momento interferido por este hecho.

ANÁLISIS

EXPERIENCIA EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS GUÍAS

Dentro de los diferentes temas de investigación que se consideraron como posibles candidatos a analizarse, siempre existió en el grupo de trabajo un propósito donde la temática se relacionará con el aprendizaje de la inducción electromagnética, sin embargo, en el transcurso de esta búsqueda, en la medida en que se trabajaba en la actividad de exploración de montajes experimentales referentes a la inducción electromagnética, se observó que se hallaban gran cantidad de variables y posibles fenómenos a analizarse que aun necesitaban de una comprensión algo más sólida, pero en algún momento desde diversos montajes y repetidas discusiones, surgió la pregunta por ¿cuál sería la mejor base para empezar a entender la inducción electromagnética?; es así como en el transcurso del trabajo se observaron varios elementos que los estudiantes debían ya tener familiarizados relacionado con el fenómenos magnéticos, entonces surge la propuesta de trabajar con los estudiantes desde unas guías cuidadosamente elaboradas que le permitieran abordar desde cierto nivel la manipulación de algunos materiales como imanes, tubos de aluminio, limadura de hierro, brújula... que son fácilmente obtenidos.

Las guías fueron una forma de ordenar ideas acerca del fenómeno magnético y además permitieron trabajar paralelamente con actividades experimentales exploratorias, a su vez, le confieren al estudiante desde esta tipología del experimento cualitativo, acercarse a ciertas habilidades científicas como indagar, reflexionar, categorizar y mantener siempre un contacto estrecho con los instrumentos y los materiales dispuestos en cada actividad, con lo cual no se tiene en cuenta muchas características propias del fenómeno que conlleva a reflexionar sobre aspectos de corte cuantitativo. Además, “un estudiante no puede entender sino aquello que él ha podido reconstruir mediante la reflexión, la discusión con sus compañeros y con el profesor, o mediante la acción sobre los objetos del mundo” (lineamientos); de esta manera se resalta en la guía la oportunidad de hacer un trabajo donde se hace más enriquecedora la discusión y la habilidad de un trabajo en equipo con los estudiantes y el maestro para

llegar a acuerdos desde sus propias observaciones y experiencias antes vividas con el fenómeno.

Los estudiantes con que se trabajó esta investigación fueron estudiantes de la Jornada Nocturna del colegio Francisco Miranda ubicado en el municipio de Medellín. A pesar de que la población era adulta, existían múltiples falencias a nivel cognoscitivo en relación al fenómeno magnético, por lo que la actividad cualitativa resulto ser muy interesante y enriquecedora para ellos.

ESTRUCTURA DE LAS GUÍAS



Fotografía 15: Estudiantes del colegio Francisco Miranda de Medellín construyendo un montaje experimental

La estructura que tienen las guías (ver anexos) es una consecuencia de la reflexión disciplinaria de los investigadores y está diseñada con el principal propósito de que se organice la información que se puede apreciar del fenómeno magnético. Al comienzo estas poseen un objetivo general y unos objetivos específicos, posteriormente cuenta con una breve justificación; construidas de esta manera las guías tienen un fin que ilustra el camino que se

pretende recorrer en vías de construir conocimiento, así tanto el maestro como el estudiante logran tener una línea de trabajo más ordenado y poder improvisar, si es que la situación lo requiere, por supuesto el maestro debe estar en todo momento mediando las actividades y motivando su desarrollo por un dialogo con el estudiante caracterizado por el cuestionamiento de diferentes aspectos relevantes de la actividad, logrando así un mayor interés y reflexión hacia el aprendizaje de los fenómenos electromagnéticos.

Por otra parte la primer guía está compuesta por cuatro actividades que se desarrollan en clase, en cada actividad consta de una explicación y un cuestionario a resolver, además tienen graficas ilustrando mejor el modo de proceder en la actividad y manipulando mejor los materiales que disponen. Como estas actividades son una continuación y llevan una secuencia, la posterior actividad muestra una conclusión a

modo de convención de la actividad anterior para que los estudiantes recuerden lo trabajado en las pasadas actividades y les permita seguir avanzando en el trabajo de construcción de fenómeno a través de la siguiente actividad. Continuando en el mismo punto, se encuentran unas preguntas encerradas que causan curiosidad y tratan de motivar al estudiante a indagarse y elaborar en sus casas o en otro espacio de la institución.

La segunda guía (ver anexo) consta de dos actividades, las cuales vienen con la explicación, y algo importante es que se mencionan ciertas conclusiones de la guía anterior que les será fundamental asociar a la elaboración de las actividades presentes, estas a su vez poseen los materiales y la explicación del montaje en la actividad experimental con su respectiva imagen para un mayor entendimiento.

Por último, se reitera que el maestro no puede olvidar de su papel de mediación durante el trabajo de los estudiantes con las guías y actividades que se proponen, Aunque la propuesta encamina la exploración se ve la necesidad que en el aula esta actividad exploratoria sea un poco guiada para evitar que los estudiantes hagan otras cosas diferentes o no hagan nada. Por ello, tienen un tiempo mínimo de elaboración que se desarrolla en 6 secciones de clase, la disciplina que maneje el maestro y la disposición de los estudiantes se hace fundamental para un buen trabajo, debido a que los bloques de clase en la institución Francisco Miranda eran de 45 minutos, era preciso organizar el tiempo de cada actividad. Por tanto, la actividad se distribuyó de la siguiente forma: 5 minutos para orientarlos en las actividades y explicar su estructura y como la abordarán, luego se destinaba de 15 a 20 minutos para la elaboración de cada actividad, y por último se realizaba una socialización y aclaración de conceptos de forma que el estudiante a través de la discusiones grupales llegara a consensos sobre el fenómeno observado. Por otro lado los materiales se conseguían con anticipación y se distribuían en la clase, y de esta forma los estudiantes trabajaban en equipos.

ANÁLISIS DESDE LAS CATEGORÍAS ELEGIDAS

La actividad exploratoria tiene diversas potencialidades en la iniciación de los estudiantes en el campo investigativo y es fundamental para considerar a la ciencia como una actividad; de esta manera se coincide con los estándares en ciencias que

buscan el desarrollo de aquellas habilidades científicas y actitudes requeridas para explorar fenómenos y resolver problemas, que conllevan a derivar ciertas habilidades científicas que se deben concebir desde el comienzo de la vida escolar buscando : explorar hechos y fenómenos, analizar problemas, observar, recoger, organizar información, utilizar diferentes métodos de análisis, evaluar los métodos, compartir los resultados; teniendo en cuenta que las competencias básicas en ciencias naturales y sociales también requieren de una serie de actitudes, donde los estándares pretenden desarrollar y fomentar: la curiosidad, la honestidad en la recolección de datos y su validación, la persistencia, la disponibilidad para tolerar la incertidumbre y aceptar la naturaleza provisional propia de la exploración científica, la reflexión sobre el pasado presente y futuro entre otros.

Por lo anterior se hace pertinente el análisis de unas categorías que a la luz de las respuestas de los estudiantes nos permitirán conocer el acercamiento a varios factores que desde el trabajo se propone y que tiene cierta coherencia con lo planteado, en los estándares curriculares en ciencias naturales.

Por tal motivo, aquellas categorías que escogimos y encontraremos en el análisis serán las siguientes:

- Que elementos dentro del trabajo con los estudiantes caracterizan la actividad exploratoria.
- Dentro del trabajo con las guías cuales son aquellos distintivos donde los estudiantes construyen un referente de interacción magnética.

Elementos característicos de la actividad exploratoria en el trabajo con los estudiantes.

La actividad exploratoria abarca diversas posibilidades acerca de la iniciación de los estudiantes en el ámbito investigativo como un primer paso hacia las prácticas científicas, lo cual se hace necesario familiarizarlo con las ciencias experimentales, que presenten ciertas características donde logren desarrollar actividades de corte exploratorio; por eso es pertinente el análisis de esta categoría que a la luz de las

respuesta de los estudiantes nos permitirán conocer un acercamiento a la experimentación, desde un enfoque cualitativo exploratorio; esta perspectiva implica adoptar una aproximación comprensiva e interpretativa y observacional del fenómeno, además, debido a que es una forma diferente de intervención con los estudiantes, donde se busca resaltar otras perspectivas de la experimentación diferente a la que ellos seguramente han tenido desde una experiencia con el experimento que sirve solo de verificación y comprobación de la teoría, sin que ellos puedan abordar mucho en cuestiones reflexivas, propositivas y desde un énfasis de investigación en el mundo real.



Fotografía 16: Estudiante del colegio Francisco Miranda de Medellín elaborando una de las guías del trabajo investigativo

“la experimentación exploratoria se encuentra entre las primeras fases de desarrollo de una ciencia, cuando se está muy lejos de conceptos y principios teóricos bien desarrollados y adecuados” (ferreiros); esta intervención anterior la podemos relacionar a una primera fase que los estudiantes deben considerar antes de afrontarse con los conceptos y principios del fenómeno a construirse; así como es en este

caso las preguntas elaboradas en las actividades que sirvan para: explicar, comparar, arrojar hipótesis, observar, examinar, registrar, percibir... son propias de la exploración. De esta manera al examinar preguntas como: 1.1 usted dispone de un conjunto de imanes de diferente forma, tamaño y peso, construya un ejemplo donde pueda relacionar y caracterizar los términos polo norte y polo sur. Hace que se describa los primeros elementos de la exploración al ser explícita la manipulación de los materiales que se le entregaron, también la observación propia del individuo en la interacción con estos, algunas de las respuestas se darán a conocer a continuación. No analizaremos una a una por razones de tiempo y debido a que no es de importancia en esta

categoría ya que debe tenerse en consideración que principalmente interesa los elementos propios de la exploración que se caracterizan en las diversas actividades.

Algunas de las respuestas a este punto fueron:

- *El polo norte es el lado negativo o la energía negativa del imán, el polo sur es el lado positivo o energía positiva del imán.*
- *Estos polos son opuestos ya que uno es positivo y el otro es negativo. Los polos opuestos se atraen y los polos iguales se unen.*
- *Son dos polos magnéticos que posee la tierra uno negativo y otro positivo los cuales ayudan con la gravedad.*

Si se considera estas respuestas se puede apreciar que efectivamente los estudiantes logran identificar que en los imanes existen dos polos, aunque no lo llamen directamente polo sur o polo norte como se caracterizan en la teoría; pero saben que existen, por otra parte se puede evidenciar que relacionan los efectos característicos de los imanes, como son, la atracción y repulsión, debido a que tuvieron la oportunidad de situar dos imanes en interacción y con ello logran enunciar esta propiedad como lo muestra la respuestas escritas por ellos, mientras que otros demuestran que han interiorizado los puntos cardinales de la tierra y lo relacionan con la polarización de los imanes. Hasta aquí solo se puede concluir que efectivamente la exploración con los imanes les da argumentos para saber de los dos efectos magnéticos distintos.

Por otro lado, también dentro de las actividades, los estudiantes se enfrentan con diferentes situaciones de carácter explorativo como:

- ¿Explique cómo influye la conexión o el sentido del enrollamiento del cable?
- ¿Podrías describir lo que sucede con los materiales en cada una de las situaciones que se plantean? Elabora una tabla donde detalles el comportamiento del imán con cada material.
- En las dos experiencias ¿Está asociado el efecto magnético con el tamaño de los imanes?
- Si se comparan los polos ¿Qué diferencias y similitudes pueden existir entre ellos? Elabore una tabla donde indique lo observad.

Como se puede evidenciar en las preguntas anteriores tienen ciertas características que ayudan a encaminar aquel proceso de la experimentación exploratoria, pues en

este caso cada cuestionario fue formulado con el fin de buscar aquellas características propias de la exploración, como se ilustró anteriormente, se observa un tipo del cuestionar, donde la manipulación propia con los cables orientados en cierto sentido se observara un fenómeno diferente y es ahí donde el estudiante deberá hacer uso de la observación, comparación y el análisis de la información que este consiga con la manipulación de los materiales.

Por otro lado la descripción no puede escapar tampoco a las características de los estudiantes frente a la actividad experimental exploratoria y donde se le da una ayuda al ponerlos a elaborar una tabla que se le facilitara más en un análisis de la actividad, con esta podrán encontrar ciertas regularidades de lo que acontece en el fenómeno así que los estudiantes nos muestran sus formas de descripción y organización de lo observado en la actividad.

Materiales atraídos por el imán	Materiales repelidos por el imán
los Metales	El imán
El cobre	El aceto
La Plata	
El imán	
España de brillo	
limadura de hierro	

Fotografía 17: Algunas respuestas de estudiantes a las guías del trabajo de investigación



Fotografía 18: Algunas respuestas de estudiantes a las guías del trabajo de investigación

De esta manera, se observan como los estudiantes representan en tablas o de una forma icónica sus respuestas.

Igualmente en las dos últimas preguntas se expone la forma como se puede fortalecer cada vez más los rasgos de la exploración, como son la observación y comparación del fenómeno, así se podrá encontrar varias preguntas dentro de las actividades que siempre tienen presente las características propias de la exploración desde un

encuentro propio con los materiales y construcción de objetos que logren evidenciar otras formas de manifestaciones del fenómeno magnético. Si requiere saber un poco más sobre las diferentes respuestas de los estudiantes remítase a los anexos.

Los distintivos que los estudiantes distinguen para construir el referente de interacción magnética.

La interacción electromagnética es una de las muchas interacciones que se estudian en la física, pero ¿qué significa interacción? , pues bien, en muchas ocasiones siempre se estuvo hablando de interacciones, están las interacciones sociales, que se caracterizan por la influencia del individuo con la sociedad, interacción persona-medio en la que aparecen los diferentes medios de comunicación con el hombre; interacciones culturales; interacciones gravitacionales; interacciones nucleares, interacción de galaxias... así que intuitivamente se podría decir que interacción es una acción recíproca que se puede establecer entre dos o varios objetos , y es aquí, donde la interacción electromagnética que al principio del trabajo se quiso escoger para su construcción, ilustra esa acción que se establece entre cargas eléctricas (fenómeno eléctrico), ya sea estas en reposo (interacción electrostática) o aquellas cargas en movimiento, y efectos magnéticos que ofrecen los imanes permanentes con “otros” imanes (fenómeno magnético), es en este último fenómeno que se eligió para desarrollar la idea de interacción en las guías para que los estudiantes construyan

Como ya se ha mencionado, los estudiantes desde una actividad experimental exploratoria tienen la oportunidad de entablar una relación más directa con los instrumentos y materiales que le permiten modificarlos para una mejor entendimiento y análisis del fenómeno magnético. De esta forma el acercarlos a los materiales magnéticos, ellos construyen a nivel intuitivo las propiedades que presentan las interacciones magnéticas. Como se ilustra en el anterior análisis de la pregunta 1.1; en el cual se establecieron dos características básicas de los imanes, donde se establece la existencia de dos polos diferentes; en cuanto a las propiedades también logran identificarlas más adelante en la misma interacción con los imanes al utilizar un

instrumento de orden cualitativo como lo es la brújula. ¿Por qué la aguja se desvía o apunta en una dirección con relación al imán?

Este tipo de pregunta le permite al estudiante evidenciar claramente la presencia de dos efectos magnéticos, y a su vez, entender lo que sucede cuando interactúan imanes y materiales ferrosos con la brújula, teniendo en cuenta que la brújula es otro imán, y que para que ella presente algún movimiento es necesario que haya otro imán cerca, es decir, que el efecto magnético solo se da entre imanes.

A continuación también se ilustran las respuestas de la actividad tres donde hay manipulación de varios materiales y un imán, y el estudiante deberá elaborar conclusiones sobre esta clase de actividad, en la que se busca se establezca la relación que tienen los materiales con los imanes que parecen comportarse muchos de ellos como otro imán pero temporal.

- ✓ “Porque el imán tiene dos puntos diferentes, lo cual hace que tenga dos fuerzas diferentes de atracción”.
- ✓ “Porque los materiales ferrosos contienen energía magnética que desvían la aguja”
- ✓ “Con la limadura de hierro el se atrae fuertemente con el imán, su cambio es que las partículas se unen como hilos”.
- ✓ “Con las mirellas no interactúan con el imán además las mirellas están compuestas por material reciclable”.
- ✓ “Con el cobre no interactúa con el imán, y el cobre no está hecho de material ferroso”.
- ✓ “Con el material de aluminio tampoco”

Las anteriores respuestas de los estudiantes a la actividad dos y tres, logra identificar en ellos, los efectos de atracción y repulsión de las interacciones magnéticas, al igual que logran identificar aquellos materiales que pueden interactuar de forma directa con los imanes permanentes. Por otra parte sigue confuso establecer la relación de la palabra energía que ellos emplean para explicar los fenómenos magnéticos, pues no se hace claridad a lo que ellos entienden por energía donde se hace necesario establecer discusiones grupal es para aclarar las respuestas de las guías y su entendimiento, lo cual no se logró por falta de tiempo.

Una vez entendido cómo las interacciones magnéticas con imanes permanentes actúan con diferentes materiales, se elabora un camino para que los estudiantes logren identificar la inducción de estos imanes y la relación directa que se establece con cargas eléctricas en movimiento, para ello se desarrolla la guía número dos.

Las interacciones magnéticas se evidencia notablemente cuando en cercanías de un imán afectan materiales ferrosos con mayor intensidad, caso contrario, pasa cuando son afectados débilmente y el material ferroso es alejado; pero hay ocasiones que el material ferroso al alejarse de un imán e interactuar con otro material ferroso, parece copiar las propiedades de un imán permanente; algo similar se produjo en esta guía donde los estudiantes tuvieron la oportunidad de identificar la inducción de un imán sobre objetos ferrosos, la actividad se describe de la siguiente forma:

Se posee 4 objetos que se encuentran pegados en un cuadro de cartulina. Dos de los objetos están en un lado de la cartulina y los otros dos objetos en el lado opuesto, esos cuatro objetos dos son imanes permanentes y los otros restantes son materiales ferrosos, pero son tan parecidos en tamaño y forma que no puedes identificar cuál es el imán y cuál es el objeto ferroso para esto solo dispones de varios clips para idearte una estrategia e identificar los materiales.

En esta parte los estudiantes movieron los clips de diferentes formas y esto fue lo que respondieron a partir de su análisis.

- ✓ “La fuerza de imán pasa sobre los materiales ferrosos haciendo que queden imanetizados y se pueda pegar otro material ferroso a él”.
- ✓ “Los materiales A y B juntos a veces se pegan y a veces se rechazan de acuerdo a su posición. En conclusión es muy difícil saber en este caso cual es el imán.”

Gran parte de esta actividad caracteriza la interacción magnética para ilustrar que aunque los materiales ferrosos no posean por si mismos efectos magnéticos evidentes, estos les son otorgadas por el contacto que se presentó previamente con los imanes permanentes, de esta manera es imposible determinar cuál es o no imán, entonces se

podría identificar una de las formas de inducir un efecto magnético sobre un material ferroso, y acercar a los estudiantes un poco más a la idea de inducción

Por último se tiene una nueva actividad que caracteriza otra forma de interacción magnética y es como se evidencia propiedades magnéticas ya no en imanes permanentes e inducidos por estos, sino con cargas en movimiento. Se dispone de un dispositivo que debe ser armados por los estudiantes (ver figura 32 de anexo guía 2) a través de este se coloca una brújula y alrededor de la brújula una espira, de manera que esta se conecta con una batería, una vez construido el montaje los estudiantes observaran que ocurre cuando se conecta la espira a la batería.

- ✓ “Observamos que si la pila es desconectada la aguja no se mueve y cuando se conecta genera el movimiento.”
- ✓ “La energía que es transmitida hacia la aguja porque al conectar a la energía su campo de energía hace un cambio y hace que la aguja cambie su posición”
- ✓ “La aguja se mueve por que la energía que le pasa de la pila a través del cobre, hace que se genere movimiento, y como la aguja es de material ferroso hace que interactúe más fácil.”

En este montaje el estudiante tiene la oportunidad de evidenciar el fenómeno ocurrido con cargas en movimiento donde se espera que distinga la interacción magnética a pesar de la ausencia del imán permanente, sin embargo, debido a que la brújula es un imán, o en este caso la aguja se comporta como un imán, y por las experiencias anteriores se sabe que la interacción magnética se presenta cuando hay acción entre imanes, al moverse la aguja se espera que el estudiante infiera que al producirse corrientes eléctricas es porque también hay asociados efectos magnéticos. De esta forma, es así como el trabajo con las guías tratan de construir diferentes recursos para que el estudiante encuentre distintivos que diferencien diversos aspectos de la interacción magnética de otras interacciones como por ejemplo la eléctrica, a partir de una exploración directa con diferentes montajes experimentales.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO

CONCLUSIONES

A través de este trabajo se consolidó un conjunto de propuestas experimentales de enfoque cualitativo exploratorio con relación a los principios del fenómeno magnético, donde los investigadores de esta propuesta a través de un proceso de re-contextualización con el fenómeno y el experimento logran plasmar un enfoque diferente del experimento en la enseñanza de la física.

Dicho enfoque se contempla en los referentes legales de la enseñanza, como son los Lineamientos Curriculares y los Estándares Curriculares En Ciencias Naturales presentados por el Ministerio De Educación Nacional (MEN), con la diferencia que este tipo de propuestas no son particulares de los primeros grados de escolaridad, por lo tanto en esta propuesta se rescata la actividad experimental exploratoria para grados superiores, donde la sociedad y otras instancias solicitan que el individuo sea formado en la reflexión y el análisis del mundo que lo rodea, para poder proponer desde su interpretación y argumentación soluciones a diferentes problemáticas que envuelven actualmente el país. Y es aquí donde la experimentación exploratoria cualitativa presenta su doble dimensión en cuanto permite enseñar y aprender los diferentes fenómenos de la realidad, al igual que forma al individuo en la reflexión y análisis del entorno que lo rodea.

La construcción que se puede realizar a partir de aspectos cualitativos de un fenómeno más allá de ser poco rigurosos, brinda diferentes elementos para caracterizar un fenómeno. Cuando el docente ya ha construido el fenómeno para sí mismo de forma cualitativa, en el momento de abordar una teoría asociada al fenómeno, puede ampliar su reflexión, incluso proponer diferentes formas de abordarlo de acuerdo a su experiencia

Para poder comprender el fenómeno de inducción electromagnética es necesario comprender fenómenos más básicos que la componen, como por ejemplo el fenómeno de inducción magnética, de esta forma se desarrolla ideas, formas, secuencias que luego servirán para caracterizar y construir otros fenómenos y sobrepasando las dificultades que se presentan cuando se expone a la enseñanza o aprendizaje de un fenómeno como electromagnético

La idea de interacción es vital para comprender el fenómeno de inducción magnética, ya que si se sabe que la interacción se presenta cuando se conjugan aspectos relacionados con el mismo fenómeno, es posible distinguir el fenómeno cuando en otro fenómeno se aprecia características similares

Desde el trabajo con los estudiantes se presentaron una serie de dificultades en cuanto al espacio y trabajo en grupo por parte de los estudiantes lo que nos deja un aprendizaje a la hora de ejecutar actividades de este tipo en el aula para una mejor intervención.

En la ejecución de la propuesta con los estudiantes se presentaron una serie de dificultades en la institución, y en el aula de trabajo que impidieron ejecutar los demás instrumentos como la discusión en grupo y la entrevista. Por lo tanto no se puede dar plena certeza de algún grado de aprendizaje con la actividad exploratoria realizada.

PERSPECTIVAS

Se presenta como perspectivas de trabajo en cuanto al saber disciplinar las siguientes propuestas

- Realizar un análisis y clasificación de los diferentes materiales que interactúan con el imán desde un enfoque experimental cualitativo
- Seguir realizando la construcción del fenómeno de inducción electromagnética a partir de la actividad experimental exploratoria cualitativa.

- Caracterizar desde un análisis experimental la “ley de la mano derecha” o “ley del torque” desde diferentes fenómenos físicos
- Reflexionar sobre las confusiones que representa entender la dirección de la corriente eléctrica a través del análisis de actividades experimentales.
- Construir la idea de campo y diferenciarla del efecto a distancia, desde un análisis cualitativo exploratorio.

Desde el aspecto experimental se proponen las siguientes perspectivas:

- Realizar un estudio comparativo que demuestre las bondades de la enseñanza a través de la actividad experimental exploratoria cualitativa confrontada con la enseñanza tradicional.
- Analizar como es el proceso de construcción de fenómenos a partir de la actividad experimental **cuantitativa exploratoria** y compararla con el aprendizaje tradicional
- Analizar como es el proceso de construcción de fenómenos a partir de la actividad experimental **cualitativa guiada** y compararla con el aprendizaje tradicional
- Analizar como es el proceso de construcción de fenómenos a partir de la actividad experimental **cuantitativa guiada** y compararla con el aprendizaje tradicional.
- Analizar cuál de las actividades experimentales resultan con mayores beneficios a la hora de construir fenómenos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYALA, M.M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la re-contextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Prosições*. 17(1), 1937.

ÁNDRES ZUÑEDA, M. M. (2004). Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y cognitiva: caso carrera de profesorado de física. Tesis doctoral. Universidad De Burgos. España. Dialnet.

BELTRAN SIERRA, L. M., GONZALES FLOREZ, J. (). Experimentos cualitativos. Una forma de abordar el electromagnetismo.

http://www.pedagogica.edu.co/storage/ted/articulos/ted12_10arti.pdf

CANO VÁSQUEZ, J. A., GOMEZ TORO, J. D. y CELY RUEDA, I. L. (2009). La enseñanza del concepto de corriente eléctrica desde un enfoque histórico-epistemológico. Tesis pregrado. Universidad De Antioquia. Medellín, Colombia.

CATALÁN, L., CABALLERO SAHELICES, C. y MOREIRA, M.A. (2009). Los libros de texto usados por los estudiantes para el aprendizaje del campo conceptual de la inducción electromagnética. *Latin-American Journal of Physics Education*. 3(3), 656664. ISSN 1870-9095.

CATALÁN, L., CABALLERO SAHELICES, C. y MOREIRA, M.A. (2010). Niveles de conceptualización en el campo conceptual de la inducción electromagnética. Un estudio de casos.

Latin-American Journal of Physics Education. 4(1), 126142.
http://www.journal.lapen.org.mx/jan10/LAJPE_335_Lidia_Ferraro_preprint_corr_f.pdf

CAVICCHI, E. (2002). Experiences with the magnetism of conducting loops: Historical instruments, experimental replications, and productive confusions. *American journal physics*. 71(2), 15616.

COLOMBO DE CUDMANI, L., SALINAS DE SANDOVAL, J. (2004). ¿Es importante la epistemología de las ciencias en la formación de investigadores y de profesores en física? *Enseñanza de las ciencias*. 22(3), 455462

FARADAY, M. (2005). *Experimental Researches In Electricity*. (ed 2). The Project Gutenberg eBook. VOL.1. www.gutenberg.net.

FERREIROS, J. ORDOÑEZ, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Revista hispanoamericana de filosofía*. 34(102), 4786. www.jstor.org/stable/40104539

FERREIROS, J. (). The dynamics of experimentation and its role within a philosophy of scientific practices. <http://personal.us.es/josef/Experiment007.pdf>

GARZON FLOREZ, C. M., FLOREZ, A. (2006). Guía para el maestro: modelo didáctico para la enseñanza del electromagnetismo. *Revista colombiana de física*. 38(4), 14151418.

GALLEGOS, J. A. (1997). *Reflexiones Sobre La Ciencia Y La Epistemología Científica*.

GALLEGO TORREZ, A. P., GALLEGO BADILLO, R. y PEREZ MIRANDA, R. () ¿Qué versión de ciencia se enseña en el aula? Sobre los modelos científicos y la didáctica de la modelación. *Educación y Educadores*. 9(1), 106116.

GUISASOLA, J., ALMUDÍ, J.M. y CEBERIO, M. (2003). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario. Selección de cuestiones realizadas para su detección. *Enseñanza De Las Ciencias*. 21(2), 281293.

GUISASOLA, J., ALMUDÍ, J.M. y ZUBIMENDI, J.L. (2003). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza De Las Ciencias*. 21(1), 7994.

NUÑEZ, J. J. MARTINEZ MIRON, E. A. (). La Indagación De La Realidad Como Sustento De La Ciencia.

MARULANDA, J.L., GOMEZ, L.A. (2006). Experimentos En El Aula De Clase Para La Enseñanza De La Física. *Revista Colombiana De Física* 38(2), 699702.

MAYORAL DE LUCAS. J. V. (2005). Thomas Kuhn y la función de los instrumentos científicos en el desarrollo de las ciencias físicas. *ENDOXA: Series filosóficas* 1(19), 373424.

MENDOZA PÉREZ, A. (1999). Concepciones alternativas electromagnéticas en estudiantes universitarios de física general y sus implicaciones en la enseñanza. *Ingeniería & Desarrollo Universidad del Norte*. 6, 527.

MEDINA TAMAYO, J. D., TARAZONA PALACIO, M. G. (2010). El papel del experimento en la construcción del conocimiento físico, el caso de la construcción del potencial eléctrico como una magnitud física. Elementos para propuestas en la formación inicial y continuada de profesores de física. Tesis Maestría. Universidad De Antioquia. Medellín, Colombia.

PAUL G, Hewitt. (2007). Física conceptual. (10ª ed.). México: Pearson Educación de México.

QUESADA BLÁZQUEZ, M. A. (2006). Es el momento de dar otro paso: de una filosofía del experimento hacia una filosofía de las prácticas científicas. I congreso iberoamericano de ciencia, tecnología, sociedad e innovación CTS+I. <http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa3/m03p44.pdf>

ROJAS GARCIA, A. A. (2006). Aprender Física Haciendo Física. *Revista Colombiana De Física*. 38(2), 738741.

ROMERO, A.E., RODRIGUEZ, L. D. (2009). Las relaciones entre la historia, la epistemología y la enseñanza de las ciencias. Hacia un enfoque cultural de la Educación en Ciencias. Ponencia presentada en el II congreso Internacional de Investigación en Educación, Pedagogía y Formación Docente. Medellín, Colombia.

RAMIREZ PEREZ, D. R. (2008). Caracterización de la corriente eléctrica a partir de analogías con imanes. Seminario de investigación y práctica docente III sistematización unidad didáctica. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

RODRIGUEZ M. J. (1997). El hombre de la calle, el científico y el estudiante; ¿Un solo constructivismo o tres.

STEINLE, F. (1996). Exploratory Uses of Experimentation. *Philosophy of Science*. 24, 6574. <http://www.jstor.org/stable/188390>

STEINLE, F. () ¿Experimentos románticos? El caso de la electricidad. *Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte* 207227.

SIERRA CUARTAS, C. E de J. (2006). La reproducción de experimentos históricos en relación con la forja de ethos científico. *Revista EUREKA*. 3(1), 6076.

SERRANO CASARES, A. D. (2007). Sobre el papel de los instrumentos en la construcción de las ciencias. *Revista de filosofía*. (4), 3964.

URONES JAMBRINA, C. (1998). La introducción de la historia de la ciencia en la formación inicial de los maestros. Ediciones Universidad de Salamanca. (pp 265274). ISSN: 0214-3402.

VIERA TENREIRO, C., VIERA MARQUEZ, R. (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los estudiantes. Revista Eureka. 3(3), 452466.

VASCO, M. (1998). Experimentación y descubrimiento, algunas reflexiones desde la epistemología de la experimentación.

ZUPPONE, R. (2010). El argumento del regreso del experimentador y la replicación de experimentos. Scientle studia. 8(2), 243271.

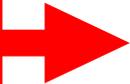
_____. Reflexiones sobre la exploración, educación y el descubrimiento bajo el método científico.
<http://www.cientec.or.cr/comunicacion/ponencias/AndresPozuelo.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: GUÍA 1

EVENTOS MAGNÉTICOS

OBJETIVO GENERAL



Indagar por diferentes características de los eventos magnéticos a través de la experimentación exploratoria manipulando imanes permanentes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS



- Ampliar el conjunto de experiencias relacionadas con el fenómeno magnético a través de la experimentación con efectos producidos por imanes permanentes.
- Caracterizar algunos elementos del efecto magnético que permitan reflexionar alrededor de la actividad experimental exploratoria.
- Reconocer algunos materiales que puedan presentar diferentes efectos en la interacción con imanes permanentes

JUSTIFICACIÓN



Para comenzar es preciso indagar sobre el efecto magnético, un efecto que ha causado un gran asombro entre muchas personas de hoy en día y muchas otras a lo largo de la historia por sus propiedades “Mágicas”. Es importante que se identifique algunos aspectos importantes que conlleven a conocer un poco sobre el fenómeno del magnetismo y las posibles causas de otros eventos que más adelante se asociaran a este fenómeno.

ACTIVIDAD 1

Existen en el mundo diferentes aplicaciones para el fenómeno magnético, desde creativos juegos para niños hasta majestuosos trenes que se mueven por levitación. Hoy en día se conoce que los imanes presentan Polo Norte y Polo sur.

- 1.1 Usted dispone de un conjunto de imanes de diferente forma, tamaño y peso, construya un ejemplo donde pueda relacionar o caracterizar los términos polo norte y polo sur.
- 1.2 ¿Como le explicarías a un compañero de clase, a través de un conjunto de imanes que efectivamente existen dos polos magnéticos diferentes? Realice dibujos si es necesario

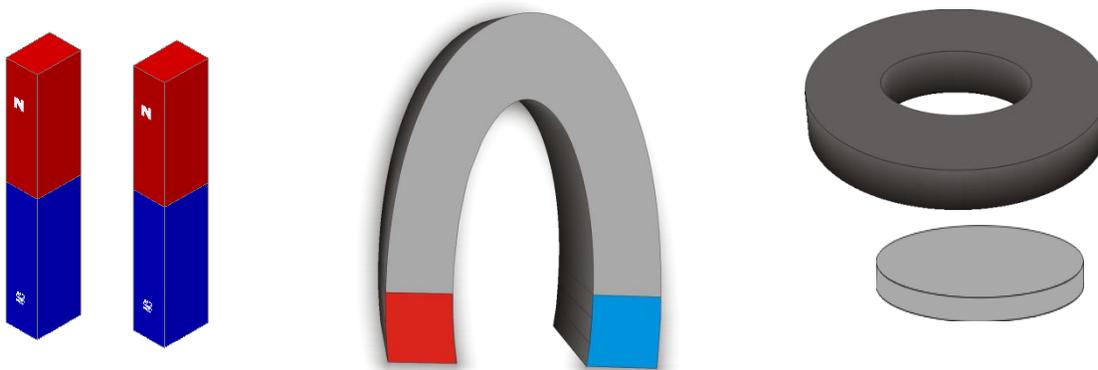


Figura 29: Actividad con imanes

- 1.3 En las dos experiencias ¿Está asociado el efecto magnético con el tamaño de los imanes? Conteste con una proposición verdadera
- 1.4 ¿Cómo le enseñarías a identificar el polo norte y sur de un imán a otro compañero?
- 1.5 Si se comparan los polos ¿Qué diferencias y similitudes pueden existir entre ellos? Elabore una tabla donde indique lo observado.
- 1.6 ¿Por qué cree que se generan los efectos de repulsión y atracción?
- 1.7 ¿Cómo justificaría usted que el fenómeno magnético es diferente al fenómeno eléctrico



¡CURIOSIDAD 1!

¿Explique qué pasa si se expone la llama directamente a uno de los imanes y luego lo acerca a otro imán?

ACTIVIDAD 2

2. Como se observó en la actividad anterior los imanes presentan efectos de atracción y/o repulsión entre ellos mismos, según la posición y la forma en que se acerquen se observará dichas características y su intensidad lo determinan diferentes factores tales como el tamaño, la forma, y el material con que están hechos. Es conveniente que en este momento se llegue a un consenso y se determine que existe un principio fundamental para la interacción entre imanes: Polos opuestos se atraen, y polos iguales se repelen

Hoy en día, existen diferentes dispositivos que ayudan evidenciar interacciones magnéticas en algunos materiales, incluso en los mismos imanes; el más común es la brújula que consiste en una aguja imantada que señala el Norte magnético de la Tierra.

A continuación experimente con la brújula y algunos imanes.

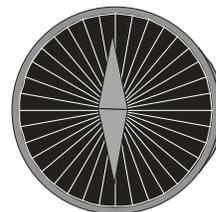


Figura 29: Actividad con la brújula

- 2.1 Luego de observar la interacción de la aguja con los imanes, aleje la aguja de cualquier imán u objeto ferroso y empiece a moverse a diferentes lugares y observe que pasa con la aguja.
- 2.2 ¿Por qué que la aguja se desvía o apunta en una dirección con relación al imán?
- 2.3 ¿Cómo discutiría el por qué se le pidió que alejara la brújula de materiales ferrosos?
- 2.4 ¿Qué otros materiales poseen esta propiedad tan evidente como la que presenta el hierro?
- 2.5 Realice una tabla donde pueda clasificar los materiales que presentan alguna interacción con la brújula.



¡CURIOSIDAD 2!

¿Por qué cree que la aguja apunta a una misma dirección pese que usted la mueve a diferentes lugares?

La brújula señala siempre el norte de la tierra, pero si la brújula tiene una aguja imantada, ¿Por qué el norte de la brújula señala al norte de la tierra? ¿Acaso es una excepción a la regla de que polos iguales se repelen? Explique su razonamiento.

ACTIVIDAD 3

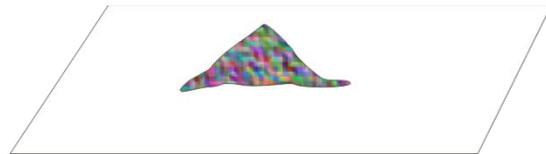
3. En el siguiente apartado tendrá diferentes materiales una hoja de block y varios imanes (si tiene facilidad de explorar con otros materiales la experiencia se hará más enriquecedora). Los diferentes materiales deben ir encima de la hoja, cada que analice un material pida a dos compañeros que la tensen la hoja de tal forma que usted pueda manipular por debajo de la misma, Luego mueva los imanes que se dispone empezando con el imán debajo de la hoja, luego de acuerdo al comportamiento dirija el imán en diferentes direcciones

A1



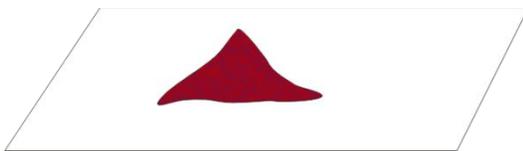
ASERRÍN

A2



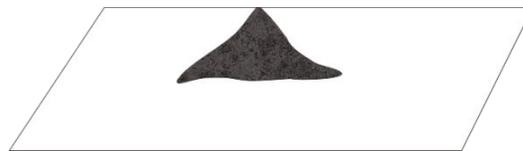
CONFETI

A3



COBRE

A4



HIERRO

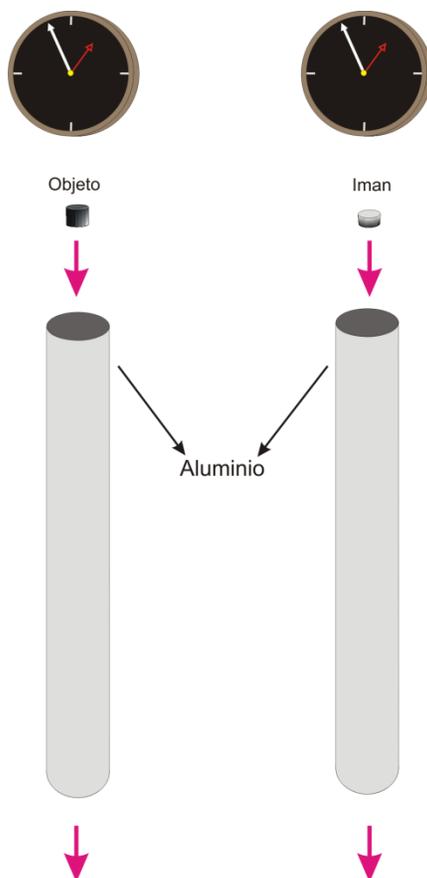
Figura 30: Actividad con diferentes materiales

- 3.1 Podrías describir lo que sucede con los materiales en cada una de las situaciones que se plantean. Elabora una tabla donde detalles el comportamiento del imán con cada material.
- 3.2 Diseñe una actividad que permita entender que pasa con el material y el efecto magnético generado por los imanes.

3.3 Con relación al evento que observo describa las regularidades que pueden observarse en los materiales donde el hierro tiene alguna acción. Si es necesario elabore gráficos y/o tablas.

ACTIVIDAD 4

4. En el siguiente montaje, se dispone de un tubo hueco de aluminio, un imán con el tamaño apropiado para moverse en el interior del tubo y cualquier otro objeto que igualmente pueda moverse en el interior. En primero lugar se deja caer el objeto en el interior del tubo, luego realice el procedimiento también con el imán.



4.1 ¿Qué diferencias encontró en los dos casos?

4.2 ¿Cómo entiende que existen estas diferencias?

4.3 ¿Qué papel juega el aluminio en el movimiento del imán?

4.4 Como observo en el montaje anterior el aluminio no es atraído por el imán. ¿Cómo argumentaría lo que acaba de suceder?

4.5 ¿Qué conclusión sacaría usted de la relación de los materiales metálicos y los magnéticos?

Figura 31: Actividad con tubo de aluminio e imán, otra forma de observar la interacción magnética

ANEXO 2: GUÍA 2

EXPLORACIÓN DE EVENTOS MAGNÉTICOS GENERADOS POR UNA ESPIRA DE CORRIENTE



Analizar la interacción magnética en diferentes medios y las causas por las cuales se genera el fenómeno magnético



- Analizar la interacción magnética generada cuando pasa corriente por un cable
- Identificar regularidades y variables en el fenómeno magnético generado por la corriente que fluye por una espira.
- Incitar al estudiante a proponer montajes alternos que faciliten al análisis del fenómeno magnético generado por una corriente que pasa por una espira



En la guía anterior se analizó el comportamiento del efecto magnético con imanes permanentes, se exploró la interacción de estos imanes con diversos materiales y se pudo plantear los principios básicos que identifican el fenómeno magnético. Sin embargo el último montaje: el de los imanes cayendo en el interior de los tubos de aluminio, mostraron un comportamiento que debe analizarse detalladamente. A pesar de que el tubo era de aluminio, y este material no tiene una interacción directa con el magnetismo, se observó que a medida que el imán bajaba por el tubo, este se frenaba. Cuando se realizaba la misma prueba con otros materiales que no eran imanes, estos caían libremente. Por tanto, se concluyó que el motivo por el cual los imanes se frenaban era por algún efecto magnético que se generaba en el interior del tubo e interactuaba con el efecto magnético del imán. Es importante que se reconozca en esta actividad que el efecto magnético lo genera otras causas a parte de un imán permanente, como ejemplo de ello, el movimiento de un imán a través de un conductor, a lo largo de la guía se analizarán otras causas con el propósito de aprender sobre el fenómeno magnético.

ACTIVIDAD 1

Como se observó con el desarrollo de la guía pasada, el magnetismo es un fenómeno que posee propiedades únicas y su interacción depende de los materiales. Sin embargo existen otros acontecimientos que pueden llegar a producirlo. A pesar de que el imán permanente no es atraído por el aluminio, o el aluminio no es atraído por el imán, se observó en la actividad 4 de la guía 1 (con del imán que caía por el tubo de aluminio), que el magnetismo posee características que son apreciables bajo otras condiciones, donde entran a jugar otro tipo de variables: En este caso el movimiento. En este montaje, el imán que caía parecía frenarse dentro del tubo de aluminio, como si hubiese una fuerza que lo frenase, al parecer de origen magnética porque solo se presentaba con el imán, ya que al dejar caer otro cuerpo por el interior del tubo este se caía sin ningún inconveniente. Es importante que como estudiante se pregunte qué es lo que ocasiona el movimiento del imán a través del material, para que el mismo material pueda cambiar sus propiedades que al principio eran indiferentes frente al magnetismo, ¿Será que debe haber un tercer factor que interactúe con el movimiento y el efecto magnético?

También se observó con el desarrollo de la guía 1, que la brújula es un instrumento que permite evidenciar presencia del efecto magnético, y que igualmente es influenciada por materiales ferrosos. Esta brújula o compás consta de un imán en forma de aguja que puede rotar libremente, y cuando se encuentra en presencia de otro imán, la aguja modifica su posición dependiendo el polo del imán al que se encuentre enfrentada siguiendo las mismas reglas que se establecieron desde un principio con la manipulación de imanes permanentes: Polos iguales se repelen, y polos contrarios se atraen.

Para el desarrollo exitoso de la actividad siguiente, es preciso que haya colaboración por parte de todo el grupo de trabajo. Se dispone del material A y el material B los cuales están sujetos en una superficie con otros materiales que son muy idénticos y puede manipularse libremente. En un lado de la superficie debe situarse una parte del equipo mientras que al otro lado, la otra parte del equipo. Ambos materiales son muy similares, tanto que no es posible distinguirlos a simple vista. A continuación responda:

- 1.1 Explore los materiales A y B y clasifique entre imanes y no imanes solo con los materiales que se le dan. Explícite los criterios para esta clasificación.
- 1.2 Acerque los materiales A y B y compare esta interacción con la que puede obtenerse con 2 imanes conocidos

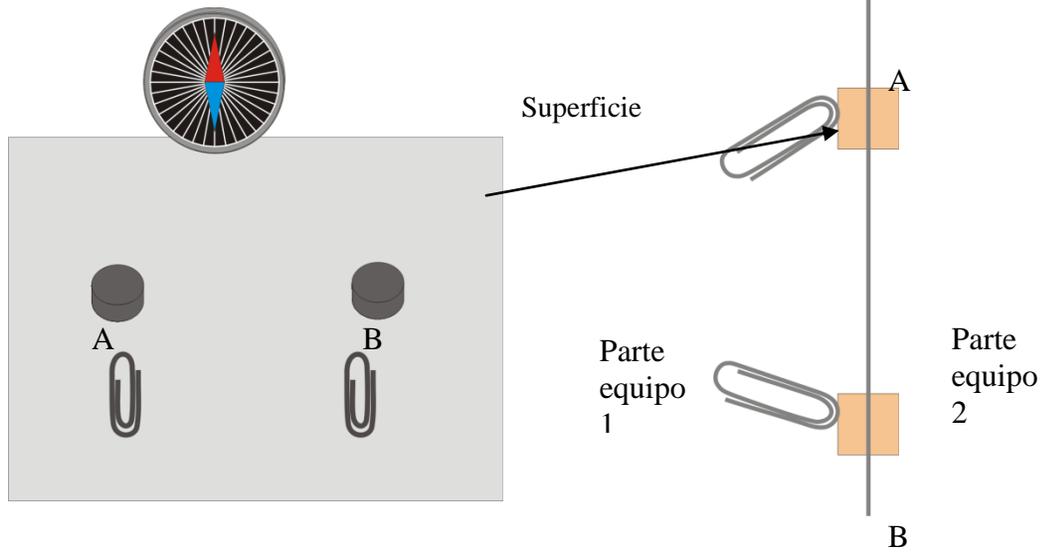


Figura 32. Representación superior del primer montaje experimental de la guía 2

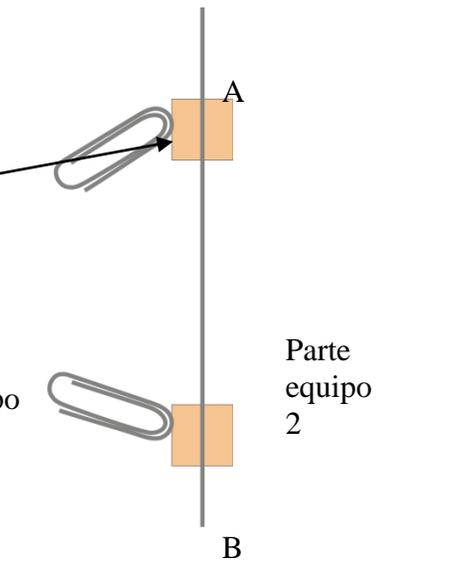


Figura 33. Representación frontal del primer montaje experimental de la guía 2

ACTIVIDAD 2

En 1820 un gran evento volvió conocido de un momento a otro a Hans Christian Oersted en todo el mundo: el descubrimiento del electromagnetismo, lo que es en términos muy generales el efecto magnético que produce una corriente eléctrica.

Hans Oersted creía fuertemente desde su juventud en las ideas de la unidad de la naturaleza, por lo que intuía que podría existir alguna relación entre la electricidad y el magnetismo, en una época en que no se creía esta relación. Así, un día de abril de 1820, se encontraba reflexionando sobre una lectura acerca de la electricidad y el magnetismo; fue entonces cuando se le ocurrió, que al igual que la luz y el calor se irradian a partir de un cable eléctrico, entonces, hipotéticamente, la acción magnética sería emitida de una forma similar desde la corriente eléctrica.

Ahora haremos otro montaje el cual es propuesto en el texto *Experiences with the magnetism of conducting loops- Historical*

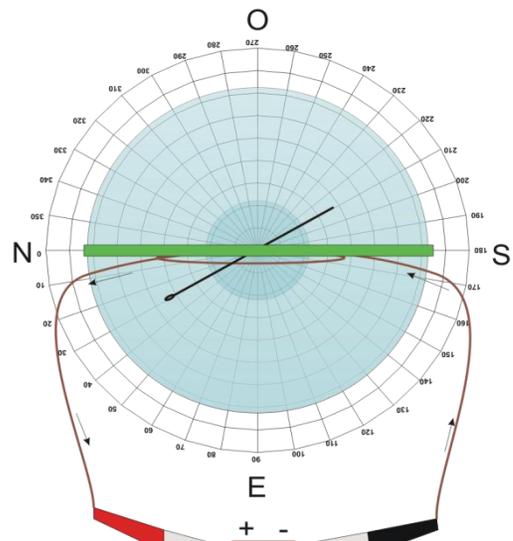


Figura 34. Representación superior del segundo montaje experimental

instruments, experimental replications, and productive confusions de Elizabeth Cavicchi. Elabora el montaje como se indica en la figura B2 y B3: Doble el cartón por la mitad y asegúrese de que la aguja pase por el centro de masa del cartón, en la mitad del borde de los dobles del cartón introduzca y amarre un extremo del hilo y el otro extremo amárrelo a la vara o pajilla. Los materiales que se necesitaran son:

- Vaso o recipiente plástico transparente
- Aguja Imantada
- Una cuadro de cartón o papel de 2 x 2 cm.
- Un trozo de hilo
- Cables de diferentes calibre
- Una Pajilla o vara
- Un par de Caimanes
- Una Batería
- Un circulo graduado

A continuación manipule y explore el montaje, coloque especial atención a la conexión del cable y el movimiento de la aguja, reflexione y responda:

2.1 Describa detalladamente el efecto observado y mencione los momentos que mas le llamaron la atención indicando el por qué.

2.2 Indique a través de una tabla las semejanzas y diferencias que tiene este montaje con el montaje anterior

2.3 ¿Por qué cree que la aguja se mueve?

2.4 ¿Qué características debe tener la aguja para poder moverse?

2.5 ¿Qué podría usted intuir sobre la relación de la batería, el cable y la aguja?

2.6 En la guía anterior se había observado que el fenómeno magnético no tenía interacción con materiales compuestos por cobre, ¿Qué tipo de fenómeno existe en el montaje para que pueda generar el efecto que se evidencia? Explique cómo llega a su conclusión

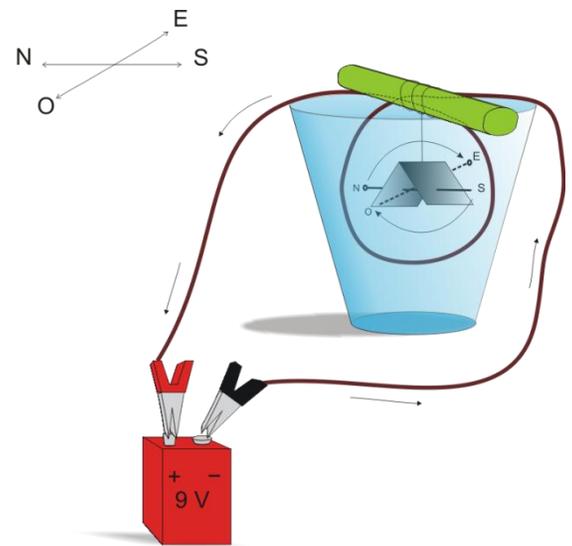


Figura 35. Representación frontal del segundo montaje experimental

2.7 ¿Es el alambre que conduce corriente un imán? ¿Qué condiciones necesita un material para ser considerado un imán?

2.8 Elabore una tabla donde establezca semejanzas y diferencias con el montaje del tubo de aluminio y los imanes, la interacción de imanes y varios materiales y este montaje del cable enrollado conectado a una batería y una aguja que se mueve por algún efecto. Si necesita un espacio más grande, por favor elabore una tabla similar al respaldo de la hoja.

ACTIVIDAD EXPLORATORIA	SEMEJANZAS	DIFERENCIAS
Imanes permanentes y Materiales diferentes tipo		
Tubo de aluminio e imanes cayendo		
Cable enrollado conectado a batería y aguja colgando en el interior de la espira		

Acerque una brújula al cable conectado explore y manipule el montaje y responda:

2.9 ¿Qué relación puede obtener entre distancia y capacidad de atracción?

2.10 Al cambiar el sentido de conexión del cable, ¿indique que ocurre con el montaje y cómo explicaría lo sucedido?

- 2.11 ¿Indique para qué sirve el enrollamiento del cable?
- 2.12 ¿Explique cómo influye la conexión o el sentido del enrollamiento del cable?
- 2.13 A pesar de que el fenómeno magnético no es detectable a simple vista, indique que hace que se pueda comprender.
- 2.14 Describa que eventualidad se repite y se puede comprender a través de sus sentidos
- 2.15 Elaboré una tabla donde pueda clasificar tantos factores o variables como veas que influya en el fenómeno y anota todos los datos que se puedan tomar, estos pueden ser dirección, grosor del cable, voltaje, cantidad de movimiento, rapidez de movimiento (si es posible).

Normalmente en la misma academia es posible conocer temas tales como movimiento, aceleración, distancia, velocidad, entre otros. Cada uno de ellos presenta unidades de medida con sus respectivos múltiplos y submúltiplos que permiten diferenciar cuando influye más o menos un fenómeno, por ejemplo, cuando se habla de distancia es posible medir en metros, pies, etc. de acuerdo al sistema de medida en el que se haga referencia.

Sin embargo estas unidades de medida, fueron obtenidas a través de un proceso que comienza considerando indicadores de medida del mismo fenómeno, donde los principales actores que interviene en esta búsqueda son los sentidos del cuerpo e instrumentos que aumentan la capacidad de analizarlos.

- 2.16 ¿Cómo argumentaría la posibilidad de establecer algún indicador de medida en el fenómeno que permita organizar los datos?
- 2.17 Precise los factores que le presentan dificultades para apreciar *puramente* el fenómeno y considere una actividad donde solamente puedan intervenir las variables que usted crea son la fuente del fenómeno.



REFLEXIONEMOS

En la vida diaria se vive una serie de situaciones y fenómenos que pasan desapercibidamente por los sentidos y se ignora el análisis y la reflexión por diferentes causas, algunas de ellas es la importancia poca o nula que se concibe al observar la naturaleza, la cotidianidad y la repetición de lo majestuoso anula el asombro, incluso se puede culpar a la indigencia o intransigencia de preguntarnos por lo que pasa. Lo cierto es que la ciencia nace en el momento en que todo deja de ser normal y nace la pregunta por las causas y el sentido de esa normalidad.

Con el paso por la academia es posible relacionar algunos conceptos con comportamientos de la naturaleza que son identificables por los seres humanos a través de los sentidos: Movimientos, olores, colores, sabores, variaciones de temperatura, dolor, entre otros.

ANEXO 3: POSIBLES CONTINUACIÓN DEL TRABAJO

Para seguir analizando el efecto magnético generado por una corriente y entender un poco sobre su sentido y dirección, es preciso primero realizar consensos de cómo circula la corriente a través de un conductor. Como puede verse en la figura, la corriente eléctrica (por convención) circula de positivo a negativo, sin embargo de acuerdo con la teoría que en este trabajo no se discutirá, los electrones circulan de negativo a positivo

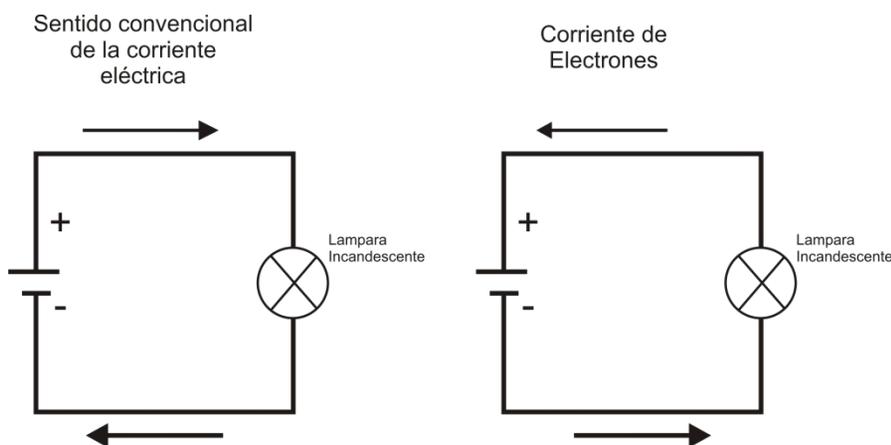


Figura 36. Explicación de la convención del flujo de la corriente eléctrica

Por tanto, para continuar el estudio del fenómeno magnético inducido por una corriente eléctrica en un conductor en forma de espiras, se tomara el flujo de la corriente por convención, es decir, de positivo a negativo.

Como el fenómeno se puede analizar en el mundo real (tres dimensiones), y en este caso, solo se dispone de dos dimensiones para poder plasmar las ideas, se recurrirá al simbolismo de una flecha para representar las direcciones, como por ejemplo la corriente que sale o entra en el papel, de la siguiente forma.

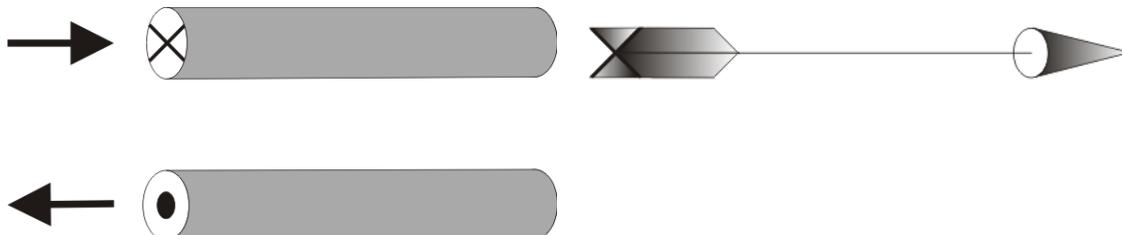


Figura 37. Convención sobre el movimiento de la corriente.

Para seguir con esta convención, se concibe la punta de la flecha como si se acercara, en este caso se representa como un punto, y la cola de la flecha como si se alejara, en este caso se representa como una cruz o x.



Haciendo esta acotación sobre la representación de entrada y salida, se puede adoptar una regla de las muchas que hay para identificar el sentido de giro del efecto magnético, o sabiendo el sentido de giro del efecto, identificar la dirección de la corriente.

Esta es la ley de la mano derecha.

Se explica de la siguiente forma: la dirección del dedo pulgar es la de la corriente, y la forma o el sentido en que se cierran los dedos es el sentido que se mueve el efecto magnético.

Figura 38. Ley de la mano derecha

La interacción entre efecto magnético generado por el cable con corriente y un imán permanente tiene las mismas características de repulsión y atracción que dos imanes.

En el ejemplo de la figura 39 se evidencia un movimiento el cual trata de sacar al cable de imán. De acuerdo a esto la fuerza magnética impuesta por el imán está fluyendo de norte a sur, mientras que en el cable el sentido de la corriente hace que también halla un campo magnético que está fluyendo en sentido horario.

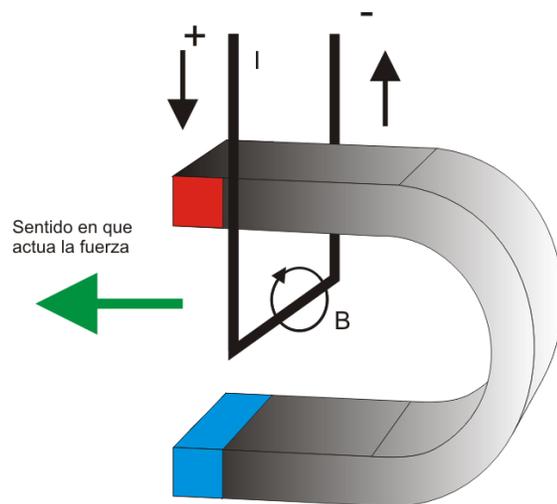


Figura 39. Caso donde se presencia el fenómeno de inducción electromagnética.

Al observar el grafico de forma dimensional se

aprecia que hay un encuentro de polaridad igual, y por ello se explica la dirección de la fuerza.

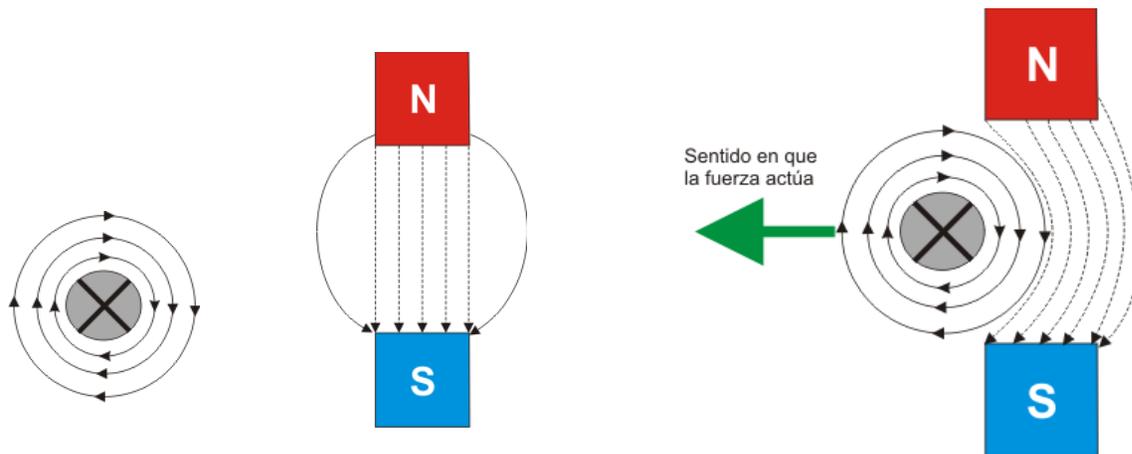


Figura 40: Caso donde se presencia el fenómeno de inducción electromagnética

Como está apareciendo una variable que está en función de otras dos, la “fuerza” que depende de dirección y magnitud de la “corriente” y el “efecto magnético”, y esta a su vez tiene un sentido y magnitud, se podrá hallar cualitativamente la dirección y el sentido con la aplicación de la misma ley de la mano derecha, solo que en esta ocasión se modifica para dar cabida a esta tercer variable.

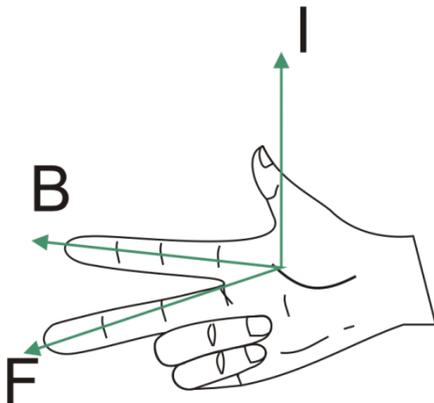


Figura 41: Explicación de la ley de la mano derecha para los tres vectores que intervienen en el fenómeno electromagnético

Para esta ley, se tendrá en cuenta los siguientes parámetros: El dedo pulgar indicará la dirección de la corriente eléctrica I , el índice indicará la dirección del campo magnético B , y el anular, será la resultante, quien indicará dirección y sentido de la fuerza. Todo esto resulta al suponer (de acuerdo a la teoría) que la

fuerza que resulta en una interacción entre corriente y campo magnético es perpendicular al campo.

Dependiendo del sentido y la dirección de los diferentes parámetros I , B y F resultan múltiples variables, en algunas incluso la fuerza puede llegar a anularse disponiendo de las variables I y B de cierto modo en que no queden perpendiculares, sino paralelos. De esa forma se anularía la fuerza.

En los casos en que dos conductores paralelos son recorridos cada uno por una corriente, los conductores se atraen si ambas corrientes fluyen en el mismo sentido y se repelen cuando fluyen en sentidos opuestos.

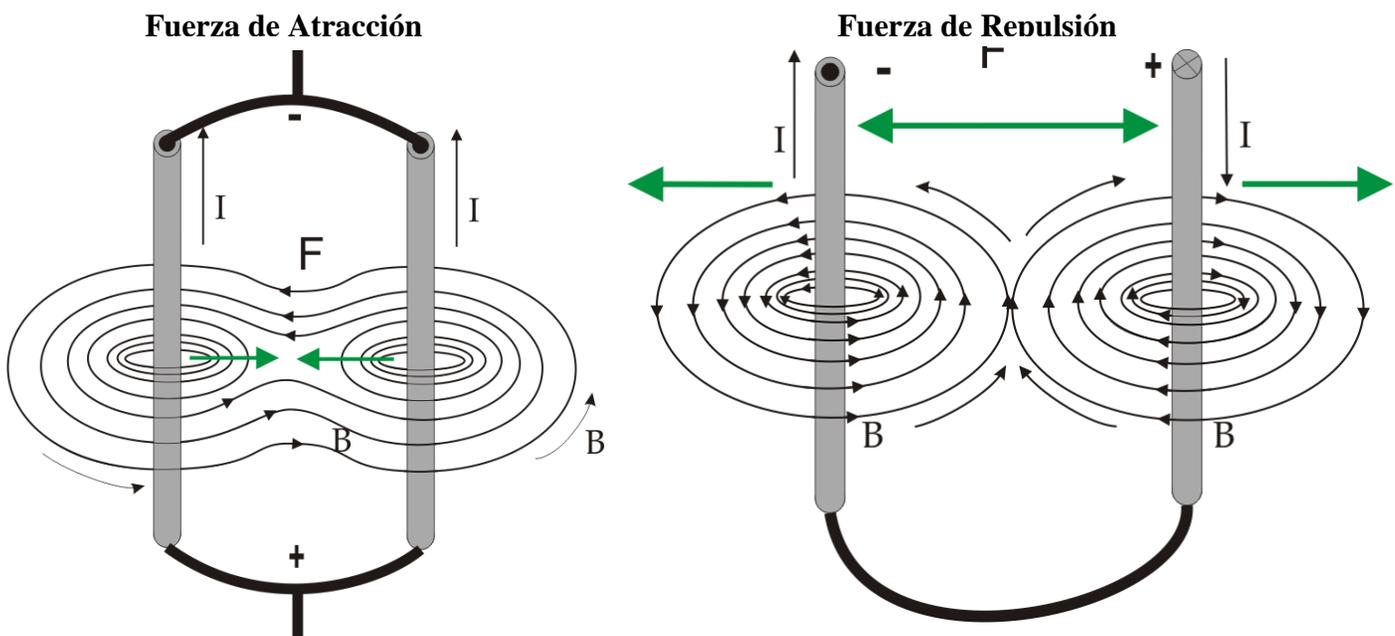
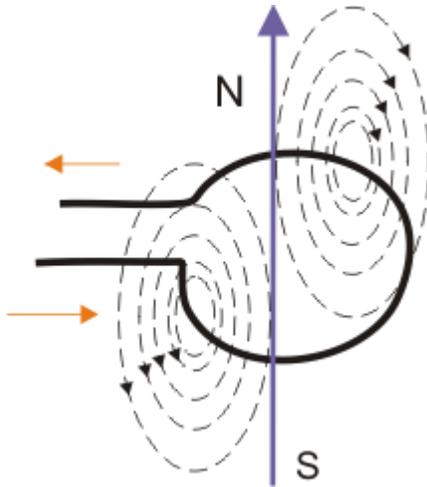


Figura 42: Casos de atracción y repulsión magnética provocados por flujos de corriente eléctrica



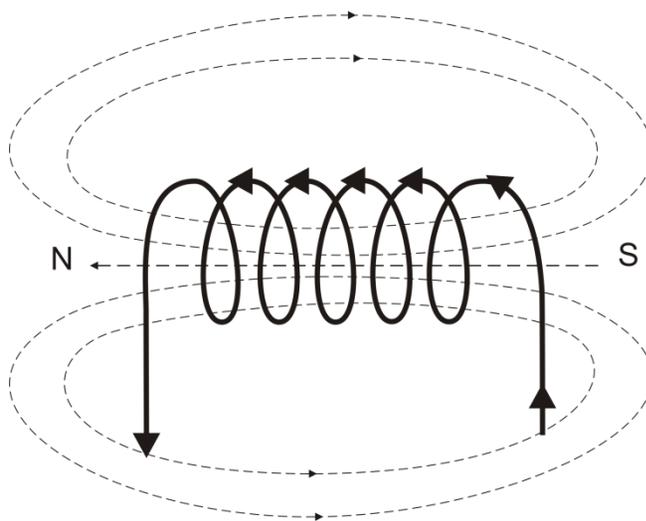
Es posible aumentar el efecto magnético cuando la corriente que circula por el cable es superior, entre mas corriente halla mayor será el efecto magnético, sin embargo, también es posible aumentar el efecto magnético concentrando las líneas de fuerza. Esto se hace posible si se dobla el conductor formando una espira, como resultado se obtendrá que en la superficie de dicha espira se concentraran las líneas de fuerza y se intensificara el campo magnético

Figura 43: Inducción magnética generada por un flujo de corriente eléctrica que pasa por un cable en forma de espira

La intensificación de la campo, se debe a que en el interior de la espiras, las líneas de flujo magnético tienen el mismo sentido.

Pero este efecto se puede ampliar mucho más si se envuelve mayor veces el cable por el que pasa la corriente, consiguiendo de esta forma que las líneas de campo de cada espira se sumen hasta formar un gran imán.

En el interior de las espiras es bastante concentrado el campo magnético y además



rectilíneo. Fuera de las espiras, las líneas se separan y se cierran formando un arco más o menos grande alrededor de las espiras unidas. Por tanto, en el interior hay mayor fuerza que fuera de las espiras.

Figura 44: Inducción magnética generada por un flujo de corriente eléctrica que pasa a través de un cable en forma de varias espiras

Es válido asociar el campo generado por una bobina (conjunto de espiras) con el de un imán recto, de tal forma que el lugar por donde salen las líneas de campo será el polo norte, mientras

que por donde llegan será el polo sur.

Aquí es válido aplicar la primera ley de la mano derecha que se indicó anteriormente.

Mediante el uso de un núcleo de material ferromagnético se incrementa considerablemente el flujo magnético de la bobina, sin necesidad de incrementar la corriente o el número de espiras.

Se pueden hacer cálculos sobre el valor del flujo magnético, en la teoría al flujo se le asigna una letra griega mayúscula Φ (fi), en el sistema internacional (SI) la unidad que se le asignó fue el Weber (Wb), que también equivale a un voltio por segundo. (Vs)

1 Wb= 1 Vs, anteriormente, aunque ya en desuso también se podía hablar del flujo magnético en términos de Maxwell (M)

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ Vs} = 10^8 \text{ M}$$

Cuando se tiene un campo homogéneo, es decir, el flujo magnético no varía en cierto lugar, es fácil calcular la densidad del flujo magnético:

$$\text{Densidad flujo} = \frac{\text{Flujo magnético}}{\text{Sección transversal del campo}}$$

$$B = \frac{\Phi}{A}; \text{ La unidad del flujo magnético es el Tesla (T)}$$

$$1 \text{ tesla} = 1 \text{ weber} / \text{m}^2, \text{ antes se utilizaba como unidad el gauss (G)}$$

$$1 \text{ G} = 1 \text{ M} / \text{cm}^2$$

Entre unidades antiguas y actuales existe la siguiente relación

$$1 \text{ T} = \frac{1 \text{ Wb}}{1 \text{ m}^2} = \frac{10^8 \text{ M}}{10^4 \text{ cm}^2} = 10^4 \frac{\text{M}}{\text{cm}^2} = 10^4 \text{ G}$$